

Research Article

Sequence Stratigraphy of Kazhdumi Formation (Albian) in NW Gachsaran

Saeed Tajalli¹, Nader Kohansal Gadimvand^{2*}, Zahra Maleki¹, Ali Solgi¹

1- Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2-Department of Geology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Keywords: *Sequence stratigraphy, Microfacies, Kazhdumi Formation, Khami, Lar, Zagros.*

1- Introduction

The Kazhdumi Formation of Late Aptian through Late Albian makes up one of the most significant source rocks of the Zagros Basin, named after a castle situated in Dezful Embayment at Gorgoda Valley in Gachsaran's north. It consists of 230m of dark grey & occasionally black bituminous shale with layers of dark argillaceous limestone & marl (Motiei, 1992). The lower boundary of the Kazhdumi Formation with the Dariyan Formation is discontinuous, marked with a red zone of Fe-oxide, which signifies the retrogradation of the basin in Aptian-Albian. The overlying boundary of the Kazhdumi Formation is confined to the massive limestones of the Sarvak Formation discontinuously & conformably (Keshavarzi et al. 2020; Haftlang et al. 2021).

The Kazhdumi Formation has been placed in Phase III (Late Barremian- Late Albian/Early Cenomanian) on the collaborative studies undertaken by the National Iranian Oil Company & the French Petroleum Institute (IFP). The phase lasted 24Ma. & consists of three sedimentary sequences of 3rd degree. Van Buchem et al. (2011) identified three sedimentary sequences at the end of Aptian through the Albian of Zagros & some regions of the Arabian Plate: the Late Aptian-Early, Middle Albian, & Late Albian. Vertical variations of sedimentary facies & geophysical logs signify that the Kazhdumi Formation sedimentary sequences in Central Zagros are a portion of a 2nd-degree sedimentary sequence (5-50 Ma.) which have completed with the platform carbonates of the end of Dariyan Formation (Aptian) & beginning of Sarvak Formation (Albian) (Jalilian, 2020).

2-Material and methods

After completing desk studies, appropriate sections were opted to utilize geological maps followed by primary field checks comprising the expressions of the respective sediments. Finally, principle field studies were undertaken, and 172 samples were grabbed from the sections, of which 82 belong to the northern limb of Khami Anticline & 90 to the southern limb of Lar Anticline. The nomenclature of carbonate rocks & classification of microfacies at laboratory investigations was implemented using the Dunham (1962) approach. Additionally, the determination of sedimentary environment utilizing the Wilson (1975) & Flügel (2010) facies model was implemented. The sequential stratigraphy studies were conducted based on fundamentals set by Haq et al. (1988); Van Wagoner et al. (1988); Vail et al. (1991); Emery and Myers (1996), and Mial (1997).

* Corresponding author: Email: n_k_ghadimvand@iau-tnb.ac.ir

DOI : 10.22055/AAG.2021.38545.2246

Received: 2022-01-31

Accepted: 2022-06-24

3-Results and discussion

A total of ten microfacies were discerned in the Kazhdumi Formation in the study sections. The order of discerned microfacies in the formation from the sea beach ward goes as follows:

- MF1: Argillaceous Lime wackestone
- MF2: Planktonic foraminifera radiolarian wackestone-packstone
- MF3: Planktonic foraminifera wackestone-packstone
- MF4: Planktonic foraminifera oligosteginid wackestone-packstone
- MF5: Oligosteginid packstone
- MF6: Sponge spicule planktonic foraminifer packstone
- MF7: Sponge spicule oligosteginid packstone
- MF8: Bioclast sponge spicule wackestone-packstone
- MF9: Intraclast bioclastic packstone-grainstone
- MF10: Pelloid intraclast bioclastic packstone-grainstone

The discerned microfacies, lateral & vertical variations of the microfacies their analogy with modern sedimentary environments denote that Kazhdumi Formation has formed in a carbonate platform of homoclinic ramp type. Therefore, the sections' discerned ramp is divided into four sub-environments: basin, outer ramp, middle ramp & inner ramp.

3-1- Sequence stratigraphy of Kazhdumi Formation in the Khami section:

The Kazhdumi Formation consists of two sedimentary sequences of the 3rd degree:

a. The 1st sequence:

This sequence lies at the base of the formation with a thickness of ~26m. The progressive facies of basin sub-environments & the outer ramp mark the sequence's Transgressive Systems Tract (TST). Ultimately, the depth of the basin has built up & the MF1 facies has formed, which signifies the maximum flooding surfaces. Subtle lamination, deep environment planktons as with radiolarian, planktonic foraminifers, oligosteginid, filaments & ammonite bioclasts, an abundance of fine-grained clasts (argile) & alternation with marly & shaly limestones of the Kazhdumi Formation at the study sections all imply that microfacies is the deepest of all in this sequence, connoting the maximal progradation. The Highstand Systems Tract (HST) at the first sequence shows less thickness than the TST. At this system tract, facies variety is more perceptible such that each of the four sub-environment of the basin & outer, middle & inner ramps are witnessed. The underlying boundary of the first sequence lies immediately over the Dariyan & Kazhdumi formations boundary. Given the presence of iron nodules at this boundary which signifies a discontinuity & retrogradation, the underlying boundary of this sequence is of SB1 type. Keshavarzi et al. (2020); Haftlang et al. (2021) reported this kind of boundary in the Zagros Basin. Given the absence of retrogradation evidence, the overlying boundary of the first sequence is of the SB2 type.

b. The 2nd sequence:

This sequence is ~118m in thickness & thicker than the first one. The second sequence is of fewer facies variety relative to the 1st one such that merely sub-environment facies of the basin & outer, middle & inner ramps exist, which signifies the greater depth of the basin relative to the first sequence. The TST of this sequence begins with MF1 and MF3 facies & to a lesser extent, with MF6 and continues before the outer ramp facies dominate. An alternation of basin & outer ramp facies is again witnessed in a continuation of further variation. At the end of the system tract, the MF1 facies appear, like the first sequence, which signifies the maximum progradation rate (MFS).

The presence of plankton organisms in the deep environment, e.g. radiolarian & plankton foraminifers, testifies to this finding. The HST of the second sequence is of minimal facies variations & is comprised merely of outer ramp facies. The underlying boundary of the sequence matches the overlying boundary of the first sequence & its overlying boundary with the boundaries of the Kazhdumi & Sarvak formations. Given the dearth of evidence on retrogradation, the underlying & overlying boundaries of the second sequence are of the SB2 type.

