

Investigation of facies, sedimentary environment and stratigraphy of evaporite-carbonate sequence of Asmari in Bangestan Anticlines, Putu and Parsi oil field, Zagros sedimentary basin, SW Iran

Kiarash Ghanavati¹, Payman Rezaee^{1*}, Ruhollah Shabafrooz²

1- Department of Geology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- National Iranian South Oil Company, Ahwaz, Iran

Keywords: Basal anhydrite, Kalhur member, Asmari Formation, Stromatolite

1-Introduction

Asmari formation is a carbonate rock unit that is developed in a wide range of Zagros basin during Oligocene - Miocene time (Fig. 1). The source section of Asmari Formation is located in the Gol Torsh of Asmari mountain in the north of Masjed Soleiman (Richardsons et al., 1924). The age of Asmari Formation is antecedent Miocene. The studied area is located in Izeh zone and Dezful embayment and Bangestan and Potou anticline are located in the most parts of Izeh zone. The Parsi oil field is located in the most parts of Dezful embayment (Fig. 2). In this area, the Mountain Forehead Fault (MFF) separates the anticline and Mount Poto from the Parsi oil field (Falcon, 1974; Sherkati and Letouzey, 2004). There are Marl and shale thickness in the oil fields located in the north of Dezful embayment and in Asmari mountain under limestones of Asmari Formation and on anhydrite of the Asmari base (Seirifiyan, 2006).

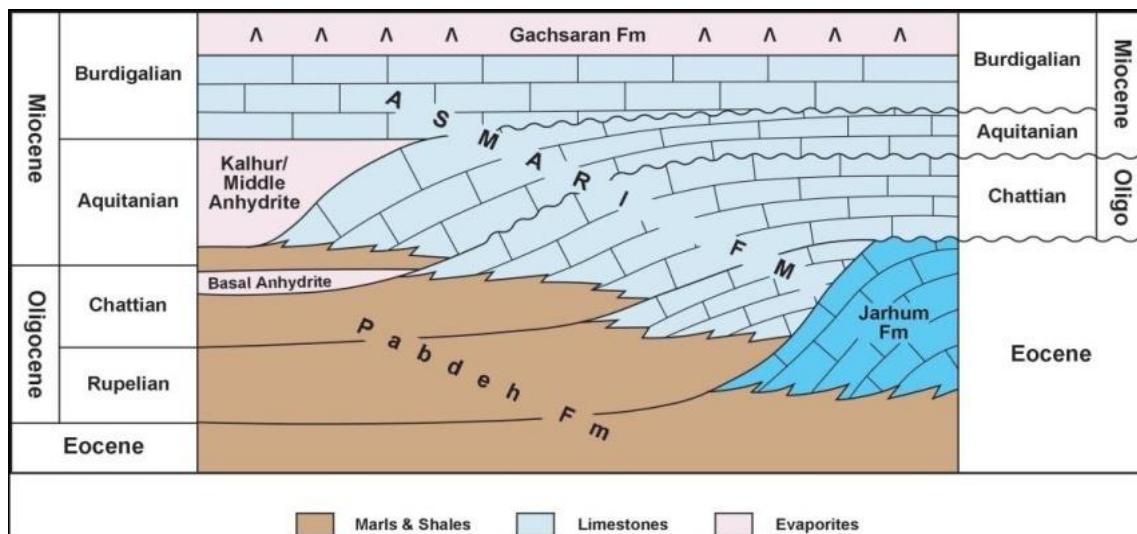


Fig. 1. Illustrating the main stratigraphic of Asmari Formation (Ehrenberg et al., 2007).

2- Methodology

In this study, after a detailed study on the Asmari Formation and anhydrite of the Asmari base, field visits were done on the area to identify suitable stratigraphic sections in the Bangestan and Mount Poto anticlines. Then proper sections were selected for the study (Table 1). In this regard, two terrestrial stratigraphic sections were selected from the southern edge of Bangestan anticline (Gach Boland) and also the southern edge of Sefid

*Corresponding author: p.rezaee@hormozgan.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2020.34365.2140

Received 2020-07-16

Accepted 2020-09-19

anticline in Puto Mountain (Esfandiar shrine). Also, the underground information of Parsi field (well number 19) including its cores and well diagram was selected. Sampling of the mentioned sections was performed at regular intervals of 1 meter and in case of facies change at intervals of less than 1 meter. At this stage, 82 samples were taken, which are mainly related to the base of Asmari Formation, base anhydrite and Pabdeh Formation, which were studied for more detailed study of stratigraphic boundaries. Thin sections were prepared from all samples and these sections were studied for planktonic and benthic foraminifera as well as facies. In the study of facies, the classifications presented by Dunham (1962), Wilson (1975) and Flugel (2010) have been used. The cores of well No. 19 of Parsi oil field were also studied in terms of lithology, sedimentary texture, facies (with the help of a hand-held magnifying glass). Sedimentary structures have been studied on a macroscopic and microscopic scale.

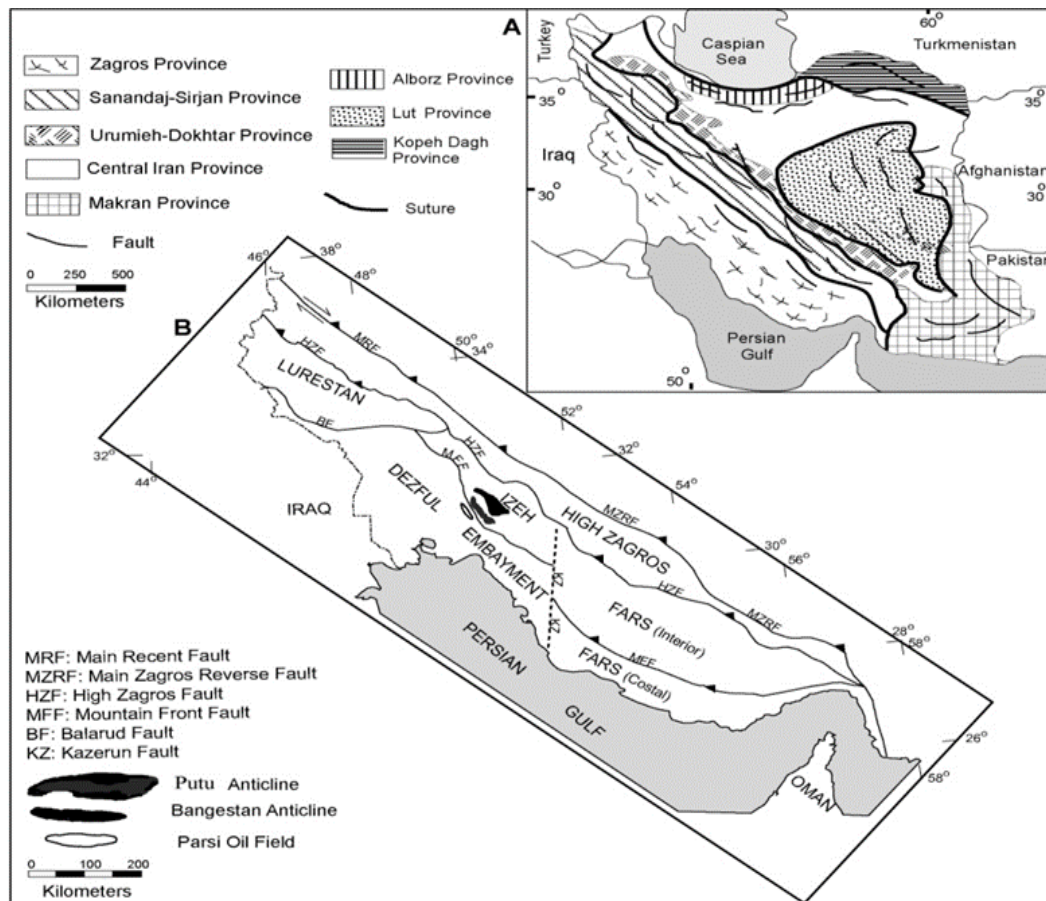


Fig. 2. Geological location of the study area; (a) Structural divisions of Iran (Heydari et al., 2003) and (b) Structural subdivisions of the Zagros (Farzipour-Saein et al., 2009).

Table 1. Sections and lithostratigraphic unit of study area.

Section	Abr.	Lithostratigraphic Unit	Coordinate
Emamzadeh	EE	Asmari Fm. Basal	31° 17' 31.5" N
Esfandiar		Anhydrite Pabdeh Fm.	49° 58' 35" E
Gach Boland	GB	Asmari Fm. Basal	30° 58' 47" N
		Anhydrite Pabdeh Fm.	50° 06' 39.5" E
Parsi # 19	PR	Asmari Fm.	31° 05' 00" N
		Basal Anhydrite	49° 54' 48" E

3- Results and discussion

3-1- Stratigraphic description of the studied sections

These sections are divided based on field description and lithological change as follows:

1. Alternation of dolomitic limestone and green marls related to the gradual zone between Pabdeh and Asmari formations.
2. Relatively thick limestone containing ooid and faverina with a mostly greenstone texture.
3. Stromatolytic horizon with a thickness of 35-50 cm with often flat and wavy morphology.
4. Thin layer of celestite.
5. Asmari base anhydrite.
6. Medium-layer dolomitized limestones containing non-porous benthic foraminifers, millioides, cofuces, bivalves, abdomen and bioclasts.

4- Facies investigation and interpretation of sedimentary environment

4-1- Green marl facies

This facies is mainly related to the gradual zone between Pabdeh and Asmari formations in the form of alternating green marl and thin to medium layer limestones with almost horizontal layering. These marls and limestones contain large amounts of planktonic foraminifera, including globigerin and globurothalide, along with chopped and re-transported lipidocyclinated and nomolithidized fragments.

The presence of relatively large amounts of planktonic foraminifera, fine-grained tissue and abundant microcrystals is a sign of sedimentation of this facies in a relatively deep, calm and low-energy marine environment below the surface of the waves. This facies set has been reported in the sediments of the base of Asmari Formation related to the deep part of the open sea in different areas of the Zagros sedimentary basin.

4-2- Packston-grainstone facies with fauna

The non-skeletal allochems of ooid and faverina are the main constituents of this facies. The ooids are of the tangential type and, together with faverina are longitudinally, transversely, and obliquely embedded in an asparagus cement, and overall have relatively good sorting and rounding.

The presence of ooids and their supporting grain texture indicates the formation of this facies in a relatively energetic sediment environment and high salinity of the bar from the inner ramp (Wilson, 1975). This facies is equivalent to RMF-29 introduced by Flugel (2010).

4-3- Stromatolytic buondstone facies

This stromatolytic horizon is flat and slightly wavy in the outcrop and core and is 30 to 50 cm thick in Puto Mountain, Bangestan Mountain and the underground section of Parsi well number 19, immediately below the anhydrite of the Asmari base. The facies is composed of stromatolytic laminae that alternate between dark and light layers.

This facies is composed of stromatolytic laminae which are alternating dark and light layers. The bird's laminated fabric is characteristic of this facies and the thickness of the laminates is in the millimeter range. Today, flat laminated structures of microbial origin have been found in inter-tidal environments (Logan et al., 1964; Kennard and James, 1986; Esteban et al., 1996; Pickard, 1996; Pope et al., 2000). In arid climates, such as the Persian Gulf and Shark B in Australia, flat-covered stromatolites are located at the bottom of the tidal zone (Pratt, 1982; Riding, 2008).

4-4- Sulfate evaporation facies

Celestite deposit: The most important evaporative mineral deposits of celestite or celestine in Iran were formed during the Oligocene-Miocene. Formation of celestite mineralization in Zagros sedimentary basin has been reported in carbonates of shallow sedimentary environments and evaporites of Kalhor/anhydrite section of Asmari Formation basins.

Celestite is formed from concentrated brines in the Sabkhay environment (Evans and Shearman, 1964). However, it seems that in this sequence, the most important ways of its formation are the diagenesis of the odor and through the exit of strontium from the aragonite structure when it turns into calcite or dolomite and also the exit of strontium from the anhydrite structure when it turns into gypsum.

Anhydrite deposit: Evaporative deposits in the surface cuts are mainly gypsum and in well No. 19 Parsi are mostly observed as anidate. The thickness of the evaporative sequence was between 6 and 7 m, which were seen

as nodules in white, gray and sometimes red. In some cases, the appearance of laminar carbonate intrusions in the drilling cores has created the anhydrite sequence of well No. 19 in Parsi field.

These large and almost pure thicknesses of gypsum and anhydrite are part of the evaporate dominated sequence according to Forkner (2010), which is interpreted to be formed in a saline medium (Warren, 2016). In general, in the saline environment, gypsum crystals are formed in the form of macrocrystals with a swallow tail model and truncated tissue and with a vertical orientation to the basin floor (Warren, 2006; Rochy et al., 1994).

4.5. Extracoded wackestone facies containing bioclast

This facies is located immediately on top of the anhydrite unit in the form of thin layers of dolomitic limestone containing many fragments of the abdomen, biceps and ostracod. The main components of this damage are ostracod bioclasts. The texture of the mudstone is supportive and the seeds are in a micritic background.

The abundance of mud in this facies indicates the deposition of this facies in low energy conditions in a closed environment. Also, the lack of allochems due to increased salinity or possibly temperature increase confirms the conditions of the limited environment. This closed and confined sedimentary environment can form behind the bar and lagoon, which is saline or ultra-saline water (Cornée et al., 2009; Gebhardt, 2003; Tütken et al., 2006).

