



ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی توالی کربناته پالتوسن - اتوسن در جنوب شرق بیرجند، شرق ایران

نرگس شکوهی مقدم^{۱*}، غلامرضا میراب شبستری^۲، احمد رضا خزاعی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*پست الکترونیک: Shokuhi_narges@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۳

چکیده

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق بیرجند قرار دارد و شامل واحدهای کربناته پالتوسن - اتوسن می‌باشد. در این تحقیق دو برش چینه شناسی اندازه گیری شده است. برش کلاته شیر که در ۱۶۰ کیلومتری جنوب شرق بیرجند قرار دارد، حدود ۲۵۷ متر ضخامت دارد و عمدتاً شامل سنگ آهکهای نازک تا ضخیم لایه، دولومیت، شیل، کنگلومرا و نیز یک واحد آندزیتی است. برش دیگر نزدیکی روستای کفاز، در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرق بیرجند واقع است و با ۱۶۰ متر ضخامت از سنگ آهکهای نازک تا ضخیم لایه، دولومیت، شیل، ماسه سنگ و مارن تشکیل شده است. بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در منطقه مورد مطالعه، ۱۰ ریز رخساره شناسایی گردید که در قالب چهار کمربند رخساره‌ای شامل دریایی باز، پشته، لاگونی و پهنه جزرومدی در یک پلاتفرم کم عمق کربناته از نوع رمپ نهشته شده است. تغییرات نسبی سطح آب دریا یک چرخه عمیق شونده به سمت بالا را نشان می‌دهد که طی یک دوره پیش‌روی نهشته شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پالتوسن - اتوسن، بیرجند، شرق ایران، ریز رخساره، رمپ کربناته.

مقدمه

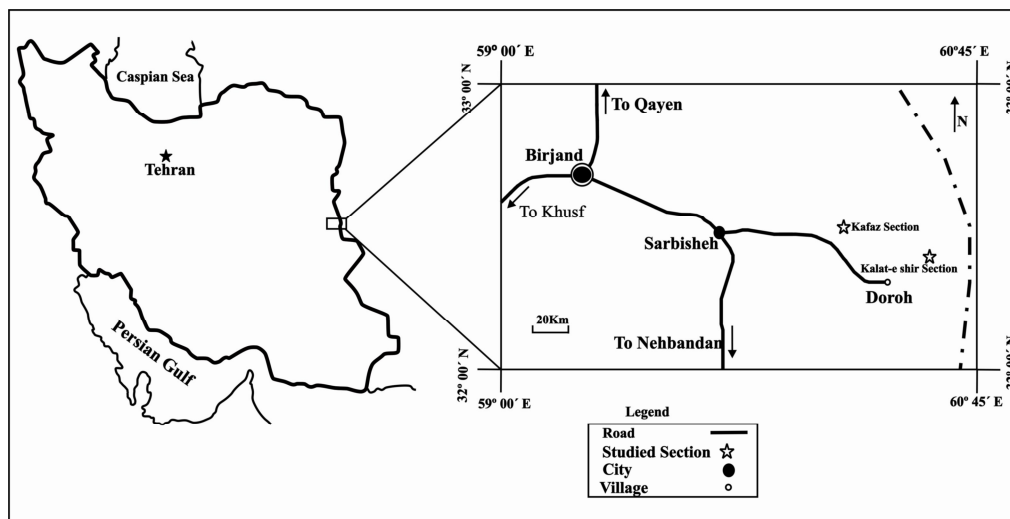
از این رو برای تکمیل مطالعات قبلی و همچنین بررسی محیط رسوبی تشکیل دهنده این رسوبات، انجام مطالعات بیشتر در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. مهمترین اهداف مورد نظر در این پژوهش شامل شناسایی، نام‌گذاری و تفکیک رخساره‌های سنگی بر اساس اختصاصات بافتی و ساختاری، بررسی تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌های سنگی و نیز تعبیر و تفسیر محیط رسوب گذاری و در نهایت ارائه الگوی رسوبی مناسب در منطقه مورد مطالعه است.

توالی رسوبات کربناته پالتوسن - اتوسن در شرق ایران از گستردگی و ضخامت قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و در طول مسافت زیادی قابل ردیابی است. در بسیاری از نقاط، با وجود راههای دسترسی نسبتاً مناسب و رخنمونهای قابل مطالعه، توالیهای مورد نظر از جنبه پتروگرافی و رخساره‌های رسوبی چندان مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار نگرفته و به جز در معدودی از موارد، تنها به مطالعات فسیل شناسی و احياناً تعیین سن توالیهای مذکور اکتفا شده است.

روش مطالعه

پس از شناسایی مقدماتی و بازدیدهای صحرایی، دو برش چینه شناسی کلاته شیر و کفاز که دارای کامل ترین رخنمون و کمترین پوشش گیاهی و گسل خوردگی بودند، جهت برداشت و نمونه برداری انتخاب شده و مطالعه صحرایی دقیق هر یک از رخنمونها انجام گردید. دو برش چینه ای مورد مطالعه، در مجاورت روستاهای کلاته شیر و کفاز، در محدوده جغرافیایی $32^{\circ} 19'$ تا $32^{\circ} 32'$ عرض شمالی و 60° تا $60^{\circ} 34'$ طول شرقی قرار گرفته اند. این دو روستا از روستاهای دهستان درح از بخش مرکزی شهرستان سریشه که از شهرستانهای مرزی استان خراسان جنوبی است، محسوب می شوند. شهر سریشه مرکز این شهرستان، در ۶۵ کیلومتری جنوب شرقی بیرجند و در مسیر راه بیرجند - نهبندان قرار دارد. نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

بر اساس تقسیم بندی آقنابتی (۱۳۸۳) منطقه مورد مطالعه در زون فیلیشی شرق ایران قرار دارد. این زون در حد فاصل دو گسل نهبندان (در غرب) و گسل هریرود (در شرق) واقع شده و شامل انباشته های ضخیم از نهشته های فیلیشی گونه، دارای پی سنگ افیولیتی وابسته به پوسته های اقیانوسی می باشد. در حوضه فیلیشی شرق ایران سنگهای قدیمی تر از کرتاسه رخنمون ندارد. جدا از پوسته های اقیانوسی، رخساره های سنگی بیشتر از نوع شیل و ماسه سنگ های دریایی کرتاسه پسین تا اواخر ائوسن است. نبود رسوبات دریایی جوانتر از ائوسن، به حرکتهای کوه زایی ائوسن - الیگوسن نسبت داده می شود که با رخداد زمین ساختی پیرنه قابل قیاس است. تکاپوهای آتشفشانی کم است، ولی مقداری سنگ آذرین بیرونی از نوع آندزیت با سنگ نهشته های فیلیشی همراه است که رخساره های آتشفشانی - رسوبی را تداعی می کنند (آقنابتی، ۱۳۸۳).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به برشهای کلاته شیر و کفاز (برگرفته از بختیاری، ۱۳۸۴)

اندازه دانه ها صورت گرفته است. نام گذاری سنگهای آهکی در صحرا با استفاده از طبقه بندی گرابو (Grabau, 1904) انجام گرفته است. در ادامه نمونه های برداشت شده، به دقت کد گذاری شده و به آزمایشگاه انتقال داده شده اند. از ۱۷۰ نمونه سنگی برداشت شده ۱۶۰

برشهای مورد مطالعه در دو یال یک ناودیس قرار گرفته اند، به طوری که برش کلاته شیر در یال غربی و برش کفاز در یال شرقی ناودیس مذکور واقع شده اند. برداشت و نمونه برداری در جهت عمود بر امتداد لایه ها، از قدیم به جدید و بر اساس تغییرات مشاهده شده از جنس، رنگ، لایه بندی و

نمونه انتخاب و از آنها برش نازک میکروسکپی تهیه شده و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

به منظور تشخیص و تفکیک رخساره‌ها، کلیه برشهای نازک میکروسکپی، مورد بررسی دقیق سنگ شناسی قرار گرفته‌اند. برای هر یک از نمونه‌های آهکی درصد فراوانی اجزای اسکلتی، غیر اسکلتی و سیلیسی آواری با استفاده از چارتهای مقایسه‌ای فلوگل (Flügel, 2004) و تاکر (Tucker, 2001) تخمین زده شده است. در این مطالعه نام‌گذاری هریک از سنگهای کربناته بر اساس طبقه‌بندی دانهام (Dunham, 1962) و فولک (Folk, 1974) صورت گرفته است. همچنین به منظور تشخیص کلسیت از دولومیت و همچنین کربناته‌های آهن‌دار از فاقد آهن، برشهای نازک میکروسکپی به روش دیکسون (Dickson, 1966) رنگ آمیزی شده‌اند. جهت تشخیص رخساره‌ها و تفسیر محیطهای رسوبی و همچنین ارائه الگوی رسوبی نیز تلفیقی از روش ویلسون (Wilson, 1975) و فلوگل (Flügel, 1984; 2004) به کار گرفته شده است.