3-2- Sequential stratigraphy of the Kazhdumi Formation in the Lar section:

In this section, two sedimentary sequences of the 3rd degree have been discerned:

a. The 1st sequence:

It is 38m in thickness lying at the base of the Kazhdumi Formation. The beginning of the TST of the 1st system consists of an alternation of MF4 & MF5 facies and followed by the MF1 over which MF5 lies. This progressive alternation ends by the MF1, which signifies the maximum progradation surface of MFS during the 1st sequence. Radiolarian, plankton foraminifers, oligosteginid, sponge spicules, filaments & ammonite bioclasts are the constituents of these microfacies, which imply the deepness of these facies. The HST system tract consists entirely of the outer ramp facies, which signifies a retrogradation. Identical to the Khami section, the underlying boundary of the 1st sequence at this section precisely rests over the boundary between Kazhdumi & Dariyan formations. Iron nodules at this boundary signify discontinuity, retrogradation & a sequential boundary of SB1 type. Such a boundary in Zagros has been reported by Keshavarzi et al. (2020); Haftlang et al. (2021). The overlying boundary of the 1st sequence, given the dearth of evidence on retrogradation in MF7 facies, is of SB2 type.

b. The 2nd sequence:

This sequence is 67m in thickness. The TST of the second sequence consists of outer ramp & basin facies & is of less thickness relative to the HST. The underlying portion of the system tract consists of an alternation of outer ramp facies. MF1 of the basin terminates the system. As noted earlier, these facies signify maximum MFS, given the presence of plankton organisms. The HST system tract is of greater thickness relative to the TST. The system tract, identical to the Khami section, entirely consists of outer ramp facies. The underlying & overlying boundaries of the second sequence, given the dearth of evidence on retrogradation, is of SB2 type.

4-Conclusion:

Two sedimentary sequences were discerned in this study at the Kazhdumi Formation. The first sequence is an equivalent of that of Early Albian of the 3rd phase of collaborative research by the NIOC & IFP, known as Phase III, which rests within the C2 & D1 surfaces. The iron nodules at Kazhdumi Formation & Dariyan Formation boundary correspond with the C2 surface. The overlying boundary of the sequence is analogous to the D1 surface. The first sequence corresponds with the terminus portion of the Late Aptian-Early Albian sequence & with the entire sequence of Middle Albian (Van Buchem et al. 2011). The MFS of this sequence corresponds with the MFS100 of the Zagros & Arabian Plate introduced by Van Buchem et al (2011).

Additionally, this surface corresponds with K100 at the Arabian Plate, introduced by Sharland et al. (2004). The second sequence corresponds with the Late Albian sequence of Phase II, which rests within D2 & D1 surfaces. The underlying & overlying boundaries are analogous to D1 & D2 surfaces, respectively. The D1 & D2 are suitable expressions at the margin of the intrashelf Basin in Khuzestan Province, where sediments rich in pelagic fauna overlie the progressive sediments rich in ramp orbitolina. Indeed, such status was not discerned in the study section because any facies rich in orbitolina, which have been essentially discerned at some sections of Kazhdumi, were not discerned. It is due to the deepness of the sedimentary environment in the Khami & Lar sections. The second sequence corresponds with that of Late Albian (Van Buchem et al., 2011). The MFS of the second sequence corresponds with MFS110 in Zagros & Arabian Plate, which was introduced by Van Buchem et al. (2011). In addition, this surface corresponds with K110 at Arabian Plate, which Sharland et al. (2004) discerned. In this research, the LST of seawater was not discerned due to the sedimentary basin's deepness. While this system tract at other sections, as with Khormuj & Khaartang, is known as the LST of the first sequence of Kazhdumi Formation despite the presence of red and brown sandstone facies pisoid horizons & the presence of quartz-arenites bearing Fe-oxide interbeds at Azadegan Oilfield.

References

- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.), Classification of carbonate rocks, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 108-121.
- Emery, D., Myers, K.J., 1996. Sequence Stratigraphy, Oxford, U.K., 1st edition, Blackwell, p. 297.
- Haftlang, R., Afghah, M., Aghanabati, A., Parvaneh Nejad Shirazi, M., 2021. Biostratigraphy correlation, of Cretaceous successions in Kuh-e-Rahmat and Kuh-e-Sabz sections, NE Shiraz, Zagros (SW Iran). Iranian Journal of Earth Sciences 12(4), 250-265. <https://doi:10.30495/ijes.2020.677467>
- Haq, B.U., Hardenbol, J.M., Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In Sea Level Changes—An Integrated Approach, C.K. Wilgus. B.S. Hastings. C.G. St.C. Kendall. H.W. Posamentier. C.A. Ross. and J.C. Van Wagoner. (Ed) SEPM Special Publication 42, pp. 71–108.
- Jalilian, A.H., 2020. Facies, depositional environment and sequence stratigraphy analysis of the Kazhdumi Formation (Middle Cretaceous) in the central Zagros Mountains. Applied Sedimentology 9(17), 49-64. <https://doi:10.22084/psj.2020.22983.1262>
- Keshavarzi, M., Afghah, M., Asadi, A., Parvaneh Nejad Shirazi, M., 2020. Albian Biozonation and Facies Analysis of the west of Shiraz (Nour Abad area, Southwest Iran). Himalayan Geology 41(1), 105-114.
- Mial, A.D., 1997. The Geology of Stratigraphic Sequences, 1st edition, Springer-Verlag, p. 433.
- Motiei, H., 1992. Stratigraphy of Iran, Zagros stratigraphy, 1st edition, Geology and Mineral exploration Organization, p. 583.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, A.H., Heward, A.P., Horbury, A.D., Simmons, D., 2004. Arabian plate sequence stratigraphy, GeoArabia Special Publication, p.374.
- Van Buchem, F.S.P., Simmons, M.D., Droste, H.J., Davies, R.B., 2011. Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate—depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. Petroleum Geoscience 17, 211–222. <https://doi:10.1144/1354-079310-061>.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history, 1st edition, Springer-Verlag, New York, p.471.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Tajalli, S., Kohansal Gadimvand, N., Maleki, Z., Solgi, A., 2013. Sequence Stratigraphy of Kazhdumi Formation (Albian) in NW Gachsaran, Adv. Appl. Geol. 13(1), 161-175.

DOI : 10.22055/AAG.2021.38545.2246

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_17722.html

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

چینه نگاری سکانسی سازند کژدمی (آلبین) در شمال شرق گچساران

سعید تجلی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

نادر کهنسال قدیم وند*

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

زهرا ملکی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

علی سلگی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

* n_k_ghadimvand@iau-tnb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷

چکیده

در این پژوهش چینه نگاری سکانسی سازند کژدمی به سن آلبین در دو برش چینه شناسی در یال شمالی تاقدیس خامی و یال جنوبی تاقدیس لار، در شمال شرقی گچساران مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۱۰ ریزرخساره در این برش ها شناسایی شد که با توجه به رخساره ها و تغییرات عمودی آن ها، ۲ سکانس رسوبی درجه سوم در سازند کژدمی شناسایی گردید. در برش یال شمالی خامی، TST سکانس های اول و دوم با رخساره های زیرمحیط های حوضه و رمپ بیرونی مشخص می شوند. HST سکانس اول با رخساره های زیرمحیط های حوضه، رمپ بیرونی، میانی و درونی و HST سکانس دوم از رخساره های رمپ بیرونی تشکیل شده است. در برش یال جنوبی لار، TST سکانس های اول و دوم از رخساره های زیرمحیط های حوضه و رمپ بیرونی و HST سکانس های اول و دوم از رخساره های رمپ بیرونی تشکیل شده اند. در هر دو سکانس با وجود لامیناسیون ظریف، ارگانیسیم های شناور مناطق عمیق مانند رادیولرها، فرامینیفرهای شناور و الیگوستژیئینیدها و حضور فراوان آواری های ریزدانه و تناوب با لایه های آهک مارنی و شیلی سازند کژدمی، قابل شناسایی است. مرز زیرین سکانس اول در هر دو برش بر مرز سازندهای داریان و کژدمی واقع شده است. وجود نودول های آهن در این مرز، نشانگر ناپیوستگی (مرز سکانسی نوع SB1) می باشد. مرز بالایی سکانس اول و مرزهای زیرین و بالایی سکانس دوم، با توجه به نبود شواهد خروج از آب، از نوع SB2 می باشند.