5-Discussion and conclusion

With the decline of the global sea level, at the Oligocene-Miocene (Shatin-Aquitaine) boundary, the basin within the Asmari platform is separated from the open sea and an independent basin with high salinity is created. It seems that at this time, due to the intensification of the folding process, basin faults with Zagros trend such as mountain front faults and the main Zagros fault have played a greater impact on this outflow of water (Sepehr and Cosgrove, 2004, 2007). The most important evidences of this outflow of intense water are the formation of subcontinental sediments (marls and red marl limestones), karst development and high thickness of shear dolostones in Mish, Ashgar, Anneh anticlines in the north of Gachsaran (Shabafrooz et al., 2015a; Shabafrooz et al., 2015b) and most importantly, anhydrite layers at the base of the Asmari Formation in the studied area. This is demonstrated in Figure 11 with the deposition of evaporative sediments indicating hot and dry climates when the carbonate platform is submerged. This extremely saline environment has prevented the spread of benthic foraminifera. In contrast, a type of coprolite-producing hard skin that adapts to high stress and high salinity environments has produced large amounts of *Faverina* (Van Buchem et al., 2010). It has also expanded in this shallow environment with high salinity and limited water circulation of oyster seeds (Adams, 1969; Ehrenberg et al., 2007; Van Buchem et al., 2010; Shabafrooz et al., 2015a). Biological content of Asmari Formation at this time is very limited and has a relatively low diversity and most of the deposited sequences are dolomite and dolomitic limestone. These conditions indicate the prevalence of very shallow sedimentation environment of the inner ramp throughout the study area as well as adjacent areas. Benthic foraminifera with porcelain and agglutinated walls are the most important constituents of limestone and dolomitic limestone of this carbonate platform. Due to the tidal zone, its sediments are regularly or irregularly removed from the water and special structures have been created in them. Among the cases of formation of plate stromatolites with bird eye fabric and evaporative crystal form mentioned. This stromatolite is formed due to the fall of the water level and when the basin is approaching the exit from the water.

References

- Adams, T.D., 1969. The Asmari Formation of Lurestan and Khuzestan provinces. Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division, Report, p.1154.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to depositional Texture, in: Classification of Carbonate Rocks, (ed.) W. Ham, AAPG, pp.108-121.
- Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqrabi, A.A.M., McArthur, J.M., Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene lower Miocene), SW Iran. *Journal of Petroleum Geology* 30(2), 107–128.
- Esteban, M., Braga, J.C., Martín, J., De Santisteban, C., 1996. An overview of Miocene reefs from Mediterranean areas: general trends and facies models Western Mediterranean reef complexes, Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions, Volume 5, SEPM (Society for Sedimentary Geology), pp. 3–53.
- Falcon, N.L., 1974. Southern Iran: Zagros Mountains, in A. Spencer, ed., Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts, Geological Society of London Special Publication 41, 199-211.

- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherhati, S., Koyi, H., 2009. Basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold-and-thrust belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology* 32, 5-19.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*, Berlin, 976 PP., Springer-Verlag, p.976.
- Forkner, R.M., 2010. An integrated system for macro-scale anhydrite classification. *Geology Quarterly* 54, 423–430.
- Gebhardt, H., 2003. Palaeobiogeography of Late Oligocene to Early Miocene Central European Ostracoda and Foraminifera: progressive isolation of the Mainz Basin, northern Upper Rhine Graben and Hanau Basin/Wetterau. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 201(3-4), 343-354.
- Kennard, J.M., James, N.P., 1986. Thrombolites and stromatolites; two distinct types of microbial structures: *Palaios* 1(5), 492-503.
- Logan, B., Rezak, R., Ginsburg, R., 1964. Classification and environmental significance of algal stromatolites. *The Journal of Geology* 72(1), 68-83.
- Pickard, N.A.H., 1996. Evidence for microbial influence on the development of Lower Carboniferous buildups, Geological Society, London, Special Publications 107(1), 65-82.
- Pope, M.C., Grotzinger, J.P., Schreiber, B.C., 2000. Evaporitic Subtidal Stromatolites Produced by in situ Precipitation: Textures, Facies Associations, and Temporal Significance. *Journal of Sedimentary Research* 70(5), 1139-1151.
- Pratt, B.R., 1982. Stromatolitic framework of carbonate mud-mounds. *Journal of Sedimentary Research* 52(4), 1203-1227.
- Richardson, P.K., 1924. The geology and oil measures of south-west Persia. *Journal of Petroleum Science and Technology* 43, 259-283.
- Sepehr, M., Cosgrove, J.W., 2004. Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology* 21(7), 829-843.
- Sepehr, M., Cosgrove, J.W., 2007. The role of major fault zones in controlling the geometry and spatial organization of structures in the Zagros Fold–Thrust Belt. Geological Society, London, Special Publications 272, 419-436.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Ghabeishavi, A., and Moussavi-Harami, R., 2015a. Depositional architecture and sequence stratigraphy of the Oligo–Miocene Asmari platform; Southeastern Izeh Zone, Zagros Basin, Iran. *Facies* 61(1), 1-32.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Moussavi-Harami, R., Ghabeishavi, A., Al-Aasm, I.S., 2015b. Facies analysis and carbonate ramp evolution of Oligo-Miocene Asmari Formation in the Gachsaran and Bibi-Hakimeh oilfields and the nearby Mish anticline, Zagros Basin, Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 276(1), 121-146.
- Sherhati, S., Letouzey, J., 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros Izeh Zone and Dezful Embayment, Iran. *Marine and Petroleum Geology* 21, 535–554.
- Tütken, T., Vennemann, T.W., Janz, H., Heizmann, E.P.J., 2006. Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle Miocene lake in the Steinheim basin, SW Germany: A reconstruction from C, O, and Sr isotopes of fossil remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241, 457-491.
- Van Buchem, F., Razin, P., Homewood, P.W., Heiko Osterdoorn, W., Philip, J., 2002. Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic rich intrashelf basin: Natih Formation (Middle cretaceous) of northern Oman, A.A.P.G Bulletin, pp. 21-53.
- Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfipour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V., Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. Geological Society, Special Publication 329(1), 219–263.
- Warren, J.K., 2016. *Evaporites: A Geological Compendium*, London, Springer. p.1822.
- Wilson, J. L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*, New York, Springer-Verlag, p.471.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Ghanavati, K., Rezaee, P., Shabafrooz, R., 2021. Investigation of facies, sedimentary environment and stratigraphy of evaporite-carbonate sequence of Asmari in Bangestan Anticlines, Putu and Parsi oil field, Zagros sedimentary basin, SW Iran. *Adv. Appl. Geol.* 11(3), 572-593.

DOI: 10.22055/AAG.2020.34365.2140

url: https://aag.scu.ac.ir/article_15915.html?lang=en

بررسی رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌شناسی توالی تبخیری - کربناته قاعده آسماری در تاقدیسهای بنگستان، پوتو و میدان پارسی، حوضه رسوبی زاگرس، جنوب باختری ایران

کیارش قنواتی

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

پیمان رضائی*

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

روح الله شب افروز

مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۶

*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

چکیده

سازند آسماری اولین سنگ مخزن کربناته شناخته شده در دنیا و بزرگ‌ترین سنگ‌مخزن نفت در حوضه رسوبی زاگرس می‌باشد. این سازند در ناحیه فروافتادگی دزفول و ایذه گسترش چشمگیری دارد. تمرکز اصلی در این مطالعه بر روی جایگاه چینه‌شناسی بخش انیدریت قاعده‌ای سازند آسماری می‌باشد، لذا در سه برش چینه‌شناسی (برش سطح الارضی کوه پوتو و کوه بنگستان و همچنین برش تحت الارضی چاه ۱۹ پارسی) اقدام به مطالعه و بررسی وضعیت این توالی گردیده است. این برش‌ها بر مبنای توصیف صحرایی و تغییر سنگ‌شناسی، از قدیم به جدید تقسیم‌بندی شده‌اند. با توجه به شباهت این واحدهای سنگی، چه از نظر مکانی و چه زمانی، در منطقه مورد مطالعه، به اختصار ویژگی‌های رخساره‌ای و محیطی آنها از قدیم به جدید پرداخته شده است. گذر از توالی مارنهای سبز و سنگ آهک دولومیتی متشکل از رخساره‌های مارنی مربوط به محیط دریایی نسبتاً عمیق، آرام و کم انرژی، به سمت توالی آهک‌های متوسط لایه رخساره پکستون-گرینستون ائید و فاورینادار نشان دهنده کم عمق شدن حوضه رسوبی بخش‌های انتهایی سازند پایده به سمت قاعده سازند آسماری است که در نهایت با تشکیل رخساره استروماتولیت صفحه‌ای همراه بوده است. در ادامه و با افزایش محدود شدن حوضه رسوبی شرایط جهت تشکیل تبخیری سولفات‌ها هموار گردیده که به صورت توالی ژپیس با ضخامت بین ۶ الی ۷ متر نهشته شده است. این ضخامت زیاد و تقریباً خالص از ژپیس و انیدریت بنابر تقسیم‌بندی فورکنر، جزء توالی تبخیری افزون (Evaporite dominated) می‌باشند که تشکیل آنها در یک محیط سالینا تفسیر شده است. در زمان اکتیانین به دلیل افت سطح آب دریا، حوضه درون پلانفرمی آسماری به طور موقت از دریای باز جدا می‌شود و انیدریت زیردریایی رسوب می‌کند. اگر ضخامت رسوبات انیدریتی و گسترش جانبی آنها را در نظر بگیریم، چنین فرض می‌شود که این انیدریت‌ها رسوبات زیردریایی هستند که در حوضه‌های شور ایزوله تشکیل شده‌اند. تخمین عمق دقیق تشکیل این رسوبات سخت است اما براساس مورفولوژی حوضه ممکن است ۱۰ تا ۱۵ متر باشد.

کلمات کلیدی: انیدریت قاعده‌ای، بخش تبخیری کلهر، سازند آسماری، استروماتولیت

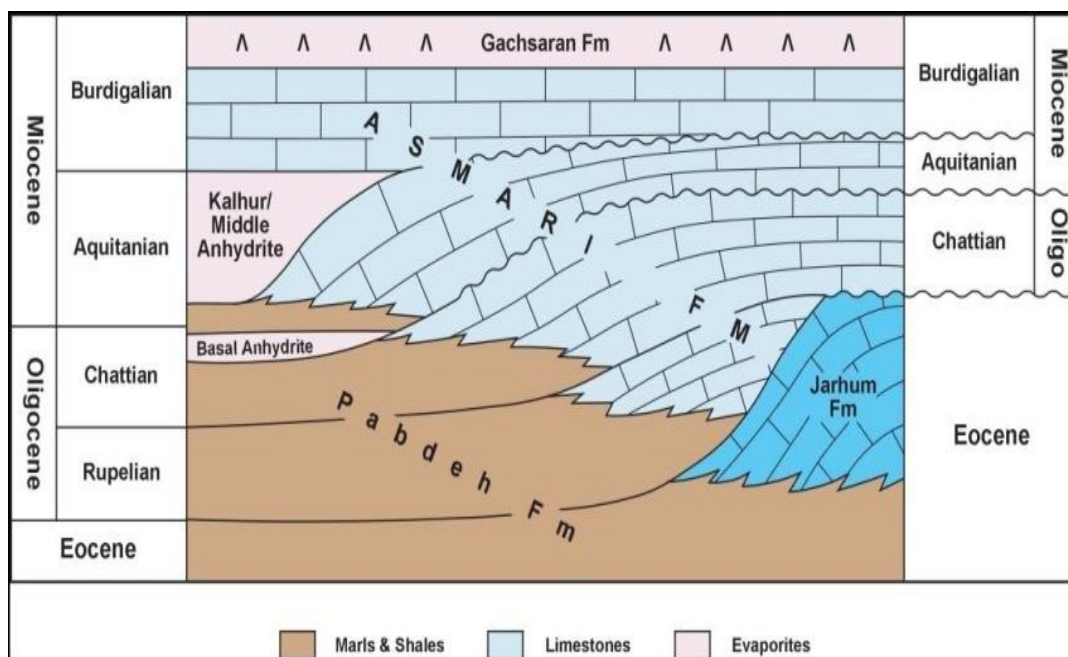
مقدمه

آسماری در شمال مسجده سلیمان قرار دارد (Richardsons et al., 1924). این سازند دارای رخساره‌های کربناته، عدسی‌های ماسه‌ای، شیلی و گاهی تبخیری می‌باشد (Motiei, 1993). حوضه زاگرس در محدوده کشور ایران بر اساس تاریخچه رسوبی و شکل ساختاری به پنج بخش لرستان، فارس، زاگرس مرتفع، فروافتادگی دزفول و زون ایذه تقسیم شده است (Falcon, 1974; Farzipour, 2009; Saein et al., 2009; Motiei, 1993) که سازند آسماری مهمترین مخزن این حوضه می‌باشد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در مرز زون ایذه و فروافتادگی دزفول واقع شده است به نحوی که

خاورمیانه میزبان عظیم‌ترین ذخایر نفت و گاز جهان بوده که بخش اصلی آن در صفحه عربی واقع شده است. اغلب این ذخایر هیدروکربوری میدان‌های بزرگ و گسترده‌ای ایجاد کرده که سبب شده صفحه عربی یکی از اصلی‌ترین ایالات هیدروکربوری جهان گردد (Sharland et al., 2001). سازند آسماری یک واحد سنگ چینه‌نگاری کربناته می‌باشد که در محدوده‌ی زمانی الیگوسن - میوسن در بخش وسیعی از حوضه زاگرس توسعه یافته است. نهشته‌های آسماری یکی از آخرین پیشروی‌های دریا در حوضه زاگرس می‌باشند. برش نمونه سازند آسماری در تنگ گل‌ترش در کوه

تبخیری سازند آسماری هستند. لایه‌های تبخیری در بخش پایینی سازند آسماری انیدریت قاعده‌ای نامیده می‌شوند. آدامز (Adams, 1968)، گسترش این تبخیری‌ها را از مرز عراق و لرستان به سمت شرق تا میدان‌های نفتی لالی، نفت سفید و هفتکل می‌داند که در انتهای خاوری تاقدیس بنگستان ناپدید می‌شوند. بر روی توالی سازند آسماری تاکنون مطالعات فراوانی صورت گرفته است (Vaziri Moghadam et al., 2010; Seyrafian et al., 2011; Zabihi Zoeram et al., 2013; Lorestani et al., 2016; Kamalifar et al., 2020; Haidari et al., 2020). پژوهش‌های قبلی بیشتر به صورت موردی و منطقه‌ای بوده است لذا پژوهش حاضر بر آن است تا با بررسی چینه‌شناسی، رخساره‌ها و محیط رسوبی توالی کربناته - تبخیری آسماری در سه برش تاقدیس‌های بنگستان، کوه پوتو و میدان پارسی مدل کامل و جامع تری از این نهشته‌ها ارائه دهد. بی‌شک مطالعه حاضر کمک شایانی به ارائه مدل کامل نهشت این توالی و در کنار فهم بهتر جایگاه چینه‌شناسی انیدریت قاعده‌ای به پژوهشگران و متخصصان حوضه صنعت نفت می‌نماید.

