

بایواستراتیگرافی، رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در غرب حوضه کپه داغ

محمدحسن کاظم‌زاده^{۱*}، عباس صادقی^۲، محمدحسین آدابی^۳، هرمز قلاوند^۴

۱. دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴. دکترای چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، شرکت ملی نفت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۸

چکیده

به‌منظور مطالعات بایواستراتیگرافی، تغییرات رخساره‌ای و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در غرب حوضه کپه داغ دو برش چینه‌شناسی جوزک و چخماقلو انتخاب و نمونه‌برداری شده است. ضخامت سازند کلات در برش‌های چینه‌شناسی جوزک و چخماقلو به ترتیب ۱۵۸ و ۱۳۹ متر است و لیتولوژی آن به‌طور عمده از سنگ آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ و مقدار کمی مارن می‌باشد. در مطالعات بایواستراتیگرافی ضمن تشخیص ۱۵ گونه متعلق به ۳۲ جنس از فرامینیفرهای بنتیک و شش گونه متعلق به ۱۱ جنس از فرامینیفرهای پلانکتون، یک پهنه‌زیستی تحت عنوان *Siderolites calcitrapoides-Sirtina orbitoidiformis Assemblage Zone* شناسایی و معرفی شد. سن سازند کلات در هر دو برش بر اساس پهنه‌زیستی فوق و فسیل‌های موجود در آن مائستریستین تعیین شد. مطالعات پتروگرافی منجر به شناسایی یک رخساره آواری و ۱۰ رخساره کربناته متعلق به چهار محیط جزر و مدی، لاگون محصور و نیمه محصور، سدی و دریای باز شد که بر روی یک رمپ کربناته با شیب کم ته‌نشست شده‌اند. براساس تغییرات عمودی رخساره‌ها و شناسایی محیط‌های رسوبی، دو سکانس رسوبی تشخیص داده شد. سکانس رسوبی ۱ عمدتاً از رخساره‌های ابتدای دریای باز و سدی تشکیل شده و حداکثر پیشروی سطح آب دریا در این سکانس توسط رخساره دریای باز حاوی اکینوئید و فرامینیفر پلانکتونی مشخص می‌شود. سکانس رسوبی ۲ عمدتاً از رخساره‌های محیط سدی غنی از بایوکلاست، اینتراکلاست، فرامینیفر بنتیک و رودیست تشکیل شده و حداکثر پیشروی سطح آب دریا توسط رخساره بایوکلاست اکینوئید پکستون مشخص می‌شود. مقایسه روند تغییرات سطح آب دریا در منطقه مورد مطالعه با منحنی‌های تغییرات سطح آب جهانی و سطح آب صفحه عربی نشان می‌دهد رسوب‌گذاری سازند کلات به‌وضوح تحت تاثیر تغییرات سطح آب جهانی بوده است.

واژه‌های کلیدی: بایواستراتیگرافی، چینه‌نگاری سکانسی، رخساره، سازند کلات، حوضه کپه داغ.

مقدمه

حوضه رسوبی کپه داغ شامل بخش شمال شرقی ایران، شمال افغانستان و بخش وسیعی از ترکمنستان می‌باشد. این حوضه از شمال به فلات توران و گسل عشق‌آباد، از جنوب توسط رخنمون‌های ناپیوسته منشورهای فزاینده دریای پالئوتتیس، از شرق توسط گسل هریرود و از غرب

* نویسنده مرتبط: hasan.kazemzadeh@gmail.com

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های مورد مطالعه

۱. برش چینه‌شناسی جوزک: این برش در غرب حوضه کپه داغ واقع شده و مختصات جغرافیایی قاعده آن $37^{\circ} 25' 14''$ عرض شمالی و $56^{\circ} 41' 12''$ طول شرقی و $14/4'$ و $37^{\circ} 25' 14''$ شمالی است. راه دسترسی به برش جوزک از طریق جاده اصلی شهر بجنورد-آشخانه به مسافت ۵۱ کیلومتر و سپس طی مسافت ۳۵ کیلومتر در مسیر جاده اصلی شهر آشخانه-گنبد کاووس و رسیدن به روستای جوزک می‌باشد. محل اندازه‌گیری و نمونه‌برداری برش جوزک در فاصله ۲ کیلومتری جنوب روستای جوزک واقع گردیده است (شکل ۱).

برش چینه‌شناسی چخماقلو: این برش نیز در غرب حوضه کپه داغ واقع گردیده و مختصات جغرافیایی قاعده آن $37^{\circ} 26' 42''$ عرض شمالی و $56^{\circ} 53' 16''$ طول شرقی و $37^{\circ} 26' 42''$ عرض شمالی است. راه دسترسی به این برش از طریق جاده اصلی شهر بجنورد-آشخانه به مسافت ۵۱ کیلومتر و سپس طی مسافت هشت کیلومتر در مسیر جاده اصلی شهر آشخانه-گنبد کاووس و رسیدن به روستای مهمانک است. محل اندازه‌گیری و نمونه‌برداری برش چخماقلو در فاصله یک کیلومتری جنوب تا جنوب غرب روستای چخماقلو که در ۱۲ کیلومتری جنوب روستای مهمانک قرار دارد، واقع شده است (شکل ۱).

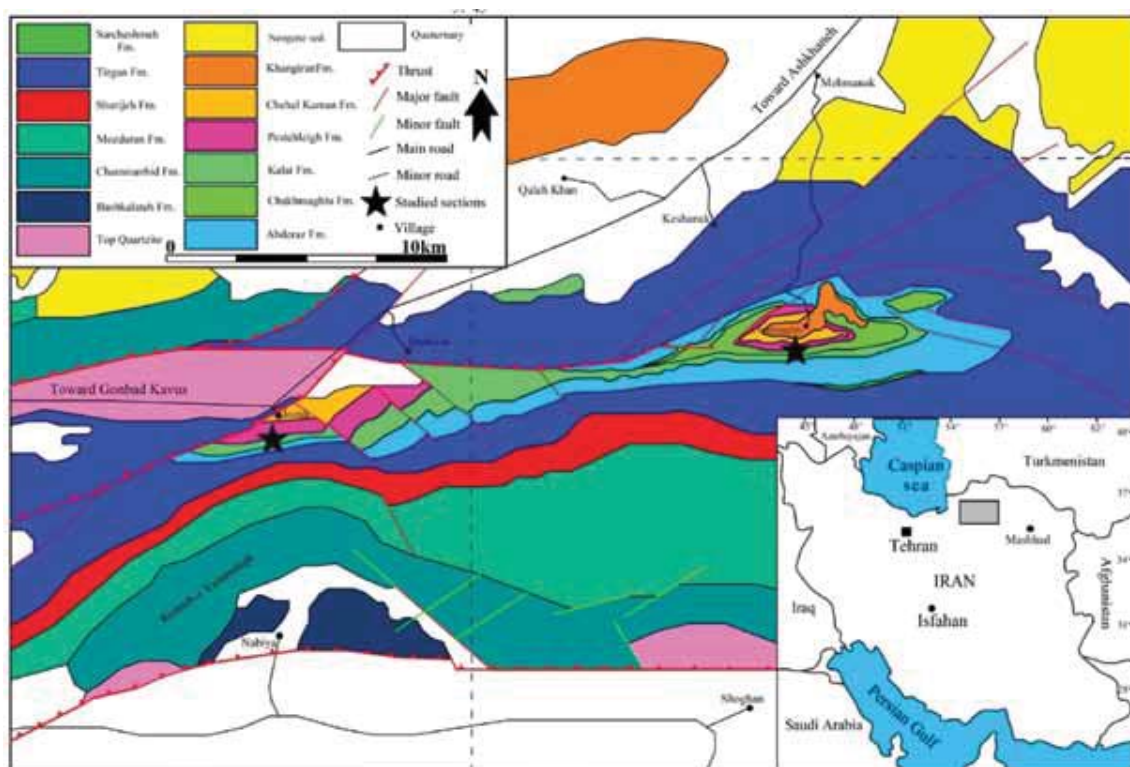
روش مطالعه

به منظور مطالعات بایواستراتیگرافی، تغییرات رخساره‌ای و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در غرب حوضه کپه داغ پس از مطالعات مقدماتی و بازدید اولیه، دو برش جوزک و چخماقلو انتخاب شد. در مطالعات صحرایی ضمن برداشت ۱۱۸ نمونه از سازند کلات در دو برش مورد مطالعه، تمام خصوصیات صحرایی اعم از سنگ‌شناسی، ضخامت، وضعیت لایه‌بندی، رنگ سنگ‌ها، مرز بین واحدهای سنگی و سایر خصوصیات مورد بررسی قرار گرفت. سپس نمونه‌های برداشت شده جهت آماده‌سازی و تهیه مقاطع نازک به آزمایشگاه تهیه مقاطع منتقل شد. پس از آماده‌سازی و

توسط دریاچه خزر محدود می‌شود (افشار حرب، ۱۳۷۳). حوضه رسوبی کپه داغ در تریاس میانی و با بسته شدن دریای پالئوتتیس یا هرسینین در اثر فاز کوهزایی سیمین پیشین شکل گرفته است (Stocklin, 1974; Berberian and King, 1981). رسوب‌گذاری در این حوضه از ژوراسیک شروع شده و به‌طور نسبتاً پیوسته تا نئوژن ادامه داشته است (Kalantari, 1987; Afshar-Harb, 1994). ضخامت این رسوبات در بخش کپه داغ ایران هشت کیلومتر و در بخش ترکمنستان به ۱۵ کیلومتر می‌رسد (Lyberis et al., 1998). رسوبات متنوعی که در بخش ایرانی حوضه کپه داغ و در طول شکل‌گیری آن نهشته شده در قالب سازندهای متعددی نام‌گذاری و معرفی شده است که از جمله آنها سازند کلات است که پس از رسوب‌گذاری رسوبات سیلیسی آواری سازند نیزار و به دنبال افزایش سطح آب دریا در طول مائستریشتین نهشته شده است (Smith et al., 1994). قابل ذکر است سازند نیزار در غرب حوضه کپه داغ رخنمون ندارد و سازند کلات با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازندهای قدیمی‌تر قرار گرفته است (افشار حرب، ۱۳۷۳). برش نمونه سازند کلات با ۲۷۷ متر ضخامت معرفی شده و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل سه بخش آهک زیرین، آهک میانی و آهک بالایی و دو بخش شیل زیرین و شیل بالایی می‌باشد. در اکثر مناطق حوضه کپه داغ فقط بخش آهک زیرین رخنمون دارد و سایر بخش‌ها نازک و یا تشکیل نشده‌اند. مرز زیرین سازند کلات در برش نمونه با سازند نیزار پیوسته و هم‌شیب و مرز بالایی آن با رسوبات قاره‌ای سازند پسته لبق ناپیوسته می‌باشد. به‌طور کلی ضخامت سازند کلات از سمت شرق حوضه کپه داغ به سمت غرب کاهش می‌یابد (Stocklin, 1971). با توجه به تغییرات عمودی و جانبی سازند کلات در نواحی مختلف حوضه کپه داغ و به‌منظور تکمیل زنجیره مطالعات این سازند، در این مطالعه دو برش چینه‌شناسی از سازند کلات در غرب حوضه کپه داغ (برش‌های جوزک و چخماقلو) مورد مطالعات بایواستراتیگرافی، تغییرات رخساره‌ای و چینه‌نگاری سکانسی قرار گرفته است.