واژه های کلیدی: چینه نگاری سکانسی، رخساره، سازند کژدمی، خامی، لار، زاگرس

۱- مقدمه

سازند کژدمی به سن آپسین پسین تا آلبین پسین از سنگ منشأهای مهم حوضه زاگرس می باشد. نام سازند کژدمی از قلعه کژدمی در فروافتادگی دزفول (در تنگ گورگودا-شمال گچساران) گرفته شده که در محل برش الگو، ۲۳۰ متر شیل قیری خاکستری تیره و گاه سیاه رنگ و دارای لایه هایی از سنگ آهک رُسی تیره رنگ و مارن است (Motiei, 1992). مرز پایینی سازند کژدمی با سازند داریان ناپیوسته و توسط زون قرمز رنگ اکسید آهن مشخص می شود که نشانه خروج حوضه در زمان آپسین-آلبین می باشد. مرز بالایی سازند کژدمی نیز

به صورت پیوسته و هم شیب به آهک های ضخیم لایه سروک

محدود می شود (James and Wynd, 1965).

در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت ایران با موسسه نفت فرانسه IFP، سازند کژدمی در Phase II (Barremian – latest Albian/earliest Cenomanian) قرار گرفته است. این فاز حدوداً ۲۴ میلیون سال به طول انجامیده و شامل سه سکانس رسوبی درجه سوم می باشد. سکانس اول: به سن بارمین پسین-آپسین که بین سطوح C2 و C1 قرار گرفته و در سازند داریان قابل شناسایی است. سکانس دوم: به سن آلبین پیشین که بین سطوح C2 و D1 قرار گرفته و در بخش

(آلبین) کامل شده است (Jalilian, 2020).

۲- موقعیت جغرافیایی

برش‌های مورد بررسی در استان کهگیلویه و بویر احمد، در زون زاگرس چین خورده، واقع شده‌اند. این برش‌ها عبارت‌اند از: یال شمالی تاقدیس خامی و یال جنوبی تاقدیس لار. مختصات جغرافیایی برش یال شمالی تاقدیس خامی عبارت است از: 30° $35' 4''$ N و $51^{\circ} 51' 33''$ E و مختصات جغرافیایی برش یال جنوبی تاقدیس لار به این شرح می‌باشد: $30^{\circ} 33' 11''$ N و $50^{\circ} 58' 20''$ E. موقعیت برش‌های مطالعه شده نسبت به هم، در شکل ۱ قابل مشاهده است.

زیرین سازند کژدمی قابل مشاهده است و سکانس سوم: به سن آلبین پسین که بین سطوح D1 و D2 قرار داشته و در بخش بالایی سازند کژدمی قابل شناسایی است. Van Buchem و همکاران (2011) در مطالعه خود سه سکانس رسوبی در انتهای آپسین تا آلبین زاگرس و برخی مناطق پلیت عربی شناسایی کردند: سکانس آپسین-آلبین زیرین، سکانس آلبین میانی و سکانس آلبین پسین. تغییرات عمودی رخساره‌های رسوبی و نمودارهای ژئوفیزیکی حاکی از آن است که توالی رسوبی سازند کژدمی در زاگرس مرکزی قسمتی از یک سکانس رسوبی رده دوم (۵ تا ۵۰ میلیون سال) است که با کربنات‌های پلتفرمی پایان سازند داریان (آپتین) و شروع سازند سروک



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش‌های مطالعه شده

Fig. 1. Geographical location of the sections studied

نقشه‌های زمین‌شناسی، برش‌های مناسب انتخاب شد. سپس بازدید ابتدایی از رخنمون‌های رسوبات موردنظر صورت گرفت.

۳- روش کار

پس از مطالعات کتابخانه‌ای، در مرحله بعد با استفاده از

شده اند. در تمامی این واحدها، سنگ آهک ها در تناوب با میان لایه های شیلی نازک لایه، نهشته شده اند.

۴-۲- رخساره های و محیط رسوبی

تعداد ۱۰ ریزرخساره در سازند کژدمی در برش های مورد مطالعه شناسایی گردید (شکل ۲). ریزرخساره های شناسایی شده در این سازند از دریا به سمت ساحل به شرح زیر می باشند:

- MF1: Argillaceous Lime wackestone
- MF2: Planktonic foraminifera radiolarian wackestone-packstone
- MF3: Planktonic foraminifera wackestone-packstone
- MF4: Planktonic foraminifera oligosteginid wackestone-packstone
- MF5: Oligosteginid packstone
- MF6: Sponge spicule planktonic foraminifer packstone
- MF7: Sponge spicule oligosteginid packstone
- MF8: Bioclast sponge spicule wackestone-packstone
- MF9: Intraclast bioclastic packstone-grainstone
- MF10: Pelloid intraclast bioclastic packstone-grainstone