تاقدیس‌های پوتو و بنگستان در جنوبی‌ترین قسمت زون ایزه واقع شده است و میدان نفتی پارسی در شمالی‌ترین بخش فروافتادگی دزفول قرار دارد. در این منطقه گسل پیشانی کوهستان (MFF) تاقدیس بنگستان و کوه پوتو را از میدان نفتی پارسی جدا می‌کند (شکل ۲) (Falcon, 1974; Sherkti and Letouzey, 2004). در میدان‌های نفتی واقع در شمال فروافتادگی دزفول و همچنین در کوه آسماری ضخامتی از مارن و شیل در زیر سنگ آهک‌های سازند آسماری و بر روی انیدریت قاعده‌ای آسماری قرار دارد (Seyrafian, 2006). با توجه به این‌که انیدریت اخیر بر روی شیل‌های واقعی سازند پایده قرار گرفته‌اند و از آن جا که طبیعت این ردیف تا حدودی نامشخص است به نام طبقات حد واسط و یا طبقات بریسوپسیس‌دار، حاوی خارپوستی به نام *Brissopsis* خوانده می‌شود (Motiei, 1993). در میداین نفتی شمال فروافتادگی دزفول در زیر این طبقات شیلی، انیدریت قاعده‌ای سازند آسماری به صورت شاخص دیده می‌شود. در مناطقی مانند جبهه کوهستانی، انیدریت قاعده‌ای وجود ندارد و در نتیجه تشخیص شیل‌های قاعده‌ای آسماری با شیل‌های پایده مشکل می‌باشد. بخش تبخیری کلهر و لایه‌های انیدریت موجود در قاعده سازند از مهمترین رسوبات



شکل ۱- نمایش چینه‌شناسی بخش‌های مختلف سازند آسماری (Ehrenberg et al., 2007).

Fig. 1. Illustrating the main stratigraphic of Asmari Formation (Ehrenberg et al., 2007).

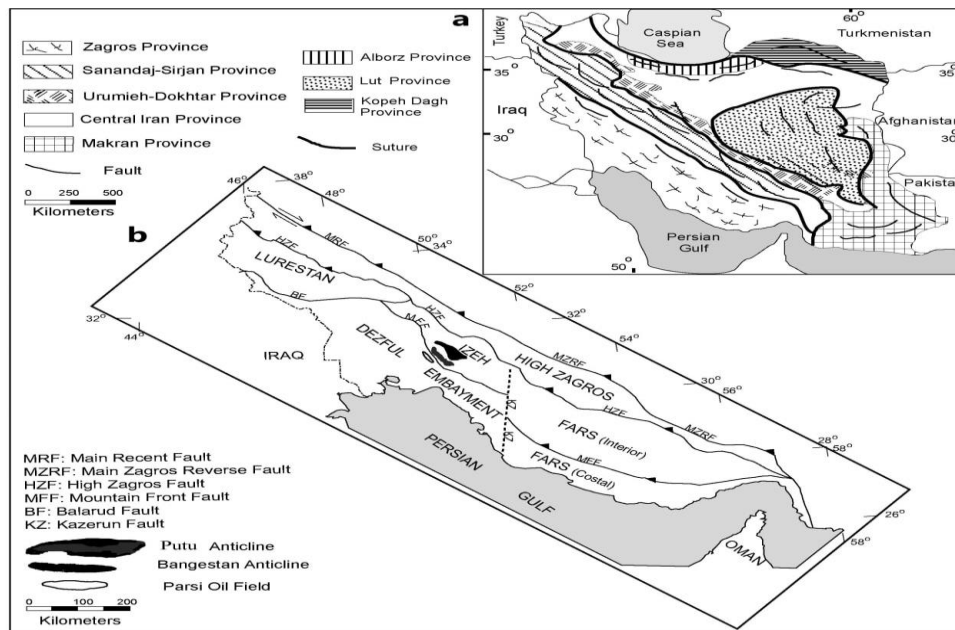
انطباق این واحد تبخیری در برش‌های زیرزمینی کمک شایانی می‌کند. در این مطالعه پس از بررسی دقیق مطالعات انجام شده در مورد سازند آسماری و انیدریت قاعده آسماری، بازدیدهای صحرائی از منطقه مورد مطالعه جهت شناسایی برش‌های چینه‌ای مناسب در تاقدیس‌های بنگستان و کوه پوتو انجام گرفت. سپس برش‌های مناسب برای مطالعه انتخاب شدند (جدول ۱). در این راستا دو برش

داده‌ها و روش تحقیق

انیدریت قاعده آسماری یک حادثه بوده و دارای ارزش زمانی می‌باشد که قابلیت انطباق دارد (Van Buchem et al., 2010). از این رو به دلیل نزدیکی تاقدیس‌های بنگستان و کوه پوتو به میداین نفتی فروافتادگی دزفول، مطالعه توالی فوق متشکل از رخساره‌های کربناته، افق استروماتولیتی، سلسیت به همراه نهشت‌های انیدریتی به

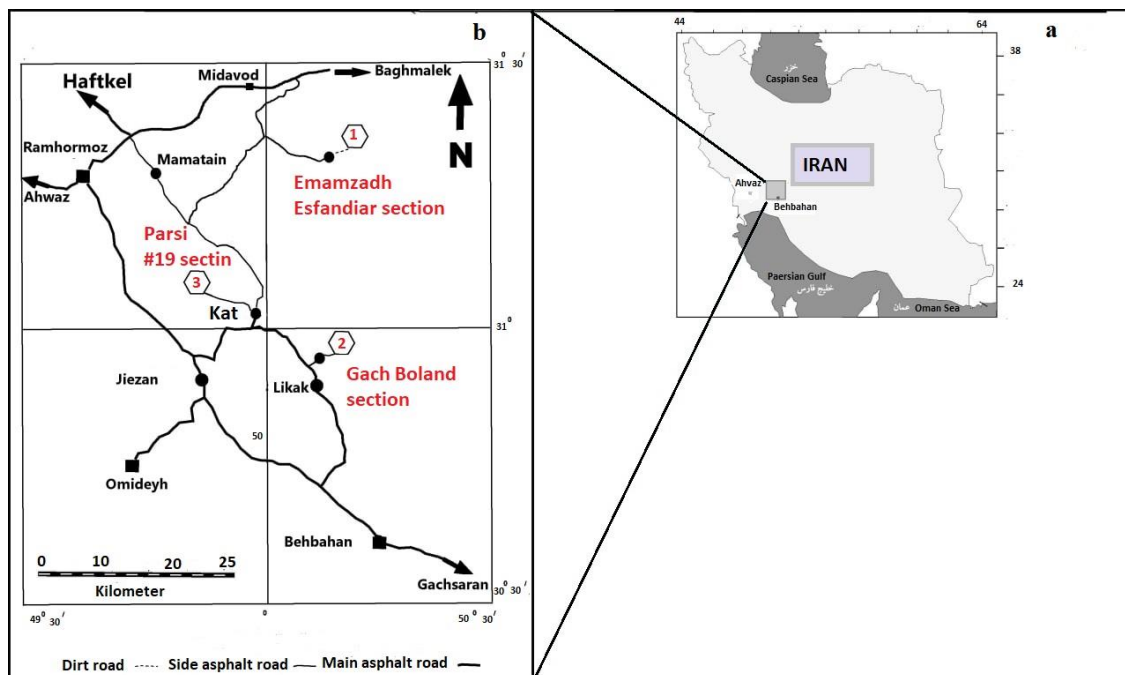
پارسی، (چاه شماره ۱۹) شامل مغزه‌ها و نمودار سرچاهی آن انتخاب گردید (شکل ۳).

چینه‌شناسی سطح‌الارضی از یال جنوبی تاقدیس بنگستان (گچ بلند) و همچنین یال جنوبی تاقدیس سفید در کوه پوتو (امامزاده اسفندیار) انتخاب شد. همچنین اطلاعات تحت الارضی میدان



شکل ۲- (a) موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و تقسیمات ساختمانی ایران (Heydari et al., 2003) و (b) تقسیمات ساختمانی زاگرس (Farzipour-Saein et al., 2009)

Fig. 2. (a) Geological location of the study area and structural divisions of Iran (Heydari et al., 2003) and (b) Structural subdivisions of the Zagros (Farzipour-Saein et al., 2009).

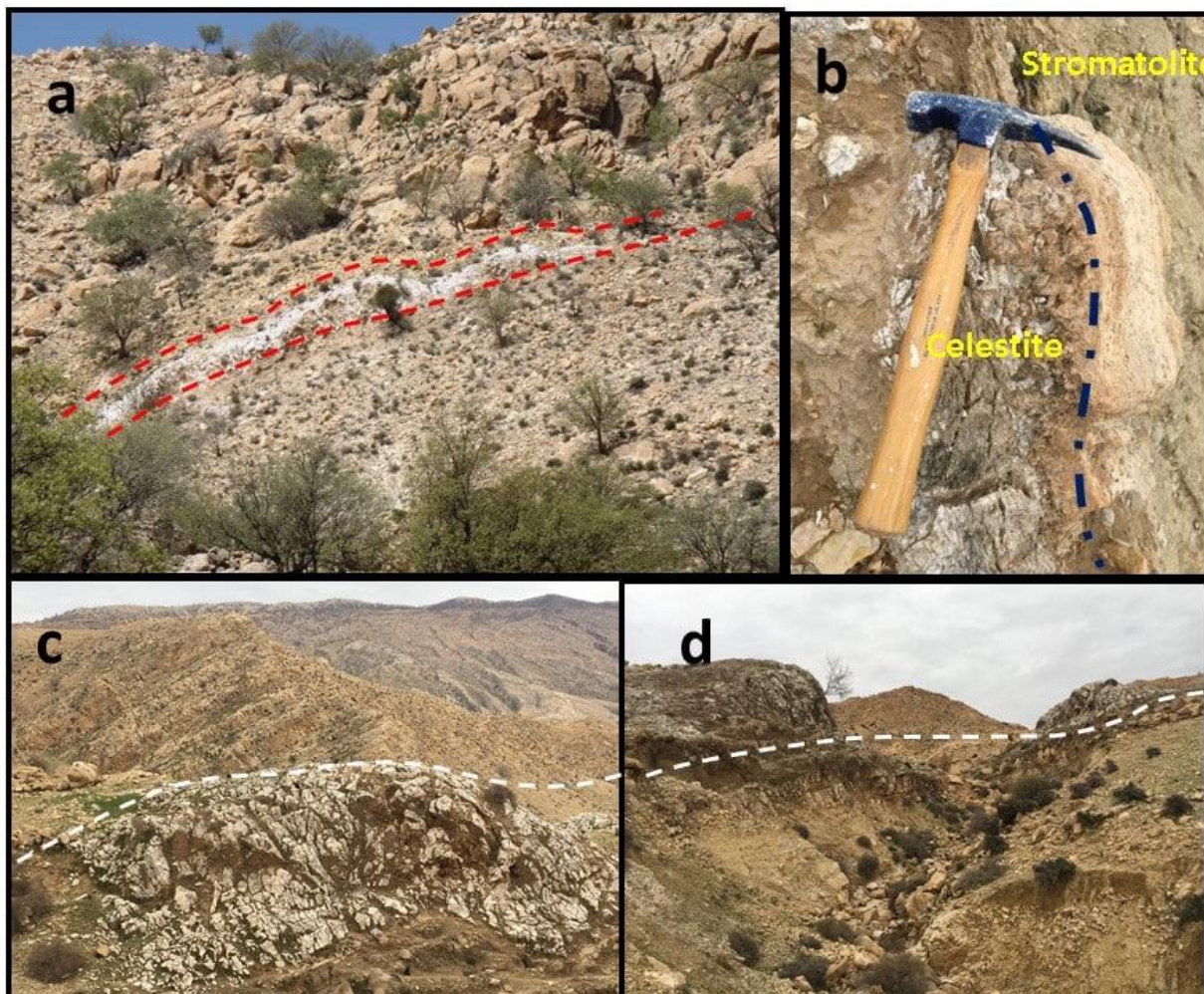


شکل ۳- (a) نقشه ایران به‌همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه و (b) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه مورد مطالعه.

Fig. 3. (a) Map of Iran and the location of the study area and (b) Geographical location and access roads to the study area.

شهرستان رامهرمز امکان پذیر است. از رامهرمز به سوی باغملک پس از عبور از بخش میداود سفلی، پلی وجود دارد که در کنار آن جاده آسفالتی به سوی جنوب خاور جدا می‌شود، جاده یاد شده در پایان به روستای پوتو بهمنی می‌رسد (شکل ۴).