کارن (Robaszynski and Caron, 1995) استفاده شده است. در شناسایی، نام‌گذاری و طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته از طبقه‌بندی دانه‌ام (Dunham, 1962) و امبری و کلوان (Embry and Klovan, 1972) و برای سنگ‌های سیلیسی آواری از طبقه‌بندی فولک (Folk, 1974) استفاده شده است. مطالعات چینه‌نگاری سکاسی بر اساس اصول و مفاهیم چینه‌نگاری سکاسی (Sharland et al., 2001؛ Simmons et al., 2007) صورت گرفته است.

به‌منظور شناسایی میکروفسیل‌ها و رخساره‌ها، نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ دوچشمی مورد مطالعه و عکسبرداری قرار گرفتند. در شناسایی و طبقه‌بندی فرامینیفرهای بنتیک و پلانکتونی از منابع متعددی مانند هوفکر (Hofker, 1957)، پوسوما (Postuma, 1971)، سلیتز (Sliter, 1972)، و ندرز (Wonders, 1980)، کارن (Caron, 1985) لوبلیخ و تاپان (Loeblich and Tappan, 1988)، رباژینسکی و همکاران (Robaszynski et al., 1984) و رباژینسکی و



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی و موقعیت برش‌های مورد مطالعه در غرب حوضه کپه داغ؛ اقتباس از (Afshar-Harb et al., 1978)

چینه‌شناسی سازند کلات

این سازند در برش چخماقلو به‌طور عمده از سنگ آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ و مقدار کمی مارن‌های خاکستری روشن تا سفید رنگ تشکیل شده است و مرز زیرین آن با سازند آب دراز ناپیوسته و مرز بالایی آن با سازند چخماقلو به صورت پیوسته و تدریجی است.

سازند کلات در دو برش جوزک و چخماقلو به ترتیب ۱۵۸ و ۱۳۹ متر ضخامت دارد. سنگ‌شناسی آن در برش جوزک به‌طور عمده از سنگ آهک‌های قهوه‌ای تا خاکستری روشن و گاهی کرم رنگ همراه با ضخامت اندکی کنگلومرا در قاعده تشکیل شده است و مرز زیرین و بالایی آن با سازندهای آب دراز و پسته لبق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است، ولی

بایواستراتیگرافی

در مطالعات بایواستراتیگرافی ضمن شناسائی ۳۲ جنس و ۱۵ گونه از فرامینیفرهای بنتیک و ۱۱ جنس و شش گونه از فرامینیفرهای پلانکتون، یک زون زیستی در سازند کلات به شرح زیر شناسایی و معرفی شد:

Siderolites calcitrapoides-*Sirtina orbitoidiformis* Assemblage Zone

این زون زیستی که از نوع تجمعی است براساس جامعه همزیست موجود در آن تعریف شده است و مرز زیرین و بالایی آن منطبق با شروع و خاتمه جامعه همزیست آن است. ضخامت این زون زیستی در برش جوزک ۱۵۸ متر و در برش چخماقلو ۱۳۹ متر می‌باشد. فرامینیفرهای بنتیک موجود در این زون زیستی عبارتند از:

Siderolites calcitrapoides, *Sirtina orbitoidiformis*, *Orbitoides media*, *Dizerina anatolica*, *Pararotalia tuberculifera*, *Sulcoperculina dickersoni*, *Gavelinella costata*, *Gavelinella pertusa*, *Gavelinella ekblomi*, *Gavelinella celementiana*, *Gavelinella intermedia*, *Orbignyna aquisgranensis*, *Dorotia oxycona*, *Gavelinopsis bembix*, *Goupillaudina shirazensis*, *Siderolites sp.*, *Orbitoides sp.*, *Sirtina sp.*, *Lepidorbitoides sp.*, *Pseudosiderolites sp.*, *Rotalia sp.*, *Anomalina sp.*, *Gavelinopsis sp.*, *Gavelinella sp.*, *Globorotalites sp.*, *Verneuilina sp.*, *Haplophragmium sp.*, *Marginulina sp.*, *Pseudocyclammia sp.*, *Ammobaculites sp.*, *Lenticulina sp.*, *Cibicides sp.*, *Dorotia sp.*, *rotaliids*, *valvulinids*, *textulariids* and *miliolids*.

فرامینیفرهای پلانکتون موجود در این زون زیستی

عبارتند از:

Gansserina gansseri, *Globotruncanita stuarti*, *Rugotruncana subcircumnodifer*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Globotruncana lapparenti*, *Globotruncana bulloides*, *Rugoglobigerina sp.*, *Globotruncanella sp.*, *Muricohedbergella sp.*, *Globotruncana sp.* and *Heterohelix sp.*

رودیست، دوکفه‌ای، اکینوئید، بریوزوئر، جلبک قرمز، گاستروپود و استراکود نیز در این زون زیستی شناسائی شد. سن این زون زیستی که در برگیرنده کل ضخامت سازند کلات می‌باشد بر اساس فسیل‌های موجود در آن به‌ویژه

Siderolites calcitrapoides, *Sirtina orbitoidiformis*, *Dizerina anatolica*, *Orbitoides media*, *Pararotalia tuberculifera*, *Lepidorbitoides sp.* تعیین شده است (شکل ۲).

بر روی سازند کلات یک واحد متشکل از مارن‌های سفید تا کرم رنگ و سنگ آهک‌های سفید تا خاکستری روشن تحت عنوان سازند چخماقلو قرار دارد که از لحاظ فسیلی فقیر می‌باشد و بر اساس موقعیت چینه‌شناسی آن که از یک طرف بر روی سازند کلات با سن مائستریشتین و از طرف دیگر در زیر سازند پسته لبق با سن پالئوسن قرار گرفته است، سن مائستریشتین برای آن پیشنهاد می‌شود. توزیع و گسترش فسیل‌های شناسائی شده در سازند کلات در برش‌های چینه‌شناسی جوزک و چخماقلو در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

تفسیر رخساره‌ها

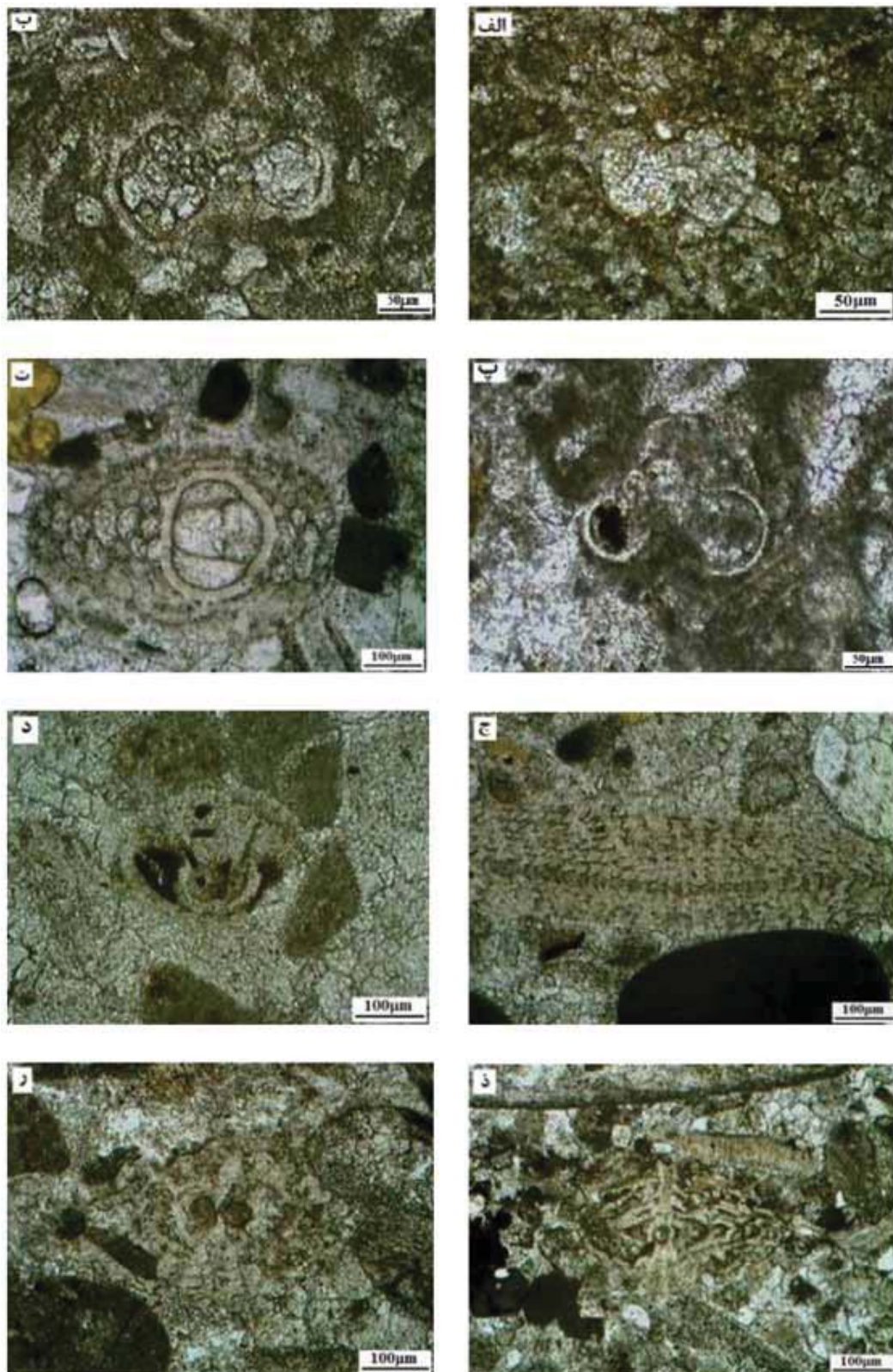
بررسی ویژگی‌های رسوب‌شناسی اصلی مانند اندازه دانه‌ها، نوع و درصد اجزای اسکلتی و غیراسکلتی، بافت، محتوای فسیلی و ساختارهای رسوبی منجر به شناسایی یک رخساره سیلیسی آواری و ۱۰ رخساره کربناته شد که در چهار محیط جزر و مدی، لاگون محصور و نیمه محصور، سدی و دریای باز نهشته شده‌اند. این رخساره‌ها عبارتند از:

رخساره‌های سیلیسی آواری

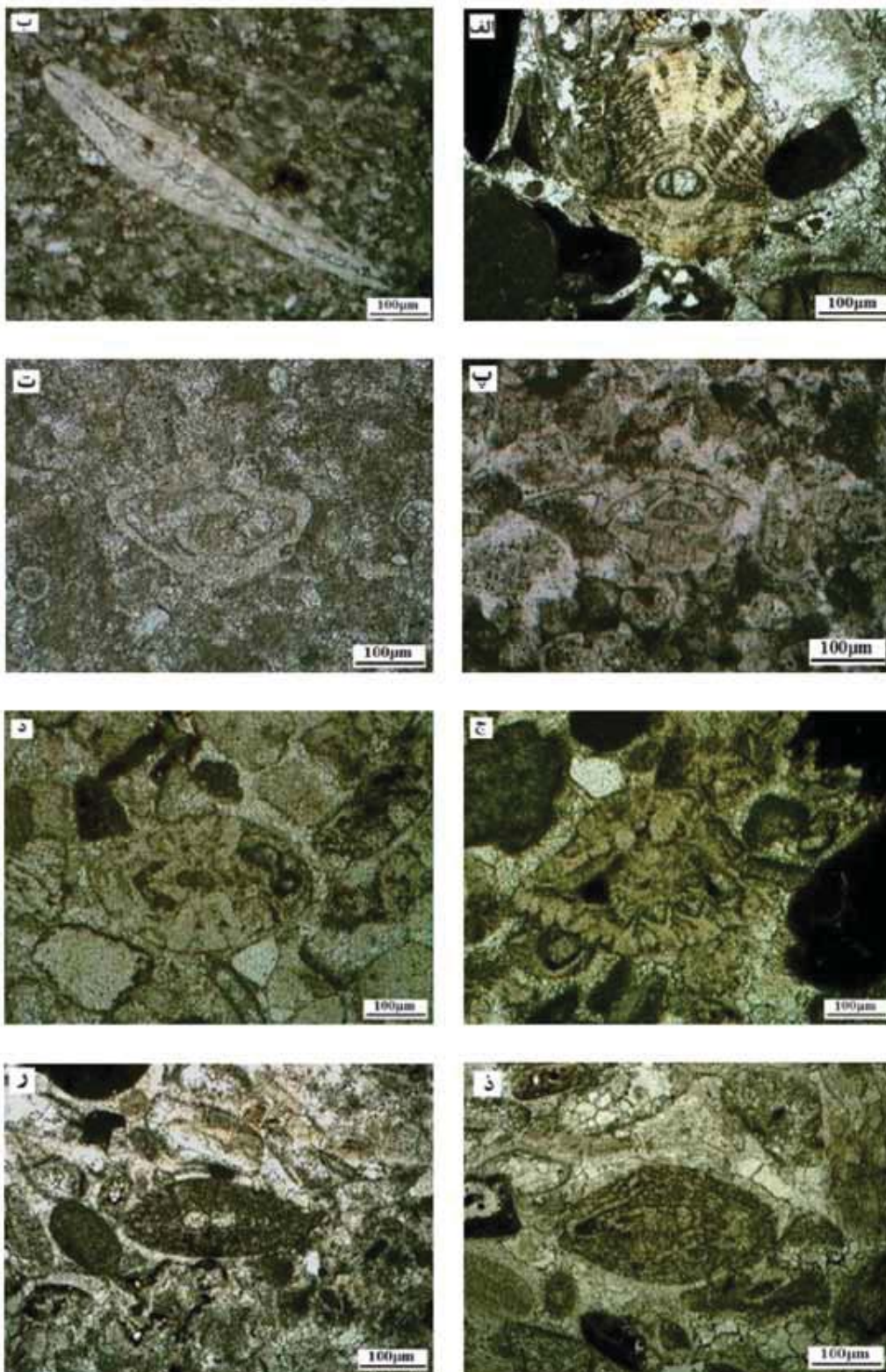
رخساره کنگلومرایی (A)

تنها رخساره سیلیسی آواری شناسائی شده در بخش قاعده‌ای سازند کلات در برش جوزک مشاهده شد. ذرات گراول دانه درشت سازنده اصلی این رخساره هستند که جنس آنها عمدتاً آهکی و سیلیسی است و منشأ آنها از فرسایش لایه‌های قدیمی‌تر می‌باشد. ذرات گراول دارای جورشدگی و گردشگی خوبی است و دارای جهت یافتگی می‌باشند. این ذرات توسط ماتریکس دانه‌ریز متشکل از کوارتز در اندازه سیلت و رس به یکدیگر متصل شده‌اند.

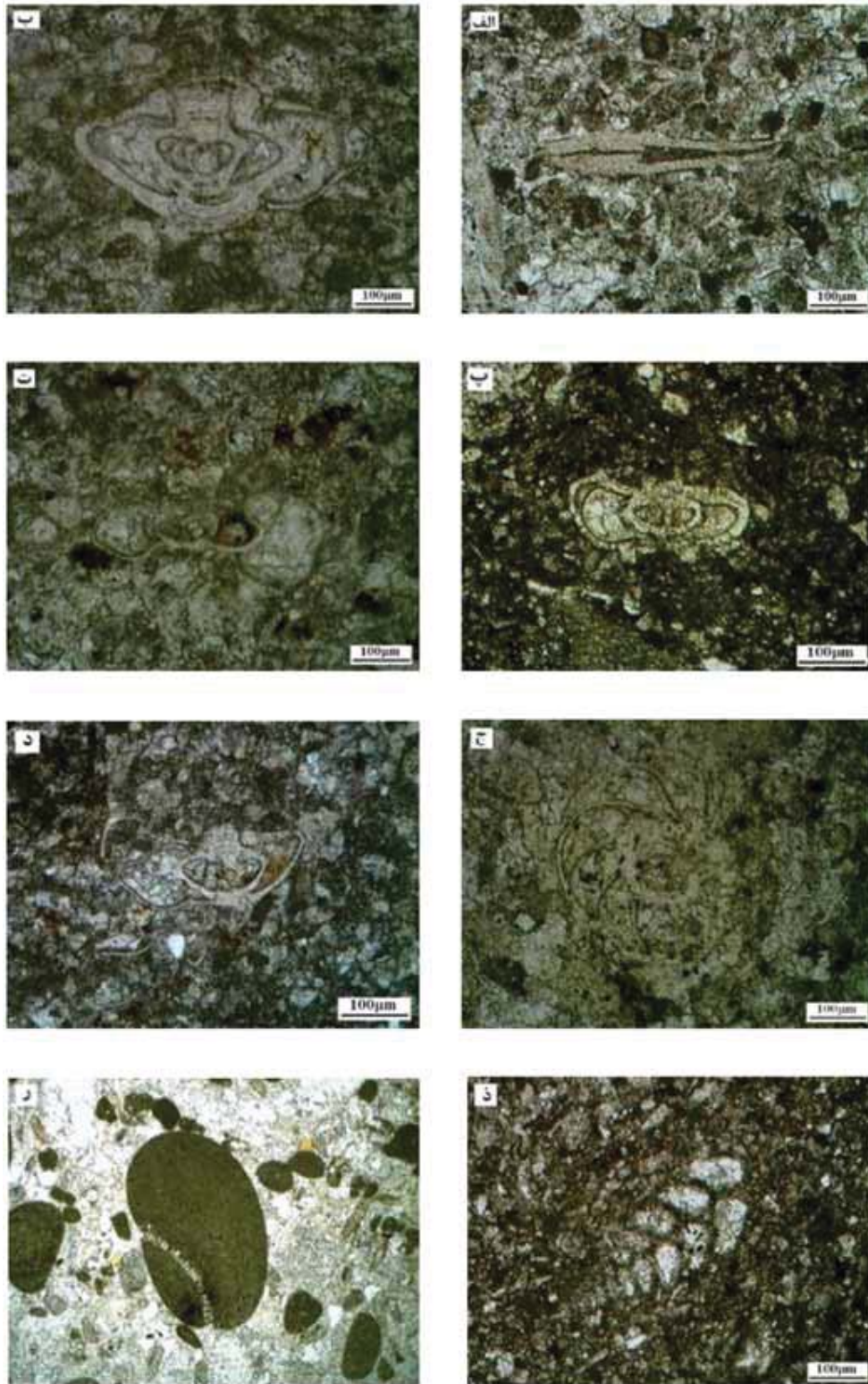
تفسیر: ذرات درشت سازنده این رخساره به همراه جورشدگی و گردشگی آنها نشان می‌دهد که این رخساره توسط جریان‌های پرانرژی و در محیط کم‌عمق ساحلی ته‌نشست شده است (Blair, 1987; Blair, 1999a). ماتریکس دانه‌ریز در زمان کم شدن انرژی جریان‌ها در بین ذرات گراول ته‌نشست شده است (Smith, 1974).



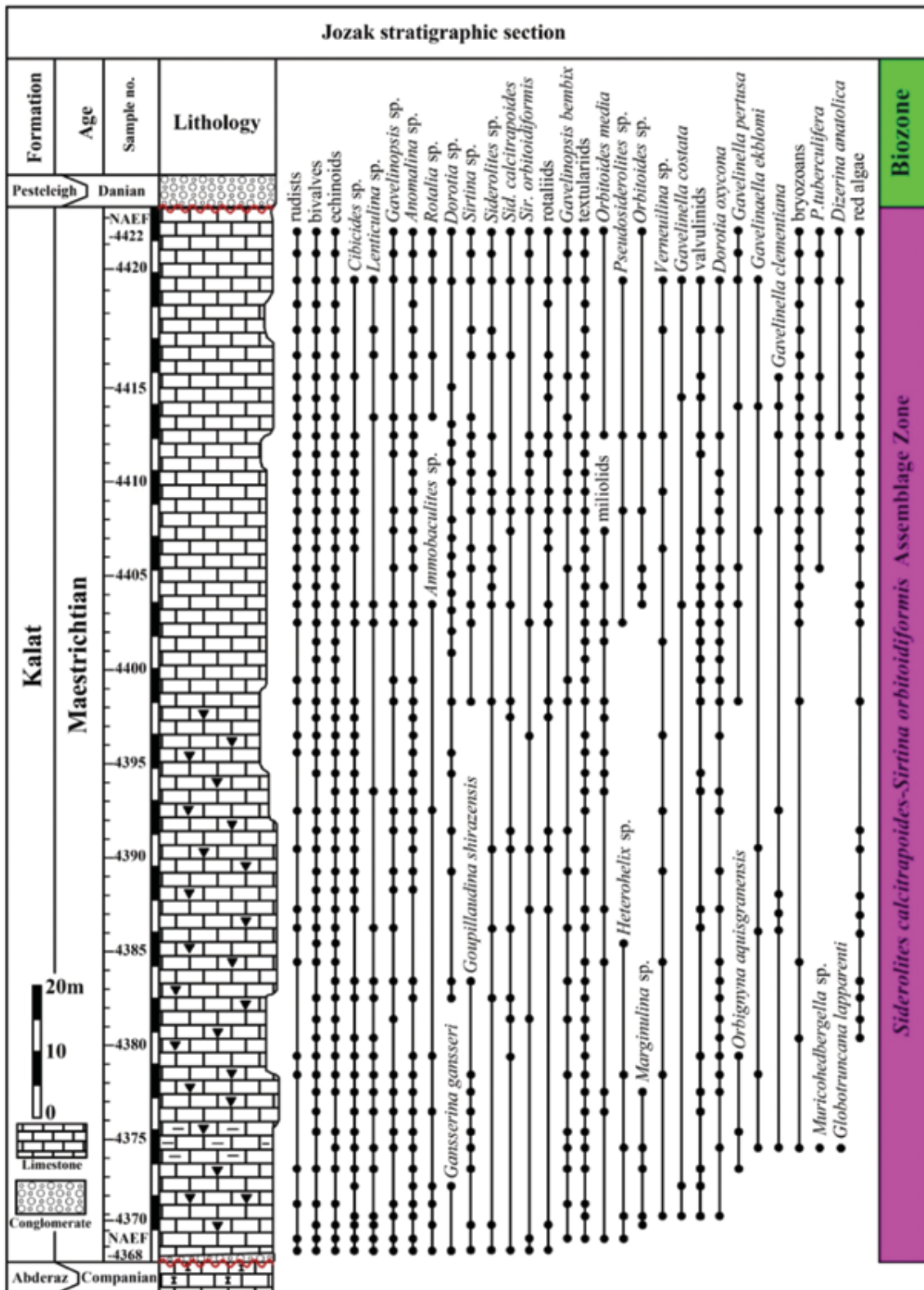
شکل ۲. الف) *Gansserina gansseri*, Axial section (ب) *Rugotruncana subcircumnodifer*, Axial section (پ) *Muricohedbergella* sp., Axial section (ت) *Orbitoides media*, Axial section (ج) *Lepidorbitoides* sp., Axial section (د) *Pararotalia tuberculifera*, Axial section (ز) *Siderolites calcitrapoides*, Axial section



