



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

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan  
Vol. 34, Issue 1, No. 70, Spring 2018  
pp. 17-20  
Received: 03.03.2018 Accepted: 08.06.2018

## **Facies and sedimentary environment of the Lower Cretaceous transgressive siliciclastic and carbonate succession in the southwestern margin of central Iran, northeast of Isfahan**

**Zahra Mazroei Sebdani**

*MSc. of Geology, Department of Geology, University of Isfahan, Iran*

**Mohammad Ali Salehi\***

*Assistant Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Iran*

**Hamid Reza Pakzad**

*Associate Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Iran*

**Ali Bahrami**

*Associate Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Iran*

*\*Corresponding author email: ma.salehi@sci.ui.ac.ir*

### **Introduction**

In this study, successions including red beds siliciclastic and the carbonate rocks of Lower Cretaceous sequence is studied at Kuh-e-Bejareh in the south western margin of Central East Iranian Microcontinent. The Lower Cretaceous red beds represents the first deposits after the Late Cimmerian phase and unconformably overlies the dark green sandstones and shales of Nayband Formation and overlain conformably by cliff-forming carbonate deposits of the Aptian *Orbitolina* Limestone. The Jurassic is gap in between and sediments are missing in the study area. Mazroei-Sebdani (2016) and Mazroei-Sebdani et al. (2018) studied in detail the provenance and diagenetic events of similar succession. In this research, recognition of clastic lithofacies and carbonate microfacies would result to the interpretation of depositional environments and to reconstruction of palaeoenvironment and palaeogeography of the south western margin of Central East Iranian Microcontinent during Early Cretaceous (Barremian?-Aptian).

### **Material & Methods**

The studied outcrop section at Kuh-e-Bejareh represent the Lower Cretaceous siliciclastic red beds (base coordinate: N 33° 05' 33.7", E 51° 57' 34.9") in western margin of Central East Iranian Microcontinent, 47 km northeast of Isfahan, central Iran. The interval were logged bed-by-bed using Jacob Staff. The succession have 138 m thickness in that nine lithostratigraphic sub-units were defined. Lithofacies types were determined using the modified lithofacies classifications of Miall (2006). Palaeocurrent indicators were measured at 74 locations. Stereonet version 9.8.3 were used to construct rose diagrams. Total of 75 samples were collected from the outcrop section in the field. The petrographic classification for sandstone were based on Folk (1974) and carbonates rocks is based on Dunham limestone classification (Dunham, 1962). Wilson (1975) and Flügel (2010) facies belts and sedimentary models were used to interpret the carbonate microfacies.

### **Discussion of Results & Conclusions**

Lithostratigraphic sub-units 1-6 are grouped into the K1 unit (92 meters) and 7-9 (46 meters) into lower part of the K2 unit. The K1 unit composed of red clast-supported conglomerate, fine-grained cross-bedded sandstone and siltstones. The K2 unit composed of sandy limestone and fossiliferous (*Orbitolina*) limestone with verity of rocks textures. Lithofacies analysis led to identification of four coarse-grained (Gcm, Gp, Gh, Gt), five medium-grained (St, Sm, Sh, Sp, Sr), two fine-grained (Fl, Fm) and an intermediate facies (Sh and Fl). Sandstones of the Lower Cretaceous siliciclastic red beds plot into quartz-rich sublitharenite field of a QFL ternary plot of Folk (1974). Recalculating the rock fragments to 100% and plotting them on rock fragment triangles indicates that these sandstones are sub-chert arenites and sub-phyllarenites. Identified lithofacies, geometry of beds, horizontal and vertical stacking patterns, stratal surfaces, palaeocurrents as well as the fossil and trace fossil contents of the strata led to identification of three siliciclastic and one mixed siliciclastic-carbonate facies associations represents a terrestrial to shallow-marine

succession from braided and meandering fluvial, supratidal to tidal flat environments. The Lower Cretaceous clastic sequence represents palaeocurrent direction from the south to the north. Based on the measured palaeocurrent, the Sanandaj–Sirjan Zone have been considered as a main source for the siliciclastic rocks. The investigation of carbonate thin sections led to the identification of five microfacies with a variety of mudstone to grainstone texture. The identified microfacies comprises sandy mudstone, peloid grainstone, bio-/peloid wack-, pack-, and grainstone, and intraclastic, echinoid, *Orbitolina* grainstone. The identified carbonate microfacies were deposited in the mixed siliciclastic-carbonate tidal flat, restricted and open lagoons toward bioclastic shoal of the inner part of likely an epicritic carbonate platform. This carbonate sequence has been deposited in the near shore area of such a shallow-water carbonate platform that covered some parts of central Iranian Block, as northern margin of Neotethys Ocean, during Early Cretaceous.

**Keywords:** Siliciclastic and Carbonate Facies, Sedimentary Environment, Early Cretaceous, Central Iran, Northeast of Isfahan.

#### References

- Aghanabati A. 2006. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, 586 p. (in Persian)
- Amodio S. 2006. Foraminifera diversity changes and paleoenvironment analysis: the Lower Cretaceous shallow-water carbonate of San Lorenzello, Campanian Apennines, southern Italy. *Facies*, 52: 53-67.
- Bayetgol A. Mahboubi A. Hossaini Barzi M. and Moussavi-Harami S. R. 2010. Ichnological model of siliciclastic sediments of Shirgesht Formation in Kalmard block, Central Iran. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 26:43-68. (in Persian)
- Berberian M. and King G. C. 1981. Towards a paleogeography and tectonic evaluation of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18(2): 210-265.
- Chen L. Ronald J. S. Fusheng G. Cornel O. and Chenglin G. 2017. Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: Implications for tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 134: 37-54.
- Cibin U. Cavazza W. Fontana D. Milliken K. L. and McBride E. F. 1993. Comparison of composition and texture of calcite-cemented concretions and host sandstones, Northern Apennines, Italy. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63(5): 945-954.
- Darvishzadeh A. 1991. Geology of Iran. Amir Kabir Publishing, 434 p. (in Persian)
- Davis R. A. 2012. Tidal signatures and their preservation potential in stratigraphic sequences: In Davis R. A. and Dalrymple R. W. (Eds.), *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer, Heidelberg, 35-55.
- Dunham R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according depositional texture: In Ham W. E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium American Association of Petroleum Geologists, Memo*, 1: 108-121.
- Einsele G. 2000. *Sedimentary Basin Evolution, Facies and Sediment Budget* (2<sup>nd</sup> edition). Springer, 792 p.
- Flügel E. 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application* (2nd edition). Springer, Berlin, 984 p.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing, 159 p.
- Gade M. Alpers W. Melsheimer C. and Tanck G. 2008. Classification of sediments on exposed tidal flats in the German Bight using multi-frequency radar data. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1603-1613.
- Ghasemi-Nejad A. Asadi A. Shahmoradi M. Aghanabati S. A. and Mohtat T. 2013. Palynostratigraphy and reconsideration of the Shemshak Group in north Isfahan (Kashan–Zefreh) based on Dinoflagellate Cysts. *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, 86: 99-106. (in Persian)
- Higgs K. E. King P. R. Raine J. I. Sykes R. Browne G. H. Crouch E. and Baur J. R. 2012. Sequence stratigraphy and controls on reservoir sandstone distribution in an Eocene marginal marine-coastal plain Fairway, Taranaki Basin, New Zealand. *Marine and Petroleum Geology*, 30(2): 175-192.
- Howard J. D. 1978. Sedimentology and trace fossils: In Basan, P. D. (Ed.), *Trace Fossil Concepts: Society Economic Paleontologists and Mineralogists. Short Course*, 5: 13-47.
- Immel H. Seyed-Emami K. and Afsharharb A. 1997. Kreide-Ammoniten aus dem iranischen Teil des Koppeh-Dagh (NE-Iran). *Zitteliana*, 21: 159-190.
- Ito M. Matsukawa M. Saito T. and Nichols D. J. 2006. Facies architecture and paleohydrology of a synrift succession in the Early Cretaceous Choyr Basin, Southern Mongolia. *Cretaceous Research*, 27: 226-240.
- Khila A. Mohamed O. and Zargouni F. 2018. Coniacian carbonate-conglomerate event on carbonate ramps from the Northern Chotts ranges, South Tunisia: facies geometry and tectono-sedimentary evolution. *Arabian Journal of Geosciences*, 11 (54): 1-8.
- Kostic B. Bech A. and Aigner T. 2005. 3-D sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implication for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 181: 143-171.

- Kumar R. Ghosh S. K. Mazari R. K. and Sangode S. J. 2003. Tectonic impact on the fluvial deposits of Plio-Pleistocene Himalayan foreland basin, India. *Sedimentary Geology*, 158: 209-234.
- Kwon Y. K. Chough S. K. Choi D. K. and Lee D. J. 2002. Origin of limestone conglomerates in the Choson Supergroup (Cambro-Ordovician), mid-east Korea. *Sedimentary Geology*, 146: 265-283.
- Lewis D. W. and McConchie D. 1994. *Analytical Sedimentology*. Chapman and Hall, London, 197 p.
- Mannani M. and Yazdi M. 2015. Palaeocology of Late Triassic deposits, in Dizlu section north of Isfahan, Central Iran based on Scleractinian Corals. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 24(95): 281-290. (in Persian)
- Mannani M. and Yazdi M. 2009. Late Triassic and Early Cretaceous sedimentary sequence of northern Isfahan province (central Iran): stratigraphy and paleoenvironment. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(3): 374-637.
- Mazroei Sebdani Z. 2016. Investigation of facies, depositional environment and tectonic setting of the uppermost Triassic to Lower Cretaceous terrigenous and carbonate deposits, in Kuh-e-Bejareh section of Dizlu region, Northeast of Isfahan, M.Sc. Thesis, University of Isfahan, Iran, 171 p. (in Persian)
- Miall A. D. 2006. *Principle of Sedimentary Basin Analysis*. Springer, New York, 668 p.
- Mohajjel M. and Fergusson C. L. 2014. Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran. *International Geology Review*, 56(3): 263-287.
- Petit F. Gol F. Houbrechts G. and Assani A. A. 2005. Critical specific stream power in gravel-bed rivers. *Geomorphology*, 69: 92-101.
- Reading H. G. and Collinson J. D. 1996. Clastic coastal, In: Reading H. G. (Ed.), *Sedimentary Environment and Facies*. Black well Scientific Publication, Ltd Oxford, 154-231.
- Schlagintweit F. and Wilmsen M. 2014. Orbitolinid biostratigraphy of the top Taft Formation (Lower Cretaceous of the Yazd Block, Central Iran). *Cretaceous Research*, 49: 125-133.
- Scholle P. A. and Ulmer-Scholle D. S. 2006. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 77, 459 p.
- Seilacher A. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer, Berlin, 238 p.
- Selley R. C. 1996. *Ancient Sedimentary Environment and their Sub-Surface Diagenesis* (4th edition). Routledge, London, 315 p.
- Seyed-Emami K. 2003. Triassic in Iran. *Facies*, 48(1): 91-106.
- Seyed-Emami K. and Wilmsen M. 2016. Leymeriellidae (Cretaceous ammonites) from the Lower Albian of Esfahan and Khur (Central Iran). *Cretaceous Research*, 60: 78-90.
- Tucker M. E. 2001. *Sedimentary Petrology* (3rd edition). Blackwell science, 287 p.
- Tucker M. E. and Wright V. P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. Wiley, 482 p.
- Vaziri Moghadam H. Taheri A. and Kimiagari M. 2006. *The Elements of Stratigraphy*. Isfahan University Press, 320 p. (in Persian)
- Wilmsen M. Fürsich F. T. and Majidifard M. R. 2015. An overview of the Cretaceous stratigraphy and facies development of the Yazd Block, western Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 102: 73-91.
- Wilmsen M. Fürsich F. T. Majidifard J. 2013. The Shah Kuh Formation, a latest Barremian – early Aptian carbonate platform of Central Iran (Khur area, Yazd Block). *Cretaceous Research*, 39: 183-194.
- Wilmsen M. Niebuhr B. Chellouche P. Pürner T. and Kling M. 2010. Facies pattern and sea-level dynamics of the early Late Cretaceous transgression: a case study from the lower Danubian Cretaceous Group (Bavaria, southern Germany). *Facies*, 56: 438-507.
- Yazdi M. Bahrami A. and Vega F. J. 2009. Albian decapod crustacea from southeast Isfahan, central Iran-Kolah-Qazi area. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, 35: 71-77.
- Zahedi M. 1992. Geological map of the Targh quaderangle 6356, Scale 1:100,000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Zand Moghadam H. Mossavi-Harami S. R. and Mahboubi A. 2009. Tidal sediments analysis of Top Quartzite in east of Zarand in Kerman area. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Reserches*, 37:1-18. (in Persian)



## رخساره‌ها و محیط رسوبی توالی پیش‌رونده آواری و کربناته کرتاسه پایینی در حاشیه جنوب غربی ایران مرکزی، شمال شرق اصفهان

زهرا مزروعی سبدانی، کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

محمدعلی صالحی، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران\*

حمیدرضا پاکزاد، دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

علی بهرامی، دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

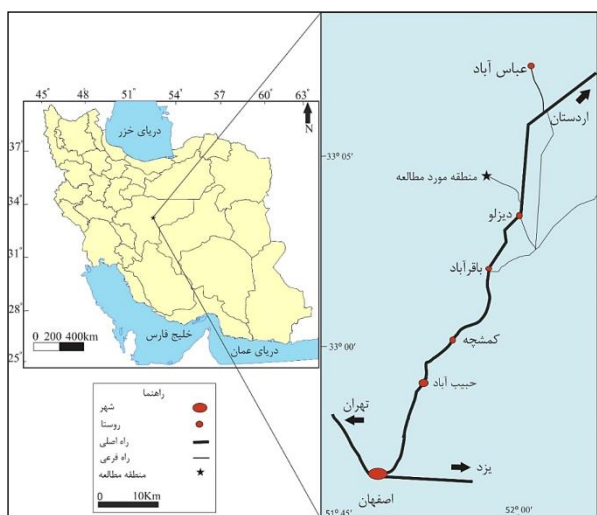
### چکیده

توالی آواری و کربناته مطالعه‌شده شامل بخش‌های آغازین کرتاسه پایینی در کوه بجاره واقع در شمال شرق اصفهان است که به‌عنوان اولین نهشته‌ها پس از رخداد فاز سیمین نهشته شده‌اند. مطالعه رخساره‌های سنگی به شناسایی چهار رخساره درشت‌دانه (Gt, Gcm, Gh) و (Gp)، پنج رخساره متوسط‌دانه (Sh, Sm, Sr, Sp, St) و دو رخساره ریزدانه (Fl و Fm) و همچنین رخساره حدواسط (Fl/Sh) منجر شد. بررسی مقاطع نازک سنگ‌های کربناته نیز به شناسایی پنج ریزرخساره مادستون ماسه‌دار، پلویید گرینستون، بایوکلاست پلویید وکستون، پکستون تا گرینستون و ایتراکلاست، اکینوئید، اوربیتولین گرینستون منجر شد. بر اساس رخساره‌های شناسایی‌شده در این توالی سه مجموعه رخساره آواری و یک مجموعه رخساره مخلوط آواری - کربناته شناسایی شد که در زیرمحیط رودخانه بریده‌بریده و مئاندری و پهنه فوق جزرومدی تا جزرومدی نهشته شده‌اند. باتوجه‌به جهت جریان دیرینه جنوب به شمال منطقه، منشأ رسوبات آواری عمدتاً زون سندج - سیرجان در نظر گرفته می‌شود. ریزرخساره‌های کربناته شناسایی‌شده در زیرمحیط‌های پهنه جزرومدی مخلوط آواری - کربناته، لاگون محصور و غیرمحصور و بخش‌های رو به سدهای بایوکلاستی از بخش داخلی یک پلت‌فرم کربناته احتمالاً از نوع اپیریک نهشته شده‌اند. این توالی کربناته در بخش نزدیک به ساحل این پلت‌فرم کربناته کم‌عمق و وسیع نهشته شده است که طی کرتاسه پیشین بخش‌هایی از ایران مرکزی را می‌پوشانده است.