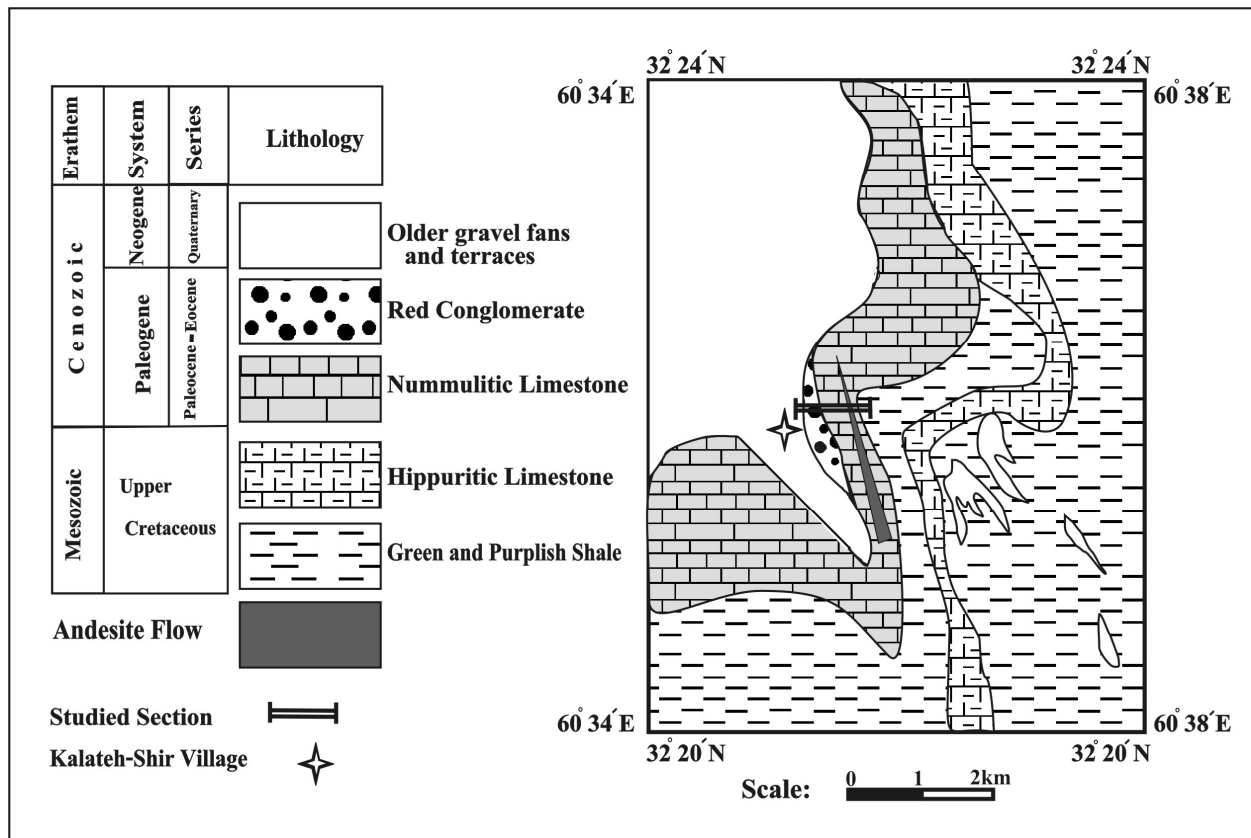
بحث

سنگ چینه نگاری برشهای مورد مطالعه

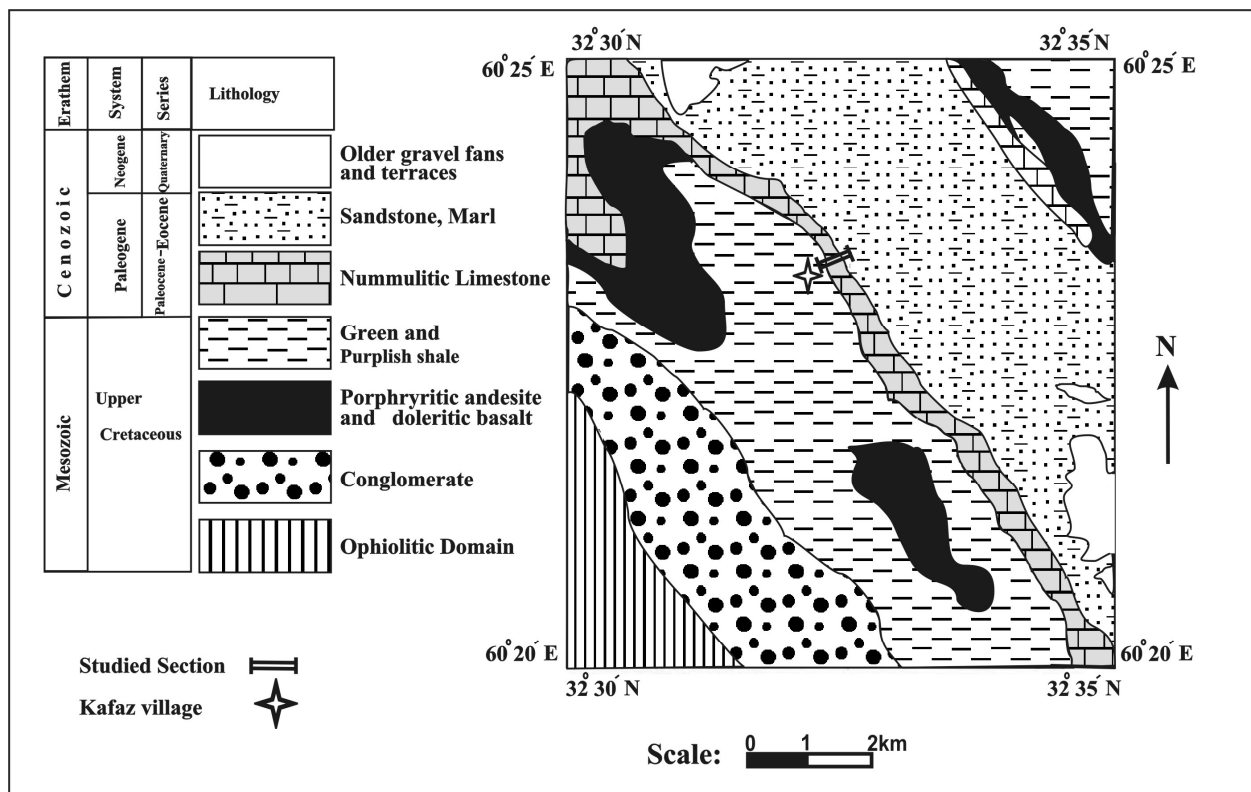
قاعده برش چینه شناسی کلاته شیر با مختصات جغرافیایی $32^{\circ} 19' 57''$ عرض شمالی و $60^{\circ} 34' 55''$ طول شرقی در کوه نمدان (متوسط ارتفاع ۲۱۲۰ متر) در نزدیکی روستای کلاته شیر، در ۱۶۰ کیلومتری جنوب شرقی بیرجند واقع شده است و شامل سنگ آهکهای منسوب به پالتوسن - ائوسن می‌باشد (علوی نائینی، ۱۳۶۰). امتداد متوسط لایه‌ها در این برش چینه نگاری N28W و شیب لایه‌ها در حدود 55SW می‌باشد. مرز زیرین آن به شیل‌های مدادی بنفش رنگ به سن کرتاسه پسین و مرز بالایی آن به آبرفتهای عهد حاضر ختم می‌شود. ضخامت حقیقی برش چینه‌ای کلاته شیر ۲۵۷ متر و

عمدتاً شامل سنگ آهکهای نازک تا ضخیم لایه، دولومیت، شیل، کنگلومرا و نیز یک واحد آندزیتی است. قاعده برش کفاز با مختصات جغرافیایی $32^{\circ} 32' 57''$ عرض شمالی و $60^{\circ} 22' 37''$ طول شرقی در کوه دو شاخ (متوسط ارتفاع ۲۰۸۵ متر) در نزدیکی روستای کفاز در ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرقی بیرجند قرار گرفته است. این برش با ۱۲۵ متر ضخامت شامل سنگ آهکهای منسوب به پالتوسن - ائوسن است. امتداد متوسط لایه‌ها در این برش چینه نگاری N37W و شیب لایه‌ها در حدود 64NE می‌باشد و از سنگ آهکهای نازک تا ضخیم لایه، دولومیت، شیل، ماسه سنگ و مارن تشکیل شده است. مرز زیرین برش کفاز به رسوبات کرتاسه بالایی و مرز بالایی آن به شیل و ماسه سنگهای منسوب به پالتوسن - ائوسن محدود می‌شود (علوی نائینی، ۱۳۶۰).