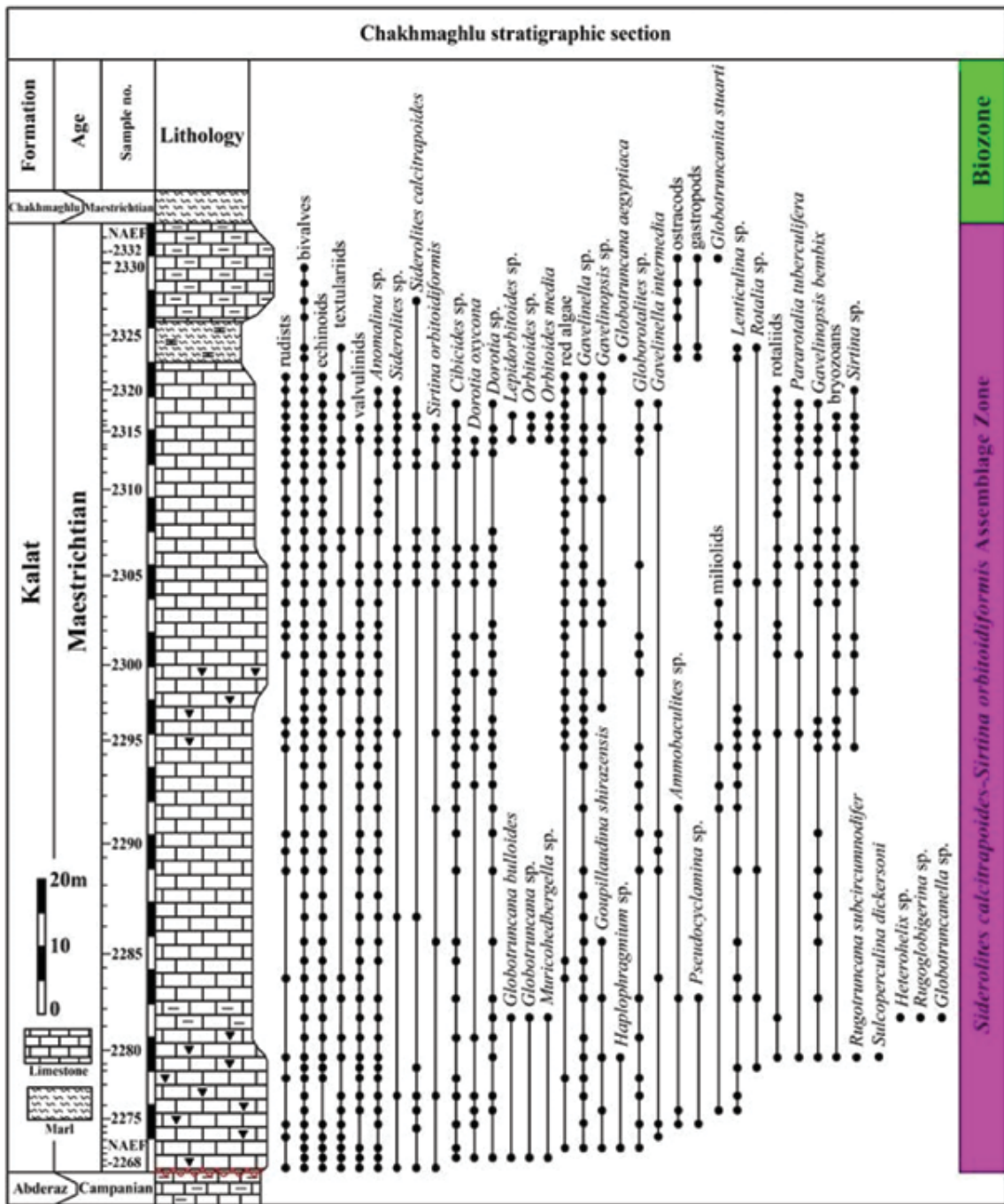
ادامه شکل ۲. الف) *Orbitoides media*, Axial section (ب) *Goupillaudina shirazensis*, پ) *Sirtina orbitoidiformis*, ج-د) *Siderolites calcitrapoides*, Axial section (ه-ز) *Dizerina anatolica*, Axial section (ت) *Gavelinopsis bembix*, Axial section



ادامه شکل ۲. الف) *Sulcoperculina dickersoni*, Axial section (ب) *Gavelinopsis bembix*, Axial section (پ) *Gavelinella* ادامه
آسیب *Gavelinella clementiana*, Axial section (ت) *Gavelinella costata*, Axial section (ج) *Gavelinella pertusa*, Transverse section
آسیب *Gavelinella ekbloimi*, Axial section (ذ) *Verneuilina* sp., Subaxial section (ز) *Lithophyllum* sp., Transverse section



شکل ۳. انتشار چینه‌شناسی فرامینیفرها و زون‌زیستی معرفی شده در برش چینه‌شناسی جوزک



شکل ۴. انتشار چینه‌شناسی فرامینیفرها و زون‌زیستی معرفی شده در برش چینه‌شناسی چخماقلو

رخساره‌های کربناته

کلات در برش چخماقلو شناسائی شد. اجزای اصلی سازنده این رخساره، گاستروپودها و بایوکلاست‌ها در زمینه میکرایتی می‌باشند (شکل ۵ ب). از جمله مهم‌ترین بایوکلاست‌ها می‌توان دوکفه‌ای و استراکود را نام برد. کوارتز و کانی‌های اوپک نیز به مقدار جزئی حضور دارند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره ته‌نشست سیمان اسپاریت در حجرات گاستروپود و میکرایتی شدن بایوکلاست‌ها می‌باشد.

تفسیر: گاستروپودها می‌توانند به فراوانی در محیط‌های بسته با شوری بالا یافت شوند (Scholle and Scholle, 2006). نبود فونای دریای باز و موقعیت چینه‌شناسی این رخساره با رخساره B_1 و B_3 نشان می‌دهد که این رخساره در محیط لاگون محصور، نزدیک به محیط جزر و مدی تشکیل شده است (Wilson and Evans 2002). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۱۹ (RMF19) و کمر بند رخساره‌ای ۸ (FZ8) ویلسون می‌باشد.

رخساره مارن (B_3)

این رخساره فقط در بخش بالایی سازند کلات در برش چخماقلو مشاهده شد. لایه‌های مارن عمدتاً به رنگ خاکستری است و دارای قطعات ژئوپس می‌باشند. قطعات دوکفه‌ای، استراکود، گاستروپود و اندکی فرامینیفر بنتیک به صورت جزئی حضور دارند (شکل ۵ پ). کوارتز و کانی‌های اوپک نیز در این رخساره وجود دارند. نئومورفیسم زمینه رسی-میکرایتی مهم‌ترین ویژگی دیاژنتیکی این رخساره است. تفسیر: حضور قطعات ژئوپس، زمینه رسی دانه‌ریز و نبود فونای دریای باز نشان می‌دهد این رخساره در محیط لاگون محصور کم انرژی ته‌نشست شده است (Flugel, 2010). نبود فونای دریای باز در زمینه رسی نشان‌دهنده این است که محل تشکیل این رخساره محیط کم‌عمق زیر سطح اساس امواج عادی (FWWB) با انرژی کم می‌باشد (Burchette and Wright, 1992).

آنالیزهای رخساره‌ای منجر به تفکیک واحدهای کربناته به ۱۰ رخساره شد که در محیط‌های دریایی تحت شرایط متفاوت انرژی ته‌نشست شده‌اند. این رخساره‌ها با رخساره‌های استاندارد^۱ و کمر بندهای رخساره‌ای^۲ ارائه شده توسط ویلسون (Wilson, 1975) و محیط رسوبی آنها توسط فلوگل (Flugel, 2010) مقایسه شده است. این رخساره‌ها عبارتند از:

رخساره‌های محیط جزر و مدی^۳

رخساره فنسترال وکستون (B_1)

این رخساره فقط در بخش راسی سازند کلات در برش چخماقلو شناسائی شد. ساختارهای فنستریت^۴ یا چشم پرندهای به‌خوبی در این رخساره توسعه‌یافته و توسط سیمان اسپاریت پر شده‌اند (شکل ۵ الف). زمینه این رخساره میکرایتی می‌باشد. دوکفه‌ای، استراکود و گاستروپود به مقدار جزئی در این رخساره حضور دارند. از جمله ساختارهای رسوبی موجود در این رخساره می‌توان به میکروکارستی شدن و لامیناسیون اشاره کرد. ته‌نشست سیمان اسپاریت، دولومیتی شدن جزئی و نئومورفیسم زمینه میکرایتی مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره می‌باشند.

تفسیر: ساختارهای فنستریت در رسوبات محیط جزر و مدی متداول هستند (Flugel, 2010). این ساختارها به علت خروج هوا از رسوبات میکرایتی در طول غرق‌شدگی رسوبات در محیط جزر و مدی ساخته می‌شوند (Ginsburg and Hardie, 1975; Shinn, 1983). نبود فونا، زمینه میکرایتی و توسعه ساختارهای فنستریت نشان می‌دهد این رخساره در محیط جزر و مدی ته‌نشست شده است. دولومیتی شدن نیز احتمالاً مربوط به پدیده دیاژنتز اولیه می‌باشد (Tucker and Wright, 1990). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۳ (RMF23) و کمر بند رخساره‌ای ۹ (FZ9) ویلسون می‌باشد.

رخساره‌های محیط لاگون^۵

رخساره بایوکلاست گاستروپود وکستون (B_2)

این رخساره به صورت جزئی فقط در بخش راسی سازند

1. Standard Microfacies Types
2. Facies Belt
3. Tidal Flat
4. Fenestrate
5. Lagoon

سیمان اسپاریت، دولومیتی شدن جزئی و میکرایتی شدن بایوکلاست‌ها می‌باشد.

تفسیر: بافت‌های گرینستونی مشخصه محیط‌های سدی با انرژی بالا می‌باشند (Wilson, 1975; Harris et al., 1997). حضور سیمان اسپاریت و اجزای سازنده با گردش‌دگی و جورشدگی نسبتاً خوب نشان می‌دهد که این رخساره در یک محیط سدی با انرژی بالا در بالای سطح اساس امواج^۲ تشکیل شده است (Burchette, 1993). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۷ (RMF27) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون می‌باشد.

رخساره بایوکلاست فرامینیفربنتیک گرینستون (B_۶)

این رخساره به صورت جزئی در بخش میانی تا بالایی سازند کلات مشاهده شد. بافت این رخساره دانه پشتیبان است و اجزای اصلی سازنده آن فرامینیفربنتیک با پوسته هیالین مانند سیدرولیتس (*Siderolites*)، اربیتوئیدس (*Orbitoides*)، لپیداربتوئیدس (*Lepidorbitoides*) و سیرتینا (*Sirtina*) می‌باشد (شکل ۵ د). دوکفه‌ای، جلبک قرمز، رودیست و اکتینوئید نیز حضور دارند. کوارتز و گلوکونیت به مقدار اندکی وجود دارند. مهم‌ترین ویژگی دیاژنتیکی این رخساره ته‌نشست سیمان اسپاریت در فضاهای خالی و حجرات فرامینیفربنتیک می‌باشد.

