

پتروگرافی، محیط رسوبی و ژئوشیمی واحد کربناته سازند قلعه دختر (ژوراسیک میانی-پسین؟) در برش کوه سیدآباد، شمال قاین، شرق ایران

زهرا افسا^۱، غلامرضا میراب شیبستری^۱ و احمدرضا خزاعی^۱

۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، بیرجند

تویسنده مسئول: zahra.afsa93@gmail.com

دریافت: ۹۴/۱۱/۲۴ پذیرش: ۹۵/۲/۲۰

چکیده

در این پژوهش یک برش چینه‌شناسی از سنگ‌های کربناته سازند قلعه دختر (ژوراسیک میانی-پسین؟) به ضخامت ۳۰۶/۳ متر در شمال شهر قاین واقع در استان خراسان جنوبی اندازه‌گیری و مطالعه شده است. این توالی از سنگ‌آهک‌های نازک تا ضخیم لایه و توده‌ای، دولومیت، ماسه‌سنگ، شیل و مارن تشکیل شده است. بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، یازده ریزرخساره‌ی آهکی و دو پتروفاسیس آواری شناسایی شده بود که در چهار کمربند رخساره‌ی ساحلی، لاگون، سد و دریای باز در یک پلاتفرم کربناته از نوع فلات حاشیه‌دار نهشته شده‌اند. مهم‌ترین فرآیندهای دیازنزی مشاهده شده در نمونه‌های سازند قلعه‌دختر عبارتند از سیمانی شدن، فشردگی، تشکیل انواع تخلخل‌ها، انحلال، نئومورفیسم و جانشینی. تفسیر توالی پارازنتیکی سنگ‌های آهکی مورد مطالعه نشان‌دهنده‌ی تأثیر فرآیندهای دیازنزی در مراحل دریایی، متئوریک، دفنی و بالآمدگی می‌باشد. مطالعات ژئوشیمیایی حاصل از آنالیز عنصری نشان داد که محیط تشکیل این نهشته‌ها مشابه با مناطق نیمه حاره‌ی عهد حاضر بوده است. همچنین محیط دیازنتیکی سنگ‌های کربناته از نظر ژئوشیمیایی یک سیستم بسته تا نیمه بسته بوده است.

واژه‌های کلیدی: سازند قلعه دختر، قاین، ژوراسیک میانی-پسین، محیط رسوبی، ژئوشیمی، دیازنز

مقدمه

مرکزی و شمالی رشته کوه شتری گسترش دارد. در ناحیه طیس، سنگ‌های ژوراسیک بالایی، به سن کالوین-کیمیریچین دارای سه رخساره متفاوت جلوی ریف (سازند قلعه‌دختر)، ریف (سازند آهکی اسفندیار) و پشت ریف (سنگ‌آهک‌های پکتندار) هستند [۲]. در این پژوهش ضمن مطالعه دقیق خصوصیات پتروگرافی واحد مذکور، به بررسی و شناسایی ریزرخساره‌های مختلف آن پرداخته شده است و سپس داده‌های حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی با بررسی‌های پتروگرافی به منظور درک هر چه پیش‌تر محیط‌های رسوبی و دیازنتیکی، تلفیق شده و در نهایت منجر به بازسازی و ارائه مدل رسوبی مناسب و نیز تعیین محیط رسوب‌گذاری قدیمه گردیده است. یقیناً نتایج حاصل از مطالعه این توالی کربناته و بررسی محیط تشکیل آن، در آینده در تحلیل حوضه رسوبی شرق ایران در زمان ژوراسیک قابل استفاده خواهد بود.

