

زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در ناودیس شیخ (شمال خاور بجنورد)

محمدحسن کاظم‌زاده^{۱*}، عباس صادقی^۲، محمدحسین آدابی^۲ و هرمز قلاوند^۲

^۱دانشجوی دکترا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

آستاذ، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

^۲دکترا، شرکت ملی نفت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۴

چکیده

به منظور مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات بر روی ناودیس شیخ (شمال خاور بجنورد) چهار برش چینه‌شناسی شامل شیخ جنوبی، شیخ شمالی، قلعه‌زو و زیارت انتخاب و نمونه‌برداری شده است. ضخامت سازند کلات در برش‌های شیخ جنوبی، شیخ شمالی، قلعه‌زو و زیارت به ترتیب ۲۵، ۱۶، ۲۵ و ۵ متر و لیتولوژی آن به‌طور عمده از سنگ آهک‌های قهوه‌ای تا زرد رنگ تشکیل شده است. دلیل تغییر ضخامت در برش‌های مورد مطالعه ممکن است عوامل زمین‌ساختی، فرونشست حوضه و یا نرخ متفاوت رسوب‌گذاری باشد. در برش‌های شیخ شمالی و قلعه‌زو لایه‌های کنگلومرایی و در برش زیارت لایه‌های ماسه‌سنگی در قاعده سازند کلات شناسایی شد. در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری ضمن تشخیص ۱۵ گونه متعلق به ۲۳ جنس از روزن‌برها، یک زون زیستی تحت عنوان *Siderolites calcitrapoides-Sirtina orbitoidiformis assemblage zone* شناسایی شد. سن سازند کلات در تمامی برش‌های مطالعه شده بر اساس زون زیستی فوق و فسیل‌های موجود در آن، مانسترینین تعیین شد. مطالعات پتروگرافی سازند کلات منجر به شناسایی ۲ رخساره آواری و ۸ رخساره کربناته شد که در چهار زیرمحیط جزرومدی، لاگون محصور و نیمه‌محصور، سدی و دریای باز ته‌نشست شده‌اند. با توجه به رخساره‌های شناسایی شده و روند تدریجی آنها، حضور گسترده رخساره‌های سدی و فقدان رسوبات حاصل از جریان‌های توریدایتی مانند رسوبات ریزشی و لغزشی و فقدان ریف‌ها می‌توان گفت که رسوب‌گذاری سازند کلات در محیط کربناته رمپ با شیب کم رخ داده است. همچنین بر اساس تغییرات عمودی رخساره‌ها و شناسایی محیط‌های رسوبی، یک سکانس رسوبی رده سوم تشخیص داده شد. این سکانس رسوبی عمدتاً از رخساره‌های محیط سدی غنی از بایوکلاست، ایتراکلاست، روزن‌بر کف‌زی، اکتینوید، رودیست (هیپوریت) و دوکفه‌ای تشکیل شده است. حداکثر پیشروی سطح آب دریا توسط رخساره دریای باز غنی از اکتینوید مشخص می‌شود.

کلیدواژه‌ها: زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، سازند کلات، ناودیس شیخ، بجنورد

*نویسنده مسئول: محمدحسن کاظم‌زاده

E-mail: hasan.kazemzadeh@gmail.com

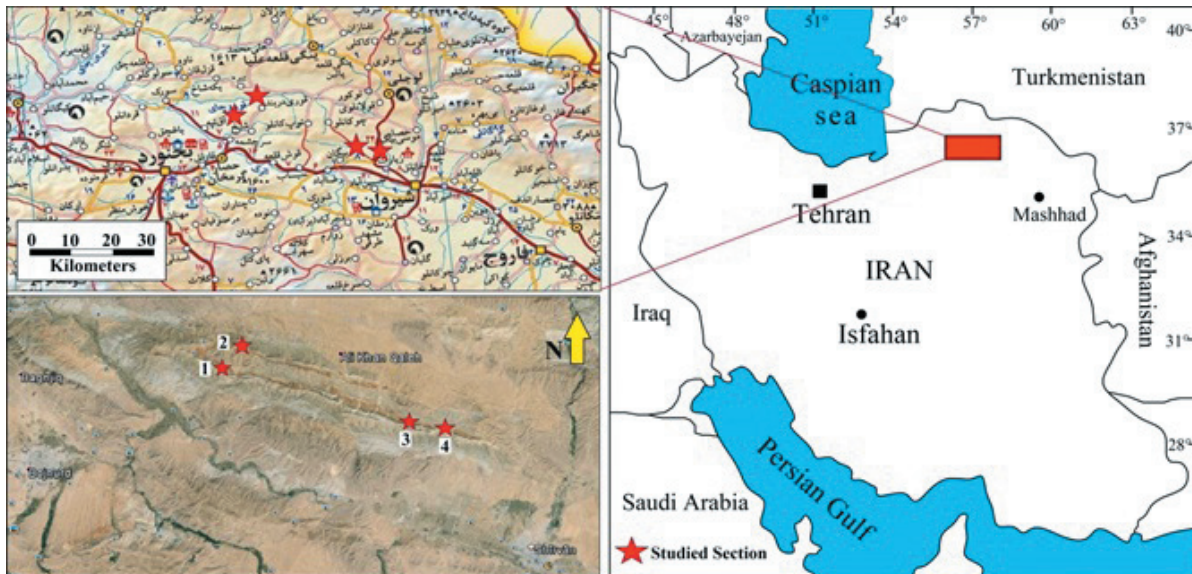
۱- پیش‌نوشتار

حوضه رسوبی کپه‌داغ در منتهی‌الیه شمال خاوری ایران واقع شده است و در اثر آخرین فاز چین‌خوردگی آلپی به‌صورت یک تراف رسوبی در آمده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). رسوب‌گذاری در این حوضه از ژوراسیک میانی تا عهد حاضر ادامه داشته و ضخامتی حدود ۸۰۰۰ متر از رسوبات را در خود جای داده است (Afshar-Harb, 1970). ضخامت رسوبات در بخش‌هایی از حوضه کپه‌داغ در کشور ترکمنستان به ۱۵ کیلومتر هم می‌رسد (Lyberis et al., 1998). عرض این منطقه بین ۳۰ تا ۷۰ کیلومتر و گسترش طولی آن ۳۵۰ کیلومتر است (Alavi-Naini, 1972). کامل‌ترین توالی نهشته‌های کرتاسه ایران در این حوضه با ضخامتی بالغ بر ۶۵۰۰ متر نهشته شده است (افشارحرب، ۱۳۷۳). رسوب‌گذاری سازند کلات در حوضه کپه‌داغ به دنبال افزایش سطح آب دریا پس از رسوب‌گذاری رسوبات سیلیسی آواری سازند نیزار رخ داده است (Smith et al., 1994). برش الگوی سازند کلات در تنگ نیزار با ۲۷۷ متر ضخامت دارای بیشترین گسترش در حوضه کپه‌داغ بوده و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل ۳ بخش سنگ‌آهک‌های زیرین، میانی و بالایی و دو بخش شیل زیرین و بالایی است (افشارحرب، ۱۳۷۳). سازند کلات در حوضه کپه‌داغ در دریایی پیشرونده تشکیل شده و گسترش وسیعی در منطقه دارد اما از ۵ بخش موجود در محل برش الگوی این سازند، فقط بخش آهک زیرین در تمام منطقه گسترش دارد و بخش‌های دیگر به سوی خاور و باختر نازک و ناپدید می‌شوند (افشارحرب، ۱۳۷۳). به عقیده Stocklin (1971) ضخامت سازند کلات از سمت خاور حوضه کپه‌داغ به سمت باختر کاهش می‌یابد. مرز زیرین سازند کلات در برش الگو با سازند نیزار پیوسته و همشیب و مرز بالایی آن با رسوبات قاره‌ای سازند پسته‌لیق به‌صورت ناپیوستگی فرسایشی است. از جمله مطالعات انجام شده بر روی سازند

کلات در حوضه رسوبی کپه‌داغ می‌توان به مطالعات محبویی و همکاران (۱۳۷۴)، ندافان و همکاران (۱۳۷۴)، آریایی و همکاران (۱۳۸۳)، وحیدی‌نیا (۱۳۸۶)، موسوی حرمی و همکاران (۱۳۸۸)، سعیدی رضوی (۱۳۹۰)، (Mahboubi et al., 2006) و کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد. در این مطالعه سعی شده است تا با انتخاب ۴ برش چینه‌شناسی از سازند کلات بر روی ناودیس شیخ در باختر کپه‌داغ مرکزی، این سازند از دیدگاه زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی مطالعه و بررسی شود.

۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دستیابی به برش‌های مورد مطالعه

– **برش شیخ جنوبی:** این برش بر روی یال جنوبی ناودیس شیخ و در بخش باختری آن واقع شده و مختصات جغرافیایی قاعده آن $33^{\circ} 38' 4''$ و $57^{\circ} 33' 59''$ عرض شمالی است (شکل ۱).
 – **برش شیخ شمالی:** این برش بر روی یال شمالی ناودیس شیخ و در منتهی‌الیه باختری آن واقع شده و مختصات جغرافیایی قاعده آن $35^{\circ} 17' 9''$ و $57^{\circ} 35' 17''$ عرض شمالی است (شکل ۱).
 – **برش قلعه‌زو:** این برش بر روی یال جنوبی ناودیس شیخ و در منتهی‌الیه خاوری آن قرار گرفته و مختصات جغرافیایی قاعده آن $39^{\circ} 29' 0''$ و $57^{\circ} 48' 0''$ طول خاوری و $37^{\circ} 29' 39''$ عرض شمالی است (شکل ۱).
 – **برش زیارت:** این برش در انتهای خاوری یال جنوبی ناودیس شیخ قرار گرفته و مختصات جغرافیایی قاعده آن $29^{\circ} 4' 29''$ و $57^{\circ} 54' 15''$ طول خاوری و $37^{\circ} 29' 15''$ عرض شمالی است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت برش‌های مورد مطالعه بر روی ناودیس شیخ در شمال باختر بجنورد؛ (۱) برش شیخ جنوبی، (۲) برش شیخ شمالی، (۳) برش قلعه زو، (۴) برش زیارت.