تفسیر: حضور متنوع فرامینیفربنتیک با پوسته هیالین در زمینه اسپاریتی نشان می‌دهد که این رخساره در محیط سدی با انرژی بالا و مرتبط با دریای باز تشکیل شده است (Carannanate et al., 2000). چنین محیط‌هایی جداکننده محیط دریای باز از لاگون می‌باشند (Burchette and Wright, 1992). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۶ (RMF26) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون می‌باشد.

رخساره رودیست گرینستون (B_۷)

این رخساره در بخش میانی تا بالایی سازند کلات شناسائی شد. اجزای اصلی سازنده این رخساره قطعات درشت و فراوان رودیست می‌باشد. دوکفه‌ای، اویستر، جلبک قرمز، اکتینوئید

رخساره بایوکلاست پکستون (B_۴)

این رخساره به صورت جزئی در بخش زیرین سازند کلات شناسائی شد. اجزای اصلی سازنده این رخساره بایوکلاست‌ها در زمینه میکرایتی می‌باشند (شکل ۵ ت). از مهم‌ترین بایوکلاست‌های شناسائی شده می‌توان به ذرات اکتینوئید، دوکفه‌ای و فرامینیفربنتیک اشاره کرد. پلوئید و اینتراکلاست نیز در این رخساره حضور دارند. همچنین کوارتز و کانی‌های اوپک نیز مشاهده شدند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره دولومیتی شدن جزئی و میکرایتی شدن بایوکلاست‌ها می‌باشد.

تفسیر: دانه‌های کوارتز از فرسایش لابه‌های قدیمی‌تر منشا گرفته و احتمالاً به وسیله باد یا جریان‌های آبی از خارج حوضه به محیط دریایی جابجا شده‌اند (Tucker and Wright, 1990; Flugel, 2010). پلوئیدها از اجزای شاخص محیط دریایی لاگون و کم انرژی می‌باشند (Tomasovych, 2004). بایوکلاست‌های میکرایتی شده و حضور فونای دریای باز مانند اکتینوئید نشان می‌دهد که این رخساره در محیط لاگون نیمه محصور تشکیل شده است (Flugel, 2010). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲۰ (RMF20) و کمر بند رخساره‌ای ۷ (FZ7) ویلسون می‌باشد.

رخساره‌های محیط سدی^۱

رخساره بایوکلاست اینتراکلاست گرینستون (B_۳)

این رخساره به صورت گسترده در سراسر سازند کلات شناسائی شد. اجزای اصلی سازنده این رخساره، اینتراکلاست‌ها و بایوکلاست‌ها در زمینه اسپاریتی می‌باشند. این رخساره سازنده اصلی سدهای بایوکلاستی می‌باشد (شکل ۵ ج). اکتینوئید، جلبک‌های قرمز مانند (*Lithophyllum*) و لیتوتامینیوم (*Lithotaminium*)، فرامینیفربنتیک کوچک با پوسته هیالین، رودیست و دوکفه‌ای از مهم‌ترین بایوکلاست‌ها می‌باشند. پلوئید و کوارتز نیز به صورت فرعی حضور دارند. اجزای اصلی دارای گردش‌دگی و جورشدگی نسبتاً خوبی می‌باشند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره ته‌نشین شدن

1. Shoal

2. Fair weather wave base

فرامینیفرهای بنتیک با پوسته هیالین مانند گاولینوپسیس (*Gavelinopsis*) و سیدرولیتس (*Siderolites*) نیز حضور دارند (شکل ۵ ز). کوارتز، کانی‌های اوپک و اینتراکلاست به صورت فرعی مشاهده شدند. نئومورفیسم زمینه میکرایتی و ایجاد سیمان سین تکسیال^۲ در اطراف قطعات اکینوئید مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره می‌باشد.

تفسیر: حضور فراوان قطعات اکینوئید نشان‌دهنده محیط دریای باز می‌باشد (Heckel, 1972). حضور فونای دریای باز مانند اکینوئید و جلبک قرمز به همراه دوکفه‌ای و فرامینیفر بنتیک در بافت پکستونی بیانگر آن است که این رخساره در محیط دریای باز با انرژی متوسط ته‌نشست شده است (Harris et al., 1997). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۷ (RMF7) و کمر بند رخساره‌ای (FZ5) و ویلسون می‌باشد.

رخساره بایوکلاست وکستون کوارتز دار (B_{10})

این رخساره به صورت جزئی فقط در بخش زیرین سازند کلات شناسائی شد. اجزای اصلی سازنده این رخساره اکینوئید، جلبک قرمز، دوکفه‌ای، بریوزوئر و فرامینیفرهای پلانکتونی مانند هتروهللیکس (*Heterohelix*)، موریکوه‌برگلا (*Muricohedbergella*) در زمینه میکرایتی دانه‌ریز می‌باشد (شکل ۵ س). دانه‌های کوارتز در اندازه سیلت و کانی‌های اوپک نیز حضور دارند. مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره پر شدن حجرات فرامینیفرهای پلانکتون توسط اسپاریت، نئومورفیسم زمینه میکرایتی و سیلیسی شدن جزئی می‌باشد.

تفسیر: حضور فونای دریای باز مانند اکینوئید، بریوزوئر و فرامینیفر پلانکتونی در زمینه میکرایتی نشان می‌دهد که این رخساره در محیط دریای باز با انرژی کم تا متوسط تشکیل شده است (Wilson, 1975; Flugel, 2010). حضور گسترده دانه‌های کوارتز بیانگر آن است که این رخساره تحت تاثیر مواد حمل شده از مناطق کم‌عمق تر قرار گرفته است (Scholle and Arthur, 1980; Flugel, 2010). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۲ (RMF2) و کمر بند رخساره‌ای ۵ (FZ5) ویلسون می‌باشد.

و فرامینیفر بنتیک نیز حضور دارند. (شکل ۵ ذ). کوارتز و اینتراکلاست نیز به صورت جزئی وجود دارند. قطعات رودیست و سایر اجزا دارای گردشگی و جورشدگی نسبتاً خوبی می‌باشند. مهم‌ترین ویژگی دیاژنتیکی این رخساره ته‌نشین شدن سیمان اسپاریت در فضا‌های خالی و شکستگی‌ها می‌باشد.

تفسیر: جورشدگی نسبتاً خوب رودیست‌ها، زمینه اسپاریتی 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 معادل با رخساره استاندارد شماره ۳۰ (RMF30) و کمر بند رخساره‌ای ۶ (FZ6) ویلسون می‌باشد.

رخساره‌های محیط دریای باز

رخساره بایوکلاست فرامینیفر بنتیک پکستون دولومیتی شده (B_8)

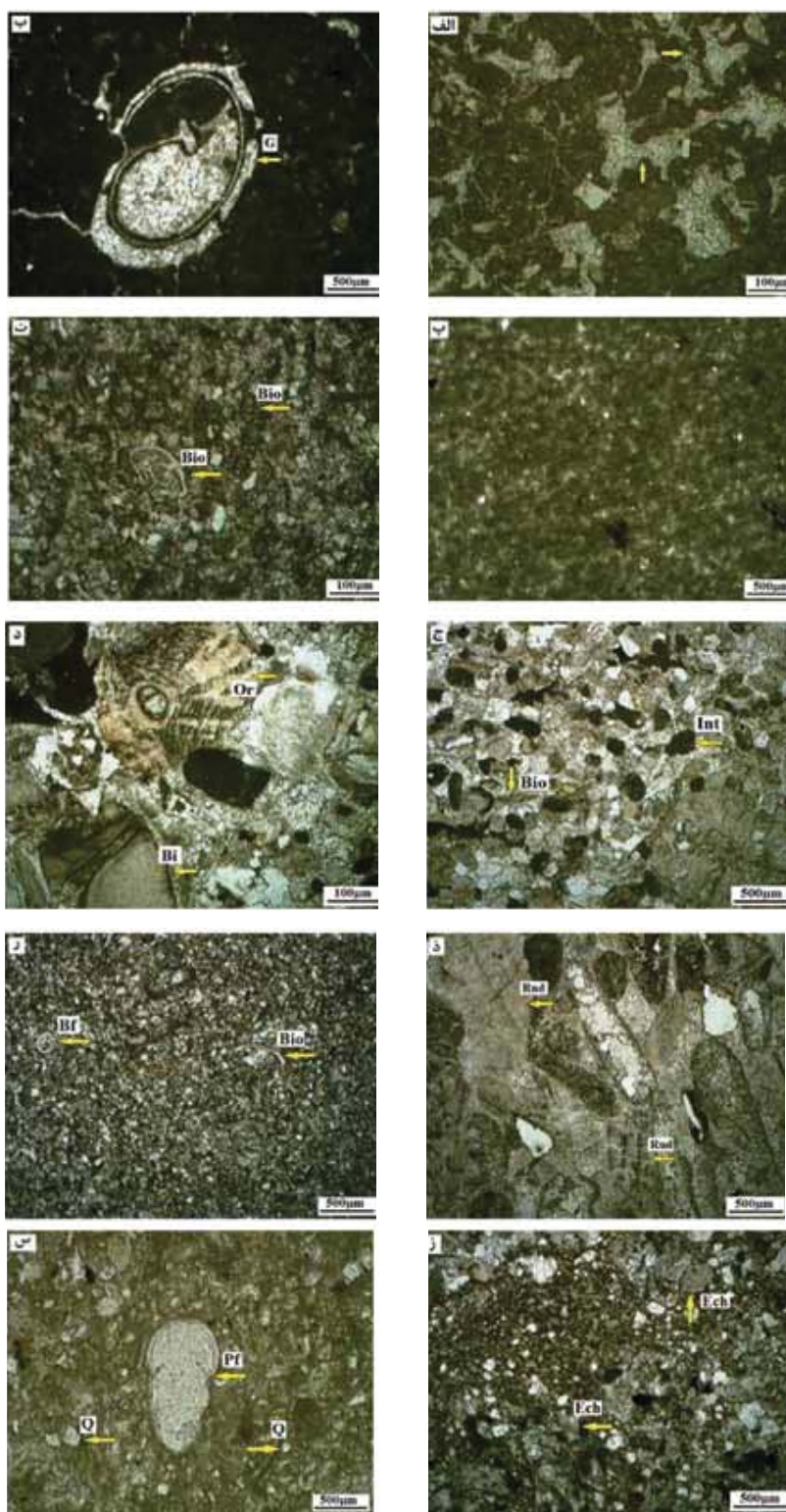
این رخساره به صورت گسترده در بخش زیرین سازند کلات مشاهده شد. اجزای اصلی شامل فرامینیفرهای بنتیک مانند سی بی سایدس (*Cibicides*)، آنومالینا (*Anomalina*)، تکستولارید (*Textulariid*) می‌باشد. (شکل ۵ ر). اکینوئید، دوکفه‌ای، پلوئید، اینتراکلاست، جلبک قرمز، رودیست و کوارتز نیز به صورت فرعی حضور دارند. دولومیتی شدن و نئومورفیسم زمینه میکرایتی از مهم‌ترین ویژگی‌های دیاژنتیکی این رخساره می‌باشد.

تفسیر: بلورهای دانه‌ریز تا متوسط دولومیت مربوط به پدیده دیاژنز ثانویه می‌باشند (Warren, 2000) که در یک روند کم‌عمق شدگی به وجود آمده‌اند (Mutti and Simo, 1994). تنوع نسبتاً خوب فرامینیفرهای بنتیک و حضور فونای دریای باز مانند اکینوئید و جلبک قرمز نشان‌دهنده این است که محیط تشکیل این رخساره ابتدای دریای باز با انرژی متوسط است (Tucker and Wright, 1990; Zhicheng et al., 1997). این رخساره معادل با رخساره استاندارد شماره ۳ (RMF3) و کمر بند رخساره‌ای ۵ (FZ5) ویلسون می‌باشد.