توالی رسوبات کربناته ژوراسیک میانی-بالایی در شرق ایران مرکزی گسترش و ضخامت قابل‌توجهی دارند و در طول مسافت زیادی قابل ردیابی هستند. در پاره‌ای از نقاط، با وجود راه‌های دسترسی نسبتاً مناسب و رخنمون‌های قابل مطالعه، توالی‌های ذکر شده از جنبه پتروگرافی و رخساره‌های رسوبی مورد شناسایی و بررسی دقیق قرار نگرفته‌اند و در معدودی از موارد، تنها به مطالعه فسیل‌ها و احیاناً تعیین سن توالی مذکور اکتفا شده است. از این رو برای تکمیل مطالعات قبلی و همچنین بررسی محیط رسوبی تشکیل‌دهنده این رسوبات، انجام مطالعات پیش‌تر در این مناطق ضروری به نظر می‌رسد. یکی از توالی‌های کربناته مورد بحث، واحد کربناته سازند قلعه دختر می‌باشد. سازند قلعه دختر با رخساره‌ی غالب کربناته به سن کالوین-کیمیریچین [۵۵] در گروه مگو جای دارد. این سازند ردیفی از آهک‌های لایه‌ای آلی-آواری با میان‌لایه‌های مارنی به رنگ خاکستری تیره می‌باشد که پیش‌تر در بخش‌های

دولومیت، ماسه‌سنگ، شیل و مارن است، که رنگ آن‌ها از خاکستری تیره تا قهوه‌ای تیره و روشن در تغییر است. مرز زیرین این توالی به صورت هم شیب یا سازند پغمشاه (شکل ۳) و مرز بالایی آن یا واحد شیلی به رنگ سبز زیتونی در تماس است.

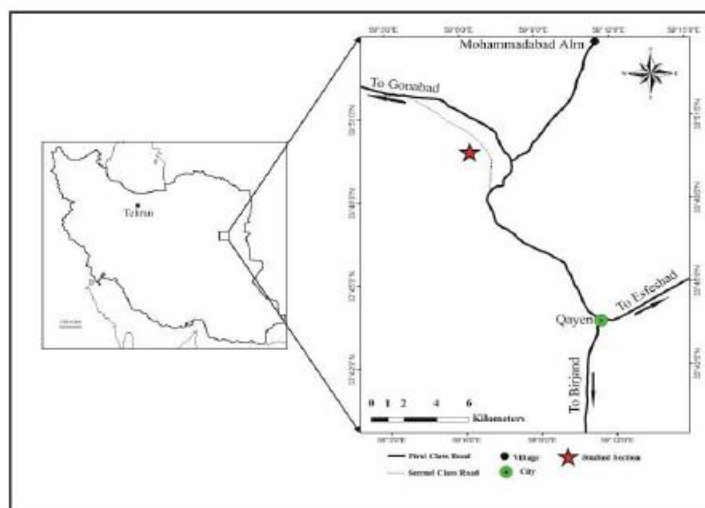
روش مطالعه

بعد از انجام بررسی‌های صحرایی، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری، تعداد ۱۰۴ مقطع میکروسکوپی تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت. جهت تشخیص ریزرخساره‌ها، برای هر یک از مقاطع نازک میکروسکوپی درصد فراوانی اجزای کریناته و غیر کریناته یا استفاده از چارت‌های مقایسه‌ای تاکر [۶۰] و باسلی و بوسلینی [۱۸] تخمین زده شد و سپس هر یک از نمونه‌ها بر اساس طبقه‌بندی دانه‌ها [۲۵] و امبری و کلووان [۲۷] نام‌گذاری گردید. هم‌چنین فرآیندهای دیاژنزی در مقاطع نازک مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت و کریناته‌های آهن‌دار از فاقد آهن، مقاطع نازک به وسیله معرف آلزاین قرمز و فروسیانید پتاسیم به روش دیکسون [۲۴] رنگ‌آمیزی گردید. جهت انجام مطالعات ژئوشیمیایی، پس از تعیین مقدار مواد نامحلول در اسید^۱ (IR)، تعداد ۱۴ نمونه‌ی میکرایتی مناسب با کم‌ترین میزان پیرشدگی و دگرسانی انتخاب شد. آنالیز نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی مدل شیمادزو^۲ در آزمایشگاه مرکزی گروه شیمی دانشگاه بیرجند انجام گرفت.