۳- روش مطالعه

شده است. بخش‌های بالایی سازند کلات در این برش دارای ساختارهای تویی (گرهکی) - بالشی است که احتمالاً بر اساس فرسایش درون حوضه‌ای رسوبات تشکیل شده‌اند (شکل ۲-ت). لایه کنگلومرایی در این برش مشاهده نشد. مرز زیرین این سازند با سازند آب دراز و مرز بالایی آن با سازند پسته‌لیق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است.

برش قلعه‌زو: سازند کلات در برش قلعه‌زو ۲۵ متر ضخامت دارد و سیمای کلی آن شباهت بسیار زیادی به برش شیخ جنوبی دارد (شکل‌های ۲-ج و د). سنگ‌شناسی سازند کلات در این برش عمدتاً از سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و قهوه‌ای تا زرد رنگ است و مانند برش شیخ جنوبی در بخش قاعده‌ای لایه‌ای کنگلومرایی و لایه‌ای از خاک قدیمی قرمز رنگ مشاهده شد (شکل ۲-ذ). مرز زیرین و بالایی سازند کلات در این برش با سازندهای آب‌تلخ و پسته‌لیق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است.

برش زیارت: سازند کلات در برش زیارت کمترین ضخامت را دارد و تنها ۵ متر است. سنگ‌شناسی سازند کلات این برش از سنگ‌آهک‌های ماسه‌ای متوسط تا ضخیم لایه و خاکستری تا قهوه‌ای رنگ تشکیل شده است. در بخش قاعده‌ای سازند کلات در این برش لایه‌ای ماسه‌سنگی با ضخامت ۱۴ سانتی‌متر به رنگ خاکستری شناسایی شد (شکل ۲-ر). مرز زیرین و بالایی سازند کلات در این برش نیز با سازندهای آب‌دراز و پسته‌لیق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. ستون سنگ‌شناسی سازند کلات و تطابق آنها در برش‌های مورد مطالعه در شکل ۳ ارائه شده است.

۵- زیست‌چینه‌نگاری

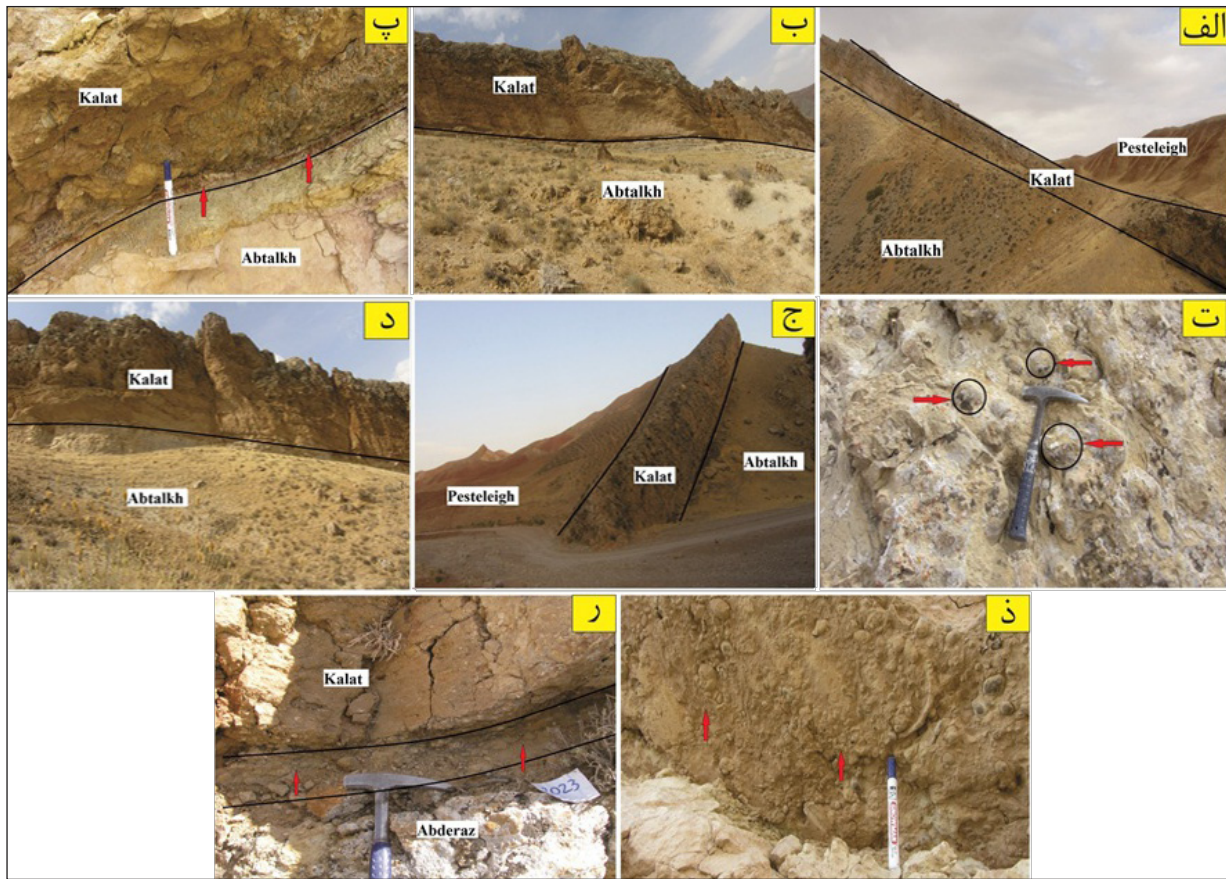
مطالعات زیست‌چینه‌نگاری سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه منجر به شناسایی ۱۹ گونه متعلق به ۱۳ جنس از روزن‌برهای کف‌زی و ۲ گونه متعلق به ۴ جنس از فرامینیفرهای پلانکتونیک شد. وحیدی‌نیا (۱۳۸۶) در مطالعه سازند کلات در محدوده خاور حوضه کپه‌داغ و سعیدی رضوی (۱۳۹۰) در مطالعه سازند کلات در برش چوکانلو واقع در یال شمالی ناودیس شیخ با شناسایی روزن‌برهای شاخصی مانند *Siderolites calcitrapoides*, *Omphalocyclus macroporus*, *Gansserina gansseri* سن *Sirtina orbitoidiformis*, *Pseudosiderolites vidali* مائستریشین را برای سازند کلات ارائه داده‌اند.

به منظور مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری ساکنسی سازند کلات در باختر کپه‌داغ مرکزی و پس از مطالعات صحرایی ۴ برش چینه‌شناسی به نام‌های شیخ جنوبی، شیخ شمالی، قلعه‌زو و زیارت بر روی ناودیس شیخ در شمال باختر شهر بجنورد انتخاب و نمونه‌برداری شد. در مطالعات صحرایی سازند کلات، ۲۷ نمونه از برش شیخ جنوبی، ۱۱ نمونه از برش شیخ شمالی، ۲۰ نمونه از برش قلعه‌زو و ۵ نمونه از برش زیارت برداشت شد. همچنین تمام خصوصیات صحرایی اعم از صفات سنگ‌شناسی، ضخامت لایه‌ها، وضعیت لایه‌بندی، رنگ سنگ‌ها، مرز بین واحدهای سنگی و سایر خصوصیات مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های برداشت شده جهت آماده‌سازی و تهیه مقاطع نازک به آزمایشگاه سنگبری منتقل و پس از آماده‌سازی مقاطع و به منظور شناسایی میکروفسیل‌ها و اجزای رسوبی سازنده، تمامی مقاطع توسط میکروسکوپ دو چشمی مخصوص مورد مطالعه و عکسبرداری قرار گرفتند. از جمله منابع به کار رفته در شناسایی و طبقه‌بندی فرامینیفرهای بنتیک و پلانکتونیک می‌توان به Hofker (1957), Caron (1985), Loeblich and Tappan (1988), Robaszynski and Caron (1995), Abdelghany (2003), Renema and Hart (2012) اشاره کرد. شناسایی، نام‌گذاری و طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته بر اساس طبقه‌بندی Dunham (1962) و Embry and Klovan (1972) و برای سنگ‌های سیلیسی آواری بر اساس طبقه‌بندی Folk (1980) است. بررسی‌های چینه‌نگاری ساکنسی بر اساس اصول و مفاهیم چینه‌نگاری ساکنسی (Haq et al., 1987; Van Wagoner et al., 1990; Emery and Myers, 1996; Sharland et al., 2001; Simmons et al., 2007) انجام شده است.