رخساره بایوکلاست اکینوئید پکستون (B_9)

این رخساره به صورت جزئی در بخش میانی سازند کلات مشاهده شد. قطعات اکینوئید سازنده اصلی این رخساره هستند. جلبک قرمز، دوکفه‌ای، رودیست و

1. Open Marine
2. Syntexial cement



شکل ۵. الف) وکستون دارای ساختارهای فنستریت یا چشم چرنده‌ای (B_1)؛ ب) وکستون دارای گاستروپود و بایوکلاست (B_2)؛ پ) مارن (B_3)؛ ت) پکستون دارای بایوکلاست (B_4)؛ ج) گرینستون دارای بایوکلاست و اینتراکلاست (B_5)؛ د) گرینستون دارای بایوکلاست و فرامینیفر بنتیک (B_6)؛ ذ) گرینستون رودیستی (B_7)؛ ر) پکستون دارای فرامینیفر بنتیک و دولومیتی شده (B_8)؛ ز) پکستون دارای اکیئوئید و بایوکلاست (B_9)؛ س) وکستون دارای بایوکلاست و کوارتز (B_{10})؛ علائم اختصاری عبارتند از: Q: کوارتز؛ G: گاستروپود؛ Bf: فرامینیفر بنتیک؛ Pf: فرامینیفر پلانکتون؛ Or: اریئوئیدس؛ Ech: اکیئوئید؛ Bio: بایوکلاست؛ Bi: دوکفه‌ای؛ Rud: رودیست؛ Int: اینتراکلاست

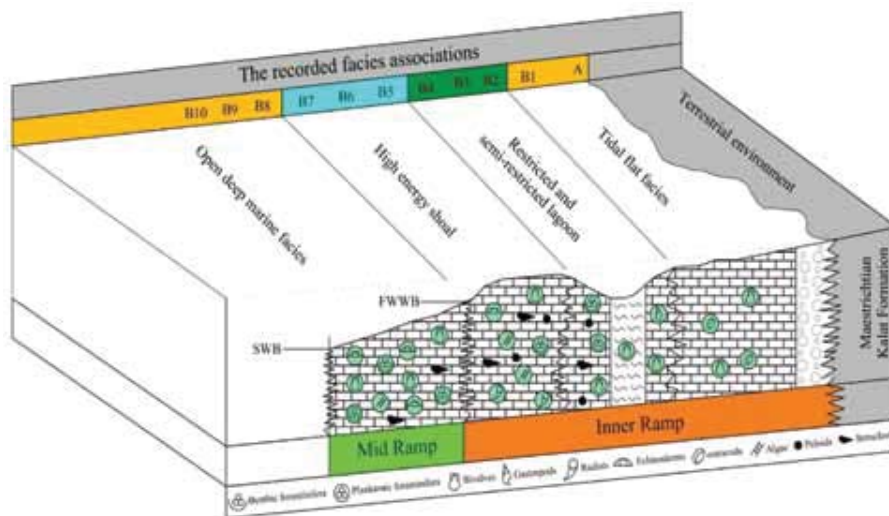
محیط رسوبی

با بررسی ارتباط جانبی و عمودی رخساره‌ها و پراکندگی فونا می‌توان گفت رسوب‌گذاری سازند کلات در برش‌های مورد مطالعه در چهار محیط جزر و مدی، لاگون محصور و نیمه محصور، سد و دریای باز رخ داده است. محیط جزر و مدی توسط رخساره کنگلومرای (A) و رخساره وکستون دارای ساختارهای فنستریت یا چشم پرنده‌ای (B_1) مشخص می‌شود. این ساختارها به علت خروج هوا از رسوبات میکرایتی در طول غرق‌شدگی رسوبات در محیط جزر و مدی تشکیل شده‌اند (Ginsburg and Hardie, 1975; Shinn, 1983). رخساره وکستون دارای گاستروپود (B_2) نشان‌دهنده محیط لاگون محصور نزدیک به محیط جزر و مدی می‌باشد. گاستروپودها می‌توانند به فراوانی در محیط‌های بسته با شوری بالا یافت شوند (Scholle and Scholle, 2006). رخساره مارن (B_3) مربوط به عمیق‌ترین بخش محیط لاگون می‌باشد. با نزدیک شدن به محیط سدی و امکان ارتباط محیط لاگون با دریای باز، رخساره بایوکلاست پکستون (B_4) ته‌نشست شده است. رخساره‌های محیط سدی بسیار متنوع است و شامل رخساره گرینستون دارای بایوکلاست و اینتراکلاست (B_5)، گرینستون دارای بایوکلاست و فرامینیفر بنتیک (B_6) و گرینستون دارای رودیست (B_7) می‌باشند. اکثر اجزای اسکلتی این رخساره‌ها از ارگانسیم‌های دریای باز در مجاورت حاشیه پلاتفرم نشأت گرفته‌اند. وجود سیمان اسپاریتی به همراه قطعات گردشده و جورشده بیانگر آن است که این رخساره‌ها در محیط پر انرژی سدی بالای سطح اساس امواج عادی (FWWB) شکل گرفته‌اند (Burchette, 1993). رخساره پکستون دارای فرامینیفر بنتیک و دولومیتی شده (B_8) در ابتدای محیط دریای باز ته‌نشست شده است. این رخساره در بخش زیرین سازند کلات در یک روند کم‌عمق شونده به سمت بالا تشکیل شده و با ایجاد شرایط مناسب، پدیده دولومیتی شدن نیز در آن رخ داده است. به عقیده موتی و سیمو

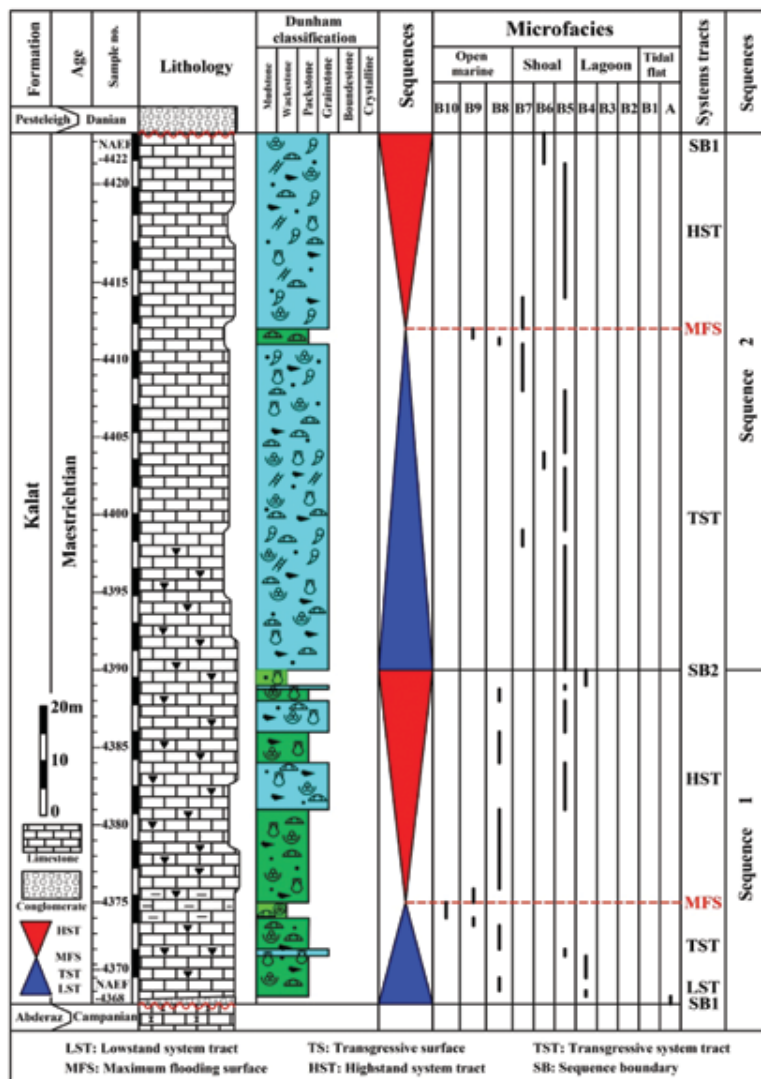
(Mutti and Simo, 1994) چنین دولومیت‌هایی در یک روند کم‌عمق شدگی به وجود می‌آیند. حضور فراوان قطعات اکینوئید در رخساره بایوکلاست اکینوئید پکستون (B_9) نشان‌دهنده محیط دریای باز با انرژی متوسط می‌باشد (Heckel, 1972). با افزایش سطح آب دریا رخساره کوارتز بایوکلاست وکستون (B_{10}) ته‌نشست شده است که وجود فونای دریای باز مانند اکینوئید، بریوزوئر و فرامینیفر پلانکتونی بیانگر آن است که این رخساره مربوط به محیط دریای باز با انرژی کم تا متوسط می‌باشد. تغییرات تدریجی رخساره‌ها، نبود رسوبات حاصل از جریان‌های توربیدیتی مانند رسوبات ریزشی و لغزشی، فقدان ریف‌ها و حضور گسترده سدهای بایوکلاستی نشان می‌دهد که سازند کلات در محیط کربناته رمپ با شیب کم ته‌نشست شده است (Read, 1985; Tucker and Wright, 1990; Burchette and Wright, 1992). اکثر رخساره‌های شناسائی شده شامل رخساره کنگلومرای (A) و رخساره‌های کربناته B_1 تا B_7 در رمپ داخلی و رخساره‌های B_8 تا B_{10} در رمپ میانی ته‌نشست شده‌اند. لازم به ذکر است رخساره‌های رمپ خارجی در برش‌های مورد مطالعه تشخیص داده نشد.

چینه‌نگاری سکاسی

نهشته‌های یک حوضه رسوبی را می‌توان براساس وجود ناپیوستگی‌ها یا پیوستگی‌های هم‌ارز به سکاس‌های رسوبی تفکیک کرد (Van Wagoner et al., 1990). این کار با بررسی تغییرات عمودی رخساره‌ها و شناسائی محیط‌های رسوبی مرتبط با تغییرات نسبی سطح آب دریا انجام می‌گیرد (Emery and Myers, 1996). تغییرات عمودی رخساره‌ها و منحنی مربوط به تغییرات نسبی عمق، نشانگر دو سکاس رسوبی رده سوم در سازند کلات می‌باشد (شکل ۷، ۸).