واژه‌های کلیدی: رخساره‌های آواری و کربناته، محیط رسوبی، کرتاسه پایینی، ایران مرکزی، کوه بجاره، شمال شرق اصفهان

## مقدمه

(Zahedi 1992). این برش در فاصله ۴۷ کیلومتری شمال‌شرق اصفهان، در نزدیکی روستای دیزلو و در دامنه جنوبی کوه بجاره قرار دارد (شکل ۱). برای دستیابی به هدف مطالعه، برشی سطح‌الارضی به ضخامت ۱۳۸ متر با ژاکوب اندازه‌گیری و نمونه‌برداری سیستماتیک و در صورت تغییرات ساخت و بافت نمونه‌برداری غیرسیستماتیک انجام شد (برای مثال Tucker 2001). انواع ساخت‌های رسوبی فیزیکی و زیستی در صحرا بررسی و شناسایی شدند. رخساره‌های سنگی بر اساس کدهای رخساره‌ای میال (Miall 2006) تفکیک شدند. برداشت داده‌های جهت جریان دیرینه از لایه‌های متفاوت و به تعداد ۷۴ نقطه انجام و از نرم‌افزار استریونت (Stereonet 9.8.3) برای اصلاحات جهت جریان دیرینه و ترسیم آن استفاده شد. مطالعه مقاطع میکروسکوپی نازک سنگ‌های کربناته (۱۶ عدد) با میکروسکوپ پلاریزان و نام‌گذاری بر اساس دانهام (Dunham 1962) انجام شد. ریزخساره‌ها در مقایسه با ریزخساره‌های استاندارد فلوگل (Flugel 2010) تعیین شدند و جایگاه کمربند رخساره‌ای آنها مشخص و محیط رسوبی نهشته‌های کربناته تعیین شد.



شکل ۱- موقعیت و نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مطالعه شده

ایران مرکزی و سنندج - سیرجان بخشی از زون‌های ساختاری ایران هستند. زون‌های یادشده در زمان مزوزوئیک به منطقه‌ای پرتحرک و پویا تبدیل شدند؛ به‌طوری‌که شواهد فرسایش و انجام‌نشدن رسوب‌گذاری گسترده در زمان تریاس بالایی تا کرتاسه زیرین در برخی نقاط این ناحیه و اطراف اصفهان وجود دارند (Aghanabati 2006; Wilmsen et al. 2015). برش مطالعه‌شده شامل نهشته‌های آواری و کربناته کرتاسه پایینی است و در حاشیه جنوب‌غربی ایران مرکزی قرار دارد. مرز پایینی این توالی با ناپیوستگی فرسایشی‌ای مشخص شده است که نهشته‌های شیل و ماسه‌سنگی سبزرنگ سازند نایبند را می‌پوشاند و توالی مطالعه‌شده با کنگلومرای قاعده‌ای کرتاسه پایینی شروع می‌شود (Mannani and Yazdi 2015). مرز بالایی توالی مطالعه‌شده شامل نهشته‌های کربناته صخره‌ساز آهک اوربیتولین‌دار (K2-6) به سن آپتین است که با واحد شیلی تیره نولانیسراس (Nolaniceras beds)، سنگ‌آهک غنی از آمونیت لیمریلا (Leymeriella Limestone) و نهشته‌های شیلی سبز تا خاکستری بودانتی‌سراس (Beudanticeras Shale) به سن آلبین پوشیده شده است (Seyed-Emami and Wilmsen 2016). هدف پژوهش حاضر، شناسایی رخساره‌های آواری و کربناته، تعیین مجموعه رخساره‌ها و درنهایت تفسیر محیط رسوبی نهشته‌های مطالعه‌شده است. بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی توالی کرتاسه پیشین به شناخت بهتر حوضه رسوب‌گذاری دیرینه بخش جنوب‌غربی ایران مرکزی کمک می‌کند.

## روش مطالعه

منطقه مطالعه‌شده از نظر تقسیمات ساختاری در حاشیه جنوب‌غربی صفحه ایران مرکزی قرار گرفته و در محدوده نقشه زمین‌شناسی طرق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ واقع شده است<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> مختصات جغرافیایی برش: "N 33° 05' 33.7" و "E 51° 57' 34.9"

## نتایج

## چینه‌شناسی توالی کرتاسه پیشین در برش کوه بجاره

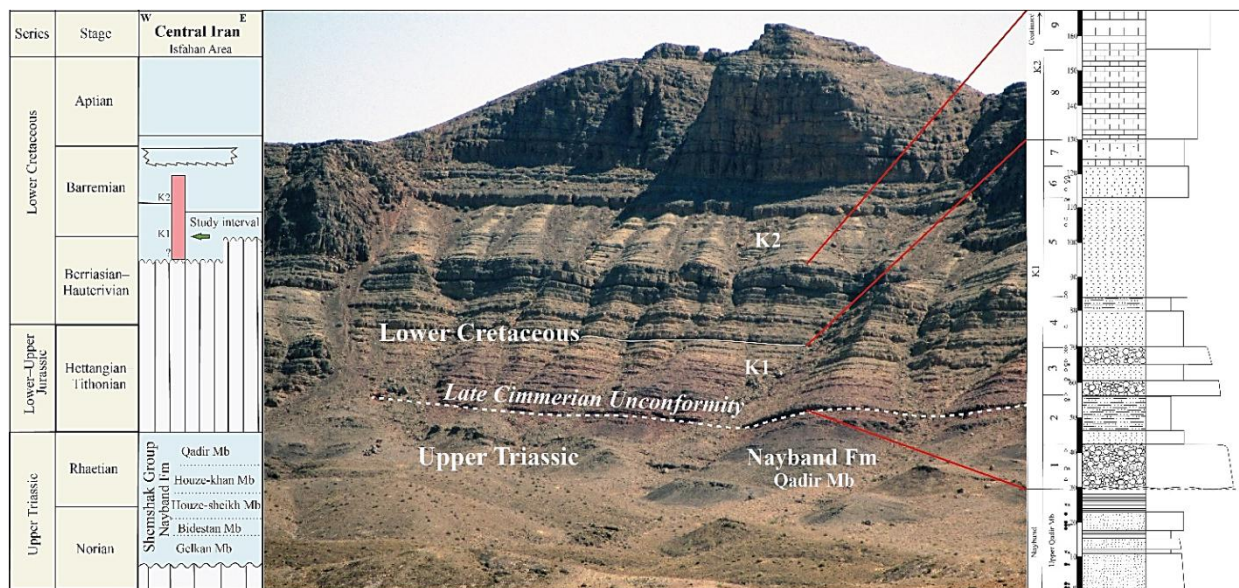
برش مطالعه‌شده شامل بخش‌های آغازین توالی آواری قرمز و کربناته کرتاسه در دامنه کوه بجاره واقع در شمال‌شرق اصفهان است (شکل ۲). نهشته‌های آواری قرمز کرتاسه پیشین به شکل ناپیوسته روی شیل و ماسه‌سنگ‌های سبزرنگ بخش قدیر از سازند نایند (تریاس پسین) واقع شده‌اند (Mannani and Yazdi 2009)؛ به طوری که نهشته‌های ژوراسیک در این منطقه عمدتاً در اثر رخداد سیمرین (میانی) ثبت نشده‌اند (Ghasemi-Nejad et al. 2013). در برخی مناطق نظیر جنوب‌شرق اصفهان، مرز ناپیوستگی از نوع زاویه‌دار بین توالی تریاس بالایی و کرتاسه زیرین گزارش شده است (Yazdi et al. 2009)؛ این دگرشیبی زاویه‌دار در قاعده توالی کرتاسه پایینی به رخداد کوه‌زایی سیمرین پسین به سن ژوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی نسبت داده شده است (Berberian and King 1981; Darvishzadeh 1991). با توجه به قرارگیری تدریجی توالی نسبتاً کم‌ضخامت آواری قرمز رنگ زیر سنگ‌آهک‌های اوربیتولین‌دار بارمین - آبتین، این توالی در منطقه مطالعه‌شده به کرتاسه پیشین منتسب شده است. وجود قطعه‌های چوب به سن کرتاسه در نهشته‌های آواری قرمز رنگ و نبود ماکروفسیل‌های ژوراسیک نیز سن کرتاسه پیشین (بارمین؟) را برای این نهشته‌ها تأیید می‌کند (Mannani and Yazdi 2009). نهشته‌های کرتاسه پایینی در برش مطالعه‌شده به ضخامت ۱۳۸ متر به ۹ زیرواحد چینه‌شناسی تفکیک می‌شوند (شکل ۳ الف و ب). زیرواحد‌های ۱ تا ۶ مربوط به واحد K1 و زیرواحد‌های ۷ تا ۹ مربوط به واحد K2 از تقسیمات توالی کرتاسه در ایران مرکزی هستند (Aghanabati 2006).

واحد K1 دارای ۹۲ متر ضخامت و شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ و سیلتستون قرمز است (شکل ۲). کنگلومراها اغلب دانه‌پشتیبان<sup>۱</sup> و دارای ساخت رسوبی مورب مسطح و عدسی‌شکل با اشکال کانالی‌شکل هستند که ضخامت لایه‌های

آنها به یک متر می‌رسد (شکل ۳ الف). ماسه‌سنگ‌ها دارای طبقه‌بندی عمدتاً مورب مسطح و افقی هستند و سیلتستون‌های قرمز عمده سنگ‌شناسی تشکیل‌دهنده این واحد را تشکیل می‌دهند. ماسه‌سنگ‌های این واحد اغلب ریزدانه هستند و جورشدگی خوبی دارند. در زیرواحد ۴، لایه‌های ماسه‌سنگ قرمز تیره ضخیم‌لایه در تناوب با سیلتستون دارای ساختار طبقه‌بندی مورب مسطح قرار دارند و اثرفسیل‌های *افیومورفا*، *اسکولایتوس* و *دیپلوکراتریون* در آن مشاهده می‌شوند (شکل ۳ الف). ماسه‌سنگ‌های این زیرواحد در جوانب به ماسه‌سنگ بسیار ریزدانه و سیلتستون تبدیل می‌شوند. لایه‌های ماسه‌سنگی قرمز روشن تا نارنجی زیرواحد ۵ دارای ساخت رسوبی طبقه‌بندی مورب مسطح و افقی هستند و اثرفسیل *ریزوکورالیوم* در این زیرواحد شناسایی شده است. قطعه‌های پیل در قاعده برخی لایه‌ها و حفره‌های پر شده با کلسیت ثانویه در امتداد لایه‌بندی از دیگر ویژگی‌های مشاهده‌شده در زیرواحد ۵ هستند (شکل ۳ الف). گاهی لایه‌بندی و ساخت‌های رسوبی ماسه‌سنگ‌های زیرواحد‌های ۴، ۵ و ۶ در اثر آشفستگی زیستی گسترده از بین می‌روند و ظاهر توده‌ای به سنگ داده می‌شود.

در مجموع، ۴۶ متر از واحد K2 در برش یادشده اندازه‌گیری شد (شکل‌های ۲ و ۳ ب). زیرواحد ۷ از تناوب سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ، سنگ‌آهک و سیلتستون تشکیل شده است. زیرواحد‌های ۸ و ۹ شامل تناوب سنگ‌آهک‌های فسیل‌دار (اوربیتولین‌دار) نازک تا ضخیم‌لایه خاکستری هستند و انواع متنوعی از بافت‌های مادستون تا گرینستون در آنها مشاهده می‌شود (شکل ۳ ب). برداشت چینه‌شناسی در این برش تا بخش ابتدایی توالی سنگ‌آهک صخره‌ساز انجام شده است.

<sup>1</sup> Clast supported



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی تریاس پسین (اقتباس با تغییراتی از Seyed-Emami 2003)، کرتاسه پیشین در ایران مرکزی (برگرفته با تغییراتی از Immel et al. 1997) (سمت چپ)، تفکیک واحدهای چینه‌شناسی روی تصویر صحرایی در برش کوه بجاره، شمال شرق اصفهان و ستون چینه‌شناسی برش مطالعه‌شده (سمت راست)

جنس متفاوت هستند و کنگلومرا از نوع پلی‌میکتیک<sup>۲</sup> و همچنین از نوع کنگلومرای برون‌حوضه‌ای<sup>۳</sup> به حساب می‌آید.