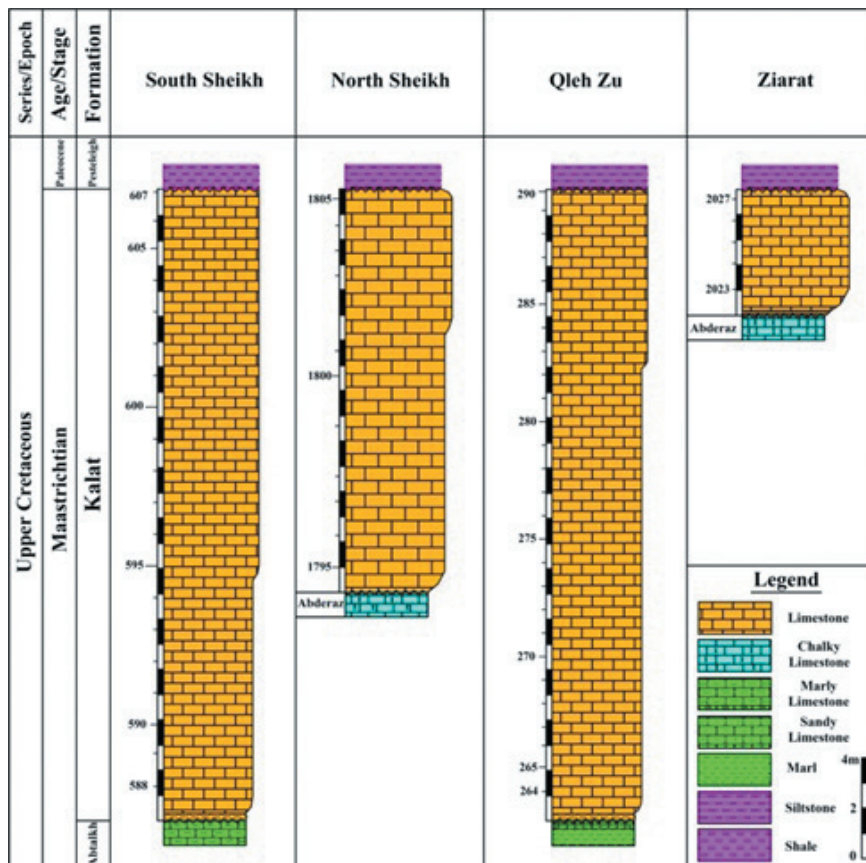
۴- چینه‌شناسی

برش شیخ جنوبی: سازند کلات در این برش ۲۵ متر ضخامت دارد و سنگ‌شناسی آن بیشتر از سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و قهوه‌ای تا زرد رنگ است (شکل‌های ۲-الف و ب). در بخش قاعده‌ای سازند کلات در این برش لایه‌ای کنگلومرایی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر شناسایی شد که بر روی لایه‌های بسیار نازک از خاک قدیمی قرمز رنگ قرار دارد (شکل ۲-پ). مرز زیرین و بالایی سازند کلات در این برش با سازندهای آب‌تلخ و پسته‌لیق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است.

برش شیخ شمالی: سازند کلات در برش یال شمالی ناودیس شیخ ۱۶ متر ضخامت دارد و سنگ‌شناسی آن از سنگ‌آهک‌های ضخیم لایه و قهوه‌ای رنگ تشکیل



شکل ۲- تصاویر صحرایی سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه؛ الف و ب) نمای کلی سازند کلات در برش شیخ جنوبی، پ) لایه کنگلومرایی و خاک قدیمه در قاعده سازند کلات در برش شیخ جنوبی؛ ت) ساختارهای تویی- بالشی در بخش بالایی سازند کلات در برش شمالی؛ ج و د) نمای کلی سازند کلات در برش قلعه‌زو؛ ذ) لایه کنگلومرایی در قاعده سازند کلات در برش قلعه‌زو؛ ر) لایه ماسه‌سنگی در قاعده سازند کلات در برش زیارت.



شکل ۳- ستون‌های سنگ‌شناسی سازند کلات و تطابق آنها در برش‌های مورد مطالعه در ناودیس شیخ.

costata, *Dorotia oxycona*, *Siderolites* sp., *Sirtina* sp., *Pseudosiderolites* sp., *Orbitoides* sp., *Lepidorbitoides* sp., *Rotorbinella* sp., *Rotalia* sp., *Pararotalia* sp., *Gavelinella* sp., *Gavelinopsis* sp., *Anomalina* sp., *Trochammina* sp., *Ammobaculites* sp., *Dorotia* sp., *Lenticulina* sp., rotaliids, textulariids, miliolids.

روزن‌برهای پلانکتونیک شناسایی شده در این زون زیستی عبارتند از:

Gansserina gansseri, *Macroglabigerinelloides prairiehillensis*, *Muricohedbergella* sp., *Heterohelix* sp.

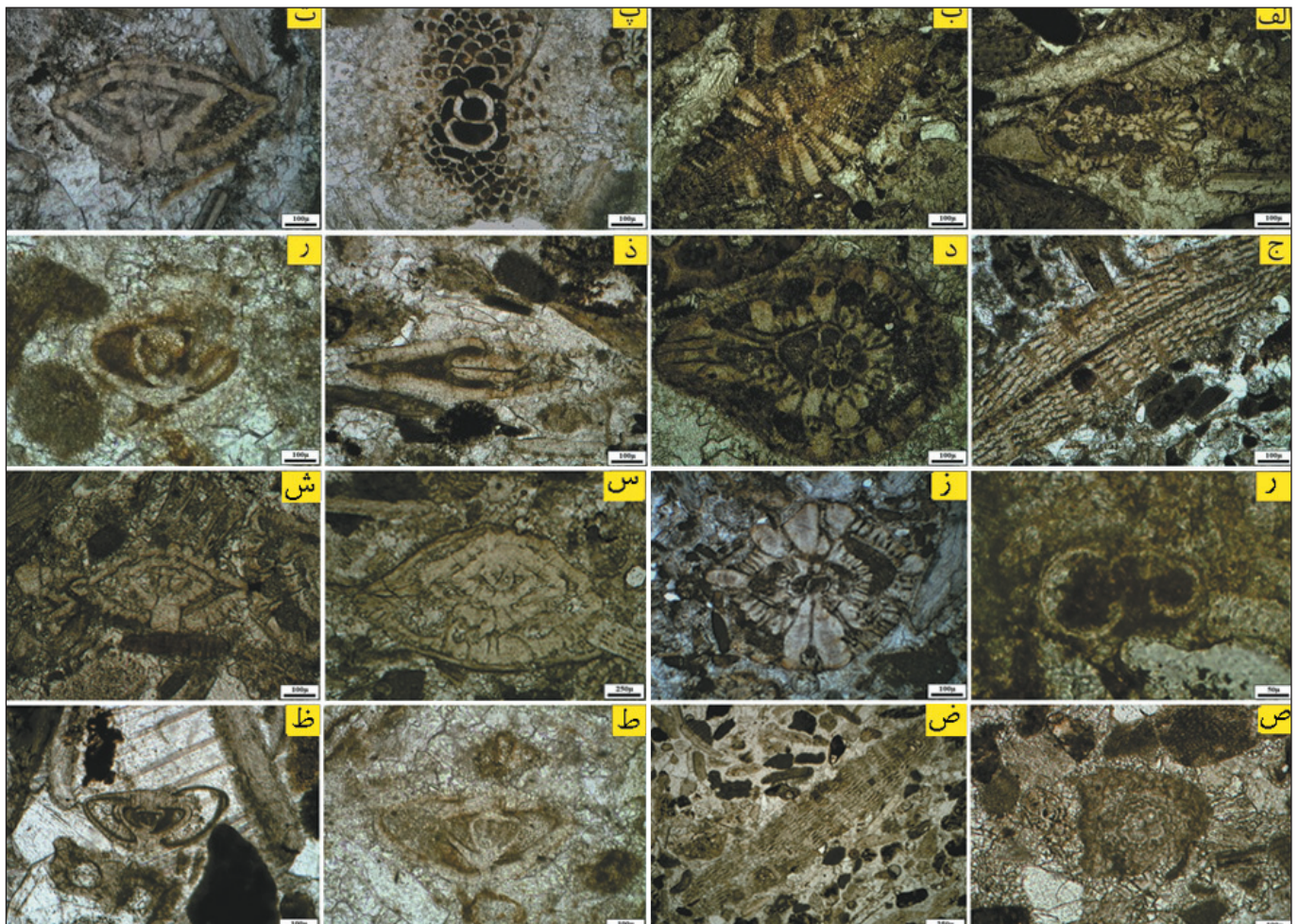
رودیست، بریوزوئر، جلبک قرمز، دوکفه‌ای و اکتینوید نیز در این زون زیستی شناسایی شد. سن زون زیستی ارائه شده بر اساس فسیل‌های موجود در آن به ویژه *Siderolites calcitrapoides*, *Sirtina orbitoidiformis*, *Omphalocyclus macroporus*, *Dezerina anatolica*, *Sulcoperculina dickersoni*, *Orbitoides media*, *Pararotalia tuberculifera* مائستریشین تعیین شده است. تصاویری از روزن‌برهای کفزی و پلانکتونیک شناسایی شده در شکل ۴ نشان داده شده است.

توزیع و گسترش فسیل‌های شناسایی شده در برش‌های مورد مطالعه نیز در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است.