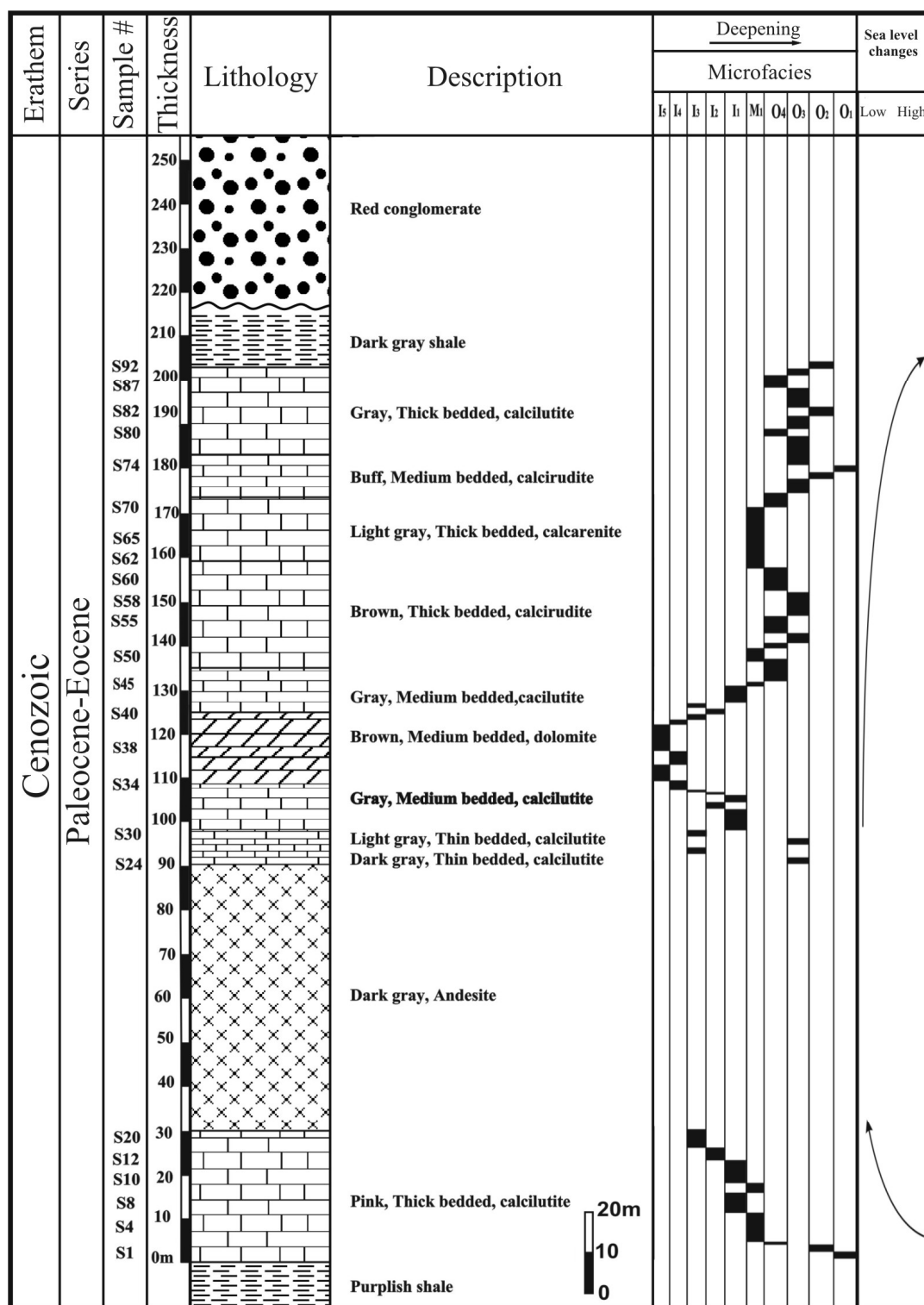
نقشه زمین شناسی منطقه کلاته شیر در شکل ۲ و نقشه زمین شناسی برش کفاز در شکل ۳ نشان داده شده است. ستون سنگ چینه شناسی برش کلاته شیر در شکل ۴ و ستون سنگ چینه شناسی برش کفاز نیز در شکل ۵ نمایش داده شده است. تطابق ستونهای سنگ چینه نگاری برشهای کلاته شیر و کفاز نیز در شکل ۶ ترسیم شده است.



شکل ۲: نقشه زمین شناسی محدوده برش کلاته شیر (بر گرفته از علوی نائینی، ۱۳۵۹؛ ترسیم مجدد با تغییرات)



شکل ۳: نقشه زمین شناسی محدوده برش کفاز (بر گرفته از علوی نائینی، ۱۳۶۰؛ ترسیم مجدد با تغییرات)



Legend

شکل ۴: ستون سنگ چینه نگاری، پراکندگی ریزرخساره‌ها و نوسان نسبی سطح آب دریا در برش کلاته شیر

ریز رخساره آشفتگی زیستی نیز مشاهده شده است (شکل ۷الف).

۲- ریز رخساره O_2 : وکستون حاوی پلوئید (Peloidal Wackestone Microfacies)

اجزای اصلی و عمده این ریز رخساره پلوئید با فراوانی ۱۰ تا ۲۰ درصد است. از دیگر اجزای تشکیل دهنده می‌توان به روزن‌داران پلاژیک، خرده‌های دوکفه‌ای، بریوزوئر و قطعات خارپوست اشاره کرد که در زمینه‌ای میکرایتی شناورند (شکل ۷ب).

۳- ریز رخساره O_3 : وکستون رسی حاوی ارتوفراگمینید (Orthophragminid Argillaceous Wackestone Microfacies)

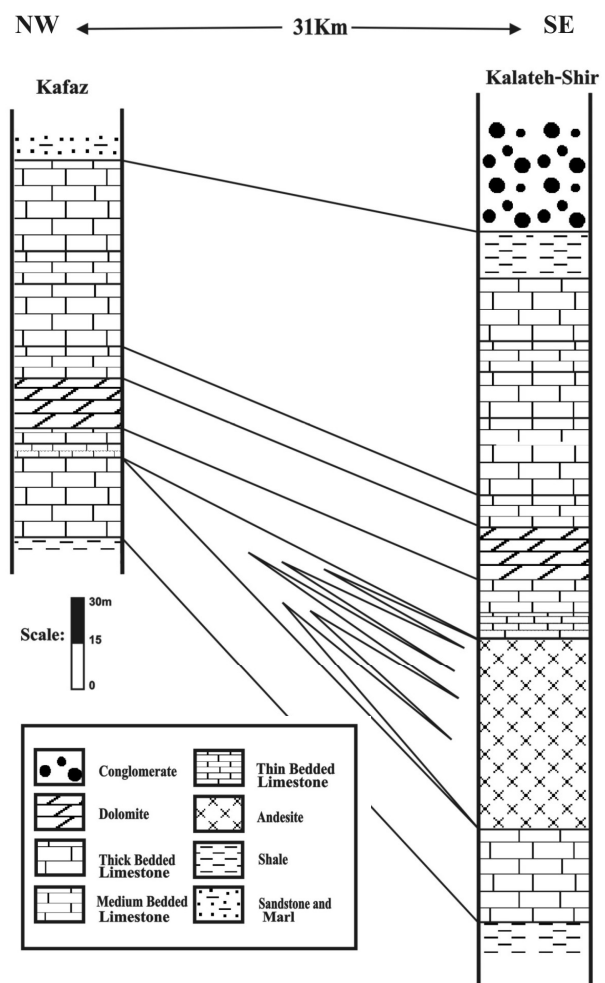
مهمترین اجزای مشاهده شده در این ریز رخساره، روزن‌داران بنتیک از نوع اورتوفراگمینید با فراوانی حداکثر ۲۰ درصد می‌باشند که به همراه ۳ تا ۵ درصد روزن‌داران پلاژیک در زمینه‌ای میکرایتی حاوی ۵ تا ۱۰ درصد ذرات آواری دانه ریز در حد رس پراکنده‌اند (شکل ۷پ).