### رخساره‌های آواری

در بخش آواری توالی کرتاسه پایینی مطالعه‌شده، چهار رخساره سنگی دانه‌درشت کنگلومرای، پنج رخساره سنگی دانه‌متوسط ماسه‌سنگی، دو رخساره دانه‌ریز و یک رخساره حدواسط دانه‌متوسط و دانه‌ریز گل‌سنگی شناسایی شد (جدول ۱) که در ادامه توصیف و تفسیر می‌شوند:

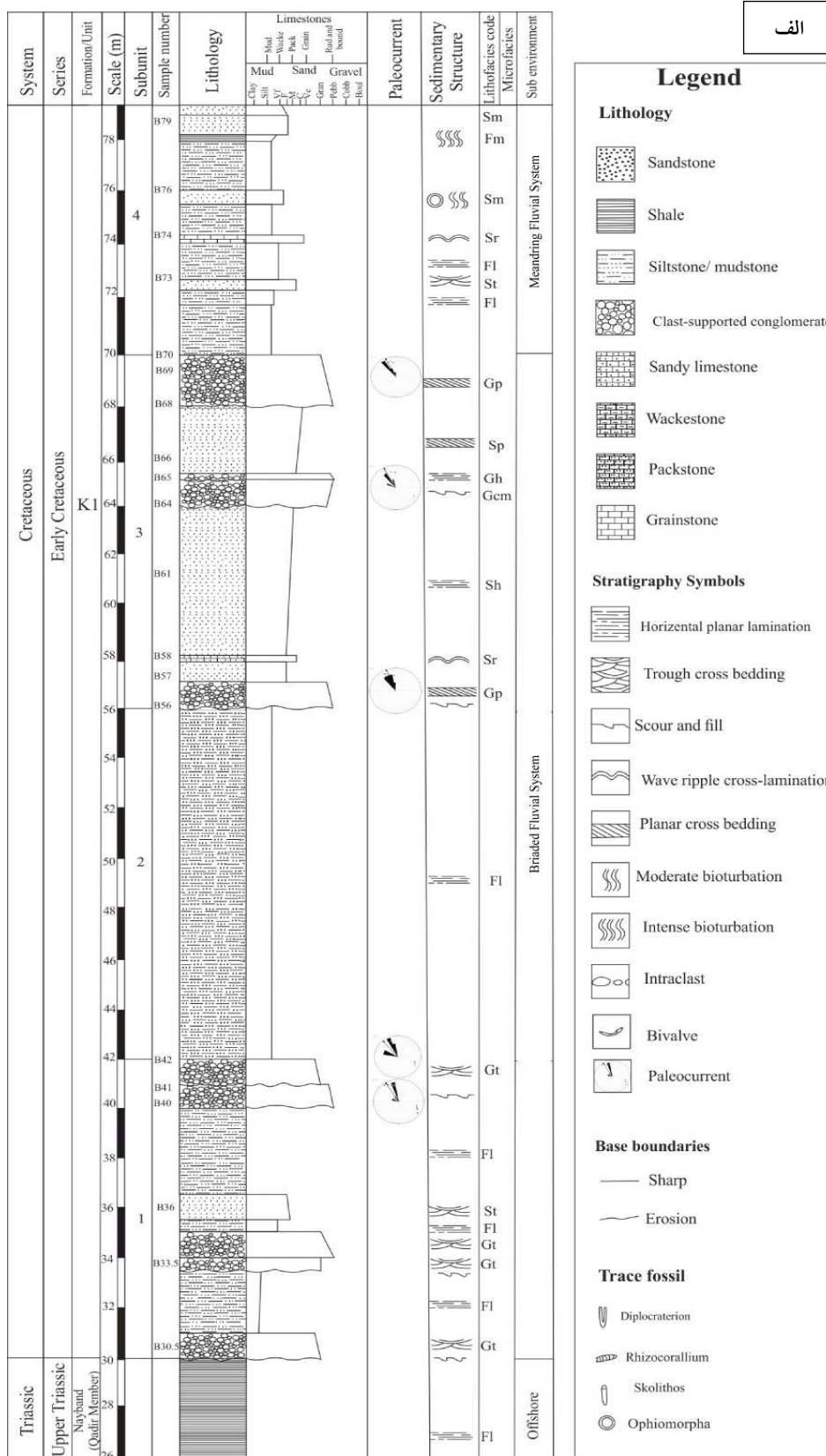
### رخساره‌های آواری دانه‌درشت

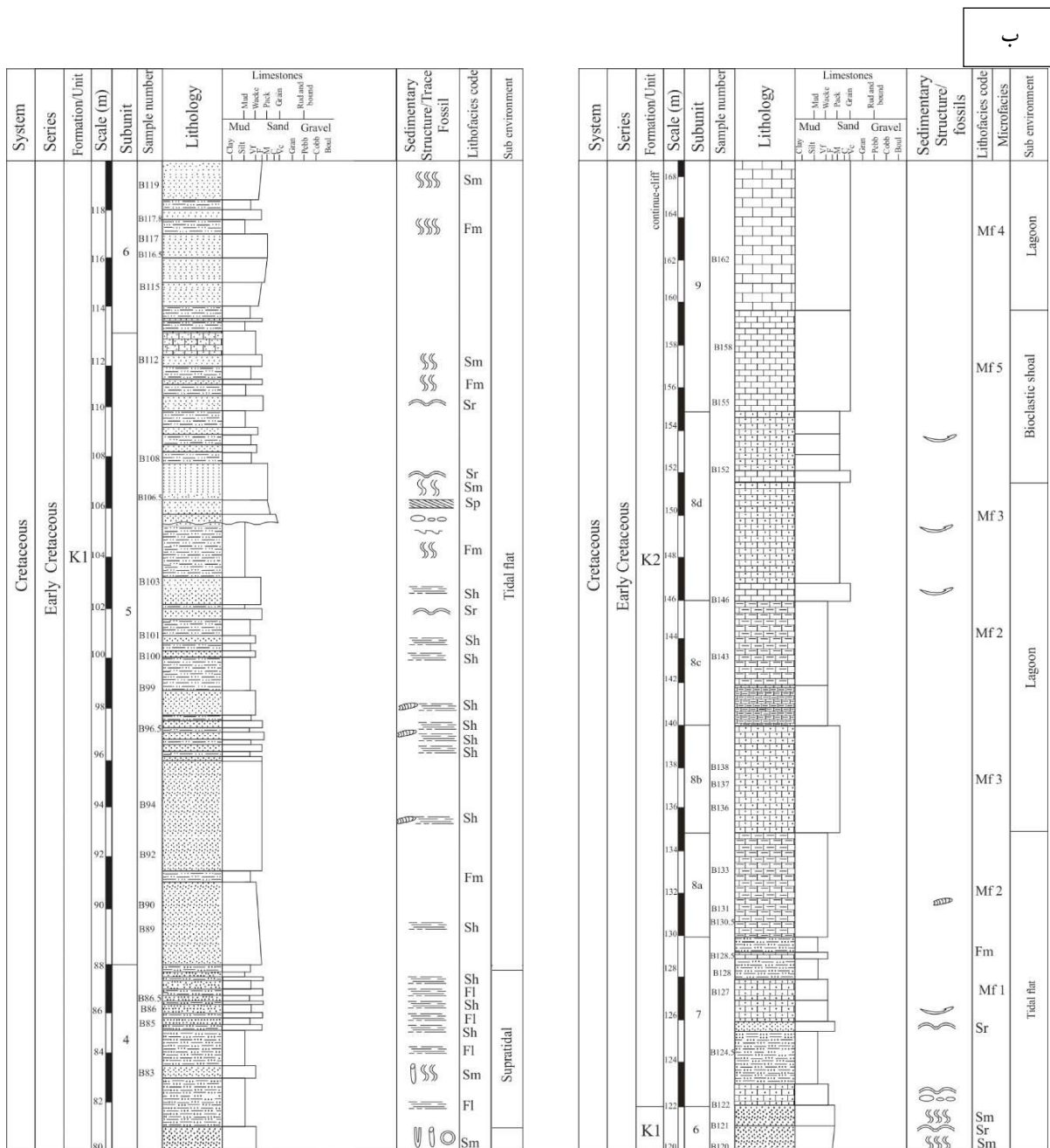
رخساره‌های کنگلومرای توالی مطالعه‌شده شامل Gt, Gp, Gh و Gcm هستند. این رخساره‌ها دارای خرده‌سنگ‌های تقریباً برابری از جنس آواری و کربناته هستند و ماتریکس آنها آواری و دارای سیمان کربناته و به مقدار کمتری سیمان سیلیسی است. در توالی مطالعه‌شده، کنگلومراها از نوع دانه‌پشتیان و دارای ماتریکس کم هستند و به‌عنوان ارتوکنگلومرا<sup>۱</sup> طبقه‌بندی می‌شوند. ذرات تشکیل‌دهنده از

<sup>۲</sup> Polymictic

<sup>۳</sup> Extrabasinal

<sup>۱</sup> Orthoconglomerate





شکل ۳- الف. ستون چینه‌شناسی برش مطالعه‌شده در کوه بجاره همراه با گسترش رخساره‌ها و مجموعه رخساره‌ها در واحدهای ۱ تا ۴ از نهشته‌های کرتاسه پایینی و راهنمای ستون، ب. ستون چینه‌شناسی برش مطالعه‌شده در کوه بجاره همراه با گسترش رخساره‌ها و مجموعه رخساره‌ها در واحدهای چینه‌سنگی ۴ تا ۹ از نهشته‌های کرتاسه پایینی

دانه‌ها شامل قطعه‌های کربناته و آواری به ترتیب حدود ۶۰ و ۴۰ درصد هستند؛ این رخساره کنگلومرای توده‌ای و دانه‌پشتیبان است (شکل ۴ الف). رخساره Gcm در بخش ابتدایی توالی (در زیر واحدهای ۱ تا ۳) به شکل فرسایشی و

### رخساره کنگلومرای توده‌ای دانه‌پشتیبان Gcm

اندازه دانه‌ها در این رخساره از کابل تا گرانول متغیر و متوسط قطر بزرگ‌ترین دانه حدود دو سانتی‌متر است. بیشترین ضخامت رخساره یک متر و دارای جورشدگی ضعیفی است.

است و این رخساره به سمت بالا ریزش‌شونده و به رخساره دانه‌متوسط Sp ختم می‌شود. این رخساره به شکل جانبی به رخساره‌های Gp و Gt تبدیل می‌شود و در برخی مناطق به شکل نهشته‌های کانالی کوچک با گسترش حدود یک متر مشاهده می‌شود.

#### رخساره کنگلومرای با طبقه‌بندی مورب عدسی Gt

اندازه دانه‌های این رخساره در حد گرانول تا پیل و متوسط قطر بزرگ‌ترین دانه حدود ۱/۵ سانتی‌متر است و قطعه‌ها نسبتاً جور شده هستند (شکل ۴ د). جنس قطعه‌ها حدود ۴۵ درصد آواری و ۵۵ درصد کربناته است. این رخساره به طور جانبی و در فاصله کوتاهی به رخساره Gcm تبدیل می‌شود و بیان‌کننده کانالی‌هایی با عرض کمتر از ۲ متر است. حد پایین و بالای این رخساره به نهشته‌های دانه‌ریز Fl ختم می‌شود و این رخساره به شکل متناوب با نهشته‌های دانه‌ریز مسطح دیده می‌شود.

#### رخساره‌های آواری دانه‌متوسط

رخساره‌های آواری دانه‌متوسط شامل Sr, Sh, Sp, Sm و St در ماسه‌سنگ‌های توالی کرتاسه پایینی شناسایی شده‌اند. این رخساره‌ها عمدتاً دارای رنگ قرمز تیره هستند. بر اساس نتایج نقطه‌شماری (جدول ۲) پتروفاسیس‌های این رخساره‌ها ساب‌چرت‌آرنایت و ساب‌فیل‌آرنایت هستند (شکل‌های ۶ و ۷).

#### رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مورب عدسی شکل St

رخساره St ساختار طبقه‌بندی مورب عدسی شکل دارد و اندازه دانه‌های آن ماسه دانه‌متوسط تا درشت است. این رخساره در تناوب با رخساره دانه‌درشت Gt (شکل ۴ د) و رخساره دانه‌ریز Fl قرار دارد و حد بالا و پایین آن با این رخساره‌ها همراه است. این رخساره اغلب دارای پتروفاسیس ساب‌چرت‌آرنایت است و گاهی به علت وجود پوشش اکسید آهن در اطراف دانه‌ها قرمز رنگ دیده می‌شود (شکل‌های

با مرز زیرین مشخص حضور دارد. این رخساره به شکل جانبی ادامه‌دار و به شکل قائم با روند دانه‌ریز شونده به رخساره‌های دانه‌متوسط Sp و دانه‌درشت Gt تبدیل می‌شود. رخساره Gcm در اثر حمل و نقل بار بستر به شکل نهشته‌های باقیمانده کانالی و از جریان‌هایی تشکیل شده است که سرعت و انرژی زیادی دارند و به علت تشکیل در شرایط جریان آشفته حالت توده‌ای دارد (Reading and Collinson 1996; Petit et al. 2005; Kostic et al. 2005; Ito et al. 2002). این رخساره در نواحی بالادست برجا گذاشته می‌شود (Kwon et al. 2002; Miall 2006).

#### رخساره کنگلومرای با طبقه‌بندی مورب مسطح Gp

این رخساره نیز در بخش ابتدایی توالی مشاهده می‌شود. اندازه دانه‌های آن در حد گرانول و پیل و متوسط قطر بزرگ‌ترین دانه حدود ۱/۵ سانتی‌متر است و قطعه‌ها جهت‌یافتگی یک‌طرفه مشخصی را نشان می‌دهند. جنس قطعه‌ها آواری و کربناته با نسبت برابر است. جهت جریان دیرینه اندازه‌گیری شده در این رخساره به سمت شمال‌غرب است (شکل ۴ ب). لایه‌های مورب مسطح دارای شیبی حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه هستند و عمدتاً میزان شیب به نسبت سرعت جریان و میزان حمل و نقل رسوب بستگی دارد (Tucker 2001). رخساره‌های Gt, Sp و Fl حد پایینی این رخساره هستند و حد بالایی آن به شکل ریزدانه‌شونده به رخساره‌های Sh, Sr و Fl ختم می‌شود.

#### رخساره کنگلومرای با لایه‌بندی افقی Gh

اندازه دانه‌های این رخساره در حد گرانول تا پیل و متوسط قطر بزرگ‌ترین دانه حدود یک سانتی‌متر است. جنس قطعه‌ها حدود نیمی کربناته و نیمی آواری است. دانه‌ها گرد شده و دارای جورشدگی نسبتاً خوبی هستند (شکل ۴ ج). این رخساره دارای جهت جریان دیرینه به سمت شمال و شمال‌غرب است. رخساره Gcm حد پایینی رخساره یادشده

افیومورفا<sup>۴</sup> (شکل ۴ ز) از دیگر ویژگی‌های این رخساره هستند؛ گاهی در قاعده آنها قطعه‌های اینتراکست وجود دارند و جنس قطعه‌ها اغلب از سنگ‌های کربناته و با فراوانی کمتر از قطعه‌های ماسه‌سنگ و سیلتستون است (شکل ۵ ب). تشکیل ساخت توده‌ای در این رخساره ممکن است در اثر آشفستگی زیستی باشد (Miall 2006). اسکولایتوس نیز به مجموعه اثرفسیل اسکولایتوس مربوط است (Seilacher 2007). جانداران سازنده اسکولایتوس و دیپلوکراتیون با بالاوپایین‌رفتن سطح آب درون رسوب به سمت بالا و پایین حرکت می‌کنند (Vaziri Moghadam et al. 2006).