پیشینه مطالعاتی، موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

برش الگوی سازند قلعه دختر در باختر پشرویه و در شمال روستای قلعه دختر واقع شده که توسط اشتوکلین و همکاران [۵۵] توصیف شده است. در تعریف اولیه، این سازند به سه بخش شامل: بخش ماسه‌سنگی زیرین (۱۹۴ متر)، بخش شیل میانی (۴۵۸ متر) و بخش آهکی بالایی (۳۲۲ متر) تقسیم شده است، اما بر اساس یافته‌های جدید سنگ‌شناختی، چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی [۳۱ و ۵۱] بخش آهکی سازند قلعه‌دختر را رخساره‌جانبی سازند اسقندیار معرفی می‌کنند که از نظر زمانی کاملاً یا آن مطابقت دارد. در ضمن بخش ماسه‌سنگی این سازند که فقط در برش الگو وجود دارد، معادل سازند پروده بوده و بخش شیلی آن که بیش‌تر از مارن‌های سیلتی با میان لایه‌های ماسه‌سنگی و آهکی ساخته شده است کاملاً با سازند پغمشاه مطابقت می‌کند [۵۳]. بنابراین بر اساس تعریف جدید سازند قلعه‌دختر فقط شامل بخش آهکی بوده و ضخامت آن در برش الگو برابر با ۳۲۷ متر است.

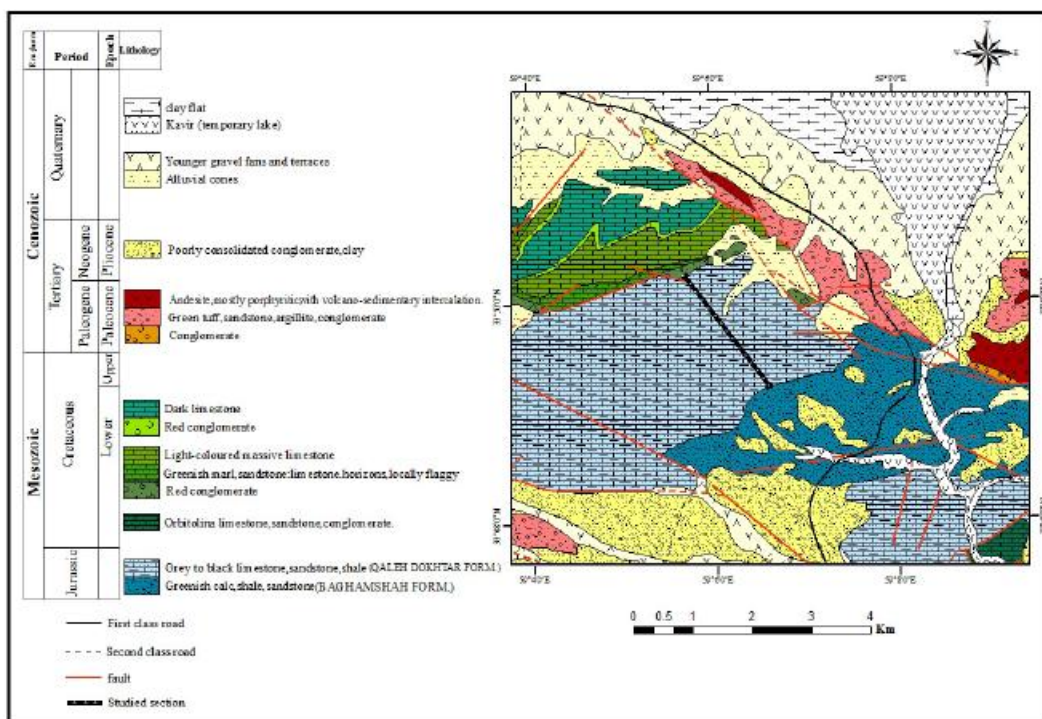
در این پژوهش، برشی از نهشته‌های کریناته و آواری معادل سازند قلعه دختر، در ۱۵ کیلومتری شمال شهر قاین در استان خراسان جنوبی و به مختصات جغرافیایی $28^{\circ} 07' 59''$ طول شرقی و $33^{\circ} 49' 28''$ عرض شمالی و ارتفاع مطلق ۱۵۵۰ متر مطالعه شده است (شکل‌های ۱ و ۲). سازند قلعه دختر در برش کوه سیدآباد شامل سنگ‌آهک‌های نازک تا ضخیم لایه و توده‌ای،