۴- ریز رخساره O_4 : پکستون / وکستون جلبکی (Algal Packstone/Wackestone Microfacies)

این رخساره عمدتاً از قطعات سالم تا خرد شده جلبک قرمز با فراوانی ۳۰ تا ۳۵ درصد به همراه ۱۵ تا ۲۰ درصد بریوزوئر و قطعات خارپوست تشکیل شده است. از اجزای فرعی موجود در این ریز رخساره روزن‌داران پلاژیک با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد، روزن‌داران بنتیک بزرگ منفذدار از جمله *Discocyclus* با فراوانی حداکثر ۱۰ درصد، روزن‌داران بنتیک ریز با فراوانی ۲ تا ۵ درصد، اینتراکلیست با فراوانی ۳ تا ۵ درصد و پلوئید با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد است که در زمینه‌ای میکرایتی قرار گرفته‌اند (شکل ۷ت).

۵- ریز رخساره M_1 : پکستون / گرینستون حاوی خرده اسکلتی (Bioclastic Packstone/Grainstone Microfacies)

مهمترین اجزای اسکلتی مشاهده شده در این ریز رخساره قطعات سالم و خرد شده جلبک قرمز با فراوانی ۲۰ تا ۳۰ درصد، روزن‌داران بنتیک بزرگ منفذدار با دیواره هیالین از



شکل ۶: تطابق سنگ چینه نگاری برشهای کلاته شیر و کفاز

معرفی ریز رخساره‌ها

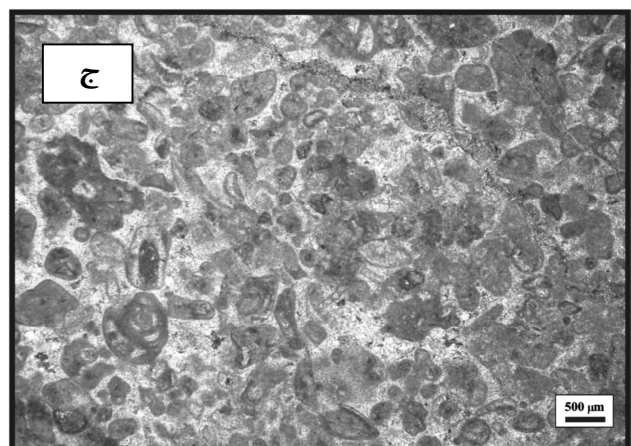
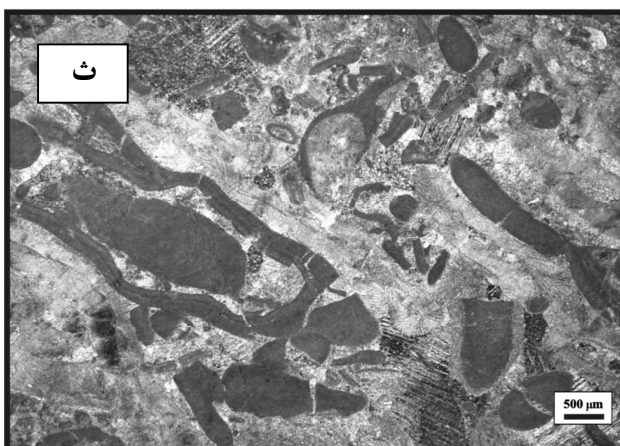
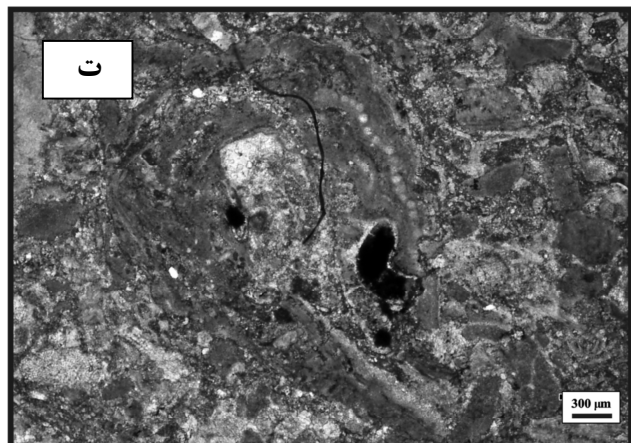
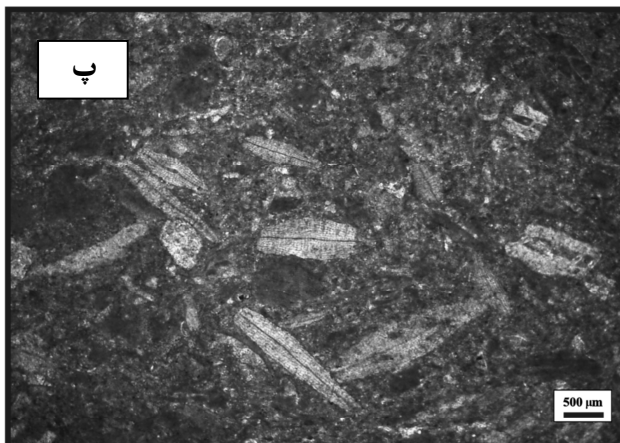
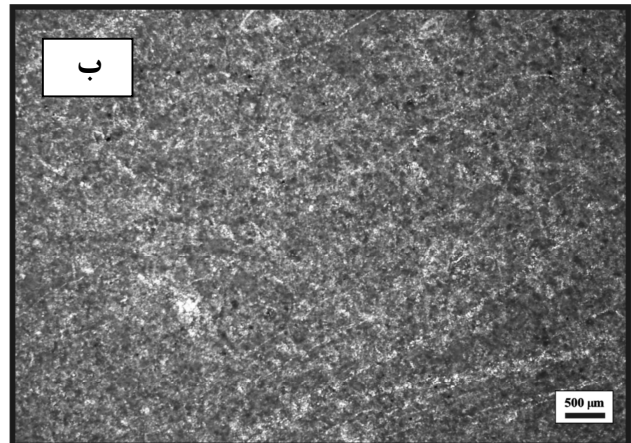
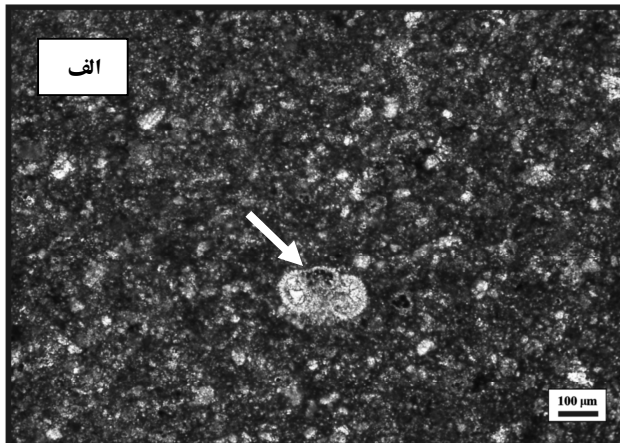
با توجه به کمیت و نوع اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی تشکیل دهنده سنگهای مورد مطالعه، ۱۰ ریز رخساره شناسایی گردید که از سمت دریا به طرف ساحل عبارتند از:

۱- ریز رخساره O_1 : مادستون حاوی روزن‌داران پلاژیک (Pelagic Foraminiferal Mudstone Microfacies)