شکل ۶. مدل رسوبی ارائه شده برای سازند کلات؛ محل قرارگیری سطح اساس امواج عادی (FWWB) و سطح اساس امواج طوفانی (SWB) از بورچت و رایت (Burchette and Wright, 1992) اقتباس شده است

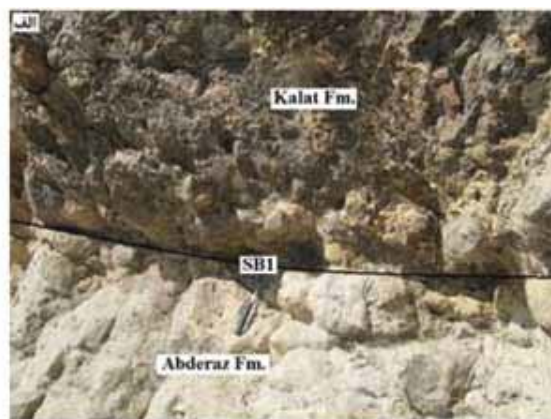


شکل ۷. توزیع عمودی رخساره‌ها و سکانس‌های شناسائی شده در برش چینه‌شناسی جوزک

مرزهای سکانسی

محصور مشخص می‌شود. این مرز به دلیل نبود شواهد خروج از آب، مرز سکانسی نوع دوم (SB2) است. مرز سکانسی سوم در برش جوزک بین سازندهای کلات و پستلیق قرار دارد و به دلیل شواهد خروج از آب و فرسایش گسترده رسوبات، مرز سکانسی نوع اول (SB1) می‌باشد (Vail et al., 1984) (شکل ۹ پ). این مرز در برش چخماقلو بین سازندهای کلات و سازند غیررسمی چخماقلو واقع شده و به دلیل نبود شواهد خروج از آب و فرسایش رسوبات، مرز سکانسی نوع دوم (SB2) در نظر گرفته شد (شکل ۹ ت).

براساس سطوح فرسایشی و روندهای کم‌عمق شوندگی در روند تغییرات عمودی رخساره‌ها، سه مرز سکانسی در برش‌های مورد مطالعه تشخیص داده شد. مرز سکانسی اول بین سازندهای آب دراز و کلات واقع شده است و به علت نبود سازندهای آب تلخ و نیز به صورت ناپیوستگی فرسایشی بوده و مرز سکانسی نوع اول (SB1) است (شکل ۹ الف). رخساره کنگلومرای (A) در بالای این مرز در برش جوزک، شروع مجدد پیشروی سطح آب دریا را نشان می‌دهد (شکل ۹ ب). مرز سکانسی دوم در سازند کلات قرار دارد و توسط رخساره بایوکلست پکستون (B₄) مربوط به محیط لاگون نیمه



شکل ۹. تصاویر صحرایی از مرزهای سکانسی تشخیص داده شده؛ الف) مرز سکانسی نوع اول (SB1) بین سازندهای آب دراز و کلات در برش چخماقلو؛ ب) کنگلومرای قاعده‌ای سازند کلات در بالای مرز سکانسی در برش جوزک؛ پ) مرز سکانسی نوع اول (SB1) بین سازندهای کلات و پستلیق در برش جوزک؛ ت) مرز سکانسی نوع دوم (SB2) بین سازندهای کلات و چخماقلو در برش چخماقلو

سکانس ۱

و بایوکلاست گاستروپود و کستون (B_2) مربوط به لاگون محصور و رخساره فنسترال و کستون (B_1) مربوط به محیط جزر و مدی می‌باشد. این سکانس نیز از لحاظ سنی می‌تواند معادل با سکانس K180 در صفحه عربی باشد (Sharland et al., 2001; Simmons et al., 2007).

با استفاده از تغییرات عمودی رخساره‌ها و شناسایی محیط‌های رسوبی، روند تغییرات سطح آب دریا در برش‌های مورد مطالعه بازسازی و با منحنی‌های تغییرات سطح آب جهانی (Haq et al., 1987; Miller et al., 2005) و منحنی تغییرات سطح آب صفحه عربی (Haq and Al-Qahtani, 2005) مقایسه شده است (شکل ۱۱). مقایسه منحنی‌های رسم شده نشان می‌دهد منحنی تغییرات سطح آب دریا در برش‌های مورد مطالعه هماهنگی قابل توجهی با منحنی‌های تغییرات سطح آب جهانی دارد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات سطح آب دریا در زمان نه‌نشست رسوبات سازند کلات در غرب حوضه کپه داغ به وضوح تحت تاثیر روند تغییرات سطح آب جهانی بوده است.

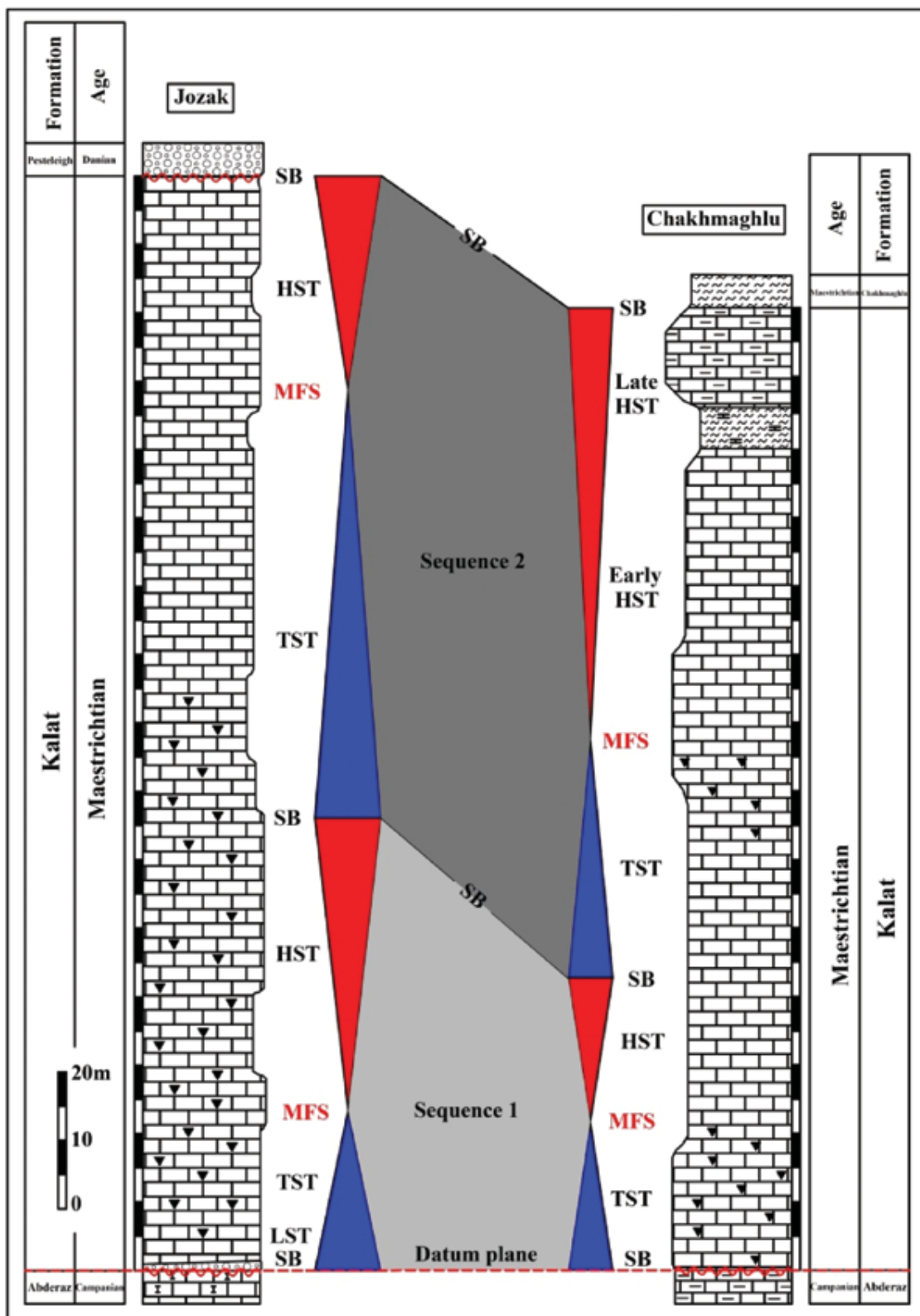
نتیجه‌گیری

رسوبات سازند کلات در دو برش جوزک و چخماقلو در غرب حوضه کپه داغ برداشت و مورد مطالعه قرار گرفته است. ضخامت سازند کلات در برش جوزک ۱۵۸ متر است و لیتولوژی آن عمدتاً شامل سنگ آهک‌های قهوه‌ای تا خاکستری روشن و گاهی کرم رنگ می‌باشد و مرز زیرین و بالایی آن با سازندهای آب دراز و پسته لبق به صورت ناپیوستگی فرسایشی است. ضخامت سازند کلات در برش چخماقلو ۱۳۹ متر است و لیتولوژی آن عمدتاً از سنگ آهک‌های خاکستری تا قهوه‌ای رنگ و مقدار کمی مارن خاکستری روشن تا سفید رنگ تشکیل شده است. مرز زیرین سازند کلات در این برش با سازند آب دراز ناپیوسته و مرز بالایی آن با سازند چخماقلو پیوسته و تدریجی است. سازند چخماقلو یک واحد متشکل از مارن‌های سفید تا کرم رنگ و سنگ آهک‌های سفید تا خاکستری روشن است که از لحاظ فسیلی فقیر می‌باشد و بر اساس موقعیت چینه‌شناسی

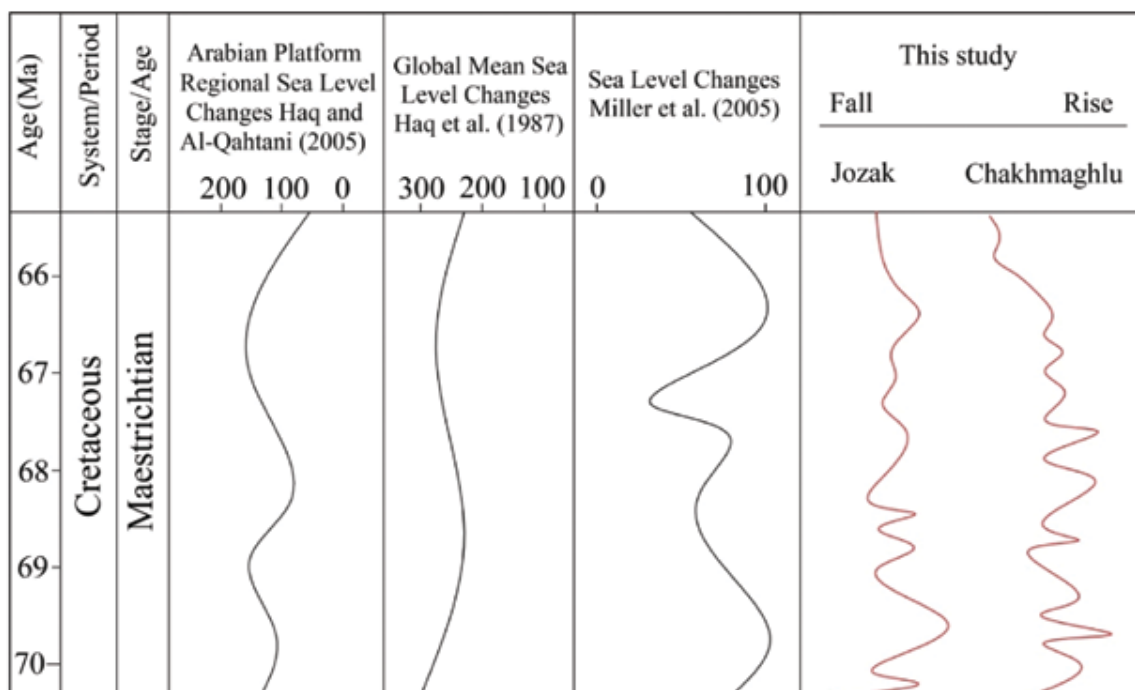
این سکانس در بخش زیرین سازند کلات شناسایی شد و به ترتیب در برش جوزک و چخماقلو ۶۱ و ۴۳ متر ضخامت دارد (شکل ۱۰). رخساره کنگلومرایی (A) به ضخامت چند سانتی‌متر در قاعده سازند کلات در برش جوزک بیانگر دسته رخساره تراز پایین آب دریا (LST) می‌باشد در حالی که این رخساره در برش چخماقلو شناسایی نشد. دسته رخساره تراز پیشروی آب دریا (TST) عمدتاً از رخساره‌های محیط سدی (B_3) و ابتدای دریای باز (B_8) تشکیل شده است. حداکثر پیشروی سطح آب دریا (MFS) توسط رخساره بایوکلاست و کستون (B_{10}) کوآرتزدار مربوط به محیط دریای باز مشخص می‌شود. دسته رسوبی وابسته به سکون و آغاز پسروی دریا (HST) عمدتاً شامل رخساره پکستون دارای فرامینفر بنتیک و دولومیتی شده (B_8) می‌باشد که تحت تاثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته است. مرز بالایی این سکانس توسط رخساره بایوکلاست پکستون (B_4) مربوط به محیط لاگون نیمه محصور مشخص می‌شود. این سکانس از لحاظ سنی می‌تواند معادل با سکانس K180 در صفحه عربی باشد (Sharland et al., 2001; Simmons et al., 2007).