شکل ۱. نقشه‌ی راه‌های دسترسی به منطقه (برگرفته از نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ قاین)

¹ Insoluble Residue

² Shimadzu AA-6300



شکل ۲. نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه، برگرفته از نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ قابین [۹] با ترسیم مجدد



شکل ۳. تصویری از مرز زیرین سازند قلعه دختر با مارن‌های سازند بقمشاه (دید به سمت شمال)

بر اساس اختصاصات محیطی شامل دو پتروفاسیس زیر است:

پتروفاسیس C: رسوبات قسمت پایینی حاشیه ساحلی^۱؛ پتروفاسیس مربوط به این محیط در سازند قلعه‌دختر دارای ۲۰ تا ۶۰ درصد کوارتز، ۲۰ تا ۴۰ درصد خرده سنگ‌های رسوبی و دگرگونی و ۱ تا ۱۰ درصد فلدسپات هستند. ماسه‌سنگ‌های دانه ریز و متوسط در این بخش قرار می‌گیرند و از لحاظ مورفیتی پافتی در حالت

توصیف ریزرخساره‌ها

با توجه به کمیت و نوع اجزای تشکیل‌دهنده سنگ‌های سازند قلعه‌دختر در منطقه‌ی مورد مطالعه، ۱۱ ریزرخساره‌ی آهکی و ۲ پتروفاسیس آواری شناسایی گردیده که از سمت ساحل به طرف دریا عبارتند از:

کمربند رخساره‌ای ساحلی

پتروفاسیس ماسه‌سنگی: در این پتروفاسیس، ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه از نوع لیت‌آرنایت و به مقدار بسیار اندک از نوع فلدسپاتیک لیت‌آرنایت می‌باشند، که

^۱ Shoreface

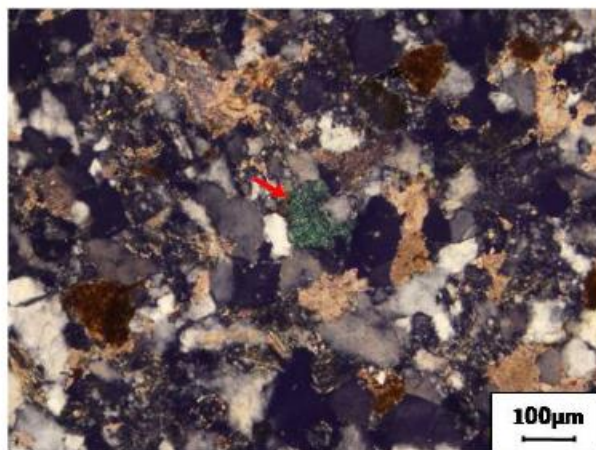
آواری، نیمه‌زاویه‌دار و فاقد رس می‌باشند. از لحاظ مچورتی بافتی در حالت مچورتند. در برخی از نمونه‌ها هم کانی فرعی میکا (مسکوویت + بیوتیت) تا فراوانی ۸ درصد مشاهده شده است (شکل ۵ ب). به‌علاوه ریپل‌مارک‌های متقارن (شکل ۴) نیز در روی سطوح ماسه‌ای دیده می‌شود و شکل سه‌بعدی لایه‌ها به صورت صفحه‌ای است.

مچورتند و این وضعیت به دلیل فعالیت امواج می‌باشد (شکل ۵ الف). این پتروفاسیس فاقد ساختمان‌های رسوبی یوده و شکل سه‌بعدی لایه‌ها به صورت صفحه‌ای است.

پتروفاسیس C_2 : رسوبات قسمت پایینی حاشیه ساحلی: این پتروفاسیس دارای ۳۵ تا ۴۰ درصد کوارتز، ۲۵ درصد خرده‌سنگ و مقادیر اندکی فلدسپات هستند. دانه‌های



شکل ۴. تصویر صحرایی از واحد پنجم که ماسه‌سنگ دانه ریز دارای ریپل‌مارک متقارن است.