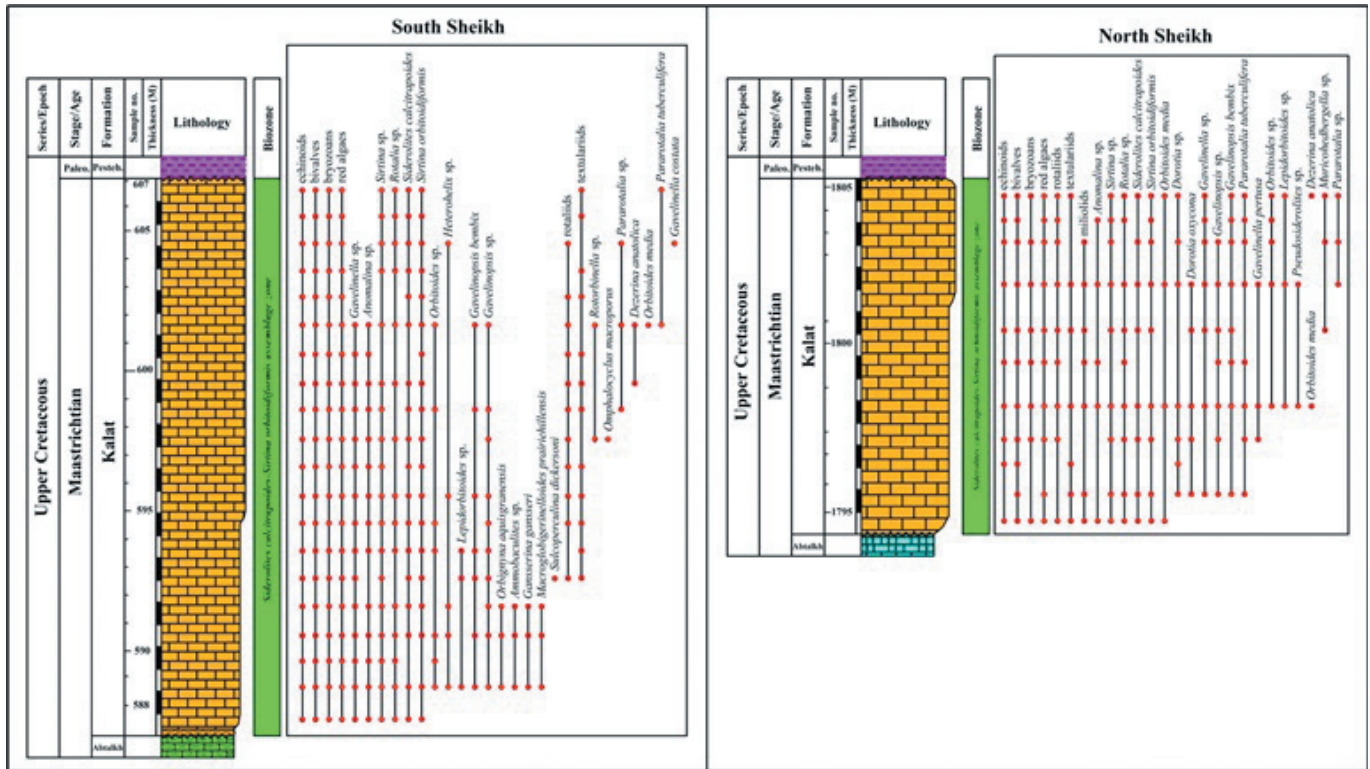
کاظم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه سازند کلات در برش‌های چینه‌شناسی جوزک و چخماقلو در باختر حوضه کپه‌داغ با توجه به حضور روزن‌برهای کفزی شاخصی همچون *Siderolites calcitrapoides*, *Sirtina orbitoidiformis*, *Orbitoides media*, *Dizerina anatolica*, *Sulcoperculina dickersoni* روزن‌برهای پلانکتون مانند *Gansserina gansseri*, *Globotruncana stuarti* روزن‌برهای *Rugotruncana subcircumnodifer*, *Globotruncana aegyptiaca* سن سازند کلات را مائستریشین تعیین کرده‌اند. بر اساس انتشار چینه‌شناسی روزن‌برهای کفزی شاخص موجود، زون زیستی زیر شناسایی و معرفی شد:

Siderolites calcitrapoides-*Sirtina orbitoidiformis* assemblage zone

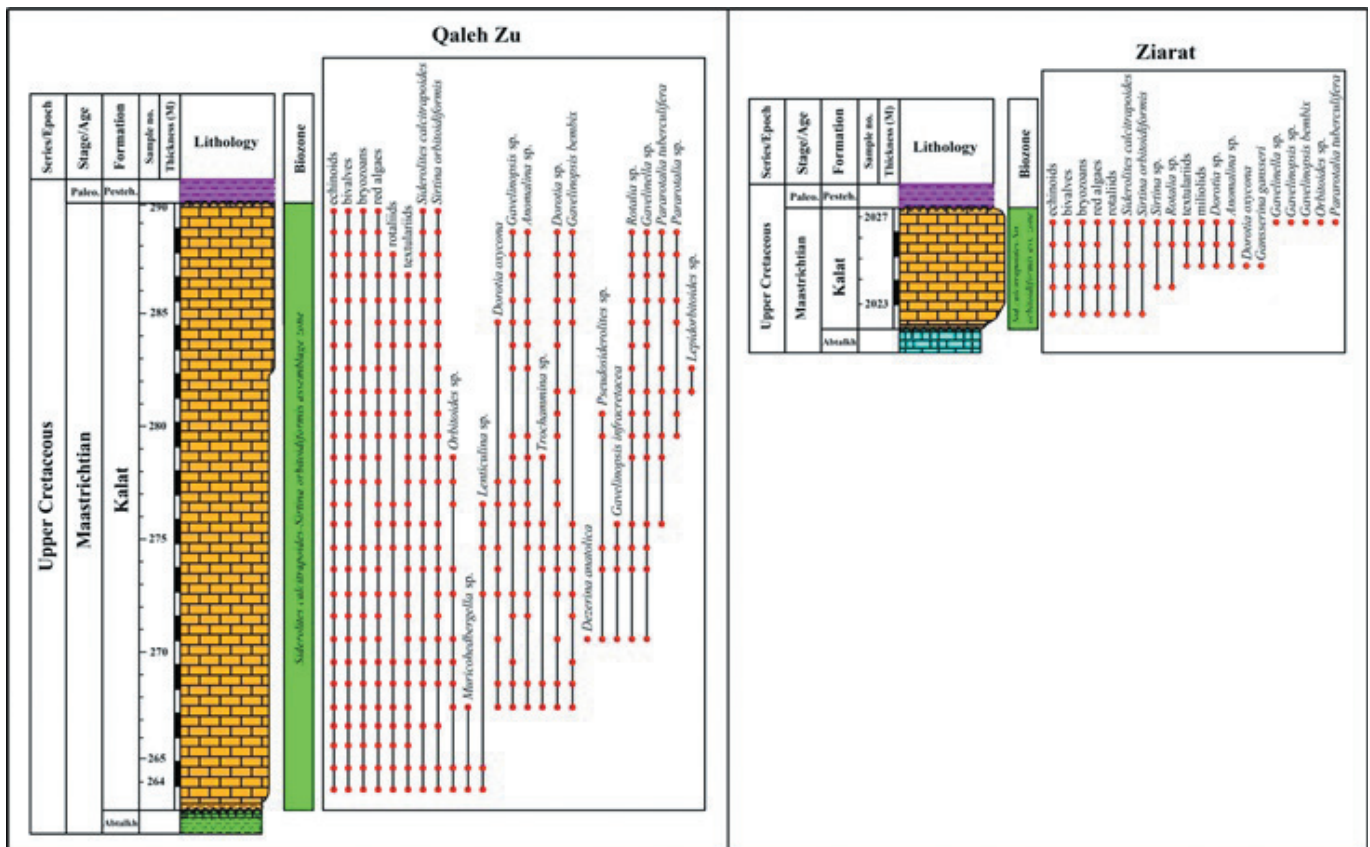
زون زیستی ارائه شده از نوع تجمعی بوده و بر اساس جامعه همزیست موجود در آن تعریف شده و مرز زیرین و بالایی آن منطبق با شروع و خاتمه جامعه همزیست آن است. ضخامت این زون زیستی در برگیرنده کل ضخامت سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه است. روزن‌برهای کفزی شناسایی شده در این زون زیستی عبارتند از: *Siderolites calcitrapoides*, *Sirtina orbitoidiformis*, *Omphalocyclus macroporus*, *Dezerina anatolica*, *Sulcoperculina dickersoni*, *Orbitoides media*, *Pararotalia tuberculifera*, *Orbignyna aquisgranensis*, *Gavelinopsis bembix*, *Gavelinopsis infracretacea*, *Gavelinella pertusa*, *Gavelinella*



شکل ۴- الف) *Siderolites calcitrapoides*, North Sheikh section؛ ب) *Orbitoides media*, North Sheikh section؛ پ) *Omphalocyclus macroporus*, South Sheikh section؛ ت) *Sirtina orbitoidiformis*, North Sheikh section؛ ج) *Lepidorbitoides* sp., South Sheikh section؛ د) *Siderolites calcitrapoides*, North Sheikh section؛ ز) *Sulcoperculina dickersoni*, South Sheikh section؛ ر) *Pararotalia tuberculifera*, Ziarat section؛ س) *Muricohedbergella* sp., North Sheikh section؛ ش) *Siderolites calcitrapoides*, North Sheikh section؛ ص) *Sirtina orbitoidiformis*, North Sheikh section؛ ض) *Dezerina anatolica*, North Sheikh section؛ ط) *Lepidorbitoides* sp., South Sheikh section؛ ظ) *Gavelinella costata*, South Sheikh section؛ چ) *Gavelinopsis bembix*, Ziarat section.



شکل ۵- زون بندی زیستی و گسترش فسیل های شناسایی شده در برش های شیخ جنوبی و شیخ شمالی.



شکل ۶- زون بندی زیستی و گسترش فسیل های شناسایی شده در برش های قلعه زو و زیارت.

۶- تفسیر رخساره‌ها

در مطالعات رخساره‌ای سازند کلات با توجه به ویژگی رسوب‌شناسی اصلی مانند اندازه دانه‌ها، نوع کانی، بافت، محتوای فسیلی و ساختارهای رسوب‌شناسی، ۲ رخساره سیلیسی آواری و ۸ رخساره کربناته مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس نوع و تعداد آلوکم‌ها، اندازه دانه‌ها و ویژگی‌های بافتی، این رخساره‌ها متعلق به ۴ زیرمحیط جزرومدی، لاگون محصور و نیمه‌محصور، سدی و دریای باز هستند.

۶-۱. رخساره‌های سیلیسی آواری

• **رخساره کنگلومرای (A):** این رخساره سیلیسی آواری در بخش قاعده‌ای سازند کلات در برش‌های شیخ جنوبی و قلعه‌زو به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر شناسایی شد. ذرات گراول دانه‌درشت با جورشدگی و گردشدگی خوب سازنده اصلی این رخساره هستند. ذرات گراول توسط ماتریکس دانه‌ریز متشکل از کوارتز و رس به یکدیگر متصل شده‌اند. رخساره‌های کنگلومرای نشان‌دهنده رژیم‌های جریانی بالا هستند که بیشتر در محیط‌های ساحلی (Shoreface) ته‌نشست می‌شوند (Blair, 1987; Blair and McPherson, 1994; Blair, 1999a and b). ماتریکس دانه‌ریز در زمان کم شدن انرژی جریان‌ها در بین ذرات گراول ته‌نشست شده است (Smith, 1974; Hassan 2005).