در برش سطح‌الارضی امامزاده اسفندیار کوه پوتو توالی کاملی از رخساره مارنی سازند پابده، بخش تبخیری و رسوبات پهنه جزر و مدی و نزدیک به ساحل قاعده آسماری مورد مطالعه قرار گرفت. برش مورد مطالعه در خاور شهرستان رامهرمز واقع در روستای پوتو بهمنی است. دسترسی به این منطقه از طریق

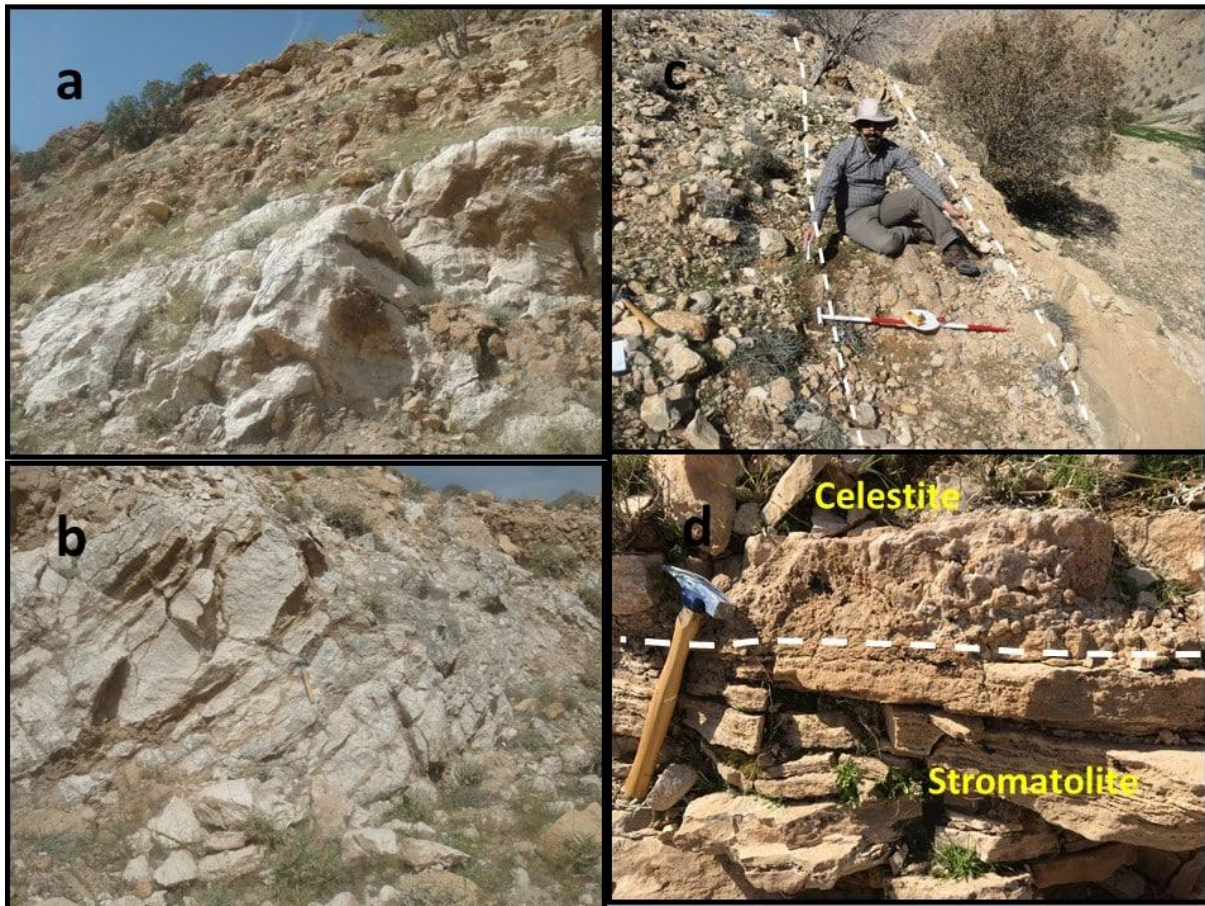


شکل ۴- (a) دورنمایی از بیرونزده بخش تبخیری کلهر در تاقدیس کوه پوتو، (b) رخساره استروماتولیتی به‌مراه سلسیتیت رویین در قاعده بخش تبخیری، (c) نمایی مرز بالایی تبخیری کلهر با رسوبات آهکی آسماری میانی و (d) نمایی مرز پایینی تبخیری کلهر با رسوبات آهکی و آهکهای مارنی قاعده آسماری.

Fig. 4. (a) Perspective from the Kalhur evaporite member at the anticline of Mount Putu, (b) Stromatolytic facies with upper celestite at the base of the evaporative section, (c) View of the upper evaporative boundary of Kalhur with Middle Asmari calcareous sediments, and (d) View of the lower evaporative boundary of Kalhur with calcareous sediments and marl limestones of Asmari base.

دارد. راه دسترسی، جاده اهواز - بهبهان، سه راهی تشان، شهر لیکک، پنج کیلومتر پس از پمپ بنزین لیکک بسمت شمال، روستای گچ بلند می‌باشد (شکل ۵).

در برش گچ بلند رسوبات متعلق به سازند آسماری دارای سن میوسن هستند. انیدریت قاعده آسماری در آن با ضخامت ۷ متر وجود دارد. موقعیت جغرافیایی برش فوق در نزدیکی روستای گچ بلند از توابع شهرستان بهمنی و در ۵۰ کیلومتری غرب بهبهان قرار



شکل ۵- (a) نمایی از بخش بالایی تبخیری‌های توده‌ای و سفید کلهر در مرز با آهک‌های صخره‌ساز آسماری در بالا در کوه بنگستان، (b) بخش پایینی تبخیری کلهر در کوه بنگستان که لایه‌بندی ضعیفی در آنها دیده می‌شود، (c) گسترش افق سلسیتی به ضخامت یک متر در قاعده بخش تبخیری و (d) رخساره استروماتولیتی به‌مراه سلسیت رویین در قاعده بخش تبخیری.

Fig. 5. (a) View of the upper part of the massive and white evaporates of Kalhur on the border with Asmari rock-forming limestone above in Bangestan mountain, (b) The lower part of Kalhur evaporate in Bangestan mountain with weak stratification can be seen in them, (c) Deployment of the celestite horizon to a thickness of one meter at the base of the evaporative section, and (d) Stromatolytic facies with upper celestite at the base of the evaporative section.

تغییر رخساره در فواصل کمتر از ۱ متر انجام شد. در این مرحله تعداد ۸۲ نمونه برداشته شد که این نمونه‌ها عمدتاً مربوط به توالی تبخیری - کربناته قاعده آسماری و سازند پابده می‌باشد که جهت بررسی دقیق‌تر مرزهای سنگ چینه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت.

ب: از کلیه نمونه‌های برداشت شده مقطع نازک تهیه شده و این مقاطع از نظر روزنیران پلانکتونیک و بنتیک و همچنین رخساره‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. در مطالعه رخساره‌ها از تقسیم‌بندی‌های ارائه شده توسط دانهام (Dunham, 1962)، ویلسون (Wilson, 1975) و فلوگل (Flügel, 2010) استفاده شده است.

ج: با توجه به مجموعه داده‌های صحرایی و رخساره‌ها، مدل رسوبی بخش تبخیری - کربناته قاعده سازند آسماری مورد بررسی قرار گرفت.

در برش تحت‌الارضی موارد زیر به ترتیب انجام شد:

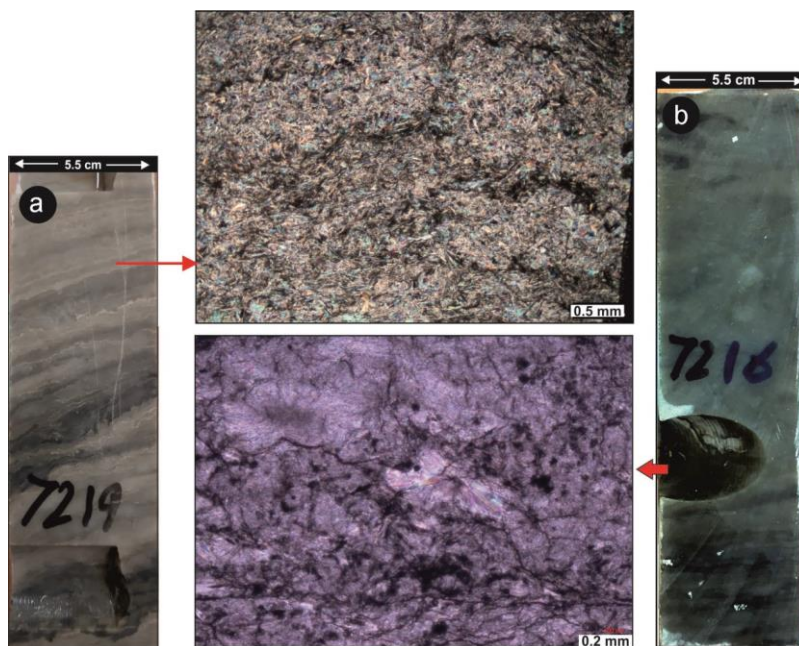
در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی پارسی رسوبات متعلق به سازند آسماری دارای سن میوسن هستند. از انیدریت قاعده آسماری و رسوبات در برگرنده آن، مغزه موجود می‌باشد. میدان پارسی در ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی در ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و در غرب تاقدیس بنگستان واقع شده است. این میدان دارای روند عمومی زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) می‌باشد. در مورد چاه شماره ۱۹ میدان نفتی پارسی از مقاطع نازک تهیه شده از مغزه‌های نفتی و خرده‌های حفاری موجود در انبار شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب (اهواز) استفاده شد (شکل ۶).

در برش‌های سطح‌الارضی موارد زیر به ترتیب انجام شد:

الف: در این مرحله برش‌های مورد مطالعه توسط ژاکوب متراژ شدند و ستون چینه‌شناسی مربوط به آن با مقیاس ۱/۵۰ ترسیم شد. همچنین نمونه‌برداری با فواصل ۱ متری به صورت عادی و در صورت

رسوبی، در مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

الف: مغزه‌های چاه شماره ۱۹ میدان نفتی پارسی از نظر لیتولوژی، بافت رسوبی، رخساره‌ها (با کمک ذره بین دستی)، ساخت‌های



شکل ۶ - دو نمونه از مغزه‌های بخش تبخیری چاه پارسی ۱۹؛ (a) لامیناسیون کاذب که فاصله بین لامینه‌های تبخیری از کربنات تشکیل شده که مقطع نازک میکروسکوپی آن از بلورهای ریز انیدریت تشکیل شده است و (b) نشان دهنده انیدریت فاقد ساخت می‌باشد. عمده بلورهای این نوع انیدریت ریز بلور تا اسفرولیتی است.

Fig. 6. Two sample of the cores of the evaporative part of well Parsi 19; (a) False lamination in which the distance between the evaporating laminae is composed of carbonate whose thin microscopic section is composed of fine anhydrite crystals and (b) Indicates anhydrite without structure. The major crystals of this type of anhydrite are microcrystalline to spherulite.

جدول ۱- برش‌ها و واحدهای سنگ چینه‌ای مورد مطالعه.

Table 1. Sections and lithostratigraphic unit of study area.

Section	Abr.	Lithostratigraphy Unite	Coordinate
Emamzadeh Esfandiar	EE	Asmari Fm. Basal Anhydrite Pabdeh Fm.	31 ⁰ 17' 31.5" N 49 ⁰ 58' 35" E
Gach Boland	GB	Asmari Fm. Basal Anhydrite Pabdeh Fm.	30 ⁰ 58' 47" N 50 ⁰ 06' 39.5" E
Parsi # 19	PR	Asmari Fm. Basal Anhydrite	31 ⁰ 05' 00" N 49 ⁰ 54' 48" E

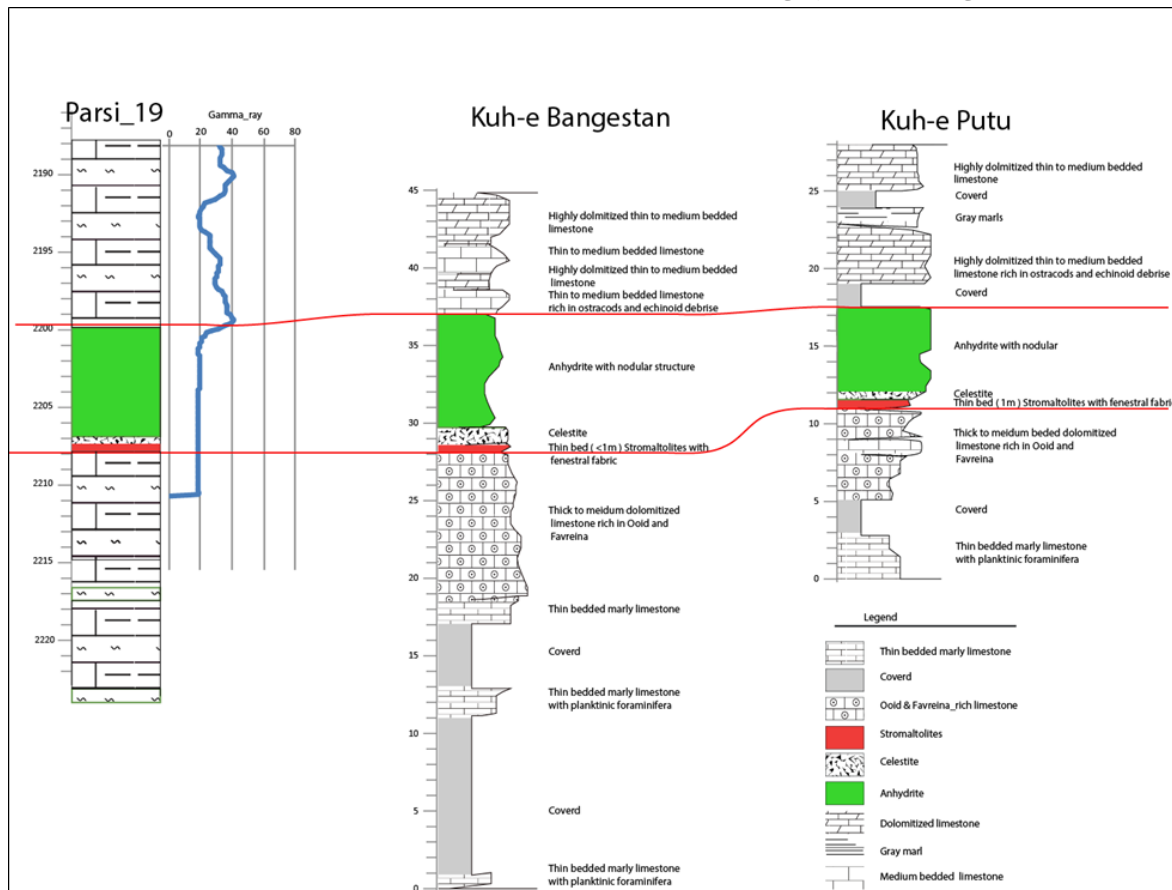
مرکز حوضه و به سمت شمال غرب در گچ بلند، شمال شهرستان لیکک در قاعده سازند آسماری تغییراتی رخ می‌دهد به طوری که در گذر از سازند پابده تا آغاز آهک‌های صخره‌ساز آسماری، علاوه بر لایه‌های تدریجی به ترتیب طبقات انیدریت قاعده آسماری و طبقات