شکل ۵. تصویر میکروسکوپی از ماسه‌سنگ حاوی گلاکوئیت (XPL)

می‌باشند. این ریزرخساره معادل SMF_{16} فلوگل [۲۹] و FZ_8 ویلسون [۶۳] می‌باشد (شکل ۶ پ). محل این ریزرخساره در حاشیه‌ی رو به ساحل لاگون است. ریزرخساره L_2 : وکستون پلوییدی/اینتراکلستی (Intraclastic/Peloidal Wackestone Microfacies) در این ریزرخساره، پلویید و اینتراکلست در زمینه‌ی میکرایتی قرار دارند. درصد فراوانی پلویید در این

ریزرخساره L_1 : وکستون پلوییدی (Peloidal Wackestone Microfacies)

اجزای اصلی و عمده این ریزرخساره، پلویید یا فراوانی ۱۰ تا ۳۰ درصد است. از دیگر اجزای تشکیل‌دهنده می‌توان به اینتراکلست و اجزای اسکلتی مانند استراکود، فرامینی‌فر اشاره کرد که در زمینه‌ی میکرایتی شناورند. پلوییدها ریز و دارای چورشدگی و گردشدگی خوبی

رخساره‌ی مشابیهی را بهرامی‌راد و اهری‌پور [۶] از سازند دلیچای در یرش ری آباد معرفی کرده است.

ریزرخساره کربناته L₅: مادستون رسی (Clay Mudstone Microfacies)

این ریزرخساره در مطالعات صحرایی به صورت مارن‌های سبز رنگ به ستبرای ۵۴ متر در قسمت ابتدایی و میانی توالی دیده می‌شود. مادستون رسی معمولاً دانه‌ریز بوده و عمدتاً از جنس کربنات کلسیم یا مخلوطی از سیلت و رس می‌باشد که فاقد هر گونه فسیل است. بیش‌ترین همراهی این ریزرخساره با پتروفاسیس ماسه‌سنگی است. با توجه به اینکه تشکیل مارن‌های مشابه یا نمونه‌های مورد مطالعه در منطقه کم عمق دریایی توسط، کولومبی [۲۳]، ماتکی و وستفال [۴۵] و میرزایی محمودآبادی [۱۲] نیز گزارش شده است، می‌توان این رخساره را به محیط کم عمق لاگون نیمه محصور نسبت داد.

ریزرخساره L₆: فلوتستون یایوکلستی / پلوییدی (Peloidal/Bioclastic Floatstone Microfacies)

درصد فراوانی اجزای فسیلی در این ریزرخساره، ۲۰ تا ۵۰ درصد بوده و شامل خرده‌های چلیک، مرجان، بریوزوئر، بازوپا و خارپوست است که خرده‌های مرجانی و چلیکی بیش‌ترین درصد فراوانی را دارند (شکل ۶ ج). اندازه‌ی قطعات آلوکم‌های فسیلی اکثراً درشت‌اند. پلویید در این ریزرخساره ۱۰ تا ۲۰ درصد است. این ذرات ریز تا درشت بوده و در سطح مقاطع میکروسکوپی به طور یکنواخت پراکنده‌اند. این ریزرخساره معادل SMF₈ فلوگل [۲۹] و FZ₇ ویلسون [۶۳] می‌باشد. محل ته‌نشست این ریزرخساره در حاشیه‌ی سد رو به لاگون است.