#### رخساره ماسه‌سنگی با طبقه‌بندی مسطح افقی Sh

رخساره Sh جزو فراوان‌ترین رخساره‌های سنگی توالی مطالعه شده است. اندازه دانه‌ها در این رخساره ماسه ریزدانه تا متوسط دانه است. از ویژگی‌های این رخساره حضور کنکرسیون‌های به قطر چند سانتی‌متر و پر شده با بلور کلسیت ثانویه است که در امتداد لایه‌بندی در برخی قسمت‌های توالی حضور دارند (شکل ۴ ک). این رخساره گاهی دارای اثرفسیل ریزوکورالیوم<sup>۵</sup> است (Seilacher 2007) (شکل ۵ الف). رخساره‌های دانه متوسط Sr و Sp حد پایین این رخساره در برخی نقاط و رخساره دانه درشت Gcm و رخساره ریزدانه Sr حد بالای آن هستند. این رخساره اغلب در تناوب با رخساره‌های ریزدانه Fl و Fm و رخساره دانه متوسط Sr دیده می‌شود. پتروفاسیس رخساره یاد شده اغلب ساب‌فیل‌آرنایت و دارای سیمان سیلیسی و اکسید آهن است (شکل‌های ۶ و ۷ ب). ریزوکورالیوم از اثر فسیل‌های مربوط به مجموعه اثری کروزیانا<sup>۶</sup> به بخش جانبی سکو (فلات قاره) تعلق دارد (Howard 1987).

۶ و ۷ الف). سیمان اکسید آهن و سیمان سیلیسی از جمله سیمان‌های این رخساره هستند.

#### رخساره ماسه‌سنگ با طبقه‌بندی مورب مسطح Sp

این رخساره دارای ماسه‌سنگ‌های ضخیم‌لایه با ساختار مورب مسطح است. اندازه دانه‌های آن در حد ماسه متوسط تا ریزدانه با جورشدگی نسبتاً خوب و فاقد هرگونه قطعه در حد گرانول است (شکل ۴ ه). این رخساره دارای پتروفاسیس ساب‌چرت‌آرنایت است (شکل‌های ۶ و ۷ الف) و سیمان آن اغلب بسته به پتروفاسیس یاد شده سیمان سیلیسی است. شیب ساخت‌های مورب مسطح این رخساره بین ۱۰ تا ۲۰ درجه است. حد پایین این رخساره اغلب با نهشته‌های کانالی همراه و روی رخساره دانه درشت Gh و دانه ریز Fm قرار گرفته است. این رخساره در بالا به رخساره Gp تبدیل می‌شود و گاهی دارای توالی ریزشونده به سمت بالا است و به رخساره‌های Sm و Sr تبدیل می‌شود.

#### رخساره ماسه‌سنگی با ساخت توده‌ای Sm

این رخساره دارای ساخت توده‌ای و بی‌نظم است و اندازه دانه‌های آن از ماسه درشت تا ماسه بسیار ریز متغیر است (شکل ۴ و)؛ اغلب دارای پتروفاسیس ساب‌چرت‌آرنایت و سیمان اکسید آهن و سیلیسی است (شکل‌های ۶ و ۷ الف) و دارای فراوانی درخور توجهی در بین رخساره‌های مختلف است. اغلب رخساره‌های دانه متوسط Sp و Sr و رخساره دانه ریز Fl حد پایین این رخساره و رخساره متوسط دانه Sr و رخساره‌های دانه ریز Fm و Fl حد بالای آن هستند. این رخساره اغلب در تناوب با رخساره Sr به سمت بالای توالی دیده می‌شود. آشفستگی زیستی<sup>۱</sup>، شفت‌های عمودی مربوط به اثرفسیل‌های دیپلوکراتیون<sup>۲</sup>، اسکولایتوس<sup>۳</sup> (شکل ۴ ی) و

<sup>4</sup> Ophomorpha

<sup>5</sup> Rhizocorallium

<sup>6</sup> Cruziana ichnofacies

<sup>1</sup> Bioturbation

<sup>2</sup> Diplocraterion

<sup>3</sup> Skolithos

### رخساره ماسه‌سنگی با ساختار ریپلی Sr

این رخساره دارای ساختار ریپلی است (شکل ۵ ج). اندازه دانه‌ها در آن از ماسه متوسط تا دانه‌ریز تغییر می‌کند. این رخساره دارای ضخامت در حد چندین سانتی‌متر است (شکل ۵ د). رخساره‌های Sm، Gp و Fl حد پایین این رخساره و رخساره‌های Sm، Sh و Fm حد بالای آن هستند. این رخساره در پایان و بالای توالی به ریزرخساره کربناته MF1 ختم می‌شود. پتروفاسیس غالب این رخساره نیز ساب‌فیل‌آرنایت است (شکل‌های ۶ و ۷ ب). ریپل مارک‌های موجی متقارن نشان‌دهنده تشکیل در محیط‌های تحت امواج ساحلی هستند (Einsele 2000; Davis 2012). رخساره Sr در بخشی از توالی به شکل طبقه‌بندی فلاسر مشاهده می‌شود (شکل ۵ ه)؛ بنابراین نتیجه گرفته می‌شود شرایط تشکیل برای لایه‌های Sh دارای انرژی زیاد جریان آب فراهم بوده و انرژی جریان درخصوص لایه‌های Sr کاهش یافته و به تشکیل ریپل مارک منجر شده است (Selley 1996)؛ در نتیجه انرژی جریان هنگام تشکیل متناوب این دو رخساره متغیر بوده است.

### رخساره آواری حدواسط FI/Sh

این رخساره شامل تناوبی از لامینه‌های ماسه‌سنگ تا دانه‌ریز گل‌سنگ است و ضخامتی در حد یک سانتی‌متر دارد. بخش ماسه‌ای این رخساره اندازه‌ای در حد ماسه ریز تا متوسط‌دانه و ساخت طبقه‌بندی افقی دارد. در سطح تحتانی روی رخساره ریزدانه Fm قرار دارد و در سطح فوقانی دارای رخساره ریزدانه FI است که به شکل متناوب تکرار می‌شود (شکل ۵ و). این رخساره از نوع «هترولیک» در نظر گرفته می‌شود که بخشی از توالی مطالعه‌شده را تشکیل داده و در پایین رخساره Sm به شکل ریزشونده به رخساره Fm تبدیل شده است.

### رخساره‌های آواری دانه‌ریز

این رخساره‌ها شامل دو رخساره FI و Fm هستند. رخساره FI دارای لامیناسیون نازک و رخساره Fm به شکل توده‌ای است. حضور چنین رخساره‌هایی کاهش انرژی در کل محیط رسوبی توالی مطالعه‌شده را نشان می‌دهد (Kumar et al. 2003) (Miall 2006).

### رخساره FI

رخساره ریزدانه FI دارای دانه‌هایی در اندازه سیلت و رس تا ماسه بسیار دانه‌ریز است. ضخامت این رخساره از چند سانتی‌متر تا چندین متر متغیر و رنگ آن اغلب قرمز روشن تا تیره است (شکل ۵ ی). حد پایین این رخساره شامل رخساره‌های دانه‌متوسط Sm، Sh و St و حد بالای آن رخساره‌های دانه‌متوسط Sm، Sr و St هستند، اگرچه گاهی اوقات در بخش ابتدایی توالی، رخساره آواری دانه‌درشت به شکل فرسایشی روی آن قرار می‌گیرد. رخساره ریزدانه FI در برخی نقاط توالی مطالعه‌شده به شکل متناوب با رخساره دانه‌متوسط Sh دیده می‌شود. لامیناسیون موازی بارزترین و مهم‌ترین ساخت در این رخساره است. اغلب این رخساره در شرایط انرژی کم جریان آب و در نتیجه جریان‌های معلق حاصل شده است؛ به این ترتیب که سرعت جریان معلق کاهش یافته و به رسوب‌گذاری منجر شده است (Miall 2006; Higgs et al. 2012).

### رخساره Fm

این رخساره دارای ذراتی به اندازه گل، به شکل توده‌ای و بدون لامیناسیون با رنگ قرمز روشن تا تیره است. ضخامت این رخساره چند سانتی‌متر تا چندین متر است (شکل ۵ ز). حد پایین آن به رخساره‌های دانه‌متوسط Sm، Sh و Sr و حد بالای آن به رخساره‌های Sm، Sh و Sp ختم می‌شود. این رخساره در برخی نقاط توالی با رخساره‌های Sh و Sm متناوب است. رخساره Fm حاصل ته‌نشست ذرات دانه‌ریز معلق در شرایط آرام است (Einsele 2000).

### ریزرخساره‌های کربناته

بخش کربناته توالی مطالعه‌شده با ۴۶ متر ضخامت تا بخش صخره‌ساز شامل سنگ‌آهک با بافت‌های مختلف است (شکل‌های ۲ و ۳ ب). با توجه به مطالعه‌های پتروگرافی انجام‌شده روی نهشته‌های کربناته کرتاسه پایینی و بر اساس آلوکم‌ها و زمینه سنگ که عامل کلیدی در دستیابی به محیط رسوبی در زمان شکل‌گیری است، پنج ریزرخساره در مقاطع مطالعه‌شده شناسایی شدند (جدول ۱) که از عمق کم به زیاد عبارتند از:

#### MF1: مادستون ماسه‌دار (Sandy Mudstone)

این ریزرخساره فاقد اجزای بیوکلستی و شامل ذرات آواری در اندازه ماسه ریز و پراکنده در زمینه میکرایتی است؛ میزان این اجزا کمتر از ۱۰ درصد است و بافت رخساره بر اساس نام‌گذاری دانهام (Dunham 1962) مادستون است (شکل ۸ الف). نبود اجزای بیوکلستی و حضور فابریک فنسترال نشان‌دهنده ته‌نشست این رخساره در پهنه جزرومدی است (Amodio 2006). فابریک یادشده به‌شکل پراکنده در این ریزرخساره مشاهده می‌شود. اثرفسیل ریزوکورالیوم نیز در این ریزرخساره حضور دارد و نشان‌دهنده تشکیل در شرایط ساحلی است (Seilacher 2007). این ریزرخساره بر اساس مطالعه‌های انجام‌شده به بخش‌هایی از کمر بند شماره ۸ به سمت کمر بند ۹ معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط و با ریزرخساره‌های استاندارد RMF24 و SMF23 معادل است (Flugel 2010).

#### MF2: پلویید گرینستون با دانه‌های آواری در حد سیلت تا

#### ماسه (Silt-Sand Sized Ploid Grainstone)

این ریزرخساره در مشاهده‌های صحرایی دارای ساخت ریپل مارک موجی متقارن و لامیناسیون‌دار است. اجزای این ریزرخساره پلویید و قطعه‌های آواری کوارتز در اندازه سیلت تا ماسه در زمینه سیمان کربناته و اجزای فسیلی محدود

هستند. پلوییدها اغلب گردشده و در اندازه ماسه ریزدانه هستند. اجزای سازنده این ریزرخساره بیش از ۵۰ درصد هستند و بافت سنگ بر اساس طبقه‌بندی دانهام (Dunham 1962) گرینستون است. ذرات آواری گردشده و دارای جورشدگی خوبی هستند (شکل ۸ ب و ج).

این ریزرخساره طبق بررسی‌های انجام‌شده و با توجه به ساخت رسوبی ریپل مارک متقارن موجی و محدودبودن اجزای اسکلتی به بخش‌هایی از کمر بند شماره ۹ (shore zone) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط و با ریزرخساره‌های استاندارد RMF21 و SMF16 (Flugel 2010) معادل است.

#### MF3: بایوکلست پلویید و کستون ماسه‌دار (Sandy Bioclast

#### Peloid Wackestone)

این ریزرخساره دارای خرده‌های اسکلتی با جورشدگی ضعیف نظیر اوریتولینید<sup>۱</sup>، میلیولید<sup>۲</sup> و دوکفه‌ای است و قطعه‌های آواری کوارتز در اندازه ماسه به‌شکل زاویه‌دار و پراکنده در زمینه تیره میکرایتی و گاهی پلوییدی حضور دارند. میزان قطعه‌های اصلی در این ریزرخساره کمتر از ۴۰ درصد و بافت ریزرخساره و کستون است (Dunham 1962) (شکل ۸ د). ریزرخساره مدنظر با توجه به فراوانی زمینه میکرایتی به بخش‌های کم عمق پلت فرم نظیر کمر بند شماره ۸ یا لاگون محصور (restricted lagoon) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط است. این ریزرخساره معادل RMF20 و SMF16 از ریزرخساره‌های استاندارد است (Flugel 2010).

#### MF4: بایوکلست پلویید پکستون تا گرینستون ماسه‌دار

#### (Sandy Bioclast Peloid Packstone to Grainstone)

این ریزرخساره شامل اجزای غیراسکلتی نظیر پلویید و اجزای اسکلتی از جمله فرامینیفرها نظیر میلیولید، دوکفه‌ای<sup>۳</sup>، اکتینوئید<sup>۴</sup>

<sup>1</sup> Orbitolinids

<sup>2</sup> Miliolids

<sup>3</sup> Bivalves

قطعه‌های اکیئوئید در این ریزرخساره دیده می‌شوند. قطعه‌ها در سیمان پراکنده و میزان قطعه‌های آن بیش از ۷۰ درصد است. بافت سنگ بر اساس طبقه‌بندی دانهام (Dunham 1962) گرینستون است (شکل ۸ و).

باتوجه به ویژگی‌های شناخته‌شده، محل تشکیل این ریزرخساره بخش‌های کم‌عمق و پرانرژی مربوط به کمربند پشته‌های بایوکستی/اولیتی (shoal) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) است. این ریزرخساره معادل ریزرخساره‌های استاندارد RMF14 و SMF18 است (Flugel 2010).

#### مجموعه رخساره‌ها

در مطالعه حاضر، رخساره‌های آواری و کربناته در قالب شش مجموعه رخساره دسته‌بندی شدند که در زیر به شرح آنها پرداخته می‌شود (جدول ۳).

#### مجموعه رخساره رودخانه بریده‌بریده

این مجموعه رخساره با یک ناپیوستگی فرسایشی توسط رخساره‌های دانه‌درشت کنگلومرای روی بخش انتهایی عضو قدیر از سازند نایبند آغاز می‌شود. رنگ غالب این مجموعه رخساره قرمز است و در مجموع حدود ۲۶ متر از ضخامت توالی مطالعه‌شده را دربرمی‌گیرد. رخساره‌های Gh، Gp، Gt، Gcm، St، Sp، Gt، Gcm و FI رخساره‌های دانه‌درشت، متوسط و ریزدانه این مجموعه هستند.