توصیف چینه‌شناسی برش‌های مورد مطالعه

آهک‌های صخره‌ساز سازند آسماری در انتهای جنوب شرقی تاقدیس بنگستان (و بسمت تاقدیس خویز) به صورت تدریجی بر روی مارن و آهک‌های مارنی سازند پابده، قرار می‌گیرد. اما به سمت

۷). در روی این واحد و در زیر بخش تیخیری انیدریت قاعده آسماری، باند نازک استروماتولیتی به ضخامت تقریبی ۳۰ سانتی متر در هر دو مقطع سطحی و همچنین چاه پارسی ۱۹ قابل مشاهده می‌باشد. همچنین در مرز بین افق استروماتولیتی فوق با بخش تیخیری روپین ضخامت کمی از سلسیت در کوه پوتو و چاه پارسی ۱۹ قابل مشاهده است که حداکثر ضخامت آن در مقطع گچ بلند کوه بنگستان به یک متر می‌رسد.

بریسوپسیس‌دار نیز ظاهر می‌شوند. چنین وضعیتی در برش نمونه سازند آسماری نیز وجود دارد (Thomas, 1948; James and Wynd, 1965; Adams and Bourgeois, 1967; Van Buchem et al., 2010). گذر از بخش مارنی پابده بسمت انیدریت قاعده‌ای در محل گچ بلند کوه بنگستان و همچنین مقطع امامزاده اسفندیار کوه پوتو با آهکهای نازک لایه کرم رنگ حاوی فرامینوفرای پلانکتونیک همراه است که بسمت بالا به آهکهای ائیدی متوسط تا ضخیم لایه برنگ خاکستری روشن به ضخامت تقریبی ده متر که بشدت دولومیتی شده است ختم می شود (شکل



شکل ۷- انطباق چینه‌شناسی و اختصاصات چینه‌ای توالی‌های مورد مطالعه در برش‌های کوه پوتو، کوه بنگستان و چاه پارسی ۱۹.

Fig. 7. Correlation of stratigraphy and stratigraphic characteristics of the studied sequences in the Bangestan and Putu sections and Parsi well No 19.

- سنگ آهک‌های نسبتاً ضخیم لایه حاوی ائیدی و فاورینا با بافت غالباً گرینستونی
- افق استروماتولیتی به ضخامت ۵۰-۳۵ سانتی متر با مرفولوژی غالباً مسطح و موجی شکل
- لایه نازک سلسیت
- انیدریت قاعده آسماری
- سنگ آهک‌های دولومیتی شده متوسط لایه حاوی فرامینوفرای بنتیک بدون منفذ، میلیولید، کوفوس، دوکفه ای، شکم پا و بیوکلاست.

بررسی رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی

در این مطالعه با توجه به اینکه تمرکز اصلی بر روی جایگاه چینه‌شناسی بخش انیدریت قاعده‌ای سازند آسماری بوده است، لذا در سه برش چینه‌شناسی (کوه پوتو، کوه بنگستان و چاه پارسی) اقدام به مطالعه و بررسی وضعیت این توالی گردیده است. همانگونه که در بخش‌های قبل بیان گردید، این برش‌ها بر مبنای توصیف صحرایی و تغییر سنگ‌شناسی، از قدیم به جدید به شرح زیر تقسیم شده است:

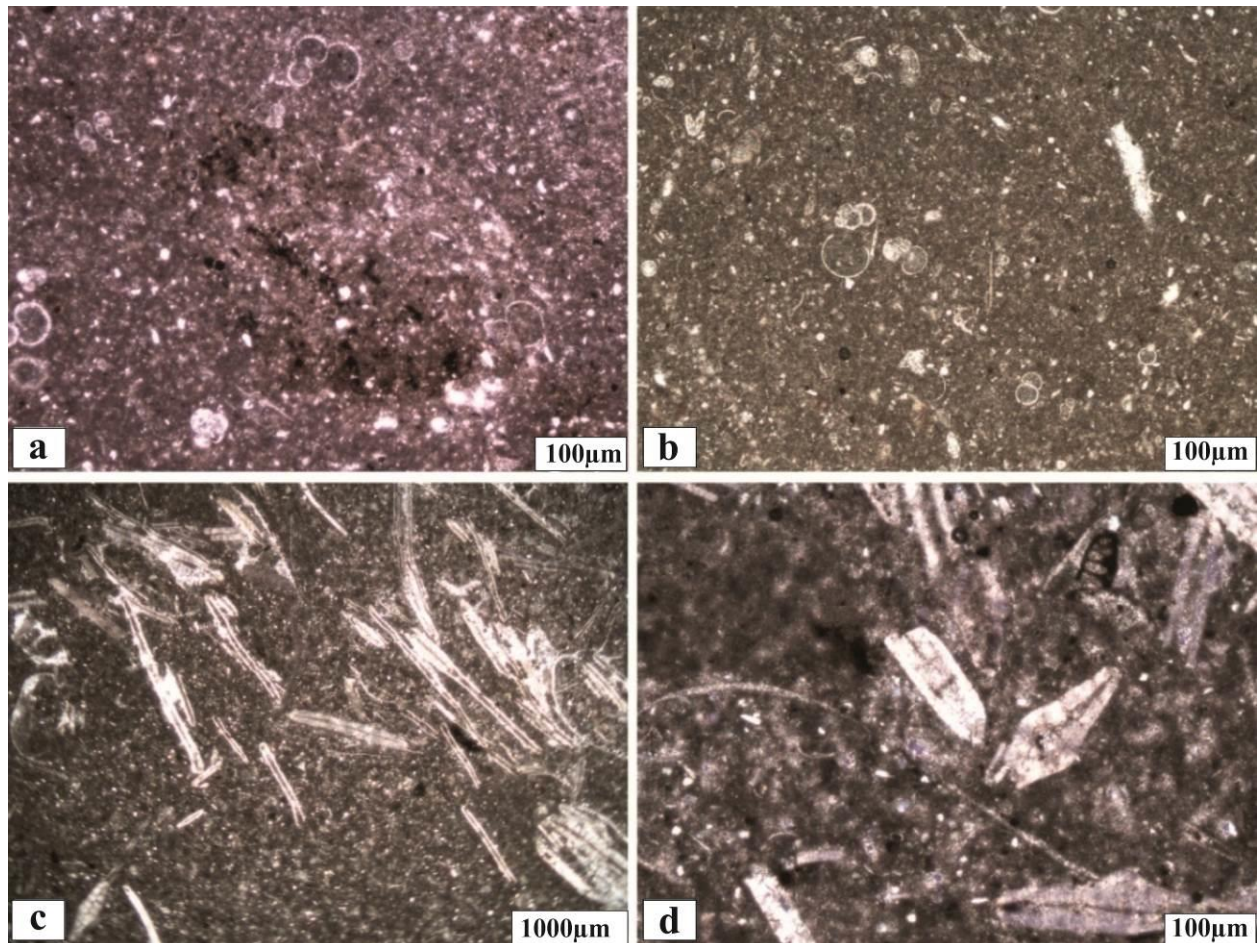
- تناوب سنگ آهک دولومیتی و مارن‌های سبز مربوط به زون تدریجی بین سازندهای پابده و آسماری

آهک‌ها، حاوی مقادیر زیادی فرامینیفرهای پلانکتون (شکل ۸) از جمله گلوبیترین و گلوبوروتالید، همراه با قطعات خرد شده و دوباره حمل شده لپیدوسیکلینیده و نومولیتیده هستند. علاوه بر این خرده‌های اکینودرم، روتالیاهای کوچک، دایتروپا، دوکفه‌ای، گاستروپود و بریوزوئر به مقدار کمتر نیز دیده می‌شود. این رخساره در همه برش‌های مورد مطالعه در زون تدریجی بین سازندهای پابده و آسماری وجود دارد.

با توجه به شباهت این واحدهای سنگی، چه از نظر مکانی و چه زمانی، در منطقه مورد مطالعه، در زیر به اختصار ویژگی‌های رخساره‌ای و محیطی آنها از قدیم به جدید پرداخته می‌شود.

رخساره مارنی سبز

این رخساره اساساً به صورت تناوب مارن‌های سبز و سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه، با لایه بندی تقریباً افقی، مربوط به زون تدریجی بین سازندهای پابده و آسماری است. این مارن و سنگ



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی مربوط به رخساره مارنی در زون تدریجی بین سازندهای پابده و آسماری؛ (a) تصویر میکروسکوپی این رخساره و فراوانی فرامینیفرهای پلانکتون در زمینه میکریتی در برش کوه پوتو و (b-d) تصاویر میکروسکوپی از این رخساره (رخساره مارنی) در برش کوه بنگستان؛ در این تصاویر همراهی قطعات نسبتاً خرد شده لپیدوسیکلینیده، نومولیتیده، خرده‌های بریوزوئر، اکینوید به همراه فرامینیفرهای پلانکتون در ماتریکس گلی دیده می‌شود.

Fig. 8. Microscopic images of marly facies in the trantional zone between Pabdeh and Asmari formations; (a) Microscopic image of this facies and the abundance of planktonic foraminifera in the micritic matrix in Putu section (b-d) Microscopic images of this facies in the Bangestan section. In these images relatively crushed parts of lepidocyclina, nummulites, bryozoa debris, echinoderms, along with plankton foraminifera are found in the clay matrix.

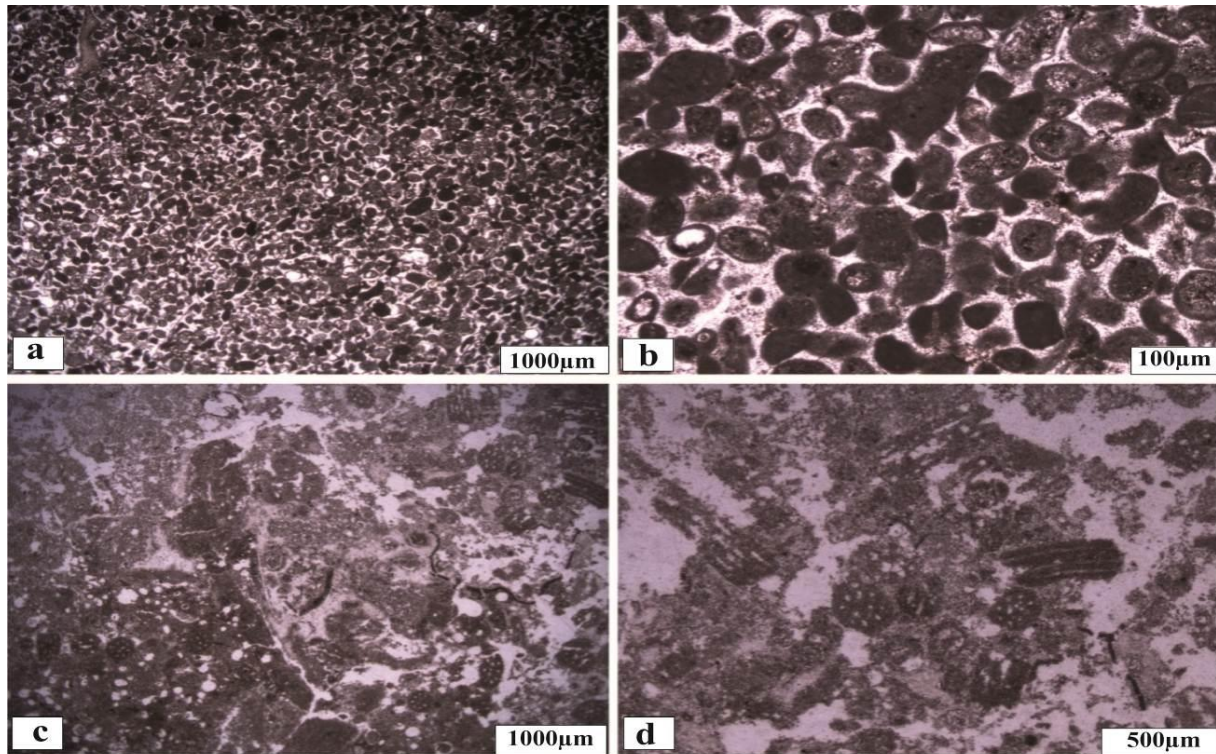
است. این مجموعه رخساره‌ای در رسوبات قاعده سازندهای آسماری مربوط به بخش عمیق دریای باز در نواحی مختلف حوضه رسوبی زاگرس گزارش شده است.