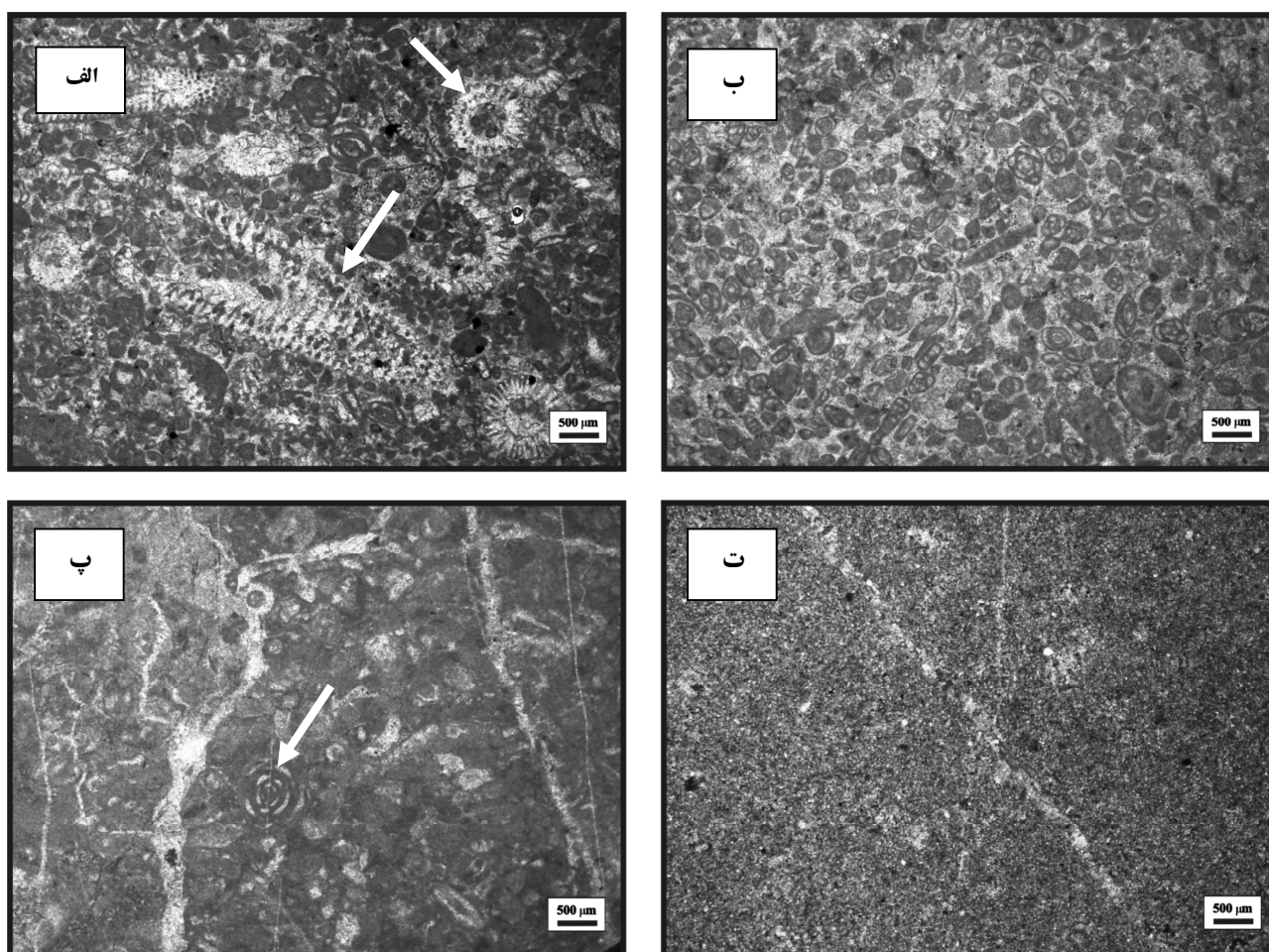
مهمترین جزء تشکیل دهنده این ریز رخساره را روزن‌داران پلاژیک تشکیل می‌دهند که به همراه مقدار بسیار کمی قطعات خارپوست، رادیولر و همچنین دانه‌های غیر اسکلتی مثل پلوئید با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد، در زمینه میکرایتی دیده می‌شوند. میانگین درصد زمینه میکرایتی در این ریز رخساره بیش از ۹۰ درصد است. در بعضی برشهای این

(*Disticoplax*)، میلیولیده و اجزای غیر اسکلتی مانند اینتراکست (۵ تا ۱۰ درصد) و پلوئید (۳ تا ۵ درصد) که در زمینه‌ای از سیمان کلسیت اسپاری قرار گرفته‌اند، اشاره کرد (شکل ۷ث).

قبیل *Operculina*، *Nummulites* و *Assilina* با فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌باشند. از دیگر اجزای تشکیل دهنده این ریز رخساره می‌توان به قطعات خارداران و بریوزوئر با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد و نیز مقادیر کمی جلبک سبز



شکل ۷: تصاویر برگزیده میکروسکوپی از ریز رخساره‌های برشهای کلاته شیر و کفاز، (الف) مادستون حاوی روزن‌دار پلاژیک؛ (ب) وکستون حاوی پلوئید؛ (پ) وکستون رسی حاوی خرده اسکلتی؛ (ت) پکستون/وکستون جلبکی، (ث) پکستون/گرینستون حاوی خرده اسکلتی؛ (ج) وکستون/پکستون حاوی خرده اسکلتی و اینتراکست.



شکل ۸: تصاویر میکروسکوپی برگزیده از ریزرخساره‌های برشهای کلاته شیر و کفاز، الف) وکستون/پکستون حاوی جلبک داسی‌کلاداسه‌آ؛ ب) وکستون/پکستون حاوی میلیولید؛ پ) وکستون/مادستون حاوی خرده اسکلتی؛ ت) مادستون دولومیتی شده

۷- ریز رخساره I₂: وکستون/ پکستون حاوی جلبک داسی‌کلاداسه‌آ (Dasycladacean Wackestone/Packstone Microfacies):

اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریز رخساره شامل: قطعات خرد شده و سالم جلبک سبز داسی‌کلاداسه‌آ با فراوانی ۲۰ تا ۳۰ درصد، میلیولید با فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد، به همراه پلوئید با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشد که در زمینه‌ای از سیمان اسپاری پراکنده شده‌اند (شکل ۸الف).

۸- ریز رخساره I₃: وکستون/ پکستون حاوی میلیولید (Miliolid Wackestone/Packstone Microfacies):

مهمترین جزء تشکیل دهنده این ریز رخساره میلیولیده‌ها با فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد است که به همراه ۱۰ تا ۱۵ درصد

۶- ریز رخساره I₁: وکستون/پکستون حاوی خرده اسکلتی و اینتراکلت (Bioclastic Intraclastic Wackestone/Packstone Microfacies):

مهمترین اجزای مشاهده شده در این ریز رخساره اینتراکلتها با فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد به همراه ۱۰ تا ۱۵ درصد میلیولید می‌باشند. از دیگر اجزای موجود در این ریز رخساره، می‌توان به جلبک سبز (۵ تا ۱۰ درصد)، بریوزوئر و قطعات خارپوست اشاره کرد که به همراه سایر اجزای غیراسکلتی مانند پلوئید با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد، در زمینه - ای از سیمان کلسیت اسپاری به همراه ۱۰ تا ۱۵ درصد میکرایت قرار گرفته‌اند (شکل ۷ج).

کمربند رخساره‌ای دریای باز

ریز رخساره‌های مادستون حاوی روزن‌داران پلاژییک (O_1)، و کستون پلوئیددار (O_2)، و کستون رسی حاوی خرده اسکلتی (O_3) و پکستون/ و کستون جلبکی (O_4) در این کمربند رخساره‌ای قرار می‌گیرند. با توجه به فراوانی زمینه میکرایتی، تمام ریز رخساره‌های مذکور در زیر سطح اثر امواج و در محیطی آرام با انرژی پایین که رسوب‌گذاری عمدتاً به شکل ته نشست رسوبات ریز دانه مانند رسها و گل‌های کربناته صورت می‌گیرد، نهشته شده‌اند (Irwin, 1965).

به دلیل حضور روزن‌داران پلاژییک و نیز فراوانی زمینه میکرایتی در ریز رخساره‌های (O_1) و (O_2)، به نظر می‌رسد که این ریز رخساره‌ها در بخش‌های نسبتاً عمیق حوضه نهشته شده‌اند (Wilson, 1975).

حضور فراوان روزن‌داران بنتیک بزرگ جثه در ریز رخساره‌های و کستون رسی حاوی ارتوفراگمینید (O_3) و جلبک‌های قرمز در ریز رخساره پکستون/ و کستون جلبکی (O_4) مؤید زیر محیط دریای باز است. زیرا این موجودات در شرایط با درجه شوری عادی دریایی قادر به زندگی می‌باشند (Wilson, 1975; Tucker & Wright, 1990; Geel, 2000; Flügel, 2004).