رخساره کنگلومرای دانه‌پشتیان عمدتاً به شکل کانالی، دارای ساخت رسوبی طبقه‌بندی مورب مسطح و عدسی‌شکل با اندازه دانه در حد پیل تا گرانول و ماتریکس آواری و سیمان کربناته است. رخساره‌های دانه‌متوسط دارای اندازه بسیار ریز تا متوسط دانه و جورشدگی خوبی هستند. رخساره دانه‌ریز (مادستون) به شکل بین‌لایه‌ای اما با ضخامت نسبتاً بیشتر نسبت به رخساره دانه‌درشت و متوسط قرار گرفته و دارای گسترش جانبی و لامیناسیون افقی است. این مجموعه

اکیئوئید<sup>۱</sup> و جلبک سبز<sup>۲</sup> است. پلوییدها گردشده و در اندازه ماسه ریز هستند و بیش از نیمی از قطعه‌ها را شامل می‌شوند. اجزای بایوکستی اغلب خردشده و مخلوطی از بایوکست‌های یادشده هستند. این رخساره دارای قطعه‌های آواری کوارتز در اندازه ماسه به شکل پراکنده است. اجزای عمدتاً در زمینه سیمان اسپارایتی هستند و میزان قطعه‌های آن بیش از ۵۰ درصد است. بافت سنگ بر اساس نام‌گذاری دانهام (Dunham 1962) گرینستون است (شکل ۸ ه).

دوکفه‌ای‌ها در محیط‌های کم‌عمق دریایی زندگی می‌کنند و اغلب آنها در بستر حوضه ساکن هستند (Scholle and Ulmer-Scholle 2006). حضور پلویید با فابریک دانه‌پشتیان بیان‌کننده جابه‌جایی آنها از یک محیط کم‌انرژی نظیر لاگون به سمت محیط‌های پرانرژی از راه کانال‌های قطع‌کننده سد و یا نهشته‌های مجاور با پشته‌های بایوکستی/اولیتی است (Tucker and Wright 1990). ریزرخساره مدنظر به کمربند شماره ۷ یا لاگون غیرمحصور (open lagoon) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط و معادل ریزرخساره‌های استاندارد RMF14، SMF10 و SMF18 است (Flugel 2010).

#### MF5: اینتراکست، اکیئوئید، اوربیتولین گرینستون (Intraclast, Echinoid, Orbitolina Garinstone)

قطعه‌های غیراسکلتی و اسکلتی از جمله قطعه‌های غیراسکلتی اینتراکست و قطعه‌های اسکلتی اکیئوئید، اوربیتولین‌های نسبتاً دیسکی‌شکل، براکیوپود و لوله‌های کرم سرپولید<sup>۳</sup> در این ریزرخساره شناسایی شده‌اند. قطعه‌های اینتراکست بیشترین جزء غیراسکلتی هستند و وجود اوربیتولین‌ها و لوله‌های کرم سرپولید و پس از آنها قطعه‌های اکیئوئید در بین قطعه‌های اسکلتی درخور توجه است. قطعه‌های اسکلتی حدود ۵۰ درصد کل قطعه‌ها را شامل می‌شوند. زمینه میکرایتی نسبتاً خوب شسته‌شده و سیمان‌های رشد هم‌محور گسترده اطراف

<sup>1</sup> Echinoid

<sup>2</sup> Dasycladacean algae

<sup>3</sup> Serpulid

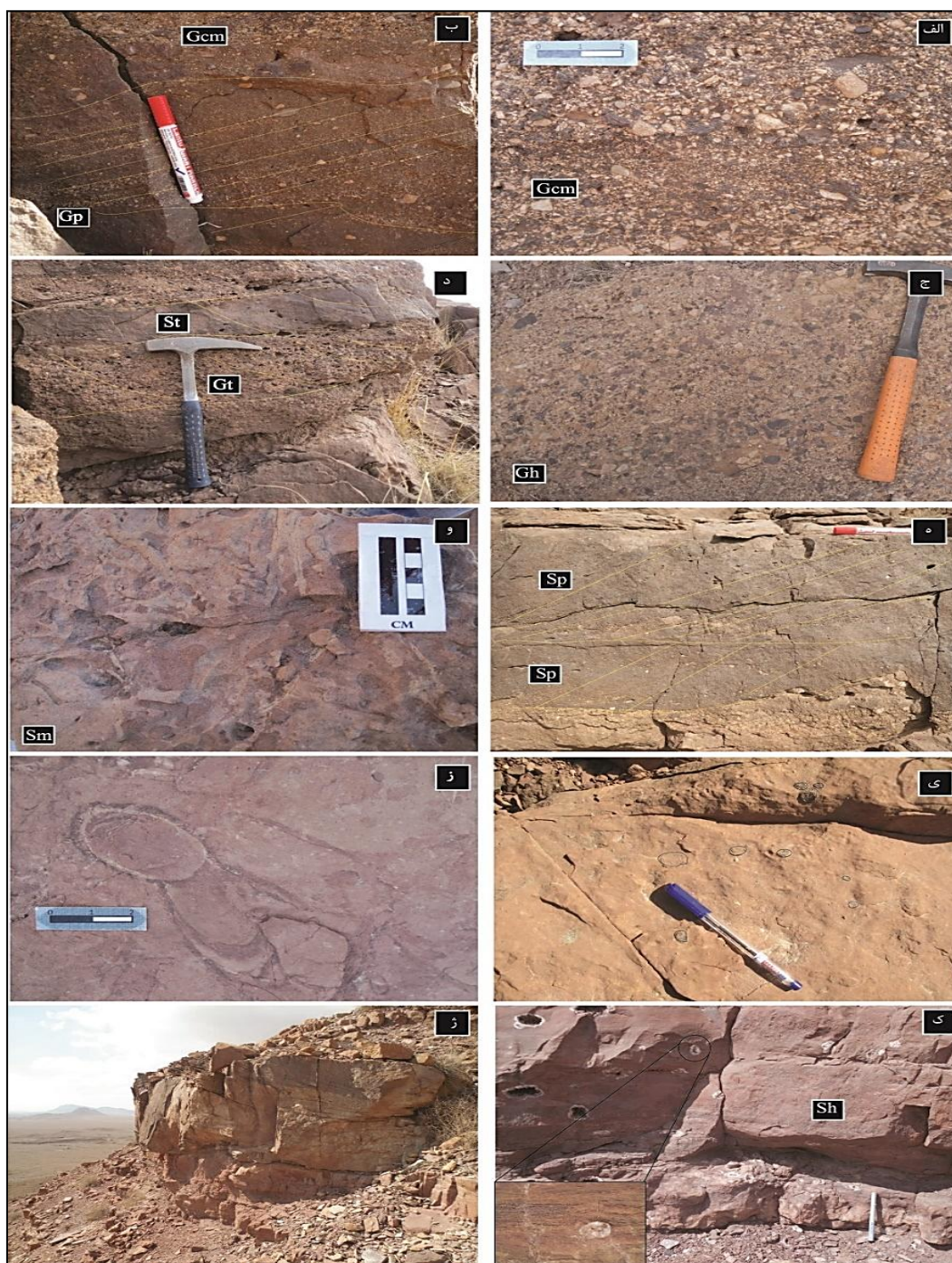
رخساره در مجموع دارای روند دانه‌ریزشونده به سمت بالای توالی است.

جدول ۱- رخساره‌های سنگی آواری و کربناته در برش مطالعه‌شده

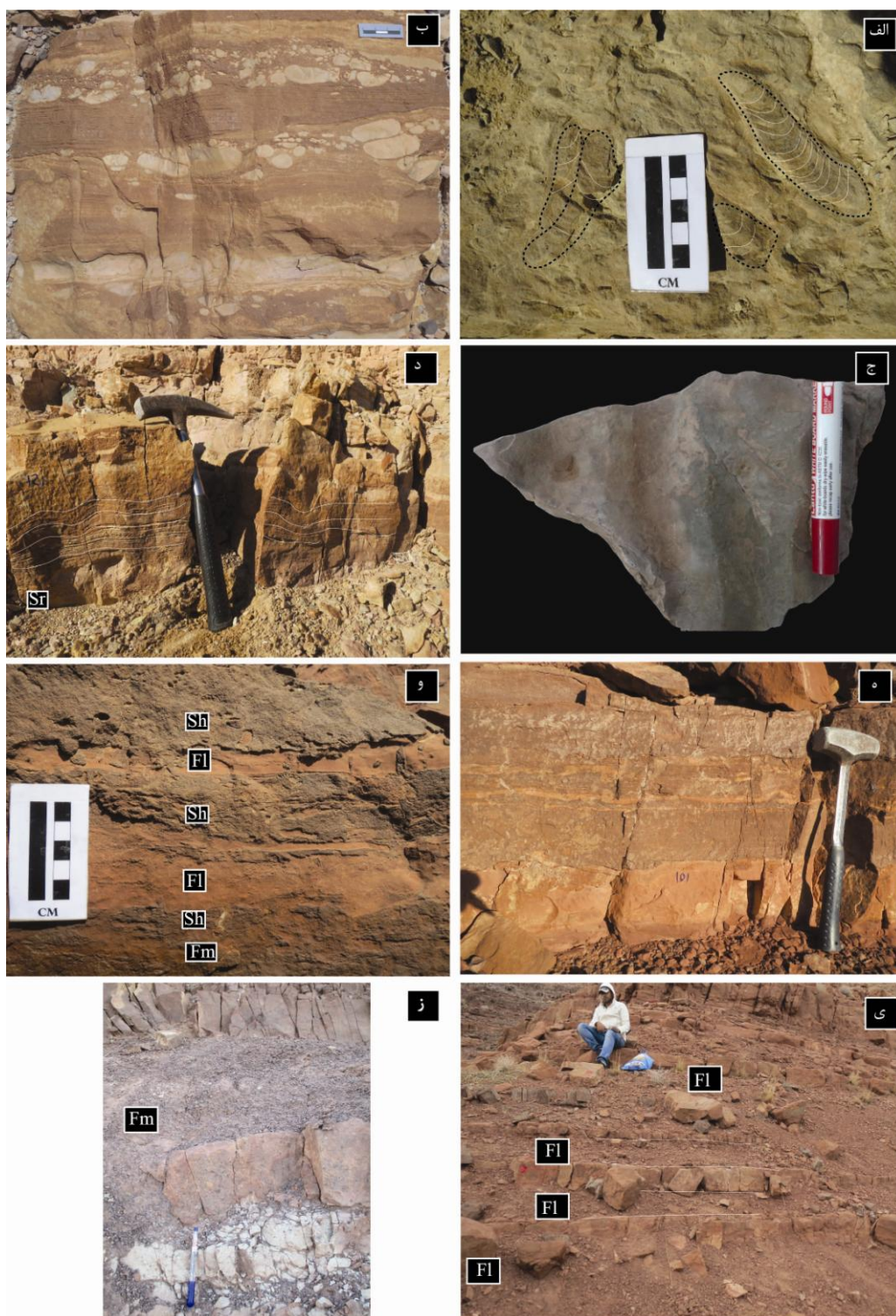
کد رخساره	رخساره	توصیف و تفسیر
Gcm	گراول دانه‌پشتیبان و توده‌ای	جریان خرده‌دار شبه‌پلاستیک (جریان آشفته)، بار رسوبی زیاد
Gt	گراول با لایه بندی مورب عدسی	جابه‌جایی سدهای درون کانال و رسوبات پرکننده کانال‌های فرعی
Gp	گراول با لایه بندی مسطح	مهاجرت سدهای طولی در بخش‌های عمیق کانال
Gh	گراول با لایه بندی افقی	مهاجرت جانبی سدهای طولی، رسوبات باقیمانده کف کانال
St	ماسه با لایه بندی قاشقی	حرکت ریپل مارک‌ها و مگاریپل‌های سه‌بعدی با خطر آس سینوسی و پیچیده
Sp	ماسه با لایه بندی مورب مسطح	حرکت مگاریپل‌های دوبعدی با خطر آس مستقیم
Sm	ماسه توده‌ای	حاصل فرایندهای دیاژنز و آشفته‌گی زیستی
Sh	ماسه با لایه بندی افقی	لامینه‌های ماسه‌ای مسطح در انرژی زیاد جریان
Sr	ماسه با ساختار ریپلی	تشکیل ریپل‌های موجی قرینه در انرژی کم جریان
Fl/Sh	تناوب ماسه و گل با ساختار افقی	ته نشست رسوبات متأثر از جریان‌های کششی و معلق
Fl	سیلت و گل با لامیناسیون افقی	ته نشست ذرات معلق در شرایط آرام
Fm	سیلت، گل	کاهش ناگهانی انرژی جریان در رسوب‌گذاری سریع ذرات معلق در شرایط آرام
MF1	مادستون ماسه‌دار	مادستون کربناته فاقد آلومک با فابریک فنسترال حاصل ته‌نشست شیمیایی رسوبات در بخش‌های بسیار کم‌عمق و متأثر از جزرومد
MF2	پلویید گریستون با دانه‌های آواری در حد سیلت تا ماسه	گریستون با بیش از ۱۰ درصد کوارتز آواری حاصل ته‌نشست شیمیایی رسوبات و جابه‌جایی متأثر از جریان‌های جزرومدی مداوم
MF3	بایوکست پلویید و کستون ماسه‌دار	وکستون بایوکستی میکرایتی شده حاصل ته‌نشست شیمیایی و بیوشیمیایی در شرایط آرام
MF4	بایوکست پلویید پکستون تا گریستون ماسه‌دار	پکستون تا گریستون حاصل ته‌نشست شیمیایی و بیوشیمیایی در شرایط متناوب آرام و پراانرژی
MF5	ایتراکست، اکیونید، اوریتولین گریستون	گریستون نسبتاً جور شده حاصل ته‌نشست شیمیایی و بیوشیمیایی زیر حد جزر و در انرژی زیاد جریان

جدول ۲- داده‌های حاصل از نقطه‌شماری ماسه‌سنگ‌های توالی قرمز کرتاسه پایینی، برش کوه بچاره، شمال شرق اصفهان