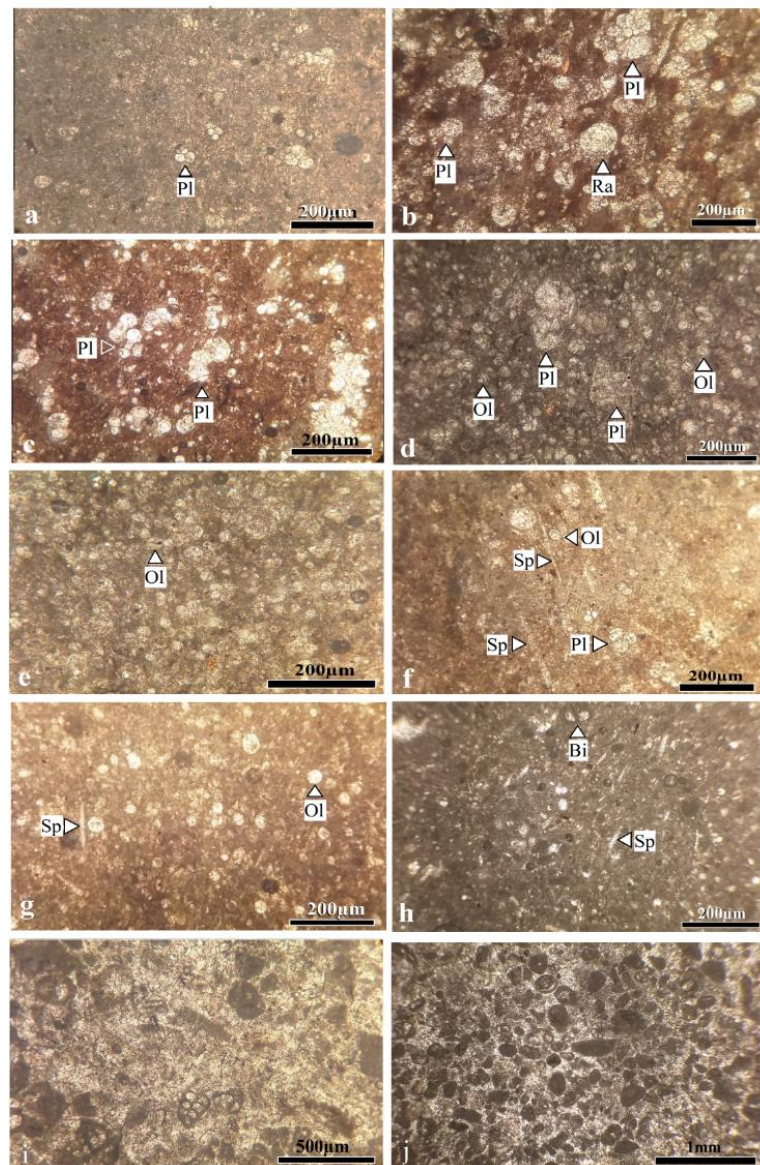
ریزرخساره های شناسایی شده، تغییرات جانبی و عمودی این ریزرخساره ها و مقایسه آن ها با محیط های رسوبی امروزی نشانگر آن است که سازند کژدمی در برش های مورد مطالعه در یک پلت فرم کربناته از نوع رمپ تک شیب تشکیل شده است. رمپ شناسایی شده در این برش ها به چهار زیرمحیط قابل تقسیم است: حوضه، رمپ بیرونی، رمپ میانی و رمپ درونی. ریزرخساره های MF1 و MF2 در زیرمحیط حوضه تشکیل شده اند. رادیولرها و فرامینیفرهای شناور دانه های اصلی این زیرمحیط هستند. ریزرخساره های MF4 تا MF7 در زیرمحیط رمپ بیرونی تشکیل شده اند. آلوکم های اصلی این زیرمحیط فرامینیفرهای شناور مانند *Ticinella* sp., *Muricohedbergella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp. و الیگوستزینیدهایی مانند *Calcisphaerula innominata* و سوزن اسفنج می باشند. در این برش ها، رمپ میانی با ریزرخساره MF8 مشخص می شود. سوزن اسفنج و فرامینیفرهای بنتیک مانند تکستولاریا، دانه های اصلی این ریزرخساره هستند. رمپ درونی در برش های مورد مطالعه با ریزرخساره های MF9 و MF10 مشخص می شود. اینتراکلاست، پلوئید و فرامینیفرهای بنتیک، دانه های غالب این ریزرخساره هستند.

پس از تأیید برش ها، عملیات صحرائی اصلی انجام پذیرفت. در مجموع ۱۷۲ نمونه از این برش ها برداشت شده که از برش یال شمالی تاقدیس خامی، ۸۲ نمونه و از برش یال جنوبی تاقدیس لار، ۹۰ نمونه برداشت شد. در مطالعات آزمایشگاهی نام گذاری سنگ های کربناته و طبقه بندی ریزرخساره ها با استفاده از روش دانهام (Danham 1962) انجام شد. همچنین تعیین محیط رسوبی با استفاده از مدل رخساره ای Wilson (1975) و فلوگل (2004;2010) صورت پذیرفت. مطالعات چینه نگاری سکansı با توجه به اصول Emery and Myers (1997); Vail و همکاران (۱۹۹۱); Van Wagoner و همکاران (۱۹۸۸); Haq و همکاران (۱۹۸۸) و Mial (۱۹۹۷) انجام گرفت.

۴-۲- بحث

۴-۱- سنگ چینه نگاری

سازند کژدمی در برش های مورد مطالعه، با مرزی ناپیوسته بر روی سازند داریان قرار گرفته است. در این مرز نودول های آهن رؤیت گردید که دلیلی بر ناپیوستگی میان این دو سازند است (شکل های ۳ و ۴). سازند داریان از سنگ آهک های ضخیم لایه تا توده های خاکستری تیره تشکیل شده است. سازند سروک با مرزی پیوسته و تدریجی روی سازند کژدمی قرار گرفته است. سازند سروک از سنگ آهک های توده ای کرم رنگ دارای نودول های چرتی تشکیل شده است (Dousti Mohajer et al. 2020). سازند کژدمی در برش یال شمالی خامی ضخامتی برابر ۱۴۴/۶ متر دارد که در بخش زیرین از سنگ آهک نازک و متوسط لایه خاکستری دارای فسیل دوکفه ای و آمونیت و نودول های چرتی، در تناوب با لایه های شیلی نازک لایه تشکیل شده است. در بخش بالایی سنگ آهک نازک و متوسط لایه خاکستری دارای فسیل دوکفه ای، آمونیت و نودول های چرتی دیده می شوند که حاوی میان لایه های شیلی نازک لایه می باشند. در برش یال جنوبی لار، سازند کژدمی ضخامتی معادل ۱۰۵/۴ متر دارد که توالی آن تقریباً مشابه برش خامی می باشد. لایه های زیرین شامل سنگ آهک نازک و متوسط لایه دارای نودول آهن و چرت، دوکفه ای و آمونیت می باشند. در ادامه سنگ آهک های متوسط و ضخیم لایه دارای نودول های چرتی، آمونیت و دوکفه ای دیده می شوند. در بین این لایه ها، گاهی سنگ آهک نازک و متوسط لایه با ضخامت های کم نیز مشاهده می شوند. لایه های فوقانی از سنگ آهک متوسط لایه خاکستری تیره و روشن دارای نودول های چرتی و فسیل دوکفه ای تشکیل



شکل ۲- (a) رخساره MF1: Argillaceous Lime wackestone (برش خامی) (b) ریزرخساره MF2: Planktonic foraminifers radiolarian wackestone-packstone (برش خامی) (c) ریزرخساره MF3: Planktonic foraminifers wackestone-packstone (برش خامی) (d) ریزرخساره MF4: Planktonic foraminifers oligosteginid wackestone-packstone (برش لار) (e) ریزرخساره MF5: Oligosteginid packstone (برش لار) (f) ریزرخساره MF6: Sponge spicule planktonic foraminifer packstone (برش خامی) (g) ریزرخساره MF7: Sponge spicule oligosteginid packstone (برش لار) (h) ریزرخساره MF8: Bioclast sponge spicule wackestone-packstone (برش لار) (i) ریزرخساره MF9: Intraclast bioclastic packstone-grainstone (برش خامی) (j) ریزرخساره MF10: Pelloid intraclast bioclastic packstone-grainstone (برش خامی). مخفف های مورد استفاده در شکل ها: Ol: الیگوستژینید، Ra: رادیولره، Bi: بایوکلاست، Sp: بایوکلاست، Pk: سوزن اسفنج، فرامینیفر پلانکتون

Fig 2. a) MF1: Argillaceous Lime wackestone (Section: Khami), (b) MF2: Planktonic foraminifers radiolarian wackestone-packstone (Section: Khami), (c) MF3: Planktonic foraminifers wackestone-packstone (Section: Khami), (d) MF4: Planktonic foraminifers oligosteginid wackestone-packstone (Section: Lar), (e) MF5: Oligosteginid packstone (Section: Lar), (f) MF6: Sponge spicule planktonic foraminifer packstone (Section: Khami), (g) MF7: Sponge spicule oligosteginid packstone (Section: Lar), (h) MF8: Bioclast sponge spicule wackestone-packstone (Section: Khami). (i) MF9: Intraclast bioclastic packstone-grainstone (Section: Khami), (j) MF10: Pelloid intraclast bioclastic packstone-grainstone (Section: Khami). Abbreviations; Ol: Oligosteginid, Pk: Plankton, Sp: Sponge spicule, Bi: Bioclast, Ra: Radiolaria.