کمریند رخساره‌ای سد

ریزرخساره B₁: گرینستون اوولیتی (Oolitic Grainstone Microfacies)

در این ریزرخساره تقریباً تمام اجزای سازنده‌ی سنگ از اوونید یا فراوانی ۶۰ تا ۸۰ درصد تشکیل شده است که از جورشدگی بسیار بالایی برخوردار می‌باشند و با درصد ناچیزی از خرده‌های غیراسکلتی (اینتراکلست) همراه است. اوونیدهای این ریزرخساره، اکثراً از نوع اوونیدهای یا فابریک متحدالمرکزاند که هسته‌ی اکثر آن‌ها دانه‌های آواری کوارتز می‌باشد. سطح برخی از اوونیدها میکرایتی شده و اکسیدهای آهن نیز به مقدار جزئی در آن‌ها دیده می‌شود. در این ریزرخساره اوونید در داخل سیمانی از

ریزرخساره بین ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد، که اندازه‌ی آن‌ها ریز تا درشت بوده است. اینتراکلست‌ها هم با فراوانی ۸ درصد دارای گردشدگی‌اند. علاوه بر اجزای اصلی، در این ریزرخساره پوسته‌های فسیلی (شکم پا، دوکفه‌ای و خارپوست) با فراوانی ۲ تا ۵ درصد وجود داشته است. اجزای غیر اسکلتی در این ریزرخساره شامل آنکوئید یا فراوانی ۸ درصد و همین‌طور اوونید یا فراوانی ۵ درصد است که اکثراً فابریک شعاعی دارند و به خوبی تکامل یافته‌اند. اگرگات نیز به مقدار خیلی ناچیز قابل مشاهده است. در این ریزرخساره برخی از آلوکم‌ها میکرایتی شده‌اند. این ریزرخساره معادل SMF₁₆ فلوگل [۲۹] و FZ₈ ویلسون [۶۳] می‌باشد (شکل ۶ ت). به علاوه دومین ریزرخساره در حاشیه‌ی رو به ساحل لاگون است.

ریزرخساره L₇: پکستون پلوییدی / یایوکلستی (Bioclastic/ Peloidal Packstone Microfacies)

پلویید یا فراوانی ۲۰ تا ۳۵ درصد فراوان‌ترین آلوکم موجود در این ریزرخساره است (شکل ۶ ث) که دارای اشکال کروی تا بیضوی و جورشدگی ید می‌باشد. از سایر اجزای اسکلتی موجود در این ریزرخساره می‌توان به ۵ تا ۱۵ درصد قطعات دوکفه‌ای، خارپوست، بازوپا، استراکد و به طور پراکنده و جزئی شکم پا و اجزای غیراسکلتی (اینتراکلست) یا فراوانی ۲ تا ۱۰ درصد اشاره کرد. در این ریزرخساره اکثر آلوکم‌ها تماماً میکرایتی شده‌اند. این ریزرخساره معادل SMF₁₆ فلوگل [۲۹] و FZ₈ ویلسون [۶۳] می‌باشد. ریزرخساره‌ی L₇ در بخش میانی لاگون قرار دارد.

پتروفاسیس L₄: شیل سیلتی (Silty Shale Petrofacies)

این پتروفاسیس در واحد رسوبی مورد مطالعه دارای ضخامت خیلی کم می‌باشد. این سنگ‌ها، در واحد رسوبی مورد مطالعه به دلیل وجود میکا دارای لایه‌بندی ظریف و نازک بوده و به آسانی خرد می‌شوند، به طوری که امکان تهیه مقطع نازک و مطالعات میکروسکوپی فراهم نشد. واحدهای شیلی در منطقه مورد مطالعه هم به عنوان یک واحد مجزا، و هم به همراه سایر واحدهای سنگی به صورت میان لایه بودند. تناوب این پتروفاسیس یا رخساره‌های دریایی کم عمق حاکی از تشکیل این پتروفاسیس در قسمت‌های نسبتاً عمیق لاگون است. ریز

[۶۳] می‌باشد (شکل ۶ د). محل ته‌نشست این ریزرخساره در کانال‌های بین سدها می‌باشد.