کمربند رخساره‌ای پشته کربناته

ریز رخساره پکستون/ گرینستون حاوی خرده اسکلتی (M_1) تنها ریز رخساره این کمربند رخساره‌ای است. وجود مقادیر بالای سیمان کلسیت اسپاری و نیز کم بودن میکرایت در این ریز رخساره نشان دهنده تشکیل آنها در محیطی پر انرژی که بالاتر از سطح اثر امواج قرار دارد، می‌باشد (Irwin, 1965). این انرژی زیاد محیط، به شسته شدن میکرایت و پر شدن فضای بین دانه‌ها توسط سیمان کلسیت اسپاری منجر گردیده است. این ریز رخساره به علت دارا بودن

بریوزوئر، ۵ تا ۱۰ درصد خارپوست و ۵ تا ۱۰ درصد روتالیده و نیز اجزای غیراسکلتی از قبیل پلوئید با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد و اینتراکلسیت با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد، در زمینه‌ای از سیمان اسپاری دارای ۱۰ تا ۱۵ درصد میکرایت قرار دارند (شکل ۸ب).

۹- ریز رخساره I_4 : وکستون/مادستون حاوی خرده اسکلتی (Bioclastic Wackestone/Mudstone Microfacies)

مهمترین جزء تشکیل دهنده این ریز رخساره میلیولیده با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد است که به همراه مجموعاً ۵ تا ۱۰ درصد جلبک سبز، آلوئولینیده، روزن‌داران بنتیک ریز با دیواره تیره مانند تکستولاریده، *Orbitolites*، *Litunella*، پوسته‌های نازک استراکودا، شکم پایان و نیز اجزای غیراسکلتی مانند پلوئید (۱۰ تا ۱۵ درصد)، در زمینه‌ای میکرایتی شناورند (شکل ۸پ).

۱۰- ریز رخساره I_5 : رخساره مادستون دولومیتی شده (Dolomitized Mudstone Microfacies)

این ریز رخساره عمدتاً از میکرایت تشکیل شده است. از ویژگی‌های این ریز رخساره می‌توان به فقدان بقایای زیستی، وجود فابریک فسترال و نیز گسترش فرآیند دولومیتی شدن اشاره کرد (شکل ۸ت).

تفسیر ریز رخساره‌ها و محیط رسوب‌گذاری

بر اساس شناسایی و تفکیک ریز رخساره‌های موجود در برش‌های کلاته شیر و کفاز و با توجه به کمیت و نوع اجزای اسکلتی و غیراسکلتی آنها و نیز با بررسی تغییرات عمودی اجزا (نوع و اندازه) در توالی مورد مطالعه، محیط رسوب‌گذاری و شرایط تشکیل آنها تفسیر شده است. ریز رخساره‌های شناسایی شده بر اساس تقسیم‌بندی فلوگل (Flügel, 2004) در قالب چهار کمربند رخساره‌ای که به ترتیب از عمیق به کم عمق شامل دریای باز، پشته کربناته، لاگون و پهنه جزرومدی می‌باشند، در ارتباط و پیوستگی با هم قرار دارند.

روزن‌داران بتیک بزرگ جثه منفذ دار با دیواره هیالین (که مربوط به زیر محیط دریای باز با شوری عادی‌اند) و نیز حضور جلبک قرمز، بریوزوئر و خارداران در مجاورت دریای باز نهشته شده است (Wilson, 1975; Hollock & Glenn, 1986; Geel, 2000; Racey, 2001).

با توجه به شواهد مذکور و مقایسه آن با الگوی ارائه شده (Flügel, 2004)، زیر محیط پشته کربناته (Carbonate Shoal) برای این کمر بند رخساره‌ای پیشنهاد می‌شود. البته شایان ذکر است که با توجه به تغییرات تدریجی فسیل‌ها و نیز وجود فسیل‌های شاخص دریای باز در کنار فسیل‌های خاص زیر محیط لاگون، به نظر می‌رسد که در زمان تشکیل این رسوبات، سد توسعه یافته‌ای که بتواند باعث جدایش کامل دریای باز از لاگون شود وجود نداشته است.

کمر بند رخساره‌ای لاگون

ریز رخساره‌های وکستون/پکستون حاوی خرده اسکلتی و اینتراکلت (I₁)، وکستون/پکستون حاوی جلبک داسی کلا داسه آ (I₂)، وکستون/پکستون حاوی میلیولید (I₃) و وکستون/مادستون حاوی خرده اسکلتی (I₄) در این کمر بند رخساره‌ای قرار دارند.

با توجه به وجود فسیلهایی مانند بریوزوئر و خارداران که می‌توانند در شرایط دریای باز زندگی کنند (Wilson, 1975) و فراوانی سیمان کلسیت اسپاری در ریز رخساره‌های وکستون/پکستون حاوی اینتراکلت و خرده اسکلتی (I₁)، وجود مقادیر بالای جلبک سبز (که نشانگر آبهای کم عمق و منطقه نفوذ نور است) در ریز رخساره وکستون/پکستون حاوی جلبک داسی کلا داسه آ (I₂)، به نظر می‌رسد این ریز رخساره‌ها در محیطی با چرخش آزاد آب دریا (Flügel, 2004) نهشته شده‌اند.

در ریز رخساره وکستون/پکستون حاوی میلیولید (I₃)، وجود میلیولیده حاکی از چرخش محدود آب دریا بوده و در یک

محیط نسبتاً کم انرژی‌تر تشکیل شده و نشانگر آبهای کم عمق و با درجه شوری سبب تا هایپرسالین می‌باشد (Wilson, 1975; Geel, 2000). وجود مقادیر بالای میکرایت در ریز رخساره‌های وکستون/مادستون حاوی خرده اسکلتی (I₄) نیز از ویژگیهای این ریز رخساره است. براساس الگوی Irwin (1965)، این ریز رخساره در یک محیط کم انرژی و پایین‌تر از سطح اثر امواج تشکیل شده است. همچنین، حضور روزن‌داران بتیک با پوسته پورسلانوز (میلیولیده و آلئولینه) و آگلوتینه (*Litunella*) نشانه محیط آرام و با چرخش محدود آب بوده (Hottinger, 1997; Racey, 2001) و مؤید تشکیل این ریز رخساره در یک محیط کم عمق با انرژی پایین است.

بنابراین با در نظر گرفتن بافت و نوع اجزای موجود در این ریز رخساره‌ها، زیر محیط لاگون برای این کمر بند پیشنهاد می‌شود. البته با توجه به حضور ریز رخساره‌های I₁ و I₂، به نظر می‌رسد که این زیر محیط با دریای باز ارتباط داشته است.

کمر بند رخساره‌ای پهنه جزرومدی

مادستون آهکی دولومیتی شده (I₅) تنها ریز رخساره این کمر بند رخساره‌ای است که عمدتاً از میکرایت تشکیل شده است. فرآیند دولومیتی شدن در بسیاری از نمونه‌ها مشهود است. وجود دولومیت‌های بسیار ریز بلور تا ریز بلور به همراه فابریک فنسترال که مبین شرایط خروج از آب است، نشان دهنده تشکیل این دولومیت‌ها در شرایط نزدیک سطح زمین و طی مراحل اولیه دیاژنز در محیط‌های جزرومدی است. این دولومیت‌ها احتمالاً همزمان با رسوب گذاری و یا در مراحل اولیه دیاژنز بر اثر جانشینی آهک اولیه بلافاصله پس از رسوب گذاری تشکیل شده‌اند (Greeg & Shelton, 1990; Adabi, 1996).

فقدان بقایای زیستی حاکی از نامناسب بودن شرایط محیطی است (Wilson, 1975; Flügel, 2004). به طور کلی عقیده براین است که مادستونهای آهکی تا دولومیتی در قسمت داخلی پهنه‌های گلی جزرومدی تشکیل می‌شوند (Warren, 2000). فراوانی زمینه میکرایتی و نیز پایین بودن میزان اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی، بر انرژی بسیار پایین محیط تشکیل این ریز رخساره دلالت می‌کند.

مشابه این رسوبات در زاگرس (Adabi *et al.*, 2008) و نیز در حوضه کپه داغ (سازند مزدوران) (Adabi, 2009) مشاهده شده است که به محیطهای پهنه جزرومدی منسوب شده‌اند.