۴-۳- چینه نگاری سکانشی سازند کژدمی در برش یال

شمالی خامی

در این برش سازند کژدمی از ۲ سکانش رسوبی درجه سوم تشکیل شده است (شکل های ۲-۴):

۴-۳-۱- سکانش اول

این سکانش در قاعده این سازند قرار دارد و ضخامتی در حدود ۲۶ متر دارد. سیستم تراکت پیشرونده (Transgressive Systems Tract) این سکانش با رخساره های پیشرونده زیرمحیط های حوضه و رمپ بیرونی قابل شناسایی است. رخساره های MF1 و MF2 از زیرمحیط حوضه و MF3 از رمپ بیرونی، در TST دیده می شوند. قاعده TST با تناوب رخساره های MF1 و MF2 مشخص می شود که در ادامه، عمق حوضه اندکی کاهش می یابد و رخساره MF3 ظاهر می شود. در نهایت، مجدداً عمق حوضه افزایش یافته و رخساره MF1 تشکیل شده است که نشانگر سطح حداکثر غرقابی (Maximum Flooding Surfaces) می باشد (پلیت ۱، a). وجود لامیناسیون ظریف، حضور ارگانسیم های شناور عمیق مانند رادیولرها، فرامینیفرهای شناور، الیگوسترینیدها، فیلامنت ها و خرده های آمونیتی، حضور فراوان آواری های ریزدانه و نیز تناوب با لایه های آهک ماری و شیلی سازند کژدمی، در برش های مورد مطالعه، نشانگر آن است که این ریزرخساره، عمیق ترین رخساره این سکانش می باشد و حداکثر پیشروی را نشان می دهد. این سطح معادل K100 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) معرفی شده است.

سیستم تراکت تراز بالا (Highstand Systems Tract) در سکانش اول، ضخامت کمتری نسبت به TST دارد. در این سیستم تراکت، تنوع رخساره ای بیشتری دیده می شود به گونه ای که هر چهار زیرمحیط حوضه، رمپ بیرونی، میانی و درونی، در آن دیده می شوند. HST با رخساره پرانرژی رمپ درونی (MF9) شروع می شود که نشانگر کاهش عمق حوضه است، در ادامه روی آن، رخساره رمپ میانی (MF8) و سپس رخساره MF1 قرار گرفته است که نشانگر یک پیشروی موقت می باشد. در ادامه رخساره رمپ میانی (MF6) و نهایتاً رخساره MF10 دیده می شوند. این ریزرخساره، به دلایلی چون دانه پستی بیان بودن، وجود سیمان اسپارایتی، اینتراکلاست، فرامینیفرهای بنتیک، پلوئید و نیز جورشدگی خوب و

گردشده گی متوسط تا خوب دانه ها، در محیطی کم عمق مانند شول تشکیل شده است که نشانگر که نشان دهنده حداکثر کاهش عمق و انتهای سکانش اول می باشند. مرز زیرین سکانش اول دقیقاً بر مرز سازندهای داریان و کژدمی واقع شده است. با توجه به وجود نودول های آهن در این مرز که نشانگر ناپیوستگی و خروج از آب هستند، مرز زیرین این سکانش از نوع SB1 می باشد. این نوع مرز در زاگرس توسط Keshavarzi و همکاران (2020) و Haftlang و همکاران (2021) گزارش شده است. مرز بالایی سکانش اول، با توجه به نبود شواهد خروج از آب، از نوع SB2 می باشد. این سکانش با سکانش آلبین پیشین از فاز Phase II در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت با موسسه نفت فرانسه IFP (2006) قابل تطابق می باشد.

۴-۳-۲- سکانش دوم

این سکانش ضخامتی در حدود ۱۱۸ متر دارد و از سکانش اول ضخیم تر است. سکانش دوم تنوع رخساره ای کمتری نسبت به سکانش اول دارد به گونه ای که در آن فقط رخساره های زیرمحیط های حوضه و رمپ بیرونی مشاهده می شوند و این نشانگر عمیق تر بودن حوضه نسبت به سکانش اول است. TST این سکانش با تناوب رخساره های MF1, MF3 و اندکی MF6 شروع می شود که در ادامه رخساره های رمپ بیرونی غالب می شوند، به گونه ای که رخساره های MF3 و MF4 بخش عمده ای از توالی را تشکیل می دهند. در ادامه مجدداً تناوبی از رخساره های حوضه و رمپ بیرونی دیده می شوند که تنوع رخساره ای بیشتری دارند به طوری که رخساره های MF1, MF3, MF4, MF5, MF6 در آن مشاهده می شود (پلیت ۱a, c-f). در انتهای این سیستم تراکت، رخساره MF1 دیده می شود که مانند سکانش اول، بیانگر حداکثر سطح پیشروی (mfs) می باشد. وجود ارگانسیم های شناور مناطق عمیق مانند رادیولرها و فرامینیفرهای شناور نیز مؤید این گفته هستند. این سطح معادل K110 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) شناسایی شده است.

HST سکانش دوم دارای تنوع رخساره ای بسیار محدودی است و فقط از رخساره های رمپ بیرونی تشکیل شده است. تمام ضخامت این سیستم تراکت را رخساره MF5 تشکیل داده است. رخساره MF4 به صورت بسیار نازک در میانه این سیستم تراکت قابل شناسایی می باشد. برخلاف HST سکانش اول که در آن

آرژیلی، می‌توان محیط ته‌نشست این ریزرخساره را محیطی کم انرژی دریای باز دانست.

مشابه با برش خامی، در این برش نیز مرز زیرین سکانس اول، دقیقاً بر مرز سازندهای داریان و کژدمی واقع شده است. وجود نودول‌های آهن در این مرز که نشانگر ناپیوستگی، خروج از آب و مرز سکانسی نوع SB1 می‌باشند. چنین مرزی در زاگرس توسط پژوهش‌گرانی چون Keshavarzi و همکاران (2020) و Haftlang و همکاران (2021) گزارش شده است. مرز بالایی سکانس اول، با توجه به نبود شواهد خروج از آب در رخساره MF7، از نوع SB2 می‌باشد. همانگونه که در برش قبل نیز مطرح شد، این سکانس با سکانس آلبین پیشین از فاز Phase II در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت باموسسه نفت فرانسه IFP (2006) قابل تطابق می‌باشد.