• **رخساره ماسه‌سنگی (B):** این رخساره تنها در بخش قاعده‌ای سازند کلات در برش زیارت به ضخامت ۸ سانتی‌متر شناسایی شد که متشکل از ماسه‌سنگ‌های خاکستری، دانه‌متوسط تا درشت، جورشدگی و گردشدگی نسبتاً خوب و بلوغ بافتی خوب است. محیط رسوب گذاری این رخساره با توجه به ذرات دانه‌متوسط تا درشت و جورشدگی و گردشدگی خوب، محیط ساحلی کم‌عمق با ورود مواد تخریبی بوده است (Amorosi, 1997; Amorosi and Centinio, 1997; Chafez and Reid, 2000; Diaz et al., 2002).

۶-۲. رخساره‌های کربناته

مطالعات سنگ‌نگاری منجر به شناسایی و تفکیک واحدهای کربناته به ۸ رخساره شد که در محیط‌های دریایی تحت شرایط متفاوت انرژی تشکیل شده‌اند.

– رخساره‌های محیط جزرومدی (Tidal Flat)

• **رخساره کوارتز ماسه‌سنگی (C_۱):** این رخساره دارای زمینه میکرایتی و ۵ تا ۲۰٪ ذرات کوارتز دانه‌ریز است که این ذرات از فرسایش لایه‌های قدیمی‌تر منشأ گرفته و احتمالاً به وسیله باد یا جریان‌های آبی از خارج حوضه به محیط دریایی منتقل شده‌اند (Tucker and Wright, 1990; Flugel, 2010) (شکل ۷- الف). نومورفیس زمینه میکرایتی مهم‌ترین ویژگی دیاژنتیکی این رخساره است.

حضور زمینه میکرایتی، عدم وجود بایوکلاست‌ها و ساختارهای رسوبی و همچنین موقعیت چینه‌شناسی این رخساره در زیررخساره‌های محیط لاگون، بیانگر آن است که محل ته‌نشست رخساره C_۱ محیط جزرومدی است (Wilson, 1975; Briand et al., 1998). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۱۹ (SMF19) و کمر بند رخساره‌ای ۹ (FZ9) ویلسون است.

– رخساره‌های محیط لاگون (Lagoon)

• **رخساره کوارتز بایوکلاست روزن‌بر کفزی و گسئون- پکستون (C_۲):** اجزای سازنده این رخساره ذرات کوارتز (۱۵ تا ۲۰٪)، روزن‌برهای کفزی (۲۵٪) و بایوکلاست‌ها (۲۰٪) هستند (شکل ۷- ب). از جمله روزن‌برهای کفزی شناسایی شده در این رخساره می‌توان به آئومالینا، لنتی کولینا، گاولینوپسیس، گاولینا، روتالیا، میلیولید و تکستولارید اشاره کرد. ذرات گلوکونیت، دوکفه‌ای و رودیست نیز در این رخساره مشاهده شدند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتزی این رخساره نومورفیس زمینه میکرایتی و میکرایتی شدن بایوکلاست‌هاست.

وجود زمینه میکرایتی حاوی روزن‌برهای کفزی با تنوع کم بیانگر محیط‌های آرام و کم‌انرژی است (Reiss and Hottinger, 1984; Hottinger, 1997; Geel, 2000). تنوع کم روزن‌برها به دلیل نوسانات شوری و دما در محیط لاگون محصور است (Flugel, 2010). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۱۷ (SMF17) و کمر بند رخساره‌ای ۸ (FZ8) ویلسون است.

• **رخساره بایوکلاست پلوئید پکستون (C_۳):** اجزای سازنده این رخساره بایوکلاست (۱۵٪) و پلوئید (۲۵ تا ۳۰٪) در زمینه میکرایتی است (شکل ۷- پ). کوارتز، اکتینوئید، اینتراکلاست، دوکفه‌ای و روزن‌برهای بنتیک نیز مشاهده شدند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره دولومیتی شدن، میکرایتی شدن بایوکلاست‌ها و نومورفیس زمینه میکرایتی است.

بایوکلاست‌های میکرایتی شده و حضور فونای دریای باز مانند اکتینوئید بیانگر ته‌نشست این رخساره در محیط لاگون نیمه‌محصور است (Flugel, 2010). پلوئیدها از اجزای شاخص محیط‌های دریایی لاگون و کم‌انرژی هستند (Tomasovych, 2004). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۰ (SMF20) و کمر بند رخساره‌ای ۷ (FZ7) ویلسون است.

– رخساره‌های محیط سدی (Shoal)

• **رخساره بایوکلاست اینتراکلاست گریستون (C_۴):** بایوکلاست (۲۵ تا ۳۰٪) و اینتراکلاست (۳۰٪) اجزای اصلی سازند این رخساره هستند (شکل ۷- ت). زمینه این رخساره اسپاریتی و دارای بافت دانه‌پشتیبان است. مهم‌ترین ویژگی دیاژنتزی این رخساره ته‌نشست شدن سیمان کلسیت اسپاریتی در فضاهای خالی و شکستگی‌هاست. بافت‌های گریستونی بیانگر محیط‌های سدی با انرژی بالا هستند (Wilson, 1975; Harris et al., 1997). اجزای سازنده با گردشدگی و جورشدگی خوب، ته‌نشینی سیمان اسپاریت و بافت گریستونی نشان می‌دهد که این رخساره در محیط سدی با انرژی زیاد در بالای سطح اساس امواج عادی ته‌نشست شده است (Flugel, 2010). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۷ (SMF27) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون است.

• **رخساره بایوکلاست فرامینفر بنتیک گریستون (C_۵):** اجزای سازنده این رخساره روزن‌برهای بنتیک بزرگ با پوسته هیالین مانند سیدرولیتس، سیریتنا، سودوسیدرولیتس (Pseudosiderolites)، روتالیا، اربیتوئیدس، لپیداربتوئیدس هستند (شکل ۷- ج). مهم‌ترین ویژگی دیاژنتزی این رخساره ته‌نشست سیمان اسپاریت در فضاهای خالی، شکستگی‌ها و حجرات روزن‌برهای بنتیک است.

فراوانی روزن‌برهای بنتیک با پوسته هیالین در زمینه اسپاریتی و موقعیت چینه‌شناسی این رخساره بین رخساره‌های C_۴ و C_۶ بیانگر آن است که این رخساره در محیط سدی با انرژی بالا تشکیل شده است (Carannante et al., 2000). حضور سیمان اسپاریتی نشان‌دهنده این است که گل کربناته در اثر افزایش انرژی از محیط شسته شده و فضای خالی توسط سیمان اسپاریتی پر شده است (Carannante et al., 2000; Flugel, 2010). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۶ (SMF26) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون است.

• **رخساره روزن‌بر کفزی اکتینوئید گریستون (C_۶):** ذرات اکتینوئید (۲۰ تا ۳۰٪) و روزن‌برهای کفزی (۱۰ تا ۱۵٪) اجزای اصلی سازنده این رخساره هستند (شکل ۷- د). از جمله روزن‌برهای کفزی شناسایی شده در این رخساره می‌توان به گاولینا، گاولینوپسیس، آئومالینا، لنتی کولینا و روتالیا اشاره کرد. گلوکونیت نیز به مقدار اندکی در این رخساره وجود دارد. مهم‌ترین ویژگی دیاژنتزی این رخساره سیمان‌شدگی گسترده زمینه و میکرایتی شدن بایوکلاست‌هاست.

با توجه به عدم وجود گل‌آهکی و فراوانی زیاد آلوکم‌ها نظیر قطعات اکتینوئید با جورشدگی نسبتاً خوب و بافت دانه‌پشتیبان می‌توان گفت که این رخساره در بخش‌های پر انرژی محیط سدی بالای سطح اساس امواج تشکیل شده است (Wilson, 1975; Flugel, 2010). حضور موجودات استنوهالین مانند اکتینوئید نشانگر آن است که این رخساره با محیط دریای باز ارتباط داشته است (Heckel, 1972). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۸ (SMF28) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ8) ویلسون است.

• **رخساره بایوکلاست رودیست گریستون (C_۷):** اجزای اصلی سازنده این رخساره قطعات فراوان رودیست (۳۰ تا ۴۰٪) و بایوکلاست (۲۰٪) است (شکل ۷- ذ). اکتینوئید، جلبک قرمز، کریئوئید، دوکفه‌ای، و روزن‌بر بنتیک از مهم‌ترین

اکیئوید با فراوانی بالا (۴۰ تا ۵۰٪) در زمینه میکرایتی دانه‌ریز هستند (شکل ۷-ر). رودیست، دوکفه‌ای، جلبک قرمز و بریوزوئر از مهم‌ترین بائوکلاست‌ها هستند. کوارتز، گلوکونیت و اینتراکلاست نیز در این رخساره مشاهده شدند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنزی این رخساره نئومورفیسم زمینه میکرایتی و میکرایتی شدن بائوکلاست‌هاست.