در شکل ۸ وجود مقادیر نسبتاً فراوان فرامینیفرهای پلانکتون، بافت دانه‌ریز و میکریت فراوان نشانه رسوبگذاری این رخساره در محیط دریایی نسبتاً عمیق، آرام و کم انرژی در زیرسطح تاثیر امواج

قطعات خارپوستان، بریوزوئر، مرجان و جلبک‌های قرمز کورالیناسه به مقدار کمتر در برخی مقاطع دیده می‌شوند. این رخساره در برش‌های تنگ بند، تنگ بولفارس، تنگ نایاب نیز توسط رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2009; Rahmani, 2011) گزارش شده است. رخساره مشابه از دیگر نواحی زاگرس نیز گزارش شده است.

رخساره پکستون-گرینستون-اُئید و فاورینادار

آلوکم‌های غیر اسکلتی ائید و فاورینا از تشکیل دهنده‌های اصلی این رخساره می‌باشد؛ ائیدها از نوع مماسی بوده و به همراه فاورینا به صورت طولی، عرضی و مایل در یک سیمان اسپارایتی قرار گرفته‌اند و مجموعاً از جورشدگی و گردشدگی نسبتاً خوبی برخوردار هستند (شکل ۹). فسیل‌هایی مانند میلیولید، استراکد، روتالیا‌های کوچک و



شکل ۹ - تصاویر میکروسکوپی رخساره پکستون - گرینستون ائید و فاورینادار؛ (a-b) تصاویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه بنگستان؛ فراوانی و بافت دانه‌های ائید و فاورینا و زمینه اسپارایتی کاملاً مشخص است و (c-d) تصاویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه پوتو؛ در این تصاویر، فراوانی دانه‌های فاورینا نسبتاً بیشتر است و برش‌های استوایی و طولی آنها بهتر دیده می‌شود.

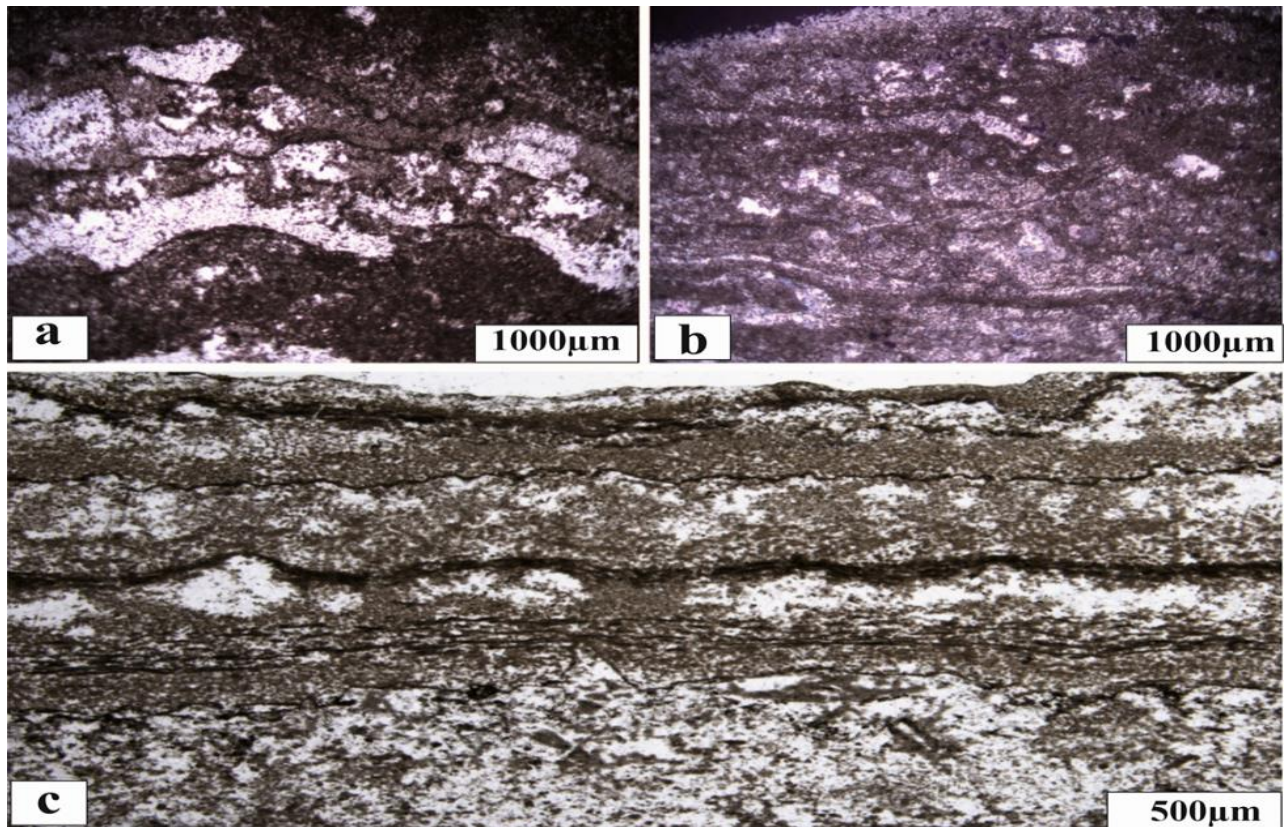
Fig. 9. Microscopic images of packstone-grainstone ooid and foraminifera facies; (a-b) Microscopic images of this facies in the Bangestan section; the frequency and texture of ooid and foraminifera and the sparritite texture are quite clear, and (c-d) Microscopic images of this facies in the Putu section; the frequency of Faverrina seeds is relatively higher and their equatorial and longitudinal sections are better seen.

پارسی ۱۹، بلافاصله در زیر انیدریت قاعده آسماری وجود دارد. این رخساره از لامینه‌های استروماتولیتی تشکیل شده است که به صورت تناوب لایه‌های تیره و روشن می‌باشد. فابریک چشم پرنده‌ای و لامینه‌ای مشخصه این رخساره بوده و ضخامت لامینه‌ها در حد میلیمتر است. در صحرا به صورت سنگ آهک و سنگ آهک‌های رس‌دار نازک تا متوسط لایه تشخیص داده شده که در مواردی دولومیتی و برشی شده است. علاوه بر برشی شدن، نودول‌های تبخیری فراوان و سیمان انیدریتی از ویژگی‌های این رخساره است.

در شکل ۹ حضور ائیدها و بافت دانه‌پشتیبان آنها حاکی از تشکیل این رخساره در محیط رسوبی نسبتاً پر انرژی و شوری بالای سد از رمپ داخلی می‌باشد (Wilson, 1975). این رخساره معادل RMF-29 معرفی شده توسط فلوگل (Flügel, 2010) بوده و همچنین به کمر بند رخساره‌ای شماره ۳ باکستون و پدلی (Buxton and Pedley, 1989) نسبت داده می‌شود.

رخساره باندستون استروماتولیتی

این افق استروماتولیتی در رخنمون و مغزه حالت مسطح (شکل ۱۰) و موجی تا کمی برآمده دارد و به ضخامت ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در کوه پوتو، کوه بنگستان و مقطع تحت‌الارضی چاه



شکل ۱۰- تصاویر میکروسکوپی رخساره باندستون استروماتولیتی؛ (a) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه بنگستان، (b) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه پوتو و (c) تصویر میکروسکوپی این رخساره در چاه ۱۹ پارسی.

Fig. 10. Microscopic images of stromatolite boundstone facies; (a) Bangestan section, (b) Putu section, and (c) Parsi well No 19.

امروزه ساختارهای لامینه‌ای مسطح با منشاء میکروبی در محیط‌های بین جزر و مدی یافت شده است (Esteban et al., 1996; Kennard and James, 1986; Logan et al., 1964; Pickard, 1996; Pope et al., 2000). در مناطق با آب و هوای خشک مانند خلیج فارس و شارک بی در استرالیا استروماتولیت‌ها با پوشش مسطح در پائین پهنه جزر و مدی واقع شده‌اند (Pratt, 1982; Riding, 2008). شواهدی از قبیل گسترش دولومیت‌های ریزبلور، وجود کانی‌های تبخیری نظیر انیدریت، تخلخل چشم پرنده‌ای و حفره‌ای، فقدان آلومک و غالب بودن میکریت در این مجموعه رخساره‌ای بیانگر تشکیل آن در یک محیط کم عمق و محدود با انرژی پائین، در نزدیک ساحل است (شکل ۱۰).

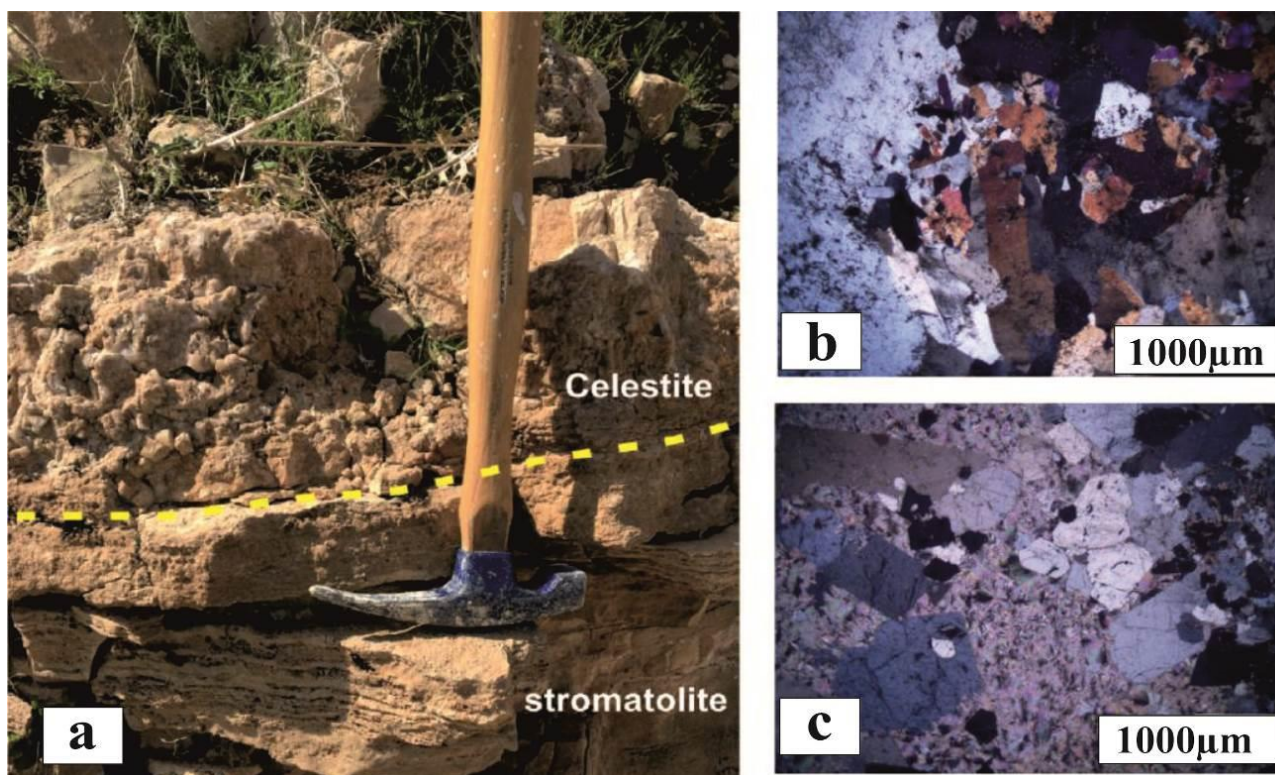
در طی الیگوسن - میوسن تشکیل شده‌اند. تشکیل کانی سلسیت در حوضه رسوبی زاگرس در کربنات‌های محیط‌های رسوبی کم عمق و تبخیری‌های بخش کلهر/ انیدریت قاعده‌ای سازند آسماری گزارش شده است که از جمله آن می‌توان به میدین نفتی چشمه خوش (Rahmani and Rafiei, 2019) و مارون و بی بی حکیمه (Ehrenberg et al., 2007) و نیز ناقدیس‌های سطح‌الارضی بنگستان (Pourkaseb et al., 2017) اشاره نمود.

امروزه ساختارهای لامینه‌ای مسطح با منشاء میکروبی در محیط‌های بین جزر و مدی یافت شده است (Esteban et al., 1996; Kennard and James, 1986; Logan et al., 1964; Pickard, 1996; Pope et al., 2000). در مناطق با آب و هوای خشک مانند خلیج فارس و شارک بی در استرالیا استروماتولیت‌ها با پوشش مسطح در پائین پهنه جزر و مدی واقع شده‌اند (Pratt, 1982; Riding, 2008).

رخساره تبخیری سولفات

نهشت سلسیت

در مرز بین افق استروماتولیتی فوق با بخش تبخیری رویین ضخامت کمی از سلسیت در کوه پوتو و چاه پارسی ۱۹ قابل مشاهده است که حداکثر ضخامت آن در مقطع گچ بلند کوه بنگستان به یک متر می‌رسد (شکل ۱۱). مهمترین ذخایر کانی تبخیری سلسیت (Celestite) یا سلستین (Celestine) در ایران



شکل ۱۱ - تصاویر نهشت سلسیت؛ (a) تصویر صحرایی این رخساره در برش کوه بنگستان، (b) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه پوتو و (c) تصویر میکروسکوپی این رخساره در چاه ۱۹ پارسی.

Fig. 11. Celestite sediment images; (a) Bangestan section, (b) Microscopic images of celestite in Putu section, and (c) Parsi well No 19.

(شکل ۱۲). در مواردی ادخال‌های کربناته ظاهری لامینه‌ای در مغزه‌های حفاری توالی انیدریتی چاه شماره ۱۹ میدان پارسی ایجاد نموده است.