۴-۴-۲- سکانس دوم

این سکانس ضخامتی در حدود ۶۷ متر دارد. TST سکانس دوم از رخساره‌های رمپ بیرونی و حوضه تشکیل شده است و ضخامت کمتری نسبت به HST دارد. بخش زیرین این سیستم تراکت شامل توالی رخساره‌های رمپ بیرونی MF4 و MF5 می‌باشد. در ادامه رخساره MF1 از حوضه، خاتمه دهنده این سیستم تراکت می‌باشد. همانگونه قبلاً ذکر شود، این رخساره با توجه به وجود ارگانسیم‌های شناور، نشانگر حداکثر سطح پیشروی (mfs) می‌باشد. این سطح معادل K110 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) شناسایی شده است.

سیستم تراکت HST دارای ضخامت بیشتری نسبت به TST می‌باشد. این سیستم تراکت مشابه با برش خامی، تماماً از رخساره‌های رمپ بیرونی تشکیل شده است. بخش زیرین آن با تناوب رخساره‌های MF4 و MF5 شروع می‌شود و در ادامه تناوب رخساره‌های MF5 و MF7 و گاه MF4، تشکیل دهنده توالی این سیستم تراکت می‌باشد (پلیت ۱-d,e,g). انتهای این سیستم تراکت با رخساره MF5 مشخص می‌شود. مرزهای زیرین و بالایی سکانس دوم، با توجه به نبود شواهد خروج از آب، از نوع SB2 می‌باشد. همانگونه که در برش قبل نیز ذکر شد، این سکانس قابل قیاس با سکانس آلبین پسین از فاز Phase II در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت باموسسه نفت فرانسه IFP (2006) می‌باشد.

رخساره‌های پرانرژی رمپ درونی شناسایی شد، در HST سکانس دوم این رخساره‌ها مشاهده نگردید. مرز زیرین این سکانس، منطبق با مرز بالایی سکانس اول و مرز بالایی آن، منطبق بر مرز سازندهای کژدمی و سروک می‌باشد. مرزهای زیرین و بالایی سکانس دوم، با توجه به نبود شواهد خروج از آب، از نوع SB2 می‌باشند. این سکانس قابل قیاس با سکانس آلبین پسین از فاز Phase II در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت باموسسه نفت فرانسه IFP (2006) می‌باشد.

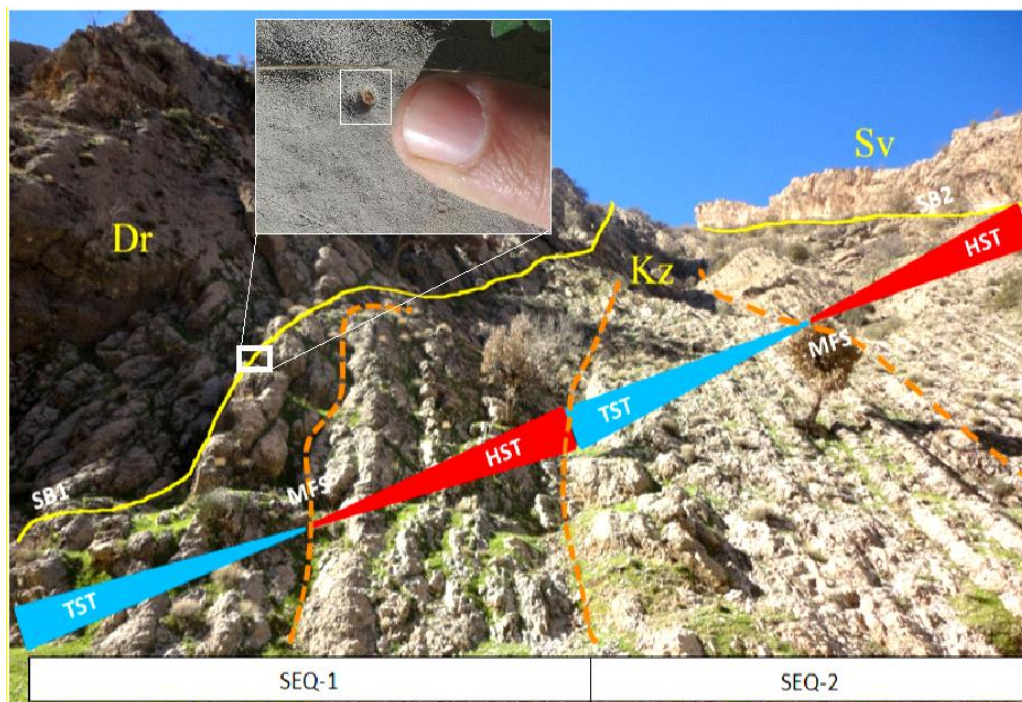
۴-۴-۳- چینه نگاری سکانسی سازند کژدمی در برش یال جنوبی لار

در این برش نیز ۲ سکانس رسوبی درجه سوم شناسایی شده است (شکل‌های ۴ و ۶):

۴-۴-۱- سکانس اول

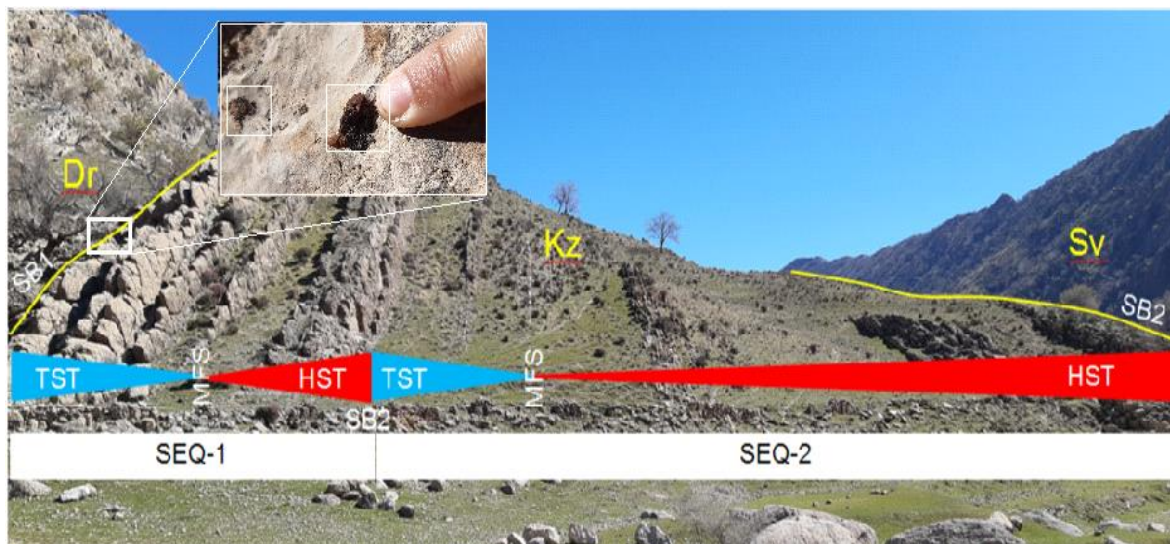
ضخامت این سکانس ۳۸ متر می‌باشد و در قاعده سازند کژدمی واقع شده است. ابتدای سیستم تراکت TST سکانس اول شامل تناوبی از رخساره‌های MF4 و MF5 می‌باشد. در ادامه رخساره MF1 مشاهده می‌شود که روی آن را رخساره MF5 می‌پوشاند. پایان دهنده این توالی پیشرونده، رخساره MF1 می‌باشد که نشانگر حداکثر سطح پیشروی mfs در سکانس اول است. رادیولرها، فرامینیرهای شناور، الیگوسترژینیدها، سوزن اسفنج، فیلامنت‌ها و خرده‌های آمونیتی، سازندگان این ریزرخساره‌ها هستند. وجود این بایوکلاست‌ها، گل‌پشتیبان بودن، وجود لامیناسیون ظریف، زیست آشفستگی و حضور فراوان آواری‌های ریزدانه از دیگر مشخصات این زیرمحیط می‌باشند که همگی بر عمیق بودن محیط تشکیل این رخساره دلالت دارند (پلیت ۱-a). این سطح معادل K100 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) معرفی شده است.