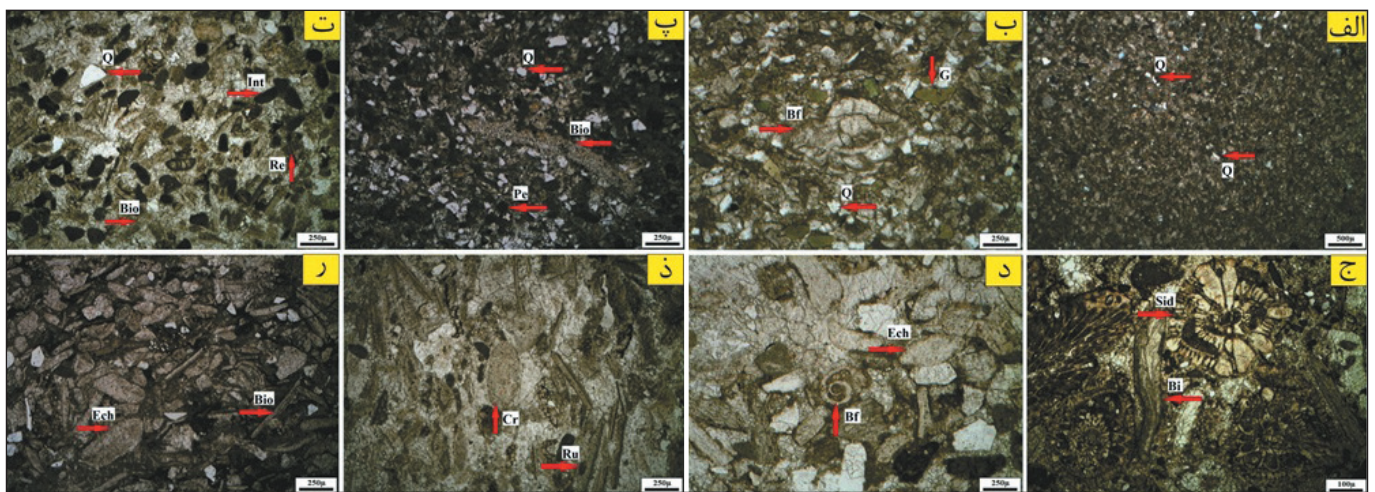
فراوانی ذرات اکیئوید نشان می‌دهد که این رخساره در محیط دریای باز تشکیل شده است (Heckel, 1972; Flugel, 2010). حضور فونای دریای باز مانند اکیئوید و جلبک قرمز به همراه دوکفه‌ای و بریوزوئر در بافت پکستونی بیانگر آن است که این رخساره در محیط دریای باز با انرژی متوسط ته‌نشست شده است (Wilson, 1975; Harris et al., 1997). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۷ (SMF7) و کمر بند رخساره‌ای ۵ (FZ5) ویلسون است.

بائوکلاست‌ها هستند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنزی این رخساره ته‌نشین شدن سیمان اسپاریت در فضاهای خالی و شکستگی‌ها، میکرایتی شدن بائوکلاست‌ها و تشکیل سیمان سین‌تکسیال یا حاشیه‌ای اطراف قطعات کرینوید است.

حضور قطعات رودیست با جورشدگی نسبتاً خوب و بافت گرینستونی نشان می‌دهد که این رخساره در بخش‌های پر انرژی محیط سدی به سمت دریای باز نهشته شده است (Wilson, 1975; Flugel, 2010). این رخساره بخش اصلی سدهای بائوکلاستی را تشکیل داده و در محیطی با انرژی بالا ته‌نشست شده است (Wilson, 1975; Burchette, 1993) و معادل با رخساره استاندارد شماره ۳۰ (SMF30) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون است.

– رخساره های محیط دریای باز (Open Marine)

• **رخساره بائوکلاست اکیئوید پکستون (C8):** اجزای اصلی سازنده این رخساره ذرات



شکل ۷-الف) مادستون دارای کوارتز (C_۱)؛ ب) و کستون دارای کوارتز و روزن بر کفزی (C_۲)؛ پ) پکستون دارای بائوکلاست و پلویید (C_۳)؛ ت) گرینستون دارای بائوکلاست و اینتراکلاست (C_۴)؛ ج) گرینستون دارای بائوکلاست و روزن بر کفزی (C_۵)؛ د) گرینستون دارای روزن بر کفزی و اکیئوید (C_۶)؛ ذ) گرینستون دارای رودیست و بائوکلاست (C_۷)؛ ر) پکستون دارای اکیئوید و بائوکلاست (C_۸)؛ علائم اختصاری عبارتند از: Q: کوارتز؛ G: گلاکونیت؛ Sid: سیدرولیتس؛ Bf: روزن بر کفزی؛ Ech: اکیئوید؛ Cr: کرینوید؛ Re: جلبک قرمز؛ Bio: بائوکلاست؛ Ru: رودیست؛ Pel: پلویید؛ Int: اینتراکلاست.

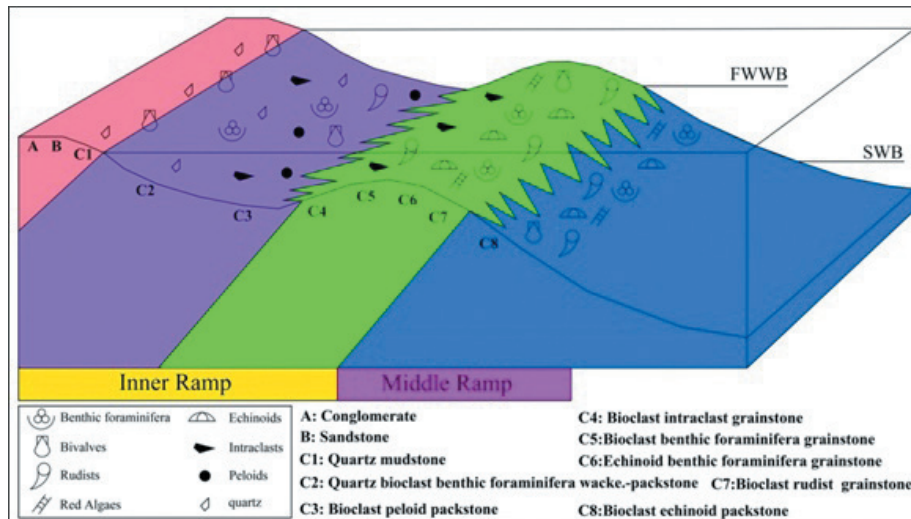
۷- محیط رسوبی

همکاران (۱۳۹۵) یک مدل رسوب‌گذاری رمپ کربناته را برای رسوب‌گذاری سازند کلات پیشنهاد داده‌اند. اکثر رخساره‌های شناسایی شده شامل رخساره‌های سیلیسی آواری کنگولومرا (A) و ماسه‌سنگی (B) و رخساره‌های کربناته C_۱ تا C_۷ در رمپ داخلی و تنها رخساره C_۸ در رمپ میانی ته‌نشست شده است. لازم به ذکر است که رخساره‌های رمپ خارجی در ناحیه مورد مطالعه تشخیص داده نشد.

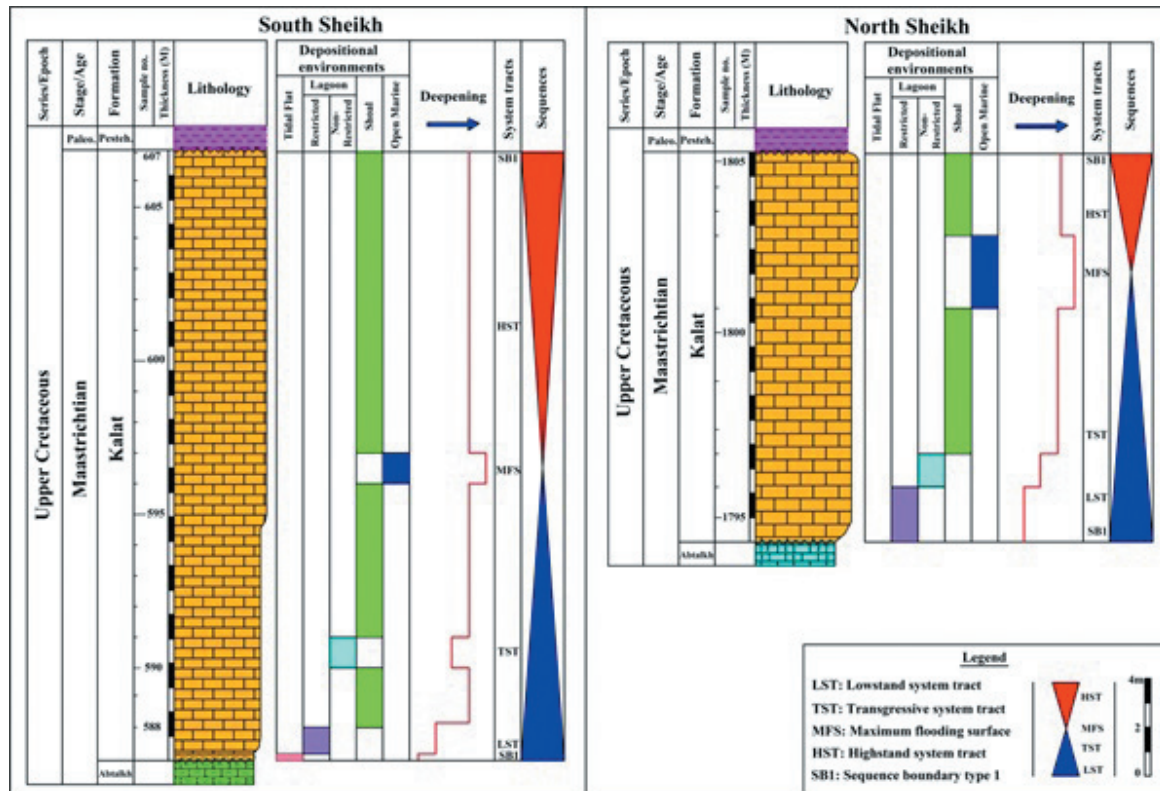
۸- چینه‌نگاری سکاسی

با بررسی تغییرات عمودی رخساره‌ها و شناسایی محیط‌های رسوبی می‌توان نهشته موجود در یک حوضه رسوبی را به سکانس‌های رسوبی تفکیک کرد (Emery and Myers, 1996). سکانس رسوبی یک واحد چینه‌شناسی است که توسط ناپیوستگی‌ها یا پیوستگی‌های هم‌ارز از طبقات بالا و پایین تفکیک می‌شود و دوره‌ای از رسوب‌گذاری را نشان می‌دهد که بین دو برهه زمانی افت سطح آب دریا اتفاق افتاده است (Vali et al., 1984; Van Wagoner et al., 1990). چینه‌نگاری سکاسی نهشته‌های سازند کلات در ناودیس منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم شده است (شکل‌های ۹ و ۱۰).