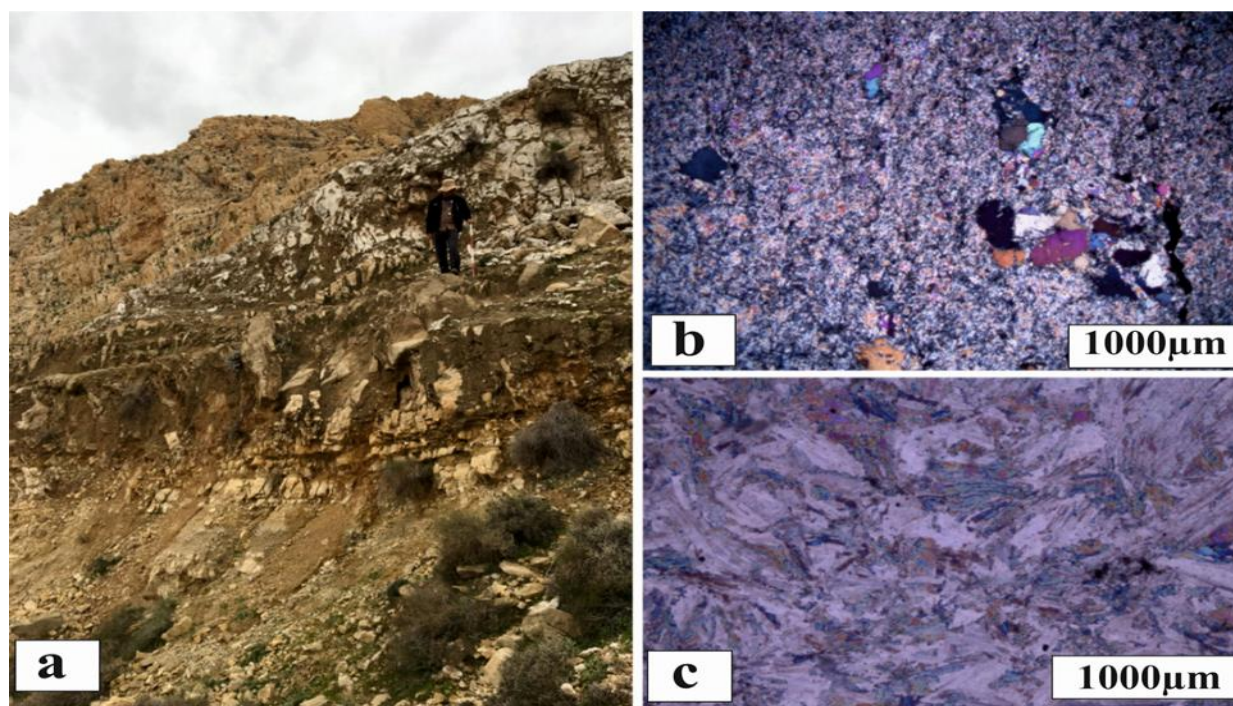
ژئیس اولیه در طی تدفین به انیدریت تبدیل می‌شود که این فرایند دیاژنزی باعث کاهش حجم آن تا ۳۸٪ می‌گردد (Kirkland, 2005; Kasprzyk, 2003; Holliday, 1970; Shearman, 1972; Testa and Lugli, 2000).

بلورهای ژئیس در محیط تدفینی به صورت نودول‌هایی از انیدریت با آرایش عمودی حفظ می‌گردند. با رخنمون یافتن توالی، این نودول‌های انیدریتی به ژئیس تبدیل می‌گردند (Melvin, 1991). به علت اثرات فرایندهای دیاژنزی در حال حاضر بلورهای انیدریت در برش‌های سطح‌الارضی به صورت ریز بلور تا بادبزی شکل دیده می‌شوند.

سلسیت در محیط سبخایی از شورابه‌های تغلیظ شده تشکیل می‌گردد (Evns and Shearman, 1964). با این وجود به نظر می‌رسد که در این توالی مهم‌ترین راه‌های تشکیل آن دیاژنزی بوه و از طریق خروج استرانسیوم از ساختمان آراگونیت به هنگام تبدیل به کلسیت و یا دولومیت و نیز خروج استرانسیوم از ساختمان انیدریت هنگام تبدیل آن به ژئیس صورت می‌پذیرد (شکل ۸؛ Baker and Bloomer, 1988; Honor, 2000; Swart, 2015; Warren, 2016).

نهشت انیدریت

نهشته‌های تبخیری در برش‌های سطح‌الارضی به صورت عمدتاً ژئیس و در چاه شماره ۱۹ پارسی بیشتر به صورت انیدریت مشاهده می‌شوند. ضخامت توالی تبخیری بین ۶ الی ۷ متر بوده که به صورت نودول‌هایی به رنگ‌های سفید، خاکستری و گاهی قرمز دیده شده‌اند.



شکل ۱۲- تصاویر رخساره انیدریت؛ (a) تصویر صحرایی این رخساره در برش کوه پوتو، (b) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه بنگستان و (c) تصویر میکروسکوپی این رخساره در چاه ۱۹ پارسی.

Fig. 12. Anhydrite sediment images; (a) Putu section, (b) Microscopic image of celestite in Bangestan section, and (c) Parsi well No 19.

استراکد بیوکلاست می‌باشد. بافت سنگ گل پشتیبان بوده و دانه‌ها در زمینه‌ای از میکرایت قرار دارند (شکل ۱۳).
 وفور گل در این رخساره نشانگر رسوبگذاری این رخساره در شرایط انرژی کم در یک محیط بسته می‌باشد. همچنین عدم فراوانی آلومکها در اثر بالا رفتن شوری و یا احتمالاً افزایش درجه حرارت، شرایط محیط محدود را تأیید می‌کند. این محیط رسوبی بسته و محدود می‌تواند در پشت سد و لاگون که آب شور و یا فوق العاده شور می‌باشد، تشکیل شده باشد (Cornee et al., 2009; Gebhardt, 2003; Tutken et al., 2006).

بحث و نتیجه گیری

از اواسط ائوسن تا میوسن زیرین سه رخداد مهم یخچالی و سرد شدن اقلیم جهانی (در نزدیکی مرز ائوسن - الیگوسن، مرزروپلین- شاتین و مرز شاتین - آکی تانین) به وقوع پیوسته که رسوبگذاری را در مقیاس جهانی تحت تأثیر قرار داده است (Abreu and Anderson, 1998; Abreu and Haddad, 1998; Katz et al., 2008; Miller et al., 2005; Sickel et al., 2004; Zachos et al., 2001). با افت سطح جهانی آب دریا، در مرز الیگوسن - میوسن (شاتین- آکی تانین) حوضه درون پلتفرمی آسماری از دریای باز جدا شده و یک حوضه مستقل با شوری بالا ایجاد شده است. به نظر می‌رسد که در این زمان با توجه به شدت گرفتن فرایند چین‌خوردگی، گسل‌های پی‌سنگی با روند زاگرس

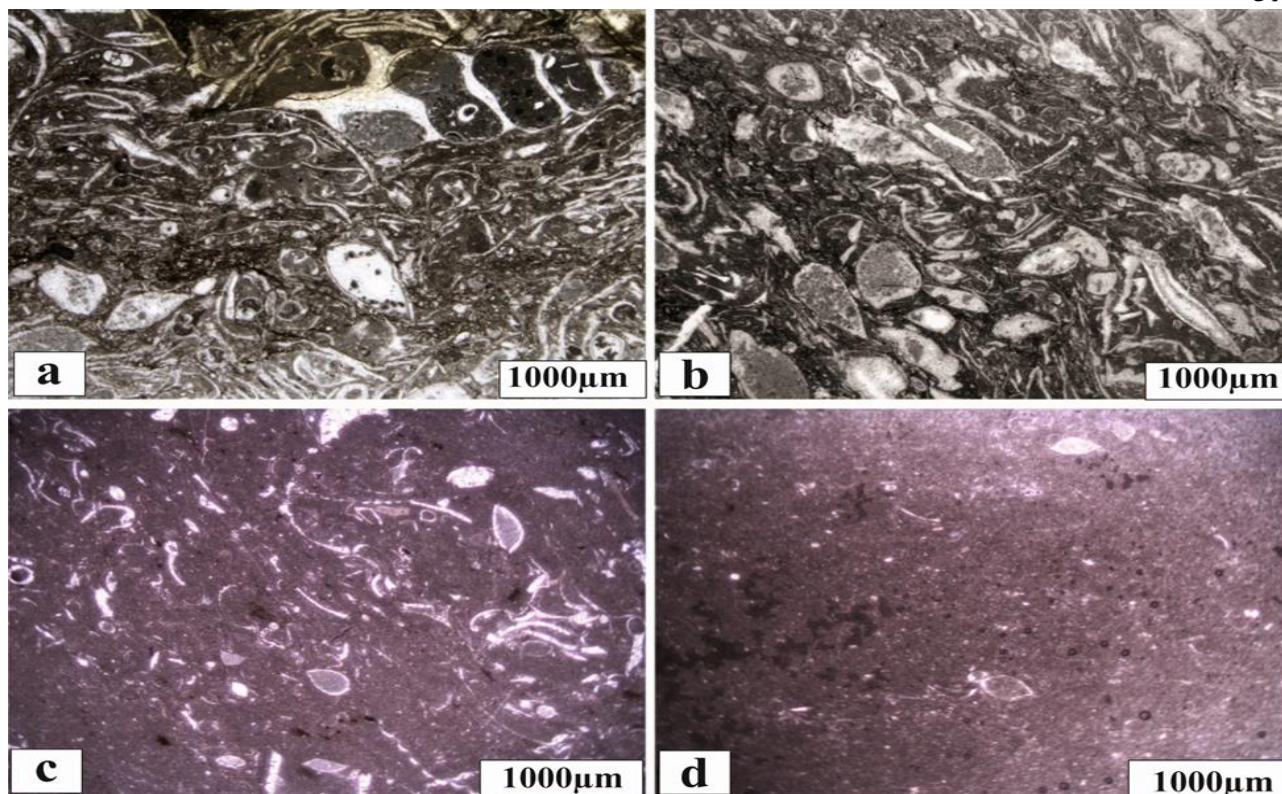
این ضخامت زیاد و تقریباً خالص از ژپس و انیدریت بنا بر تقسیم‌بندی (Forkner, 2010)، جزء توالی تبخیری افزون (Evaporite dominated) می‌باشند که تشکیل آنها در یک محیط سالینا تفسیر شده است (Warren, 2016). به طور کلی در محیط سالینا بلورهای ژپس به صورت درشت بلور و با ماکل دم چلچله‌ای و بافت جناغی و با جهت یافتگی قائم نسبت به کف حوضه تشکیل می‌شوند (Warren, 2006; Rochy et al., 1994). در زمان اکتیانین به دلیل افت سطح آب دریا، حوضه درون پلتفرمی آسماری به طور موقت از دریای باز جدا می‌شود و انیدریت زیر دریایی رسوب می‌کند. اگر ضخامت رسوبات انیدریتی و گسترش جانبی آنها را در نظر بگیریم، چنین فرض می‌شود که این انیدریت‌ها رسوبات زیر دریایی هستند که در حوضه‌های شور ایزوله تشکیل شده‌اند. تخمین عمق دقیق تشکیل این رسوبات سخت است اما براساس مورفولوژی حوضه ممکن است ۱۰ تا ۱۵ متر باشد (Van Buchem et al., 2010).

رخساره وکستون - پکستون بایوکلاستی حاوی استراکد

این رخساره بلافاصله در بالای واحد انیدریتی، به صورت لایه‌های نازک سنگ آهک دولومیتی حاوی خرده‌های فراوان شکم‌پا، دوکفه-ای و استراکد قرار دارد. اجزای اصلی تشکیل دهنده این رخساره،

مانند گسل‌های جبهه کوهستان و گسل اصلی زاگرس تاثیر بیشتری در این خروج از آب گسترده ایفا کرده باشند (Sepehr and Cosgrove, 2004, 2007). از مهمترین شواهد این خروج از آب شدید می‌توان به تشکیل رسوبات شبه قاره‌ای (مارن‌ها و سنگ آهک‌های مارنی قرمز رنگ)، توسعه کارست و ضخامت زیاد دولستون‌های برشی شده در تاق‌دیس‌های میش، اشگر، آنه در شمال گچساران (Shabafrooz et al., 2015a; Shabafrooz et al.,)

و از همه مهمتر، لایه‌های انیدریتی در قاعده سازند آسماری در منطقه مورد مطالعه این مقاله اشاره کرد. این موضوع مطابق با شکل ۱۴ با نهشته شدن رسوبات تبخیری که نشان از آب هوای گرم و خشک در زمان خارج شدن این پلتفرم کربناته از زیر آب دارد، به اثبات می‌رسد. این محیط فوق العاده شور مانع از گسترش فرامینیفرهای بنتیک شده است.

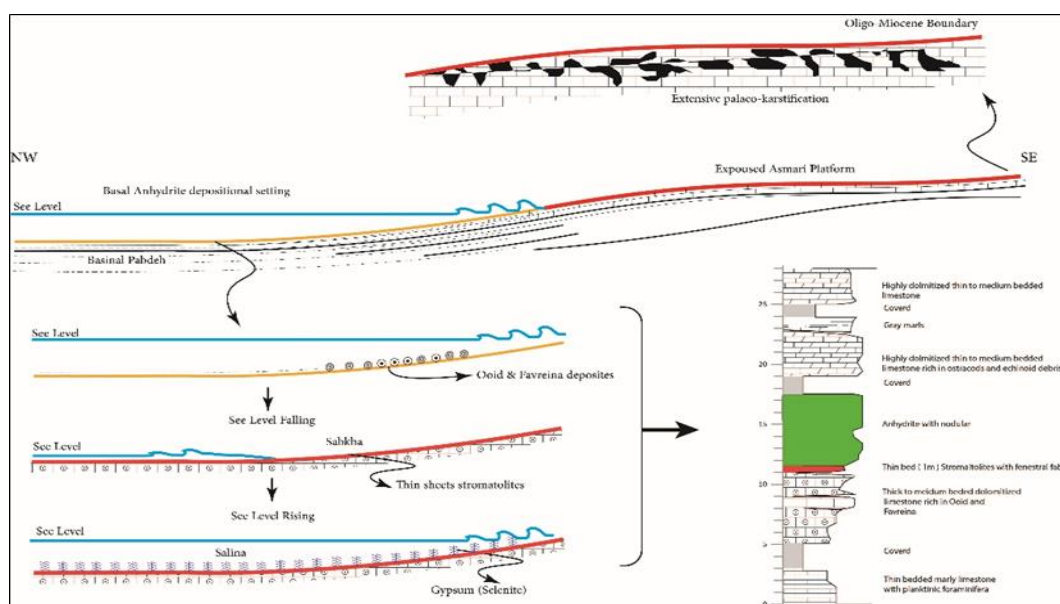


شکل ۱۳- تصاویر میکروسکوپی رخساره وکستون - پکستون بایوکلستی حاوی استراکد؛ (a-b) تصاویر میکروسکوپی این رخساره در چاه ۱۹ پارسی؛ در این تصاویر فراوانی پوسته‌های استراکود در زمینه‌ای از میکریت قابل مشاهده است، (c) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه پوتو و (d) تصویر میکروسکوپی این رخساره در برش کوه بنگستان.