سیستم تراکت HST سکانس اول در برش یال جنوبی لار دارای ضخامت کمتری نسبت به TST می‌باشد. این سیستم تراکت تماماً از رخساره‌های رمپ بیرونی تشکیل شده است که نشانگر پسروی دریا می‌باشد. شروع HST با رخساره‌های MF4 MF5 و MF7 بوده که روی آن‌ها رخساره MF7 قرار دارد. این رخساره، کم‌عمق‌ترین رخساره سکانس اول می‌باشد که با توجه به حضور الیگوسترژینید، سوزن اسفنج، فرامینیرهای شناور، فرامینیرهای بنتیک کوچک و عدم حضور رادیولرها و رسوبات



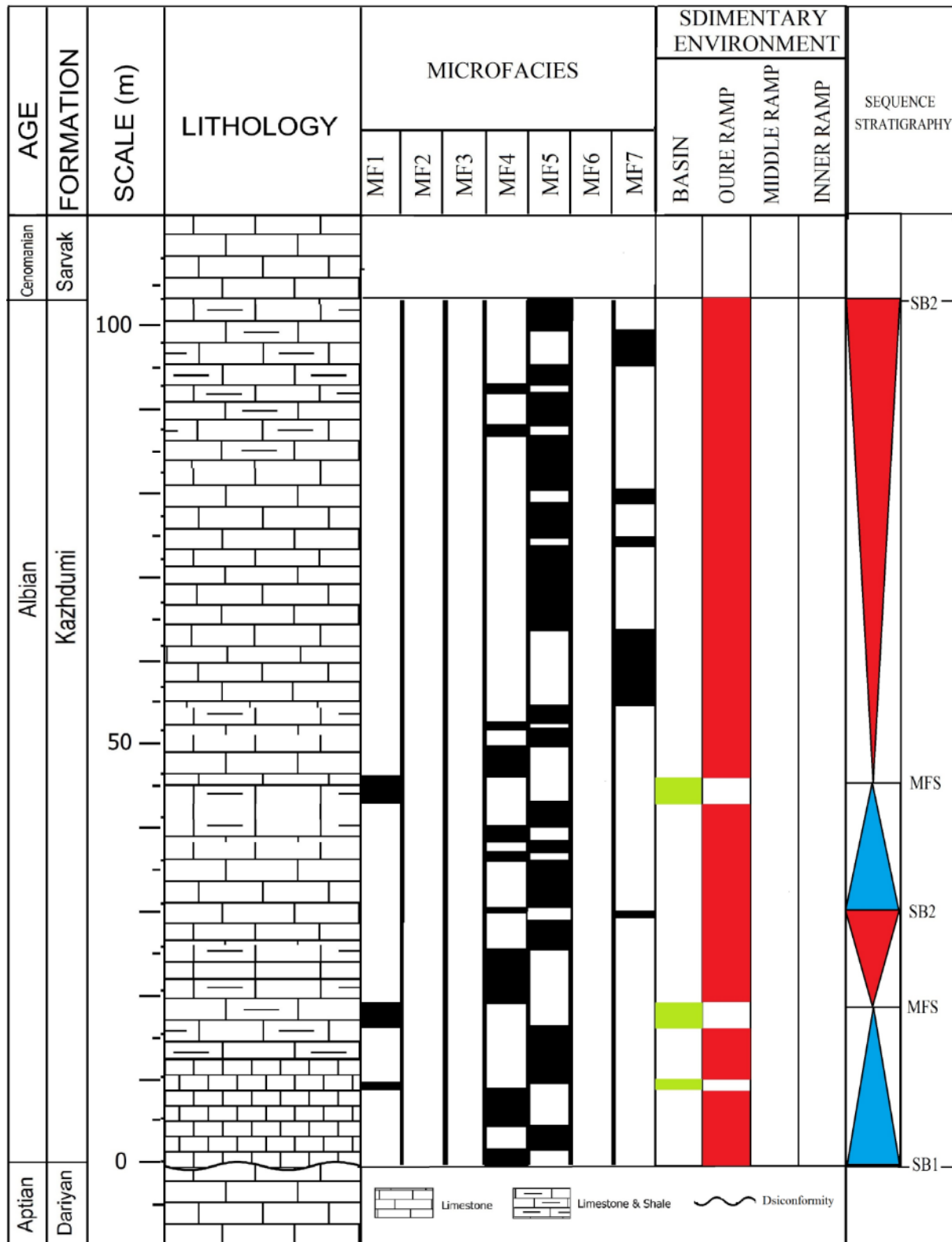
شکل ۳- سکانس‌ها و مرزهای سکانسی شناسایی شده در سازند کژدمی در برش یال شمالی خامی (در نمای کوچک نودول آهن نشانگر مرز داریان- کژدمی دیده می شود که بیانگر مرز SB1 می باشد). دید به سمت جنوب شرق

Fig. 3. Identified sequences and sequential boundaries in Kazhdumi Formation in the northern limb Khami section (Iron nodules signify Dariyan/Kazhdumi boundary which implies SB1 boundary)



شکل ۴- سکانس‌ها و مرزهای سکانسی شناسایی شده در سازند کژدمی در یال جنوبی برش لار (در نمای کوچک نودول آهن نشانگر مرز داریان- کژدمی دیده می شوند که بیانگر مرز SB1 می باشند. دید به سمت شمال غرب).