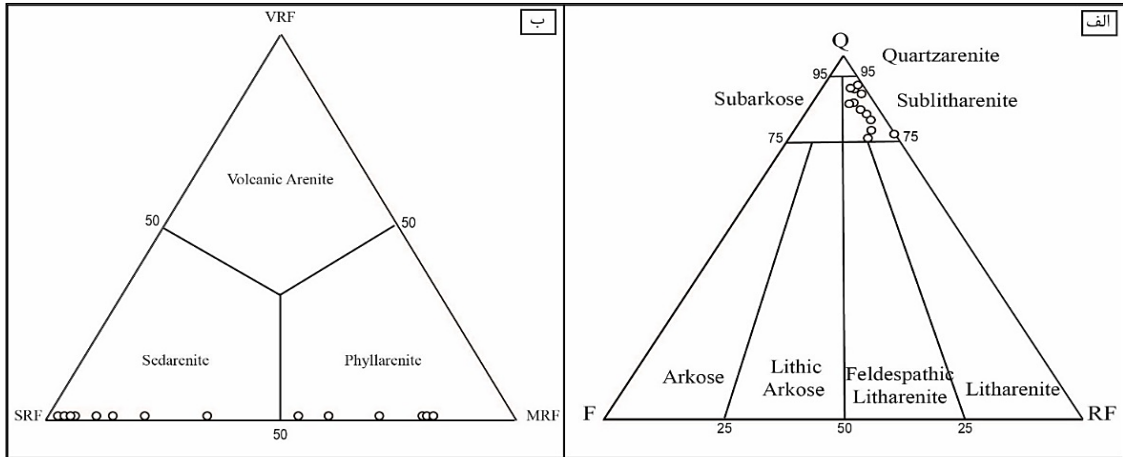
شماره نمونه	Q	F	RF	Total grain	%Q	%F	%R F	%Total
B۳۶	۱۹۳	۱۵	۴۱	۲۴۹	۷۸	۶	۱۷	۱۰۰
B۵۷	۲۸۱	۱۰	۴۳	۳۳۴	۸۴	۳	۱۳	۱۰۰
B۶۱	۲۸۲	۱۵	۵۷	۳۵۴	۸۰	۴	۱۶	۱۰۰
B۶۴	۲۲۷	۵	۱۹	۲۵۷	۸۹	۳	۸	۱۰۰
B۶۶	۲۸۳	۱۰	۵۰	۳۴۳	۸۳	۳	۱۵	۱۰۰
B۷۶	۲۱۰	۹	۲۷	۲۴۶	۸۵	۴	۱۱	۱۰۰
B۸۵	۲۶۴	۶	۲۰	۲۹۰	۹۱	۳	۷	۱۰۰
B۸۶/۵	۲۳۹	۰	۶۵	۳۰۴	۷۹	۰	۲۱	۱۰۰
B۱۰۶/۵	۳۲۷	۳	۲۵	۳۵۵	۹۲	۱	۷	۱۰۰
B۱۰۸	۲۱۲	۱۰	۲۱	۲۴۳	۸۷	۴	۹	۱۰۰
B۱۱۲	۲۶۱	۸	۱۷	۲۸۶	۹۱	۳	۶	۱۰۰
B۱۱۵	۲۷۸	۴	۲۸	۳۱۰	۹۰	۱	۹	۱۰۰
B۱۱۷	۲۶۶	۱۶	۲۴	۳۰۶	۸۷	۵	۸	۱۰۰
B۱۱۹	۲۶۷	۱۱	۲۴	۳۰۳	۸۸	۴	۸	۱۰۰



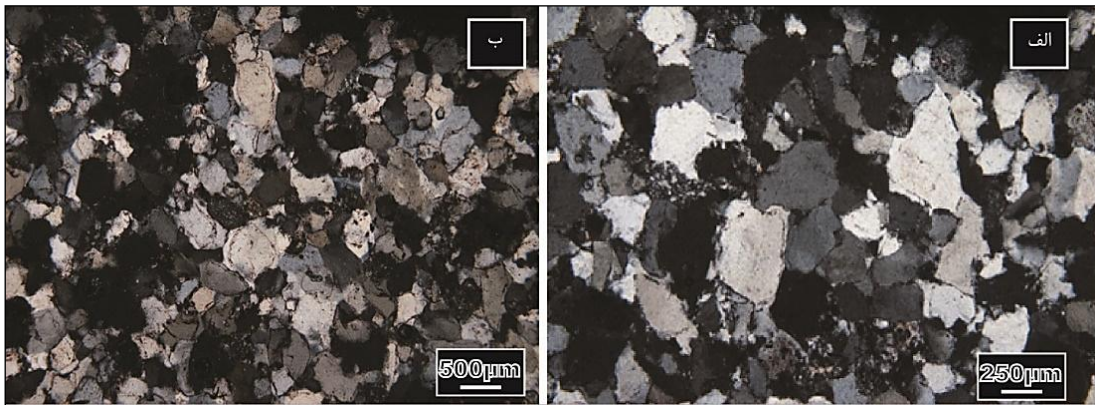
شکل ۴- تصاویر صحرایی رخساره‌های دانه‌درشت و متوسط توالی مطالعه‌شده. الف. رخساره دانه‌درشت توده‌ای **Gcm**، ب. رخساره دانه‌درشت مورب مسطح **Gp** و رخساره دانه‌درشت توده‌ای **Gcm**، ج. رخساره دانه‌درشت با طبقه‌بندی افقی **Gh**، د. رخساره دانه‌درشت **Gt** و رخساره دانه‌متوسط **St** با طبقه‌بندی مورب عدسی، ه. رخساره **Sp** با ساخت طبقه‌بندی مسطح مورب، و. رخساره دانه‌متوسط توده‌ای **Sm** همراه با آشفتگی زیستی، ی. اثرفسیل دیپلوکراتیون در رخساره دانه‌متوسط **Sm**، ز. اثرفسیل افیومورفا در رخساره دانه‌متوسط توده‌ای، ک. رخساره دانه‌متوسط **Sh** با لایه‌بندی افقی و حضور کنکرسایون‌های پیر شده با کلسیت ثانویه در امتداد لایه‌بندی؛ در حاشیه شکل به جابه‌جایی رسوبات در اطراف کنکرسایون‌ها توجه کنید که اولیه‌بودن آنها را تأیید می‌کند، ژ: رخساره‌های دانه‌متوسط با هندسه کانالی



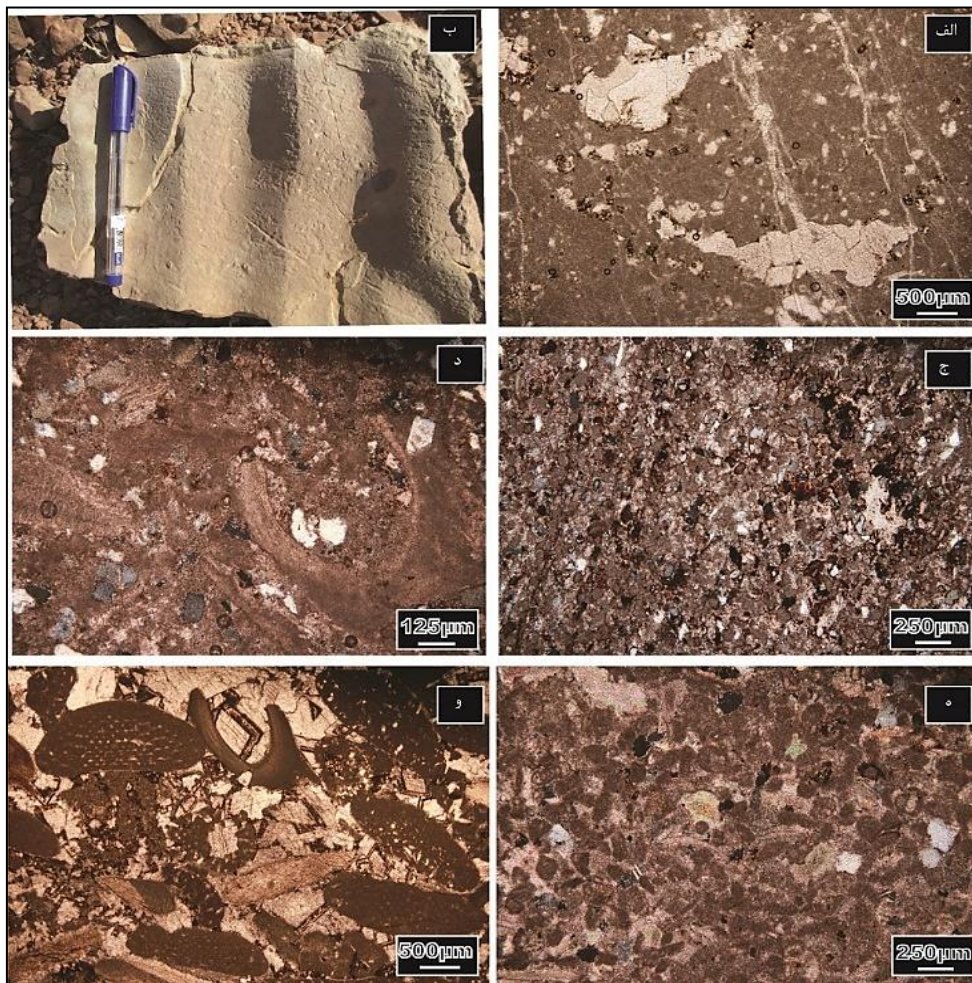
شکل ۵- تصاویر صحرایی رخساره‌های دانه‌متوسط و دانه‌ریز توالی مطالعه‌شده. الف. اثر فسیل ریزوکورالیوم در رخساره دانه‌متوسط Sh، ب. اینتراکلیست درون‌حوضه در رخساره دانه‌متوسط (Sh)، ج. ساخت رسوبی ریپل مارک در رخساره دانه‌متوسط، د. رخساره Sr، ه. نمایی از رخساره Sr، و. رخساره Sh همراه با تناوبی از رخساره دانه‌ریز Fl، ی. رخساره دانه‌ریز با لایه‌بندی افقی Fl، ز. رخساره دانه‌ریز توده‌ای Fm



شکل ۶- ترسیم نتایج داده‌های نقطه‌شماری ماسه‌سنگ‌ها. الف. ترسیم داده‌های نقطه‌شماری در مثلث فولک (Folk 1974)؛ ماسه‌سنگ‌های کرتاسه پایینی ترکیب ساب‌لیت‌آرنایت را نشان می‌دهند، ب. ترسیم داده‌ها روی نمودار مثلث تقسیمات نمونه‌های لیت‌آرنایتی فولک (Folk 1974)؛ ماسه‌سنگ‌های کرتاسه پایینی در محدوده فیل‌آرنایت و سد‌آرنایت قرار گرفته‌اند.



شکل ۷- پتروفاسیس‌های کرتاسه پایینی. الف. پتروفاسیس ساب‌چرت‌آرنایت با جورشدگی و گردشدگی خوب و اندازه متوسط تا ریز دانه (مقطع B5۷)، ب. پتروفاسیس ساب‌فیل‌آرنایت با جورشدگی و گردشدگی متوسط و اندازه ریز تا متوسط‌دانه (مقطع B۱۰۶)



شکل ۸- تصاویر مجموعه ریزرخساره کرناته کرتاسه پایینی در برش کوه بجاره. الف. ریزرخساره مادستون ماسه‌دار همراه با فابریک فنسترال (مقطع B۱۲۷)، ب. تصویر ماکروسکوپی ریزرخساره پلویید گریستون با دانه‌های آواری همراه با ساخت رسوبی ریپل مارک متقارن، ج. ریزرخساره پلویید گریستون با دانه‌های آواری در حد سیلت و ماسه (مقطع B۱۳۱)، د. ریزرخساره بایوکست پلویید پکستون ماسه‌دار (مقطع B۱۳۱)، ه. ریزرخساره بایوکست پلویید گریستون ماسه‌دار (مقطع B۱۶۲)، و. ریزرخساره ایتراکست، اکیونید، اوریتولین گریستون (مقطع B۱۵۲).

رخساره‌های کنگلومرای کانالی شکل و اغلب دانه‌پشتیبان دارای جورشدگی ضعیف و دانه‌های زاویه‌دار تا خوب گردشده هستند و ماتریکس بین‌دانه‌ها را ذرات ماسه پر کرده است؛ این امر شرایط پرنرژی دوره‌ای در اثر جریان‌های خرده‌دار با چگالی کم را نشان می‌دهد (Einsele 2000). کنگلومرای یادشده به قاعده پیش‌رونده کرتاسه مربوط است و نظیر چنین کنگلومرای طی کرتاسه در سایر نقاط شناسایی و معرفی شده است (Mannani and Yazdi 2009; Wilmsen et al. 2010; Khila et al. 2018). احتمالاً این مجموعه رخساره در پی فرسایش، پرشدگی و قطع‌شدگی کانال‌های رودخانه‌ای نسبتاً بزرگ‌مقیاس تشکیل شده است. همچنین طبیعت پرشدگی رودخانه بر اثر برافزایی عمودی و جانبی است که خود در نتیجه مهاجرت کانال رودخانه به سمت پایین‌دست رودخانه ایجاد می‌شود. نسبت بالای رسوبات بار بستر (رخساره‌های دانه‌درشت و متوسط) در این مجموعه رسوبات دانه‌درشت ممکن است به علت تأمین درخور توجه رسوبات توسط

رخساره‌های کنگلومرای کانالی شکل و اغلب دانه‌پشتیبان دارای جورشدگی ضعیف و دانه‌های زاویه‌دار تا خوب گردشده هستند و ماتریکس بین‌دانه‌ها را ذرات ماسه پر کرده است؛ این امر شرایط پرنرژی دوره‌ای در اثر جریان‌های خرده‌دار با چگالی کم را نشان می‌دهد (Einsele 2000). کنگلومرای یادشده به قاعده پیش‌رونده کرتاسه مربوط است و نظیر چنین کنگلومرای طی کرتاسه در سایر نقاط شناسایی و معرفی شده است (Mannani and Yazdi 2009; Wilmsen et al. 2010; Khila et al. 2018).

است و عمدتاً دارای رخساره دانه‌ریز FI است. مجموعه رخساره یادشده دارای ضخامت ۷ متر از توالی مطالعه‌شده است. رخساره ریزدانه FI بین لایه‌های رخساره دانه‌متوسط قرار گرفته است. حضور کنکرسپون‌های پرشده با کلسیت ثانویه در رخساره‌های دانه‌متوسط این مجموعه رخساره بیان‌کننده تشکیل ندول‌های احتمالاً ژپس در بخش‌های فوق جزرومدی است که طی دیاژنز جوی انحلال یافته و حفره ثانویه ایجادشده توسط کلسیت پر شده است (Cibin et al. 1993); مجموعه رخساره یادشده به محیط پهنه فوق جزرومدی (supratidal) مربوط است (شکل ۹).