Fig. 13. Microscopic images of ostracodic wackestone-packstone facies; (a-b) Microscopic images of this facies in Parsi well No 19. In these images the abundance of ostracode shells can be seen in the micritic matrix, (c) Putu section, and (d) Bangestan section.

در مقابل یک نوع سخت پوست تولید کننده کوپرولیت که در محیط با انرژی زیاد و شوری بالا سازگاری دارد، مقدار زیادی فاورینا تولید کرده است (Van Buchem et al., 2010). همچنین در این محیط کم عمق با شوری بالا و گردش محدود آب دانه‌های ائید نیز گسترش پیدا کرده است (Adams, 1969; Ehrenberg et al., 2007; Shabafrooz et al., 2015a; Van Buchem et al., 2010). محتوای زیستی سازند آسماری در این زمان بسیار محدود و از تنوع نسبتاً پایینی برخوردار است و بخش اعظم توالی-های نهشته شده دولومیت و سنگ آهک‌های دولومیتی است. این شرایط بیانگر حاکم بودن محیط رسوبگذاری بسیار کم عمق رمپ داخلی در سرتاسر منطقه مورد مطالعه و همچنین نواحی مجاور

است. فرامینیفرهای بنتیک با دیواره پورسلانوز و اگلوتینه، مهمترین اجزای تشکیل دهنده سنگ آهک و سنگ آهک‌های دولومیتی این پلتفرم کربناته هستند. به دلیل حد و اسط بودن پهنه جزر و مدی رسوبات آن بطور منظم یا نامنظم از آب خارج شده و ساختهای مخصوصی در آنها به وجود آمده است. از جمله موارد تشکیل استروماتولیت‌های صفحه‌ای همراه با فابریک چشم پرنده‌ای و قالب بلورهای تبخیری اشاره نمود. این استروماتولیت در اثر پائین افتادن سطح آب و زمانی که حوضه به سمت خروج از آب نزدیک شده، تشکیل شده است.



شکل ۱۴- تصویر شماتیک از مدل رسوبی دو بعدی مرز الیگو - میوسن سازند آسماری و اختصاصات رسوبی و چینهای مرتبط با آن، با تاکید بر وضعیت محیط رسوبگذاری انیدریت قاعده‌ای و رخساره‌های همراه آن.

Fig. 14. Schematic illustrating of the two-dimensional sedimentary model of the Oligo-Miocene border of the Asmari Formation and its associated sedimentary and stratigraphic properties, emphasizing the sedimentary environment of the basal anhydrite and its associated facies.

محترم اداره عملیات زمین‌شناسی جهت در اختیار قرار دادن مغزه‌های چاه پارسی ۱۹ تشکر ویژه می‌نماییم و از سرکار خانم سیده اکرم جویباری دانشجوی دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان به پاس کمک به بهبود نگارش مقاله تشکر و قدردانی می‌نماییم.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از معاونت زمین‌شناسی شرکت نفت مناطق نفتخیز جنوب بخاطر پشتیبانی کامل این مطالعه تشکر و قدردانی کنند. همچنین از جناب دکتر عبدالرضا باوی عویدی بیاس همکاری و راهنمایی‌های ارزنده ایشان کمال تشکر را داریم. از کادر

منابع

- Abreu, V.S., Anderson, J.B., 1998. Glacial eustasy during the Cenozoic; sequence stratigraphic implications. AAPG Bulletin 82(7), 1385-1400.
- Abreu, V.S., Haddad, G.A., 1998. Glacioeustatic variations: the mechanism linking stable isotope events and sequence stratigraphy from the early Oligocene to Middle Miocene. SEPM Special Publication 60, 245-260.
- Adams, T.D., 1969. The Asmari Formation of Lurestan and Khuzestan provinces. Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division, Report, 1154p.
- Buxton, M.W.N., Pedley, H.M., 1989. A standardized model for Tethyan Tertiary carbonate ramps. Journal of the Geological Society 146, 746-748.
- Cornee, J.J., Moissette, P., Martin, J.P.S., Kazmer, M., Toth, E.K., Gorog, A., Dulai, A., Muller, P., 2009. Marine carbonate systems in the Sarmatian (Middle Miocene) of the Central Paratethys: The the ZsámbeK Basin of Hungary. Sedimentology 56(6), 1728-1750.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to depositional Texture. In: Classification of Carbonate Rocks. AAPG, p.108-121.
- Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqrabi, A.A.M., McArthur, J.M., Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene - lower Miocene), SW Iran. Journal of Petroleum Geology 30(2), 107-128.
- Esteban, M., Braga, J.C., Martín, J., De Santisteban, C., 1996. An overview of Miocene reefs from Mediterranean areas: general trends and facies models Western Mediterranean reef complexes, Models

- for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions, Volume 5, SEPM (Society for Sedimentary Geology), p. 3–53.
- Falcon, N.L., 1974. Southern Iran: Zagros Mountains, in A. Spencer, ed., Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts, Geological Society of London Special Publication 41, 199-211.
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkati, S., Koyi, H., 2009. Basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold-and-thrust belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology* 32, 5-19.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*, Berlin, Springer-Verlag, p. 976.
- Forkner, R.M., 2010. An integrated system for macro-scale anhydrite classification. *Geology Quarterly* 54, 423–430.
- Gebhardt, H., 2003. Palaeobiogeography of Late Oligocene to Early Miocene Central European Ostracoda and Foraminifera: progressive isolation of the Mainz Basin, northern Upper Rhine Graben and Hanau Basin/Wetterau. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 201(3-4), 343-354.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W.J., Ghazi, A.M., 2003. Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction. Part 1. *Sedimentology: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 193, 405-423.
- James, G.A., Wynd, J.G., 1965. Nomenclature of Iranian Oil Agreement area. *AAPG Bulletin* 49(12), 2182-2245.
- Kamalifar, F., Aleali, M., Ahmadi, V., Mirzaiee, A., 2020. Facies distribution, paleoenvironment and sequence stratigraphy model of the Oligo-Miocene Asmari Formation (Fars Province, south of Iran). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(4).
- Katz, M.E., Miller, K.G., Wright, J.D., Wade, B.S., Browning, J.V., Cramer, B.S., Rosenthal, Y., 2008. Stepwise transition from the Eocene greenhouse to the Oligocene icehouse. *Nature Geoscience* 1(5), 329-334.
- Kennard, J.M., James, N.P., 1986. Thrombolites and stromatolites; two distinct types of microbial structures. *Palaios* 1(5), 492-503.
- Lees, G.M., 1933. Reservoir rocks of Persian oil fields. *A.P.G. Bulletin*, p. 229-240.
- Logan, B., Rezak, R., Ginsburg, R., 1964. Classification and environmental significance of algal stromatolites. *The Journal of Geology* 72(1), 68-83.
- Lorestani, M., Kangazian, A., Safari, A., Noura, M.R., Nasehi, E., 2016. Microfacies, Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Asmari Formation in Masjed-I-Soleyman Oil Field, Khuzestan Province, Southwest Iran. *Open Journal of Geology* 6, 840-851.
- Melvin, J.L., 1991. *Evaporates, Petroleum and Mineral Resources*, Elsevier Science Publishing Company, p. 556.
- Miller, K.G., Kominz, M.A., Browning, J.V., Wright, J.D., Mountain, G.S., Katz, M.E., Sugarman, P.J., Cramer, B.S., Christie-Blick, N., Pekar, S.F., 2005. The Phanerozoic record of global sea-level change. *Science* 310, 1293-1298.
- Motiei, H., 1993. *Iran Geology: Zagros Stratigraphy*, Geological Survey of Iran Publications, 536 p.
- Pickard, N.A.H., 1996. Evidence for microbial influence on the development of Lower Carboniferous buildups, Geological Society, London, Special Publications 107(1), 65-82.
- Pope, M.C., Grotzinger, J.P., Schreiber, B.C., 2000. Evaporitic Subtidal Stromatolites Produced by in situ Precipitation: Textures, Facies Associations, and Temporal Significance. *Journal of Sedimentary Research* 70(5), 1139-1151.
- Pratt, B.R., 1982. Stromatolitic framework of carbonate mud-mounds. *Journal of Sedimentary Research* 52(4), 1203-1227.
- Rahmani, A., 2011. *Stratigraphy of Asmari Formation in Bangestan and Khoy Anticlines and Persian Oil Field*, PhD Thesis, University of Isfahan, 250 p.
- Rahmani, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A., Ghabeishavi, A., 2009. A model for the paleoenvironmental distribution of larger foraminifera of Oligocene–Miocene carbonate rocks at Khaviz Anticline, Zagros Basin, SW Iran: Historical Biology. *An International Journal of Paleobiology* 21(3), 215–227.

- Rahmani, S., Rafiei, B., 2019. Depositional environments and the extension of Basal Anhydrite evaporitic facies of the Asmari Formation in the Dezful Embayment and surrounding areas, SW Iran. *Journal of Geoscience* 29(113), 101-114.
- Richardsons, P.K., 1924. The geology and oil measures of south-west Persia. *Journal of Petroleum Science and Technology* 43, 259-283.
- Riding, R., 2008. Abiogenic, microbial and hybrid authigenic carbonate crusts: Components of Precambrian stromatolites. *Geologia Croatica* 61(2-3) 73-103.
- Rouchy, J.M., Bernet-Rollands, M.C., Maurin., 1994. Descriptive Petrography of Evaporites; Application in the field, Subsurface and the Laboratory, Evaporite sequences in Petroleum Exploration. *Geological Methods, Editions Technique* 1, 71-123.
- Sepehr, M., Cosgrove, J.W., 2004. Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran: *Marine and Petroleum Geology* 21(7), 829-843.
- Sepehr, M., Cosgrove, J.W., 2007. The role of major fault zones in controlling the geometry and spatial organization of structures in the Zagros Fold-Thrust Belt, Geological Society, London, *Special Publications* 272, 419-436.
- Seyrafian, A., 2006. Facies of Asmari Formation in Central Zagros Heights (Shahrekord, Izeh, Beldachi and South of Yasuj, Research Deputy of National Iranian Oil Company, 779 p.
- Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H., Arzani, N., Taheri, A., 2011. Facies analysis of the Asmari Formation in central and north-central Zagros basin, southwest Iran: Biostratigraphy, paleoecology and diagenesis. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(3), 439-458.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Ghabeishavi, A., Moussavi-Harami, R., 2015a. Depositional architecture and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari platform; Southeastern Izeh Zone, Zagros Basin, Iran. *Facies* 61(1), 1-32.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Moussavi-Harami, R., Ghabeishavi, A., Al-Aasm, I. S., 2015b. Facies analysis and carbonate ramp evolution of Oligo-Miocene Asmari Formation in the Gachsaran and Bibi-Hakimeh oilfields and the nearby Mish anticline, Zagros Basin, Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 276(1), 121-146.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbury, A.D., Simmon, M., D., 2001. Arabian Plate sequence stratigraphy, *GeoArabia*, Special Publication, Oriental Press, Manama Bahrain 2, 371p.
- Sherkati, S., Letouzey, J., 2004. Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros Izeh Zone and Dezful Embayment), Iran. *Marine and Petroleum Geology* 21, 535-554.
- Sickel, W.A.V., Kominz, M.A., Miller, K.G., Browning, J.V., 2004. Late Cretaceous and Cenozoic sea-level estimates: backstripping analysis of borehole data, onshore New Jersey. *Basin Research* 16(4), 451-465.
- Stonley, R., 1975. Asmari and younger Formations, Internal report, Geological Survey of Iran.
- Tütken, T., Vennemann, T.W., Janz, H., Heizmann, E.P.J., 2006. Palaeoenvironment and palaeoclimate of the Middle Miocene lake in the Steinheim basin, SW Germany: A reconstruction from C, O, and Sr isotopes of fossil remains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 241, 457-491.
- Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V., Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society of London, Special Publication* 329(1), 219-263.
- Van Buchem, F., Razin, P., Homewood, P.W., Heiko Osterdoom, W., Philip, J., 2002. Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic rich intrashelf basin: Natih Formation (Middle cretaceous) of northern Oman. *A.A.P.G. Bulletin* 86, 21-53.
- Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A., Taheri, A., Motiei, H., 2010. Oligocene-Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: microfacies, paleoenvironment and depositional sequence. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27(1), 56-71.
- Warren, J.K., 2016. *Evaporites: A Geological Compendium*, Springer, London, p.1822.
- Wilson, J. L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*, New York, Springer-Verlag, p.471.

- Zabihi Zoeram, F., Vahidinia, M., Mahboubi, A., Amiri Bakhtiar, H., 2013. Facies analysis and sequence stratigraphy of the Asmari Formation in the northern area of Dezful Embayment, south-west Iran. *Studia UBB Geologia* 58(1), 45-56.
- Zachos, J., Pagani, H., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686-693.