Fig. 4. Identified sequences and sequential boundaries in the Kazhdumi Formation in the southern limb Lar section (Iron nodules signify Dariyan/Kazhdumi boundary which implies SB1 boundary)



شکل ۶- میکروفاسیس‌ها، محیط‌های رسوبی و سکانس‌های شناسایی شده در سازند کژدمی در برش یال جنوبی لار

Fig. 6. Microfacies, Sedimentary environments and identified sequences in the Kazhdumi Formation in the southern limb section of Lar

۵- نتیجه گیری

اریتولین رمپ، قرار می گیرند. البته این حالت در برش های مطالعه شده، شناسایی نگردید، به این دلیل که اصولاً رخساره غنی از اریتولین که در برخی برش های کژدمی مناطق دیگر شناسایی شده، در این برش ها شناسایی نشد. دلیل این امر، عمیق بودن محیط رسوبی در برش های خامی و لار می باشد. سکانس دوم معادل سکانس آلبین پسین Van Buchem و همکاران (2011) می باشد. mfs سکانس دوم معادل mfs110 و زاگرس و پلیت عربی می باشد که توسط Van Buchem و همکاران (2011) معرفی شده است. همچنین این سطح معادل K110 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) شناسایی شده است.

در این پژوهش، سیستم تراکت سطح پایین آب دریا (LST) شناسایی نشد. دلیل این مسئله، عمیق بودن حوضه رسوبی می باشد. این در حالی است که در برش های دیگر زاگرس مانند خورموج و خارتنگ (Asilian Mahabadi and Lasemi, 2007) این سیستم تراکت با وجود رخساره های ماسه سنگ های سرخ و قهوه ای با افق های پیژوئیدی و در میدان نفتی آزادگان (Saadi rad et al. 2014) با وجود کوارتز آرنایت حاوی میان لایه های اکسید آهن را به عنوان LST سکانس اول سازند کژدمی شناسایی شده است.

در این پژوهش دو سکانس رسوبی مرتبه سوم در سازند کژدمی شناسایی گردید. سکانس اول معادل سکانس آلبین پیشین از فاز Phase II در مطالعات مشترک مدیریت اکتشاف نفت با موسسه نفت فرانسه IFP (2006) می باشد که در بین سطوح C2 و D1 قرار گرفته است. نودول های آهنی مرز سازندهای داریان و کژدمی معادل در سطح C2 می باشد. مرز فوقانی این سکانس با سطح D1 قابل قیاس می باشد. سکانس اول از نظر زمانی معادل بخش انتهایی سکانس آپسین پسین-آلبین پیشین و تمام سکانس آلبین میانی Van Buchem و همکاران (2011) می باشد. mfs این سکانس معادل mfs100 زاگرس و پلیت عربی معرفی شده توسط Van Buchem و همکاران (2011) می باشد. همچنین این سطح معادل K100 در پلیت عربی است که توسط Sharland و همکاران (2004) معرفی شده است.

سکانس دوم معادل سکانس آلبین پسین از فاز Phase II در مطالعات یادشده می باشد که در بین سطوح D2 و D1 قرار گرفته است. مرز زیرین این سکانس با سطح D1 و مرز فوقانی با سطح D2 قابل مقایسه می باشد. سطوح D1 و D2 در حاشیه حوضه بین شلفی در خوزستان به خوبی دیده می شوند، جاییکه در آنجا رسوبات غنی از فونای پلاژیک، بر روی رسوبات پیشرونده غنی از

مراجع

- Asilian Mahabadi, H., Lasemi, Y., 2007. Depositional Environments & Sequence Stratigraphy of the Kazhdomi and Sarvak Formations in the Northwest of Fars Province, Southwest Iran. *Journal of Geoscience* 16(63), 30-39. <https://doi:10.22071/gsj.2008.58437>.
- Dousti Mohajer, M., Afghah, M., Dehghanian, M., Sheikhsakariaee, S., 2020. Biozonation of Foraminifera and Oligosteginids of Late Albian-Middle Turonian at south flank of Khumi Anticline (East of Izeh Zone). *Advanced Applied Geology* 11(4), 877-902. <https://doi:10.22055/aag.2020.34912.2160>.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir pp. 108-121.
- Emery, D., Myers, K.J., 1996. *Sequence Stratigraphy*, Oxford, U.K., 1st edition, Blackwell, p. 297.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies Analysis of Limestone: Analysis, Interpretation and Application*, 1st edition, Springer Verlag, Berlin, p. 976
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application*, 2nd edition, Springer, Berlin Heidelberg, New York, p. 984.
- Haftlang, R., Afghah, M., Aghanabati, A., Parvaneh Nejad Shirazi, M., 2021. Biostratigraphy correlation, of Cretaceous successions in Kuh-e-Rahmat and Kuh-e-Sabz sections, NE Shiraz, Zagros (SW Iran). *Iranian Journal of Earth Sciences* 12(4), 250-265. <https://doi:10.30495/ijes.2020.677467>
- Haq, B.U., Hardenbol, J.M., Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: *Sea Level Changes—An Integrated Approach* Wilgus., C.K. Hastings. B.S. Kendall. H.W. Posamentier. C.A. Ross., Van Wagoner., J.C. (Eds.) SEPM Special Publication 42, pp. 71–108.

- Jalilian, A.H., 2020. Facies, depositional environment and sequence stratigraphy analysis of the Kazhdumi Formation (Middle Cretaceous) in the central Zagros Mountains. *Applied Sedimentology* 9(17), 49-64. <https://doi:10.22084/psj.2020.22983.1262>
- James, G.A., Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, Agreement area. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 49(12), 2182-2245.
- Keshavarzi, M., Afghah, M., Asadi, A., Parvaneh Nejad Shirazi, M., 2020. Albian Biozonation and Facies Analysis of the west of Shiraz (Nour Abad area, Southwest Iran). *Himalayan Geology* 41(1), 105-114.
- Mial, A.D., 1997. *The Geology of Stratigraphic Sequences*, 1st edition, Springer-Verlag, p. 433.
- Motiei, H., 1992. *Stratigraphy of Iran, Zagros stratigraphy*, 1st edition, Geology and Mineral exploration Organization, p. 583.
- Saadi Rad, F., Moussavi Harami, R., Mahboubi, A., 2014. Sequence stratigraphy of Kazhdumi Formation in the Azadegan oil field. *Journal of Petroleum Research* 24(77), 26-33. <https://doi:10.22078/pr.2014.352>.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, A.H., Heward, A.P., Horbury, A.D., Simmons, D., 2004. *Arabian plate sequence stratigraphy*, GeoArabia Special Publication, p.374.
- Vail, P.R., Audemard, F., Bowman, S.A., Eisner, P.N., Perez-Cruz, C., 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview. In: Einsele, G., Ricken, W. Seilacher, A., (Eds.), *Events in Stratigraphy Berlin*, Springer-Verlag, pp. 617–659.
- Van Buchem, F.S.P., Simmons, M.D., Droste, H.J., Davies, R.B., 2011. Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate—depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience* 17, 211–222. <https://doi:10.1144/1354-079310-061>.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M. Jr., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., Hardenbol, J., 1988. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K. Hastings, B.S., Kendall, C.G. Posamentier, H.W., Ross., C.A., Van Wagoner J.C., (Eds.), *Sea Level Changes—An Integrated Approach SEPM Special Publication* 42, pp. 39–45.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate facies in geologic history*, 1st edition, Springer-Verlag, New York, p.471.