#### مجموعه رخساره پهنه جزرومدی

این مجموعه رخساره دارای مرز تدریجی با مجموعه رخساره پهنه فوق جزرومدی است و پس از آن قرار دارد. این مجموعه در ابتدا دارای بخش آواری است، سپس محیط جزرومدی به محیط مخلوط آواری و کریناته و سپس کریناته تبدیل می‌شود. بخش اعظم این مجموعه رخساره دارای انواع رخساره‌های دانه‌متوسط Sh و Sr و بخش کمتری دانه‌ریز Fm است و در مجموع ۴۷ متر از ضخامت توالی مدنظر را به خود اختصاص داده است. این مجموعه رخساره دارای رنگ زرد و خاکستری است. اندازه دانه در رخساره‌های ماسه‌سنگی از ماسه ریز تا متوسط‌دانه متغیر و دارای جورشدگی خوب است. اثر فسیل دیپلوکراتیون و اسکولایتوس به محیط ساحلی و پهنه جزرومدی مربوط است (Howard 1987; Seilacher 2010; Bayetgol et al. 2007). رخساره Sm در اثر آشفستگی زیستی به‌شکل توده‌ای درآمده و رخساره حدواسط FI/Sh بیان‌کننده محیط دارای رژیم جریان با انرژی بسیار متغیر است. در این رخساره لایه‌های حاوی فسیل دوکفه‌ای و قطعه‌های ایتراکلاست گلی داخل حوضه‌ای در قاعده وجود دارند. این مجموعه رخساره در ادامه به‌شکل متناوب دارای رخساره‌های کریناته MF1 و MF2 است و ریزرخساره‌های مادستون ماسه‌دار و پلوئید گرینستون با دانه‌های آواری در حد

جریان‌های سطحی پر قدرت، شیب زیاد سیستم رودخانه‌ای و یا ورود مخروط‌افکنه‌ها به این سیستم باشد. تجمع رسوبات موجود در کانال‌های یادشده باتوجه به اندازه دانه‌ها (در حد پیل) به بخش‌های پایینی مخروط‌افکنه (alluvial fan) مربوط است (Reading and Collinson 1996; Chen et al. 2017); بنابراین تشکیل این رخساره‌ها به برقراری بخش‌های پایین‌دست سیستم‌های مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای بریده‌بریده با بار بستر ماسه‌سنگی و کنگلومرای مربوط دانسته می‌شود (شکل ۹).

#### مجموعه رخساره رودخانه‌ماندیری

این مجموعه رخساره پس از مجموعه رخساره رودخانه‌بریده‌بریده به‌شکل تدریجی واقع شده و شامل رخساره‌های دانه‌ریز Fm و FI با میان‌لایه رخساره‌های دانه‌متوسط Sr، St، Sm و Sh است. این مجموعه رخساره با گسترش نسبتاً اندک، ۱۱ متر از ضخامت توالی مطالعه‌شده را به خود اختصاص داده است. رخساره‌های ریزدانه اغلب به‌شکل لامیناسیون افقی و گاهی به‌شکل توده‌ای و بدون لایه‌بندی هستند. رخساره‌های دانه‌متوسط با لایه‌بندی متوسط تا ضخیم و ساخت رسوبی طبقه‌بندی مورب دارای ماسه‌های بسیار ریزدانه تا ریزدانه و جورشدگی خوب هستند که به‌شکل کانال‌هایی با قاعده فرسایشی مشاهده می‌شوند (شکل ۴ ژ). این مجموعه رخساره دارای روند دانه‌ریزشونده به سمت بالای توالی است.

دو رخساره آواری دانه‌ریز Fm و FI در اثر انرژی و ته‌نشست ذرات معلق در بخش‌های فروافتاده حوضه تشکیل شده‌اند (Miall 2006). رخساره دانه‌متوسط Sh در رژیم‌های بالای جریان تشکیل می‌شود (Miall 2006). وجود Sr همراه با Sh از تغییرات سطح انرژی ناشی می‌شود. این مجموعه رخساره شامل کانال‌های رودخانه‌ای همراه با زیرمحیط دشت سیلابی (fluvial flood plain) مرتبط با آنهاست (شکل ۹).

#### مجموعه رخساره پهنه فوق جزرومدی

این مجموعه رخساره در ادامه مجموعه رخساره رودخانه

سیلت تا ماسه با ساخت ریپل مارک در آن گسترش دارند. این مجموعه رخساره دارای رخساره Sr است؛ این رخساره با رژیم‌های متفاوت جریان و در محیط‌های تحت امواج ساحلی و جزرومدی تشکیل می‌شود (Lewis and McConchie 1994; Davis 2012). حضور رخساره‌های Sr و Sh بیان‌کننده تشکیل در عمق کم آب و فرسایش سطح دون‌ها و مگاریپل‌هاست (Kostic et al. 2005; Zand Moghadam et al. 2009). رخساره دانه‌متوسط Sh در رژیم‌های بالا و پایین جریان تشکیل می‌شود و در این مجموعه رخساره فراوان است (Miall 2006). این مجموعه رخساره دارای ریپل مارک‌های موجی است و تناوب رخساره‌های Sr و Sh در آن نشان‌دهنده افزایش و کاهش انرژی و تلاطم محیط است؛ انرژی در زمان تشکیل ریپل مارک‌ها کمتر از زمان تشکیل طبقه‌بندی افقی است (Selley 1996). حضور تناوب رخساره‌های دانه‌متوسط و ریز به‌شکل هترولیک در این مجموعه رخساره نوسان‌های حمل‌ونقل و انرژی هیدرودینامیکی عامل حمل را نشان می‌دهد و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پهنه‌های جزرومدی است. وجود اینتراکست‌های گلی درون‌حوضه در قاعده برخی رخساره‌ها وجود شرایط افزایش انرژی و طوفانی‌شدن محیط و پس‌از آن آرام‌شدن ناگهانی شرایط را نشان می‌دهد. این مجموعه رخساره به بخش پهنه جزرومدی (tidal flat) مربوط است (شکل ۹).

ریزرخساره مادستون ماسه‌دار کربناته بر اساس مطالعه‌های انجام‌شده از جمله نبود اجزای بیوکستی، حضور فابریک فنسترال و اثر فسیل‌های مشاهده شده به بخش‌هایی از کمر بند شماره ۸ به سمت کمر بند ۹ معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط است. ریزرخساره پلویید گرینستون با دانه‌های آواری در حد سیلت تا ماسه که با ساخت ریپل مارک موجی متقارن و لامیناسیون‌دار همراه است از جمله ریزرخساره‌های این زیرمحیط است. این ریزرخساره نیز باتوجه به ساخت رسوبی ریپل مارک متقارن موجی و محدودبودن اجزای اسکلتی به بخش‌هایی از کمر بند شماره ۹ (Shore zone)

معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط است.

### مجموعه رخساره لاگون

این مجموعه رخساره به‌شکل تدریجی پس‌از مجموعه رخساره پهنه جزرومدی قرار گرفته و دارای ریزرخساره‌های کربناته است. این مجموعه رخساره شامل ریزرخساره‌های MF3 و MF4 است که ته‌نشست رسوبات کربناته در محیطی با انرژی کم را نشان می‌دهند. ریزرخساره بایوکست پلویید و کستون ماسه‌دار باتوجه به فراوانی زمینه میکرایتی و حضور میلیولیدهای با اندازه کوچک به بخش‌های کم‌عمق پلت‌فرم نظیر کمر بند شماره ۸ یا لاگون محصور (Restricted lagoon) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط است. همچنین ریزرخساره بایوکست پلویید پکستون تا گرینستون ماسه‌دار باوجود فراوانی آلوکم‌هایی نظیر پلویید و همراهی مقدار اندکی خرده‌های بایوکستی و همچنین قرارگیری در مجاورت رخساره‌های پهنه جزرومدی و سدی به‌شکل تدریجی حاکی از شرایط لاگونی است. ریزرخساره مدنظر به کمر بند شماره ۷ یا لاگون غیرمحصور (Open lagoon) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) مربوط است. کاهش مواد آواری به‌شکل پراکنده داخل رخساره‌های لاگونی روبه‌بالای توالی حاکی از تغییرات تدریجی در محیط رسوبی است.

### مجموعه رخساره سد بایوکستی

این مجموعه رخساره پس‌از مجموعه رخساره لاگونی قرار گرفته است و با فرم هندسی افقی لایه‌ها دارای گسترش جانبی درخور توجهی بین رخساره‌های لاگونی است. این مجموعه رخساره دارای ریزرخساره‌های اینتراکست، اکیونئید، اوریتولین گرینستون (MF5) است و محل تشکیل آن باتوجه به ویژگی‌های شناخته‌شده نظیر فراوانی خرده‌های اسکلتی نسبتاً جورشده مانند اوریتولینا، اکیونئید و براکیوپود و حضورداشتن گل، بخش‌های کم‌عمق و پراثری مربوط به کمر بند شماره ۶ یا پشته‌های بایوکستی/اولیتی (shoal) معرفی شده توسط فلوگل (Flugel 2010) است.

جدول ۳- مجموعه رخساره‌های آواری و کربناته همراه با زیرمحیط تشکیل آنها در توالی مطالعه‌شده در برش کوه بجاره

مجموعه رخساره	توصیف و ویژگی‌ها	زیرمحیط رسوب‌گذاری
مجموعه رخساره‌های آواری	رخساره‌های دانه‌درشت Gt, Gh, Gp و Gem با شکل هندسی عمدتاً کانالی، رخساره‌های متوسط‌دانه St, Sp و Sh و رخساره ریزدانه Fl	رودخانه بریدبریده (Braided Fluvial)
	دارای رخساره‌های دانه‌متوسط Sh و Sm با سطح لایه‌بندی موازی و گسترش جانبی و رخساره‌های ریزدانه Fl و Fm	رودخانه‌ی مئاندری (Meandering Fluvial)
	دارای رخساره ریزدانه Fl با گسترش جانبی زیاد و لامیناسیون موازی رخساره‌های دانه‌متوسط Sm, Sr و Sh عمدتاً با سطح بالایی طبقه‌ها با ریپل‌های موجی متقارن و رخساره ریزدانه Fm	پهنه فوق جزرومدی (Supratidal)
مجموعه رخساره‌های کربناته	ریزرخساره‌های MF1 و MF2 با بافت مادستون و گرینستون	پهنه جزر و مدی (Tidal Flat)
	ریزرخساره MF3 و MF4 با بافت وکستون و پکستون بایوکلاستی و پلوییدی ریزرخساره MF5 با بافت گرینستون و جورشدگی نسبتاً خوب	لاگون (Lagoon) سد بایوکلاستی (Bioclastic shoal)

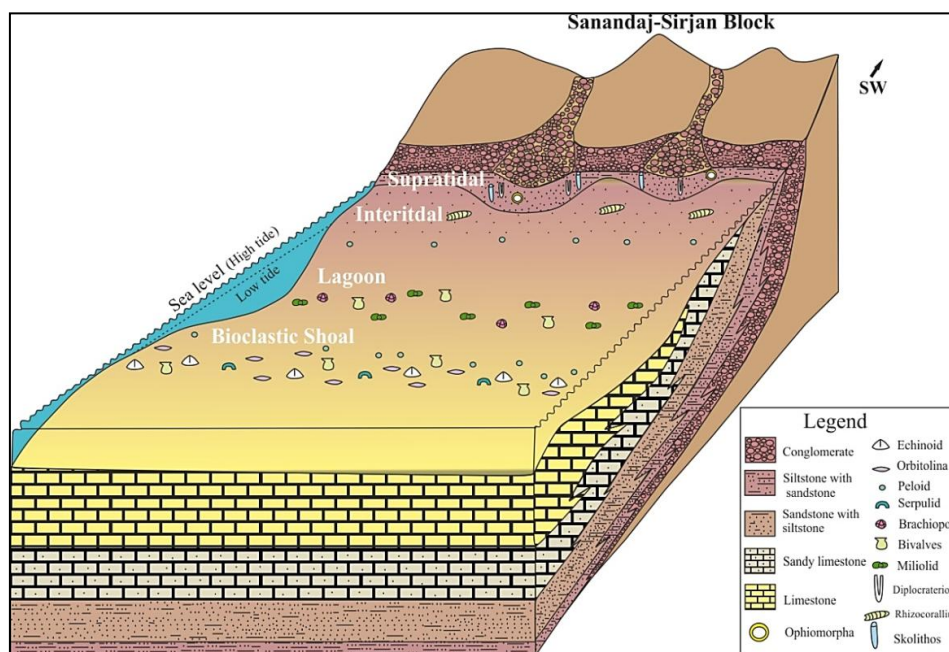
### محیط رسوبی

از جمله شمال اصفهان نشان‌دهنده نقش رخساره‌های قاره‌ای در پرکردن نواحی پست و فروافتاده پس از رخداد سیمین هستند؛ پس از پرشدن این مناطق در زمان پیش‌روی دریای کرتاسه شرایط برای تشکیل نهشته‌های کربناته روی یک سطح مسطح فراهم شده است (Wilmsen et al. 2010; 2015). این نهشته‌ها به شکل مخروط‌افکنه و رودخانه بریده‌بریده گراولی و ماسه‌ای در ابتدای ساحل و پهنه جزرومدی نهشته شده‌اند. رخساره‌های گراولی در نزدیکی پهنه ساحلی در تناوب با رخساره‌های متوسط و ریزدانه از جمله ماسه ریز و سیلتستون هستند (شکل ۹). جهت جریان دیرینه در توالی آواری کرتاسه پایینی بیان‌کننده جهت جنوب‌شرق به شمال‌غرب است (Mazroei Sebdani 2016). با توجه به جهت جریان دیرینه خاستگاه احتمالی نهشته‌های آواری کرتاسه پایینی از زون سنج - سیرجان بوده است که عمدتاً سازنده ارتفاعات منطقه طی این زمان بوده‌اند (Mohajjel and Fergusson 2014)؛ در ادامه نهشته‌های مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای به زیرمحیط پهنه فوق جزرومدی (supratidal) تبدیل شده‌اند. این زیرمحیط دارای نواح ساخت‌های توده‌ای و افقی سیلتستون‌های قرمز است. حضور کنکرسیون‌های احتمالاً اولیه‌ی رئیس نیز نشان‌دهنده پهنه فوق جزرومدی در این ریزرخساره است (Cibin et al. 1993). بر اساس نظر گید و همکاران (Gade et al. 2008)،