بر اساس نوع رخساره‌ها، تغییرات عمودی و جانبی آنها، نوع اجزای سازنده و مقایسه آنها با محیط‌های قدیمی و امروزی، مدل رسوبی سازند کلات در ناحیه مورد مطالعه بازسازی شده است (شکل ۸). بر این اساس رسوب‌گذاری سازند کلات در ناودیس شیخ در چهار زیر محیط جزرومدی، لاگون محصور و نیمه‌محصور، سدی و دریای باز صورت گرفته است. بر اساس انواع رخساره‌های شناسایی شده، روند تغییرات تدریجی آنها از بخش‌های عمیق تا کم‌عمق، حضور گسترده سدهای بائوکلاستی، فقدان رسوبات حاصل از جریان‌های توربیدیتی، رسوبات ریزشی و لغزشی، فقدان ریف‌ها، عدم حضور آنکوئیداها، پیزوئیدها و دانه‌های تجمعی که خاص شلف‌های کربناته هستند (Flugel, 2010)، سازند کلات در منطقه مورد مطالعه در محیط کربناته رمپ با شیب کم ته‌نشست شده که به شدت تحت تأثیر عوامل زمین‌ساختی بوده است (Read, 1985; Burchette and Wright, 1992). دلیل اصلی تغییر ضخامت سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه، تأثیر گسل‌های پی‌سنگی بوده که منجر به ایجاد توپوگرافی‌های متفاوت در حوضه شده است. اکثر مطالعات انجام شده بر روی سازند کلات مانند محبوبی و همکاران (۱۳۷۴)، ندافان و همکاران (۱۳۷۴)، آریایی و همکاران (۱۳۸۳)، وحیدی‌نیا (۱۳۸۶)، موسوی حریمی و همکاران (۱۳۸۸)، (Mahboubi et al. (2006) و کاظم‌زاده و



شکل ۸- مدل رسوبی ارائه شده برای سازند کلات؛ محل قرارگیری سطح اساس امواج عادی (FWWB) و سطح اساس امواج طوفانی (SWB) از (Burchette and Wright (1992) اقتباس شده است.

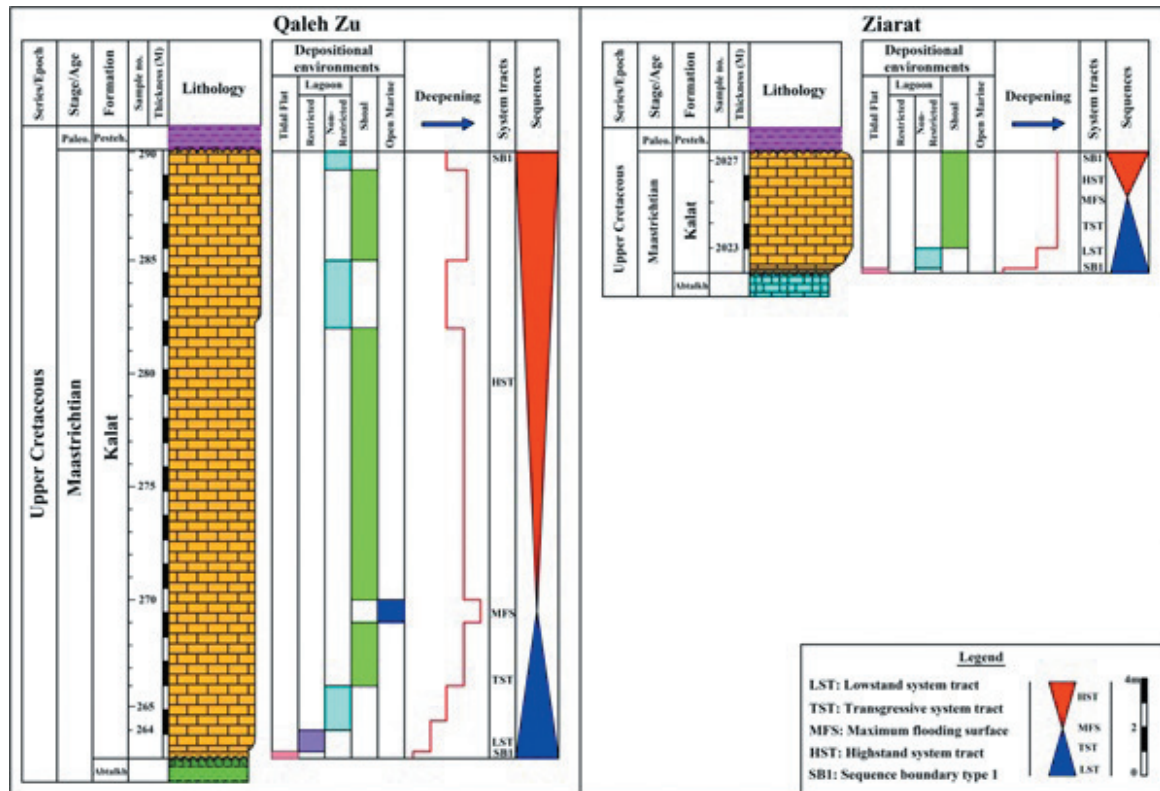


شکل ۹- توزیع عمودی رخساره‌ها و سکانس شناسایی شده در برش‌های جنوبی و شمالی.

۹- سکانس رسوبی

و قلعه‌زو توسط رخساره بایوکلاست اکتینوئید پکستون (C₈) مربوط به ابتدای محیط دریای باز مشخص می‌شود. سطح MFS در برش زیارت توسط رخساره بایوکلاست رودیست گریستون (C₇) مربوط به زیرمحیط سدی به سمت دریای باز مشخص شده است. بسته رسوبی وابسته به سکون و آغاز پسروی دریا (HST) در تمامی برش‌های مورد مطالعه تجمعی از انواع رخساره‌های زیرمحیط سدی غنی از بایوکلاست، اینتراکلاست، اکتینوئید، روزن‌بر بنتیک و رودیست را نشان می‌دهد. این سکانس از لحاظ سنی می‌تواند معادل با سکانس K180 در صفحه عربی باشد (Sharland et al., 2001; Simmons et al., 2007).

سکانس رسوبی شناسایی شده در بر گیرنده کل ضخامت سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه است. بسته رسوبی پایین‌ترین سطح آب دریا در برش‌های شیخ جنوبی و قلعه متشکل از رخساره کنگلومرای (A) است؛ در صورتی که این بسته در برش زیارت از رخساره ماسه‌سنگی (B) تشکیل شده است. بسته رسوبی LST در برش شیخ شمالی شناسایی نشد. بخش‌های ابتدایی بسته رسوبی پیشرونده از رخساره‌های جزرومدی و لاگون محصور و نیمه‌محصور تشکیل شده در حالی که بخش‌های پایانی این بسته رسوبی عمدتاً شامل رخساره‌های محیط سدی است. حداکثر پیشروی سطح آب دریا (MFS) در برش‌های شیخ جنوبی، شیخ شمالی



شکل ۱۰- توزیع عمودی رخساره‌ها و سکانس شناسایی شده در برش‌های قلعه‌زو و زیارت.

۱۰- نتیجه‌گیری

سازند کلات در برش‌های چینه‌شناسی شیخ جنوبی، شیخ شمالی، قلعه‌زو و زیارت به ترتیب با ضخامت‌های ۲۵، ۱۶، ۲۵ و ۵ متر رخمون دارد و از لحاظ لیتولوژی عمدتاً از سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه به رنگ قهوه‌ای تا زرد رنگ همراه با ضخامت اندکی رسوبات تخریبی مانند کنگلومرا و ماسه‌سنگ در قاعده تشکیل شده است. مرز زیرین سازند کلات در برش شیخ جنوبی و قلعه‌زو با سازند آب‌تلخ و در برش‌های شیخ شمالی و زیارت با سازند آب‌دراز به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. مرز بالایی سازند کلات نیز در تمامی برش‌های مورد مطالعه با سازند پسته‌لیق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. مطالعات زیست‌چینه‌نگاری سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه منجر به تشخیص ۱۳ گونه متعلق به ۱۹ جنس از روزن‌برهای کف‌زی و ۲ گونه متعلق به ۴ جنس از روزن‌برهای پلانکتونیک شد. بر مبنای روزن‌برهای کف‌زی، یک زون زیستی تحت عنوان *Siderolites calcitrapoides-Sirtina orbitoidiformis*

assemblage zone شناسایی و سن سازند کلات مانسرتیستین تعیین شد. مطالعات سنگ‌نگاری منجر به شناسایی ۲ رخساره آواری و ۶ رخساره کربناته متعلق به چهار زیر محیط جزرومدی، لاگون محصور و نیمه‌محصور، سدی و دریای باز شد که در محیط کربناته رمپ با شیب کم ته‌نشست شده‌اند. مطالعات چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم معادل با سکانس K180 در صفحه عربی و دو مرز سکانسی نوع اول (SB1) شد. رخساره کنگلومرای (A) و رخساره ماسه‌سنگی (B) بسته رسوبی LST را تشکیل می‌دهند. بسته رسوبی HST عمدتاً از رخساره‌های لاگون و سدی تشکیل شده و سطح MFS توسط رخساره دریای باز غنی از اکتینوید و بایو کلاست مشخص می‌شود. بسته رسوبی HST تجمعی از رخساره‌های سدی غنی از بایو کلاست، اینتراکلاست، روزن‌بر کف‌زی، اکتینوید و رودیست است.