سکانس ۲

این سکانس دربرگیرنده بخش میانی و بالایی سازند کلات می‌باشد و به ترتیب در برش جوزک و چخماقلو ۹۷ و ۹۴ متر ضخامت دارد (شکل ۱۰). رخساره محیط سدی غنی از بایوکلاست و اینتراکلاست (B_3) سازنده اصلی دسته رخساره تراز پیشروی آب دریا (TST) می‌باشد. حداکثر پیشروی سطح آب دریا (MFS) توسط رخساره بایوکلاست اکیونئید پکستون (B_6) مشخص می‌شود. دسته رسوبی وابسته به سکون و آغاز پسروی دریا (HST) در برش جوزک، تجمعی از انواع رخساره‌های محیط سدی غنی از بایوکلاست، رودبست، اینتراکلاست و فرامینفر بنتیک را نشان می‌دهد. این بسته رسوبی در برش چخماقلو به دو بخش پیشین (Early) و پسین (Late) قابل تقسیم است. بخش Early HST از رخساره‌های محیط سدی تشکیل شده است، اما بخش Late HST شامل رخساره مارن (B_3)



شکل ۱۰. تطابق سکانس‌های رسوبی ارائه شده در برش‌های مورد مطالعه؛ سطح مبنا (Datum plane) بین سازندهای آب دراز و کلات قرار داده شده است



شکل ۱۱. مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در برش‌های مورد مطالعه با منحنی تغییرات سطح آب جهانی (Haq et al., 1987; Miller et al., 2005) و منحنی تغییرات سطح آب صفحه عربی (Haq and Al-Qahtani, 2005)

اینتراکلاست، فرامینفر بنتیک و رودیست سازنده اصلی بسته‌های رسوبی وابسته به سکون و آغاز پسروری دریا (HST) هستند. همچنین سه مرز سکاسی شناسائی شد. مرز سکاسی اول بین سازندهای آب دراز و کلات قرار دارد و به دلیل وجود سطح ناپیوستگی، مرز سکاسی نوع اول (SB1) است. مرز سکاسی دوم در سازند کلات واقع شده و به دلیل نبود شواهد خروج از آب، مرز سکاسی نوع دوم (SB2) در نظر گرفته شد. مرز سکاسی سوم در برش جوزک بین سازندهای کلات و پستلیق قرار دارد و به دلیل شواهد خروج از آب و فرسایش گسترده رسوبات، مرز سکاسی نوع اول (SB1) می‌باشد درحالی‌که این مرز در برش چخماقلو بین سازندهای کلات و چخماقلو قرار دارد و به دلیل نبود شواهد خروج از آب، مرز سکاسی نوع دوم (SB2) در نظر گرفته شده است.

منابع

- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳. زمین‌شناسی کپه داغ، انتشارات زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶.
- Afshar-Harb, A., Soheili, M., and Valeh,

سن مائستریشتین برای آن پیشنهاد شده است. مطالعات بایواستراتیگرافی سازند کلات منجر به شناسائی ۳۲ جنس و ۱۵ گونه از فرامینفرهای بنتیک و ۱۱ جنس و شش گونه از فرامینفرهای پلانکتون گردید و بر این اساس یک زون زیستی (*Siderolites calcitrapoides-Sirtina orbitoidiformis*) در سازند کلات شناسایی و معرفی شد. رسوب‌گذاری سازند کلات در چهار محیط جزر و مدی، لاگون محصور و نیمه محصور، سدی و دریای باز در یک محیط کربناته رمپ با شیب کم رخ داده است. مطالعات چینه‌نگاری سکاسی منجر به شناسائی دو سکاس رسوبی شد که از لحاظ سنی معادل با سکاس K180 در صفحه عربی می‌باشند. رخساره کنگلومرای تنها در قاعده سازند کلات در برش جوزک شناسائی و بسته رسوبی پایین‌ترین سطح آب دریا (LST) را تشکیل می‌دهد. بسته‌های رسوبی پیشرونده (TST) عمدتاً از رخساره‌های سدی و ابتدای دریای باز تشکیل شده‌اند. حداکثر پیشروی سطح آب دریا (MFS) توسط رخساره‌های دریای باز غنی از اکیئوئید، جلبک قرمز و فرامینفر پلانکتونیک مشخص می‌شود. رخساره‌های جزر و مدی، لاگون و سدی حاوی بایوکلاست،

- N., 1978. Kurkhud geological map 1/250000. Geological Survey of Iran, 13.
- Afshar-Harb, A., 1994. Geology of the Iranian Kopet-Dagh. Geological Survey of Iran, Tehran, 265 (in Persian).
 - Berberian, M., and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18, 210-265.
 - 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, 57, 1-18.
 - Blair, T. C., and McPherson, J. G., 1994a. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies. Journal of Sedimentary Research, 64, 451-490.
 - Burchette, T.P., and Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. Sedimentary Geology, 79, 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 of Petroleum Geologist Bulletin, 56, 185-200.
 - Carannate, 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, 132, 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, 17 - 86.
 - Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.), Classification of Carbonate Rocks. AAPG Memoir, 1, 108-121.
 - Embry, A.F.I., and Klovan, J.E., 1972. Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. Geology Rundsch, 61, 672-686.
 - Emery, D., and Myers, K.J., 1996. Sequence Stratigraphy. Oxford, United Kingdom, Blackwell, 297.
 - Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hamphill, Austin, Texas, 182.
 - Flugel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Springer, Berlin, 976.
 - Ginsburg, R. N., and Hardie, L. A., 1975. Tidal and storm deposits Northwest-ern Andros Island, Bahamas. In: Ginsburg, R.N., (ed.). Tidal Deposits, 23, 201-208.
 - Haq, B.U., Hardenbol, J., and Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea level since the Triassic. Science, 235, 1156-1166.
 - Haq, B.U., and Al-Qahtani, A.M., 2005. Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. GeoArabia, 10, 127-160.
 - Harris, M.K., Thayer, A.A., and Amidon, M.A., 1997. Sedimentology and depositional environments of Middle Eocene terrigenous-carbonate strata, southeastern Atlantic coastal plain. Sedimentary Geology, 108, 141-161.
 - Heckel, P.H., 1972. Recognition of ancient shallow marine environments. In: Rigby, J.K., and Hamblin, W.K. (eds.), Recognition of ancient sedimentary environments, SEPM Special Publication, 16, 226-286.
 - Hofker, J., 1957. Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland. Amt für Bodenforschung, Hannover, 464.

- Kalantari, A., 1987. Biofacies Map of the Kopet-Dagh Region. National Iranian Oil Company, Exploration and Production Group, Tehran.
- Loeblich, A. R., Jr. and Tappan, H., 1988. Foraminiferal Genera and their Classification. Van Nostrand Rienhold, New York, 970.
- Lyberis, N., Manby, G., Poli, J.T., Kalugin, V., Yousouphocaev, H., and Ashirov, T., 1998. Post Triassic evolution of the southern margin of the Turan plate. *Comptes Rendus Academic Sciences Paris*, 326, 137-143.
- Miller, K.G., Wright, J.D., and Browning, J.V., 2005. Visions of ice sheets in a greenhouse world. *Marine Geology*, 217, 215-231.
- Mutti, M., and Simo, J.A., 1994. Distribution, petrography and geochemistry of dolomite in cyclic shelf facies, Yates formation (Guadalupian), Capitan Reef Complex, USA. *International Association Sedimentologists Special Publications*, 21, 91-107.
- Postuma, J.A., 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier, Amsterdam, 420.
- Read, J., 1985. Carbonate platform facies models. *AAPG Bulletin*, 69, 1-21.
- Robaszynski, F., and Caron, M., 1995. Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. *Bulletin Society Geology, France*, 166, 681-692.
- Robaszynski, F., Caron, M., Gonzales-Donoso, J.M., Wonders, A.A.H. and the European Working Group on Planktonic Foraminifera, 1984. Atlas of Late Cretaceous globotruncanids. *Revista Micropaleontologia*, 26, 145-305.
- Scholle, P.A., and Arthur, M.A., 1980. Carbon isotope fluctuation in Cretaceous pelagic limestone: potential stratigraphic and petroleum exploration tool. *AAPG Bulletin*, 64, 67-87.
- Scholle, P. A., and Scholle Dana, S. U., 2006. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rock: Grain, Texture, Porosity, Diagenesis. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, 549.
- Sharland, 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.
- Shinn, G., 1983. Tidal flat environment. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G., and Moore, C.H., (eds.), *Carbonate Depositional Environments*. AAPG Memoir, 33, 171-210.
- Sliter, W.V., 1972. Upper Cretaceous planktonic foraminiferal zoogeography & ecology-eastern Pacific margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 12, 15-31.
- 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*, 12, 101-130.
- Smith, N. D., 1974. Sedimentology and bar formation in the upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. *Journal of Geology*, 82, 205-223.
- Smith, A. G., Smith, D. G., and Funnel, B. M., 1994. *Atlas of Mesozoic and Cenozoic landmasses*. Cambridge University Press, Cambridge, 99.
- Stocklin, J., 1971. Stratigraphic Lexicon of Iran. Ministry of industry and mines. Geological Survey of Iran, Report Number 18.
- Stocklin, J., 1974. Possible ancient continental margin in Iran. In: Burk, C.A., and Drake, C.L. (eds.), *The Geology of Continental Margins*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 873-887.
- Tomasovych, A., 2004. Microfacies and depositional environment of an Upper Triassic

- intra-platform carbonate basin: the Fatic Unit of West Carpathians (Slovakia). *Facies*, 50, 77-105.
- Tucker, M.E., and Wright, P., 1990. *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 482.
 - 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, 36, 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*, 7, 1-55.
 - Warren, J., 2000. Dolomite: occurrence, evolution and economically important association. *Earth Science Reviews*, 52, 1-81.
 - Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin, 471.
 - Wilson, M. E. J., and Evans, M. E. J., 2002. Sedimentology and diagenesis of Tertiary carbonates on the Mangkalihat Peninsula, Borneo: implications for subsurface reservoir quality. *Marine and Petroleum Geology*, 19, 873-900.
 - Wonders, A. A., 1980. Middle and late Cretaceous planktonic Foraminifera of the western Mediterranean area. *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 24, 1-158.
 - Zhicheng, Z., Willems, H., and Binggao, Z., 1997. Marine Cretaceous-Paleogene biofacies and ichnofacies in southern Tibet, China, and their sedimentary significance. *Marine Micropaleontology*, 32, 3-29.