کمربند رخساره‌ای دریای باز

ریزرخساره M_1 : رودستون پایوکلاستی / اینتراکلاستی (Intraclastic/Bioclastic Rudstone Microfacies)

در این ریزرخساره درصد فراوانی اجزای پایوکلاستی ۱۰ تا ۵۵ درصد است که به ترتیب فراوانی شامل چلیک، بازوپا، بریوزوئر، دوکفه‌ای، خارپوستان و مرجان می‌باشد. اینتراکلاست‌ها در این ریزرخساره با فراوانی ۲۰ تا ۳۵ درصد دارای جورشدگی پد و لپه‌های گردشده هستند و تعدادی از آن‌ها میکرایتی و فاقد آلوم‌های اسکلتی بوده در حالی که تعدادی علاوه بر غلاف میکرایتی حاوی خرده‌های اسکلتی موجود در این ریزرخساره می‌باشند. همراه با آلوم اصلی در این نمونه‌ها پلوئیدها با فراوانی ۵ تا ۱۵ درصد یا جورشدگی پد هستند که البته این پلت‌ها، پلت‌های واقعی نیستند و ممکن است در نتیجه میکرایتی شدن سایر آلوم‌ها یا خرد شدن اینتراکلاست‌ها حاصل شده باشند. در این ریزرخساره فراوانی آنکوئید ۵ درصد است. این ریزرخساره معادل SMF_5 فلوگل [۲۹] و FZ_4 ویلسون [۶۳] می‌باشد (شکل ۶ ر). این ریزرخساره در بخش ابتدایی دریای باز ته‌نشست می‌شود.

ریزرخساره M_2 : وکستون پلوئیدی / پایوکلاستی (Bioclastic/Peloidal Wackestone Microfacies)

در این ریزرخساره فراوانی پلوئیدها بین ۲۰ تا ۲۵ درصد متغیر است. اندازه‌ی این پلوئیدها ریز و جورشدگی نسبتاً بالایی دارند. فراوانی پایوکلاست‌ها بین ۱۰ تا ۱۵ درصد بوده و شامل چلیک، بریوزوئر، پوسته‌های بازوپا و دوکفه‌ای، قطعات خارپوستان و به مقدار خیلی کمتر اسپیکول اسفنج، کلسیسفر، استراکود و فرامینی‌فرهای بنتیک است (شکل ۶ ز). در این ریزرخساره اینتراکلاست یا فراوانی ۱ تا ۸ درصد و ذرات تخریبی کوارتز یا فراوانی کمتر از ۱ درصد وجود دارند. این ریزرخساره معادل SMF_2 فلوگل [۲۹] و FZ_3 ویلسون [۶۳] می‌باشد. این ریزرخساره در بخش میانی دریای باز ته‌نشست می‌شود.

ریزرخساره M_3 : وکستون پلوئیدی (Peloidal Wackestone Microfacies)

شاخص‌ترین آلوم‌ها در این ریزرخساره پلوئید یا فراوانی ۱۰ تا ۲۰ درصد است (شکل ۶ س). اندازه‌ی این پلوئیدها ریز و جورشدگی نسبتاً بالایی دارند. پایوکلاست‌ها نیز یا

جنس کلسیت اسپاری قرار گرفته‌اند. این ریزرخساره معادل SMF_{15-c} فلوگل [۲۹] و FZ_6 ویلسون [۶۳] می‌باشد (شکل ۶ ح).

ریزرخساره B_2 : قریمستون مرجانی (Coral Framestone Microfacies)