تغییرات جانبی رخساره‌ای و الگوی رسوب‌گذاری

از آن جایی که توالیهای رخساره‌ای کربناته، به طور کلی حاصل تغییرات محیطی در طی زمان هستند (Tucker & Wright, 1990)، پس می‌توان با شناسایی ریزرخساره‌ها و شرایط تشکیل آنها، محیط رسوب‌گذاری را تفسیر و الگویی برای ته نشست این رسوبات ارائه نمود.

کمربندهای رخساره‌ای دریای باز، پشته کربناته، لاگون و پهنه جزرومدی بر اساس ریز رخساره‌های توصیف شده، در یک پلاتفرم کربناته کم عمق جای می‌گیرند. مقایسه نحوه توزیع روزن‌داران بنتیک بزرگ جثه مشاهده شده در رسوبات منطقه مورد مطالعه با الگوی ارائه شده توسط Beavington-Penney *et al.*, (2006) حاکی از تغییرات تدریجی افزایش عمق از ساحل به سمت مناطق عمیق‌تر حوضه در این پلاتفرم کربناته است.

بررسی تغییرات عمودی ریز رخساره‌ها حاکی از فقدان رسوبات دوباره نهشته شده و علایم ناشی از تغییر شیب ناگهانی مانند توربیدایتها نشان دهنده شیب ملایم این پلاتفرم کربناته است (Burchette & Wright, 1992).

نبود رخساره‌های مربوط به ریفهای سدی دلالت بر تشکیل این رسوبات کربناته در یک پلاتفرم کربناته نوع رمپ می‌کند، زیرا گسترش محدود ریفها از ویژگیهای رمپ محسوب می‌شود (Einsele, 2000).

بنابراین، ضمن در نظر گرفتن تغییرات جانبی و عمودی ریزرخساره‌های شناسایی شده و نیز قانون والتر (Middleton, 1873)، همچنین تعاریف ارائه شده برای انواع پلاتفرمهای کربناته (Read, 1985; Wright & Burchette 1996; Burchette & Wright 1998; Insalaco *et al.*, 2003; Pomar, 2001; Kiessling *et al.*, 2000) و سرانجام طبقه بندی و مقایسه این ریزرخساره‌ها با الگوهای معرفی شده (Wilson, 1975; Buxton & Pedley, 1989; Flügel, 2004) و محیطهای عهد حاضر

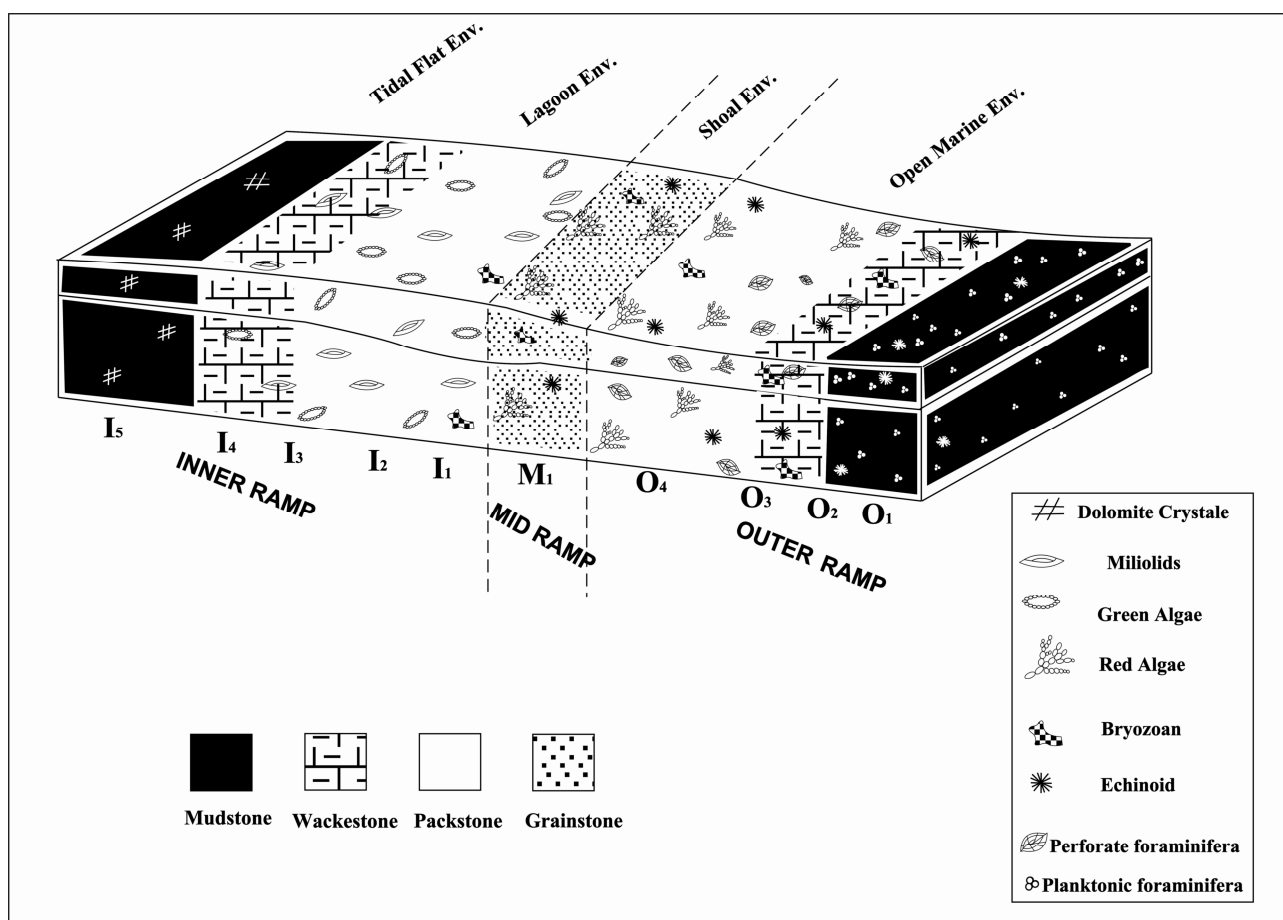
(Racey *et al.*, 2001; Beavington-Penney *et al.*, 2006) الگوی رسوبی پیشنهادی در برشهای کلاته شیر و کفاز، یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ است که با شیبی ملایم، بدون شکست مشخصی در دامنه، منطقه کم عمق ساحلی را به نواحی عمیقتر دریای باز متصل می‌کرده است. با توجه به شواهد ذکر شده و مقایسه آن با الگوی ارائه شده توسط Flügel (2004)، به نظر می‌رسد کمربند رخساره‌ای دریای باز در محدوده رمپ بیرونی، کمربند پشته کربناته در منطقه رمپ میانی، کمربند لاگون در قسمتهای باز رمپ داخلی و در مجاورت پشته کربناته و کمربند پهنه جزرومدی در قسمتهای محصور و کم انرژی رمپ داخلی نهشته شده‌اند. الگوی رسوب‌گذاری پیشنهادی به طور شماتیک در شکل ۹ نمایش داده شده است.

نمونه‌های مشابهی از این نوع پلاتفرمهای کربناته در سایر مناطق پهنه شرق ایران از جمله در شمال شرق نهبندان (جاودان، ۱۳۸۸) و غرب بیرجند (هاشمی عزیزی، ۱۳۹۰) نیز معرفی گردیده است.

تغییرات عمودی رخساره‌ها

نوسانات نسبی سطح آب دریا بر اساس توزیع عمودی ریز رخساره‌های شناسایی شده در برشهای کلاته شیر و کفاز در شکل‌های ۳ و ۵ نمایش داده شده است. بررسی این نوسانات در برش کلاته شیر نشان می‌دهد که رسوبات توالی کربناته این برش ابتدا با یک چرخه منقطع کم عمق شونده به سمت بالا (ریز رخساره‌های M_1 تا I_5) آغاز شده است. این چرخه ناقص پس‌رونده در اثر حضور واحد آندزیتی گسسته شده

است. این توالی با یک چرخه بزرگتر عمیق شونده به سمت بالا (ریز رخساره‌های I_5 تا O_3) دنبال می‌شود. در برش کفاز نیز تغییرات نسبی سطح آب دریا، در ابتدا با چرخه کم عمق شونده به سمت بالا (ریز رخساره‌های O_4 تا I_5) آغاز شده و سپس با چرخه عمیق شونده به سمت بالا (ریز رخساره‌های I_5 تا O_2) ادامه می‌یابد. از این رو تغییرات عمودی رخساره‌ها در هر دو برش مورد مطالعه به میزان قابل توجهی مشابهند.