سه مجموعه رخساره آواری و یک مجموعه رخساره مخلوط آواری - کربناته بر اساس بررسی‌های صحرائی انجام‌شده در بخش توالی آواری قرمز کرتاسه پایینی در کوه بجاره شناسایی شده‌اند. آغاز توالی آواری کرتاسه پایینی شامل مجموعه رخساره مربوط به سیستم رودخانه‌های بریده‌بریده و مخروط‌افکنه‌های واردشده به آن و مجموعه رخساره رودخانه مئاندری و دشت سیلابی مرتبط با آن است. فراوانی ساخت‌های یک‌جهته مانند طبقه‌بندی مورب مسطح و عدسی، اندازه دانه‌ها، قاعده فرسایشی و فراوانی اشکال کانالی شکل بیان‌کننده ته‌نشست رسوبات در سیستم مخروط‌افکنه و رودخانه‌ای است (برای نمونه Chen et al. 2017)؛ این بخش شامل نهشته‌هایی است که از بخش‌های مرتفع و ناهموار قاره فرسایش یافته‌اند و در دشت‌های سیلابی گسترده نهشته شده‌اند و اجزای دانه‌متوسط و ریز آنها به سمت دریا حمل شده‌اند. تناوب قرارگیری رخساره‌های ریز، متوسط و درشت بیان‌کننده تغییرات سطح انرژی به شکل جریان‌های تناوبی و دوره‌ای است. گراول‌های موجود در رخساره‌های یادشده احتمالاً در اثر فعالیت فاز کوهزایی سیمین پسین از مناطق مجاور و مرتفع‌تر منشأ گرفته است. کنگلومراها به علت ضخامت متفاوت آنها در بخش‌های مختلف ایران مرکزی

دانه‌های ماسه همراه با پلوئید و قطعات بایوکلاستی (MF4) بیان‌کننده بخش لاگون باز است. حضور گریستون خوب شسته‌شده و آلوکم‌هایی نظیر اوریتولین، قطعه‌های گردشده اکیئوئید و اینتراکلاست (MF5) بیان‌کننده تشکیل در زیرمحیط سد است. با توجه به مطالعه‌های انجام‌شده، توالی رخساره‌های کربناته در بخش‌های داخلی پلت‌فرم کربناته احتمالاً از نوع اپیریک نهشته شده است (شکل ۹). این توالی کربناته نظیر توالی کربناته معادل آن در ایران مرکزی (سازند شاه‌کوه) در بخشی از یک پلت‌فرم کربناته کم‌عمق اپیریک نهشته شده است که طی کرتاسه پیشین، بخش‌های زیادی از بلوک ایران به‌عنوان حاشیه شمالی اقیانوس نئوتتیس را می‌پوشانده است (Wilmsen et al. 2013). گستردگی زیاد توالی‌های کربناته کرتاسه در نواحی گوناگون ایران مرکزی گویای پیش‌روی گسترده دریا و پوشیده‌شدن نهشته‌های قدیمی‌تر با دریای پیش‌رونده کرتاسه پایینی است (Schlagintweit and Wilmsen 2014) و با توجه به ورود مواد آواری به پلت‌فرم کربناته به‌نظر می‌رسد منطقه مطالعه‌شده بسیار نزدیک به حاشیه این پلت‌فرم تشکیل شده است.

پهنه‌های جزرومدی و فوق جزرومدی اغلب فاقد پوشش گیاهی هستند و رسوبات آنها بیشتر شامل ماسه و گل است. زیرمحیط پهنه ساحلی (tidal flat) شامل ماسه‌سنگ‌های توده‌ای با طبقه‌بندی افقی و همچنین دارای ساختارهای ریپل مارک و طبقه‌بندی مورب مسطح با زاویه کم است. سیلتستون‌های این زیرمحیط به‌شکل لامیناسیون‌دار و توده‌ای مشاهده شده‌اند. دیپلوکراتریون، افیومورفا و ریزوکورالیوم از جمله اثرفسیل‌های موجود در این مجموعه رخساره هستند. در ادامه، توالی آواری کرتاسه پایینی به‌شکل تدریجی به سنگ‌آهک ماسه‌دار و سنگ‌آهک تبدیل می‌شود. ریزرخساره MF1 با بافت مادستون همراه با دانه‌های آواری و فابریک فنسترال و ریزرخساره MF2 با بافت گریستون همراه با ریپل مارک‌های موجی متقارن و همچنین وجود پلوئید همراه با دانه‌های ماسه گردشده نشان‌دهنده نهشته‌شدن در پهنه جزرومدی مخلوط آواری - کربناته هستند. ریزرخساره با بافت پکستون ماسه‌دار (MF3) با توجه به تنوع کم اجزای اسکلتی و حضور روزن‌دارانی مانند میلیولید نشان‌دهنده زیرمحیط لاگون از نوع محصور است. در ادامه توالی، ریزرخساره با بافت پکستون و گریستون با



شکل ۹- الگوی رسوبی شماتیک نهشته‌های آواری و کربناته کرتاسه پایینی در برش کوه بجاره، شمال شرق اصفهان

## نتیجه

توالی مطالعه‌شده در برش کوه بجاره (شمال‌شرق اصفهان) با ضخامت ۱۳۸ متر شامل سنگ‌های آواری قرمز و کربناته به سن کرتاسه پایینی است. رخساره‌های آواری شناسایی شده در برش مطالعه‌شده به سه دسته درشت، متوسط و ریزدانه تقسیم می‌شوند: رخساره‌های درشت‌دانه شامل Gt و Gp، Gh، Gcm، رخساره‌های دانه‌متوسط شامل Sp، Sm، St، Sr و Sh و رخساره‌های دانه‌ریز شامل Fl و Fm هستند و یک رخساره بینابینی متشکل از Sh و Fl نیز شناسایی شده است. سه مجموعه رخساره آواری، یک مجموعه رخساره مخلوط آواری- کربناته و دو مجموعه رخساره کربناته در توالی مطالعه‌شده شناسایی شدند. مجموعه رخساره‌های رودخانه بریده‌بریده، رودخانه‌های مائدری و پهنه دشت سیلابی مرتبط، پهنه فوق جزرومدی و پهنه جزرومدی در بخش قاعده توالی آواری قرمز کرتاسه پایینی نهشته شده‌اند. داده‌های جهت جریان دیرینه جهت رو به شمال را نشان می‌دهند و زون سنندج- سیرجان منشأ رسوبات آواری کرتاسه پیشین در شمال اصفهان در نظر گرفته می‌شود. شناسایی ریزرخساره‌های کربناته به تفکیک مجموعه رخساره‌های کربناته پهنه جزرومدی مخلوط آواری - کربناته، لاگونی و سدهای بایوکستی در توالی کربناته مطالعه‌شده منجر شد که در بخش داخلی یک پلت فرم کربناته احتمالاً از نوع اپیریک نهشته شده‌اند. این توالی کربناته در بخشی از یک پلت فرم کربناته کم‌عمق نهشته شده است که طی کرتاسه پیشین بخش‌هایی از بلوک ایران را به‌عنوان حاشیه شمالی اقیانوس نئوتتیس می‌پوشانده است

## سپاسگزاری

از گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان برای دراختیار گذاشتن امکانات مطالعه‌های صحرایی و آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌شود. همچنین از داوران محترم مقاله حاضر قدردانی می‌شود که با نظرهای ارزشمند خود سبب بهبود کیفیت مقاله شدند.

## References

- Aghanabati A. 2006. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, 586 p. (in Persian)
- Amodio S. 2006. Foraminifera diversity changes and paleoenvironment analysis: the Lower Cretaceous shallow-water carbonate of San Lorenzello, Campanian Apennines, southern Italy. *Facies*, 52: 53-67.
- Bayetgol A. Mahboubi A. Hossaini Barzi M. and Moussavi-Harami S. R. 2010. Ichnological model of siliciclastic sediments of Shirgesht Formation in Kalmard block, Central Iran. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Reserches*, 26:43-68. (in Persian)
- Berberian M. and King G. C. 1981. Towards a paleogeography and tectonic evaluation of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18(2): 210-265.
- Chen L. Ronald J. S. Fusheng G. Cornel O. and Chenglin G. 2017. Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: Implications for tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 134: 37-54.
- Cibin U. Cavazza W. Fontana D. Milliken K. L. and McBride E. F. 1993. Comparison of composition and texture of calcite-cemented concretions and host sandstones, Northern Apennines, Italy. *Journal of Sedimentary Petrology*, 63(5): 945-954.
- Darvishzadeh A. 1991. Geology of Iran. Amir Kabir Publishing, 434 p. (in Persian)
- Davis R. A. 2012. Tidal signatures and their preservation potential in stratigraphic sequences: In Davis R. A. and Dalrymple R. W. (Eds.), *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer, Heidelberg, 35-55.
- Dunham R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according depositional texture: In Ham W. E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium American Association of Petroleum Geologists, Memo*, 1: 108-121.
- Einsele G. 2000. *Sedimentary Basin Evolution, Facies and Sediment Budget* (2<sup>nd</sup> edition). Springer, 792 p.
- Flugel E. 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application* (2nd edition). Springer, Berlin, 984 p.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing, 159 p.
- Gade M. Alpers W. Melsheimer C. and Tanck G. 2008. Classification of sediments on exposed tidal flats in the German Bight using multi-frequency radar data. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1603-1613.

- Mannani M. and Yazdi M. 2009. Late Triassic and Early Cretaceous sedimentary sequence of northern Isfahan province (central Iran): stratigraphy and paleoenvironment. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(3): 374-637.
- Mazroei Sebdani Z. 2016. Investigation of facies, depositional environment and tectonic setting of the uppermost Triassic to Lower Cretaceous terrigenous and carbonate deposits, in Kuh-e-Bejareh section of Dizlu region, Northeast of Isfahan, M.Sc. Thesis, University of Isfahan, Iran, 171 p. (in Persian)
- Miall A. D. 2006. *Principle of Sedimentary Basin Analysis*. Springer, New York, 668 p.
- Mohajjel M. and Fergusson C. L. 2014. Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran. *International Geology Review*, 56(3): 263-287.
- Petit F. Gol F. Houbrechts G. and Assani A. A. 2005. Critical specific stream power in gravel-bed rivers. *Geomorphology*, 69: 92-101.
- Reading H. G. and Collinson J. D. 1996. Clastic coastal, In: Reading H. G. (Ed.), *Sedimentary Environment and Facies*. Blackwell Scientific Publication, Ltd Oxford, 154-231.
- Schlagintweit F. and Wilmsen M. 2014. Orbitolinid biostratigraphy of the top Taft Formation (Lower Cretaceous of the Yazd Block, Central Iran). *Cretaceous Research*, 49: 125-133.
- Scholle P. A. and Ulmer-Scholle D. S. 2006. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 77, 459 p.
- Seilacher A. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer, Berlin, 238 p.
- Selley R. C. 1996. *Ancient Sedimentary Environment and their Sub-Surface Diagenesis* (4th edition). Routledge, London, 315 p.
- Seyed-Emami K. 2003. Triassic in Iran. *Facies*, 48(1): 91-106.
- Seyed-Emami K. and Wilmsen M. 2016. *Leymeriellidae* (Cretaceous ammonites) from the Lower Albian of Esfahan and Khur (Central Iran). *Cretaceous Research*, 60: 78-90.
- Tucker M. E. 2001. *Sedimentary Petrology* (3rd edition). Blackwell science, 287 p.
- Tucker M. E. and Wright V. P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. Wiley, 482 p.
- Vaziri Moghadam H. Taheri A. and Kimiagari M. 2006. *The Elements of Stratigraphy*. Isfahan University Press, 320 p. (in Persian)
- Ghasemi-Nejad A. Asadi A. Shahmoradi M. Aghanabati S. A. and Mohtat T. 2013. Palynostratigraphy and reconsideration of the Shemshak Group in north Isfahan (Kashan-Zefreh) based on Dinoflagellate Cysts. *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, 86: 99-106. (in Persian)
- Higgs K. E. King P. R. Raine J. I. Sykes R. Browne G. H. Crouch E. and Baur J. R. 2012. Sequence stratigraphy and controls on reservoir sandstone distribution in an Eocene marginal marine-coastal plain Fairway, Taranaki Basin, New Zealand. *Marine and Petroleum Geology*, 30(2): 175-192.
- Howard J. D. 1978. Sedimentology and trace fossils: In Basan, P. D. (Ed.), *Trace Fossil Concepts: Society Economic Paleontologists and Mineralogists. Short Course*, 5: 13-47.
- Immel H. Seyed-Emami K. and Afsharharb A. 1997. Kreide-Ammoniten aus dem iranischen Teil des Koppeh-Dagh (NE-Iran). *Zitteliana*, 21: 159-190.
- Ito M. Matsukawa M. Saito T. and Nichols D. J. 2006. Facies architecture and paleohydrology of a synrift succession in the Early Cretaceous Choyr Basin, Southern Mongolia. *Cretaceous Research*, 27: 226-240.
- Khila A. Mohamed O. and Zargouni F. 2018. Coniacian carbonate-conglomerate event on carbonate ramps from the Northern Chotts ranges, South Tunisia: facies geometry and tectono-sedimentary evolution. *Arabian Journal of Geosciences*, 11 (54): 1-8.
- Kostic B. Bech A. and Aigner T. 2005. 3-D sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implication for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 181: 143-171.
- Kumar R. Ghosh S. K. Mazari R. K. and Sangode S. J. 2003. Tectonic impact on the fluvial deposits of Plio-Pleistocene Himalayan foreland basin, India. *Sedimentary Geology*, 158: 209-234.
- Kwon Y. K. Chough S. K. Choi D. K. and Lee D. J. 2002. Origin of limestone conglomerates in the Choson Supergroup (Cambro-Ordovician), mid-east Korea. *Sedimentary Geology*, 146: 265-283.
- Lewis D. W. and McConchie D. 1994. *Analytical Sedimentology*. Chapman and Hall, London, 197 p.
- Mannani M. and Yazdi M. 2015. Palaeocology of Late Triassic deposits, in Dizlu section north of Isfahan, Central Iran based on Scleractinian Corals. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 24(95): 281-290. (in Persian)

- Wilmsen M. Fürsich F. T. and Majidifard M. R. 2015. An overview of the Cretaceous stratigraphy and facies development of the Yazd Block, western Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 102: 73-91.
- Wilmsen M. Fürsich F. T. Majidifard J. 2013. The Shah Kuh Formation, a latest Barremian – early Aptian carbonate platform of Central Iran (Khur area, Yazd Block). *Cretaceous Research*, 39: 183-194.
- Wilmsen M. Niebuhr B. Chellouche P. Pürner T. and Kling M. 2010. Facies pattern and sea-level dynamics of the early Late Cretaceous transgression: a case study from the lower Danubian Cretaceous Group (Bavaria, southern Germany). *Facies*, 56: 438-507.
- Yazdi M. Bahrami A. and Vega F. J. 2009. Albian decapod crustacea from southeast Isfahan, central Iran-Kolah-Qazi area. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, 35: 71-77.
- Zahedi M. 1992. Geological map of the Targh quaderangle 6356, Scale 1:100,000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Zand Moghadam H. Mossavi-Harami S. R. and Mahboubi A. 2009. Tidal sediments analysis of Top Quartzite in east of Zarand in Kerman area. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Reserches*, 37:1-18. (in Persian)