کتابنگاری

- افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳- زمین‌شناسی کپه‌داغ، انتشارات زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.
- آریایی، ع. ا.، علامه، م.، توسلی، س. و دلیل قره‌چپه، د.، ۱۳۸۳- بررسی چینه‌شناسی و میکروفاسیس سازند کلات در دو برش تنگ نیزار و کلات نادری، اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، جلد ۲، ۸ صفحه.
- سعیدی رضوی، ب.، ۱۳۹۰- سازند کلات در برش چوکانلو واقع در یال شمالی ناودیس شیخ در حوضه رسوبی کپه‌داغ، اولین همایش ملی زمین‌شناسی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، ۸ صفحه.
- کاظم‌زاده، م. ح.، صادقی، ع.، آدابی، م. ح. و قلاوند، ه.، ۱۳۹۵- بایواستراتیگرافی، رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در باختر حوضه کپه‌داغ، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.
- محبوبی، ا.، لاسمی، ی. و موسوی حرمی، ر.، ۱۳۷۴- بررسی رخساره‌های آهکی و تفسیر محیط رسوب‌گذاری سازند کلات (کرتاسه فوقانی) در خاور حوضه کپه‌داغ در شمال خاور ایران، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۱، صص. ۲۴ تا ۳۷.
- موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا. و امیر کریمیان، ط.، ۱۳۸۸- تاریخچه رسوب‌گذاری و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در باختر کپه‌داغ و مقایسه آن با بخش مرکزی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۳، شماره ۹، صص. ۶۷ تا ۷۸.
- ندافان، ت.، وحیدی‌نیا، م. و عاشوری، ع.، ۱۳۷۴- بررسی میکروفاسیس و محیط رسوب‌گذاری سازند کلات در برش تنگ دوبرادر، شمال خاور مشهد، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز، ۸ ص.
- وحیدی‌نیا، م.، ۱۳۸۶- میکرواستراتیگرافی رسوبات سنوین در محدوده خاور حوضه کپه‌داغ در شمال خاور مشهد، ۷۴۲ ص.

References

- Abdelghany, O., 2003- Late Campanian–Maastrichtian foraminifera from the Simsima Formation on the western side of the Northern Oman Mountains. *Cretaceous Research*, V. 24, pp. 391-405.
- Afshar-Harb, A., 1970- Geology of Sarakhs area and Khangiran gas field, National Iranian Oil Company. Paper presented at 8th session of ECAE Worving party of senior Geologists. Bandug.
- Alavi-Naini, M., 1972- Etude geologique de la region de Djam. Geological Survey of Iran, N 23, 288 p.
- Amorosi, A. and Centinio, M. C., 1997- Glaucony from the Eocene of the Isle of Wight (southern UK): implications for basin analysis and sequence-stratigraphic interpretation, *Journal of the Geological Society, London*, V. 154, pp. 887-896.
- Amorosi, A., 1997- Detecting compositional, spatial and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research. *Sedimentary Geology*, V. 109, pp. 135-153.
- Blair, T. C. and McPherson, J. G., 1994- Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies. *Journal of Sedimentary Research*, V. 64, pp. 451–490.
- Blair, T. C., 1987- Sedimentary processes, vertical stratification sequences, and geomorphology of the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology*, V. 57, pp. 1–18.
- Blair, T. C., 1999a- Sedimentary processes and facies of the waterlaid Anvil Spring Canyon alluvial fan, Death Valley, California. *Sedimentology*, V. 46, pp. 913–940.
- Blair, T. C., 1999b- Cause of dominance by sheetflood vs debris flow processes on two adjoining alluvial fans, Death Valley, California. *Sedimentology*, V. 46, pp. 1015–1028.
- Briand, C., Izart, A., Vaslet, D., Vachard, D., Makhlina, M., Goreva, N., Isakova, T., Kossovaya, O. and Jaroshenko, A., 1998- Stratigraphy and sequence stratigraphy of Moscovian, Kasimovian and Gzhelian in the Moscow Basin. *Bull. Soc. Geol. France*, V. 169, pp. 35-52.
- Burchette, T. P. and Wright, V. P., 1992- Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, V. 79, p. 3-57.
- Burchette, T. P., 1993- Mishrif Formation (Cenomanian-Turonian), Southern Arabian gulf, Carbonate platform growth along a cratonic basin margin. In: Simo, J. A. T., Scott, R. W. and Masse J. P., (eds.), *Cretaceous carbonate platforms*. American Association Petroleum Geologist Bulletin, V. 56, pp. 185-200.
- Carannanate, G., Ruberti, D. and Sirna, M., 2000- Upper Cretaceous low energy ramp limestones from the Sorrento Peninsula (southern Apennines, Italy): micro and macrofossil associations and their significance in the depositional sequences. *Sedimentary Geology*, V. 132, pp. 89-124.
- Caron, M., 1985- Cretaceous planktic foraminifera. In: Perch-Nielsen, K., Saunders, J.B. and Bolli, H.M., (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 17-86.
- Chafetz, H. S. and Reid, A., 2000- Syndepositional shallow water precipitation of glauconitic minerals. *Sedimentary Geology*, V. 136, pp. 29-42.
- Diaz, E., Prasad, M., Gutierrez, M. A., Dvorkin, J. and Mavko, G., 2002- Effect of Glauconite on the Elastic Properties, Porosity and Permeability of Reservoirs Rocks, AAPG Annual Meeting, pp. 1-7.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks*. AAPG Memoir, V. 1, pp. 108-121.
- Embry, A. F. I., and Klovian, J. E., 1972- Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geology Rundsch*, V. 61, pp. 672-686.
- Emery, D. and Myers, K. J., 1996- *Sequence Stratigraphy*. Oxford, United Kingdom, Blackwell, 297 p.
- Flügel, E., 2010- *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin, 976 p.
- Folk, R. L., 1980- *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hamphill, Austin, Texas, 182 p.
- Geel, T., 2000- Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of paleogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, V. 1zSharland, P. R., archer, R., Casey, D. M., Davis, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D. and Simmons, M. D., 2001- Arabian Plate sequence stratigraphy, *GeoArabia Special Publication 2*, Gulf PetroLink, Bahrain, 371 p.
- Simmons, M. D., Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B. and Sutcliffe, O. E., 2007- Arabian Plate sequence Stratigraphy: Potential implication for global chronostratigraphy. *Geo Arabia*, V. 12, pp. 101-130.
- Smith, A. G., Smith, D. G. and Funnel, B. M., 1994- *Atlas of Mesozoic and Cenozoic landmasses*. Cambridge University Press, Cambridge, 99 p.
- Smith, N. D., 1974- Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. *Journal of Geology*, V. 82, pp. 205-223.
- Stocklin, J., 1971- *Stratigraphic Lexicon of Iran*. Ministry of industry and mines. Geological Survey of Iran, Report No. 18.
- Tomasovych, A., 2004- Microfacies and depositional environment of an Upper Triassic intra-platform carbonate basin: the Fatric Unit of West Carpathians (Slovakia). *Facies*, V. 50, pp. 77–105.
- Tucker, M. E. and Wright, P., 1990- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 482 p.
- Vail, P. R., Hardenbol, J. and Todd, R.G., 1984- Jurassic unconformities, chronostratigraphy and sea-level changes from seismic stratigraphy and biostratigraphy. In: Schlee, J.S., (eds), *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation*. AAPG Memoir, V. 36, pp. 129-144.
- Van Wagoner, J. C., Mitchum, R. M., Campion, K. M. and Rahmanian, V. D., 1990- Siliciclastic sequence stratigraphy in well log, cores, and outcrops: Concepts of high-resolution correlation of time and facies. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, V. 7, pp. 1-55.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin, 471p.

Biostratigraphy, depositional environment and sequence stratigraphy of the Kalat Formation in the Sheikh Syncline (north east of Bojnurd)

M. H. Kazemzadeh^{1*}, A. Sadeghi², M. H. Adabi² and H. Ghalavand³

¹Ph.D. Student, Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

²Professor, Faculty of Earth Sciences, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

³Ph.D., National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

Received: 2016 August 21

Accepted: 2017 February 12

Abstract

In order to determine biostratigraphy, depositional environment and sequence stratigraphy of the Kalat Formation in the Sheikh Syncline (north east of Bojnurd), Four stratigraphic sections including South Sheikh, North Sheikh, Qaleh Zu and Ziarat were selected and sampled. The thickness of the Kalat Formation in the South Sheikh, North Sheikh, Qaleh Zu and Ziarat sections were 25, 16, 25 and 5m respectively, and its lithology consists mainly of brown to yellow limestones. The reason of changes in thickness in studied sections is tectonic factors, subsidence and different rates of sedimentation. The layer of conglomerate in the base part of the Kalat Formation at South Sheikh and Qaleh Zu sections and the layer of sandstone in the base part of the Kalat Formation at Ziarat section were recognized. In the biostratigraphic studies, 15 species belonging 23 genera of foraminifera were recognized and one biozone including *Siderolites calcitrapoides-Sirtina orbitoidiformis* assemblage zone was identified. The age of the Kalat Formation in all of studied sections based on the above biozone and fossil contents Maastrichtian were determined. Petrographic analysis led to recognition two siliciclastic and eight carbonate facies belonging to four depositional environments including tidal flat, restricted and semi-restricted lagoon, shoal and open marine. Based on the recognized facies and its gradual trend, abundance of shoal facies, absence of reefs and sediment of turbidite flows such as Falling and sliding sediments, the sedimentation of the Kalat Formation was occurred on the homoclinal ramp setting. Based on the vertical changes of facies and recognized depositional environments, one third-order depositional sequences was represented. This depositional sequence consists mainly of shoal facies rich in bioclast, intraclast, benthic foraminifera, echinoid, rudist (*Hyporite*) and bivalve. MFS of this sequence is represented by open marine facies rich in echinoid.

Keywords: Biostratigraphy, Depositional Environment, Sequence Stratigraphy, Kalat Formation, Sheikh Syncline, Bojnurd

For Persian Version see pages 237 to 246

*Corresponding author: M. H. Kazemzadeh; E-mail: hasan.kazemzadeh@gmail.com