شکل ۹: الگوی شمتائیک ارائه شده برای محیط رسوب‌گذاری قدیمه توالی مورد مطالعه در ناحیه کلاته شیر و کفاز

نتیجه‌گیری

نشان داده که این رسوبات از ۱۰ ریز رخساره کربناته در قالب چهار کمر بند رخساره ای دریای باز، پشته کربناته، لاگون و پهنه جزرومدی تشکیل شده‌اند. بر اساس ریز رخساره‌های مشاهده شده، الگوی رسوبی پیشنهادی در

مطالعات پتروگرافی انجام شده بر روی توالی کربناته مورد مطالعه در برشهای کلاته شیر و کفاز در جنوب شرق بیرجند نشان می‌دهد که این مجموعه از انواع سنگهای آهکی مادستون تا گرینستون تشکیل شده است. بررسی این توالیها

وجود یک چرخه کم عمق شونده است که با یک چرخه بزرگتر عمیق شونده دنبال می شود.

سپاس گزاری

بدین وسیله از سرکار خانم سیده حلیمه هاشمی عزیزی که در انجام پژوهش حاضر همکاری نموده اند قدردانی می شود.

برشهای کلاته شیر و کفاز، یک پلاتفرم کم عمق کربناته از نوع رمپ می باشد. این رمپ کربناته بر اساس ویژگیهای سنگ شناسی و شواهد زیستی به سه بخش رمپ بیرونی، رمپ میانی و رمپ داخلی قابل تقسیم می باشد. تغییرات عمودی رخساره ای در هر دو برش مورد مطالعه حاکی از

منابع

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- بختیاری، س.، ۱۳۸۴. اطلس راههای ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰. مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. ۲۸۸ ص.
- جاودان، م.، ۱۳۸۸. مطالعه پتروگرافی و محیط رسوبی سنگهای کربناته اتوسن زیرین شمال شرق نهندان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ۹۹ ص.
- علوی نائینی، م. ۱۳۵۹. نقشه زمین شناسی چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علوی نائینی، م. ۱۳۶۰. نقشه زمین شناسی چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- علوی نائینی، م. ۱۳۶۲. نقشه زمین شناسی چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- هاشمی عزیزی، س.ح.، ۱۳۹۰. مطالعه پتروگرافی و محیط رسوبی توالیهای کربناته پالتوسن - اتوسن در ناودیس چینگ در، غرب بیرجند، شرق ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند، ۱۵۰ ص.
- Adabi, M.H., 1996. Sedimentology and geology of carbonates from Iran and Tasmania. *Ph.D. Thesis (Unpub.) University of Tasmania*, Australia, 470 p.
- Adabi, M.H., 2009. Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation. Kopeh-Dagh Basin, N.E. Iran. *Carbonates and Evaporites*, 24 (1): 16-32.
- Adabi, M.H., Zohdi, A., Ghabeishavi, A., & Amiri-Bakhtiyar, H., 2008. Applications of nummulitids and other larger benthic foraminifera in depositional environment and sequence stratigraphy: an example from the Eocene deposits in Zagros Basin, SW Iran. *Facies*, 54 (4): 499-512.
- Buxton, M.W.M., & Pedley, M.H., 1989. A standardised model for Tethyan Tertiary carbonate ramps. *Geological Society of London*, 146: 746-748.
- Beavington-Penney, S.J., Wright, V.P. & Racey, A., 2006. The Middle Eocene Seeb Formation of Oman: An investigation of acyclicity, stratigraphic completeness and accumulation rates in shallow marine carbonate settings. *Sedimentary Research*, 76: 1137-1161.
- Burchette, T.P., & Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary geology*, 79: 3-35.
- Burchette, T.P., & Wright, V.P., 1998. Carbonate Ramp. *Geological Society of London*, Special Publ. 149: 472 p.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205: 587.
- 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.
- Einsele, G., 2000. Sedimentary Basin, Evolution, Facies and Sediment Budget. (2nd ed.), *Springer-Verlag*, 292p.
- Flügle, E., 2004. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. *Springer-Verlag*, Berlin, 976p.
- Folk, R.L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 43 (1): 1-38.

- Folk, R.L., 1974. The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesium content and salinity. *Sedimentary Petrology*, 44: 40-53.
- Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphic sequence in carbonate platform and slope: empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155 (3): 211-238.
- Grabeu, A.W., 1904. On the classification of sedimentary rocks. *American Geologist*, 33: 229-274.
- Gregg, J.M. & Shelton, K.L., 1990. Dolomitization and dolomite neomorphism in the back reef facies of the Bonnetterre and Davis Formations Cambrian, Southeastern Missouri. *Journal of Sedimentary Petrology*, 60: 549-562.
- Hottinger, L., 1997. Shallow benthic foraminifera assemblages as signals for depth of their deposition and their limitation. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 4: 491-505.
- Hollock, P., & Glenn, E.C., 1986. Larger foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic depositional facies. *Palaaios*, 1: 55-64.
- Ingram, R.L., 1954. Terminology for the Thickness of stratification and parting units in sedimentary rock. *Geological Society of America Bulletin*, 65: 937-938.
- Insalaco, E., Skelton, P.W. & Palmer, T.J., (Eds.) 2000. Carbonate Platform Systems: components and interactions. *Geological Society, London, Special Publications*, 178 p.
- Irwin, M.L., 1965. General theory of epiiric clear water sedimentation. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49: 445-459.
- Kiessling, W., Flügel, E. & Golonka, J., 2003. Patterns of Phanerozoic carbonate platform sedimentation. *Lethaia*, 36: 445-459.
- Middleton, G.V., 1973. Johannes Walther's Law of the correlation of facies. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 979-988.
- Pomar, L., 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, 13: 313-334.
- Racey, A., 2001. A review of Eocene Nummulite accumulations. *Petroleum Geology*, 24 (1): 79-100.
- Racey, A., Bailey, H.W., Beckett, D., Gallagher, L.T., Hampton, M.J., & McQuilken, J., 2001. The petroleum geology of the Early Eocene El-Garia Formation, Hasdrubal Field, Offshore Tunisia. *Journal of Petroleum Geology*, 24 (1): 29-53.
- Read, J.F., 1985. Carbonate platform facies models. *American Association of Petroleum Geologists*, 69 (1): 1-21.
- Tucker, M.E., & Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. *Blackwell*, Oxford, 482 p.
- Tucker, M.E., 2001. Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. *Wiley-Blackwell*, 262 p.
- Warren, J.K., 2000. Dolomite, occurrence, evolution and economical important association. *Earth Science Review*, 52: 1-18.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. *Springer-Verlag*, New York, 471 p.
- Wright, V.P., & Burchett, T.P., 1996. Shallow water Carbonate environments. In: Reading, H.G., (Ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. (3rd ed.), *Blackwell*, 391p.

Microfacies and sedimentary environment of Paleocene-Eocene carbonate sequence at Kalateh–Shir and Kafaz sections, southeast Birjand, east of Iran

Shokuhi Moghaddam, N.,^{1*} Mirab Shabestari, G.R.,² Khazaei, A.R.,²

1- M.Sc. Student in Sedimentology, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran

***E-mail: rezvan.dehgan@yahoo.com**

Abstract

The studied area is located in southeast of Birjand, east Iran, where sedimentation has been continued throughout the Paleocene-Eocene period. In this research, two stratigraphic sections have been measured: the Kalateh-shir section which is located about 160 Km southeast of Birjand with about 257 m thickness. This section is mainly composed of thin to thick bedded limestone, dolomite, shale and conglomerate with an andesite unit. The second one is located in Kafaz village about 150 Km southeast of Birjand with about 160 m thickness, consists of thin to thick bedded limestone, dolomite, shale, sandstone and marl. Based on the field and laboratory studies, ten different microfacies have been recognized that are deposited in four facies belts, including: tidal flat, lagoon, shoal and open marine. Facies analyses indicated that the studied sequences have formed in a shallow carbonate ramp environment. Relative sea level changes represent a deepening-upward cycle that shows deposition during a progressive depositional system.

Keywords: Paleocene-Eocene, Birjand, East of Iran, microfacies, Carbonate ramp.