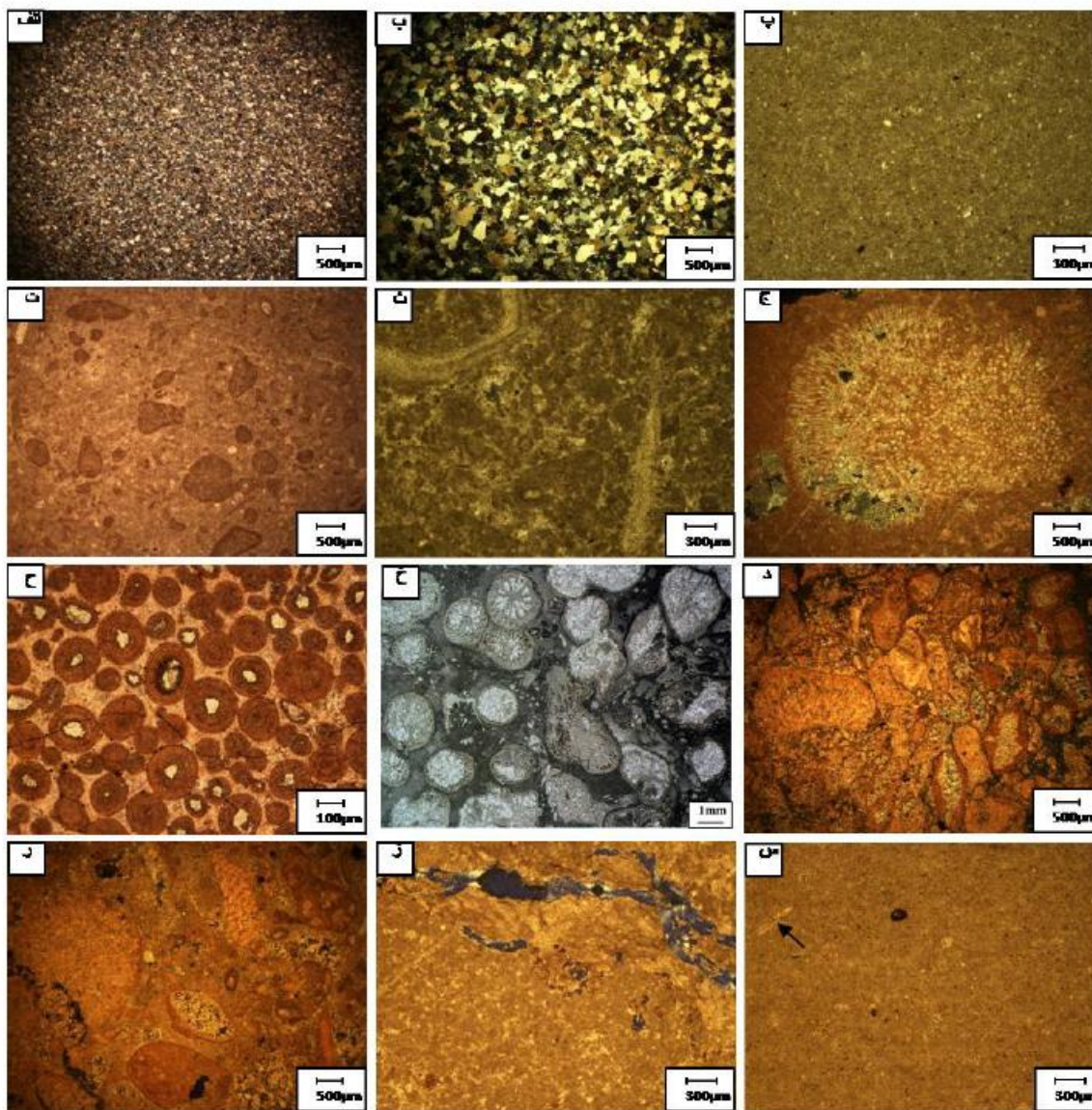
این ریزرخساره دارای بیش از ۸۰ درصد فسیل‌های اسکلت ساز بوده و فسیل اصلی سازنده‌ی آن مرجان و به مقدار کمتر چلیک یا فراوانی ۱۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد. رشد شبکه‌ای مرجان‌ها باعث به وجود آمدن این ریزرخساره شده است. فضای خالی اسکلت ایجاد شده توسط میکرایت و اسپاریت پر شده است (شکل ۶ خ). اکثراً آهک‌های مرجانی توده‌ای و بعضاً نازک تا متوسط لایه، در قالب پنج واحد سنگی در پرش مورد مطالعه در بخش میانی توالی قرار گرفته‌اند. از سایر پایوکلاست‌ها می‌توان به خرده‌های شکم‌پا، بریوزوئر، بازوپا، خارپوست و دوکفه‌ای اشاره کرد. خرده‌های غیراسکلتی نیز شامل پلوئید یا فراوانی ۵ درصد، آنکوئید یا فراوانی ۵ درصد و اوئید نیز یا فراوانی ۱ تا ۲ درصد است. این ریزرخساره معادل SMF_7 فلوگل [۲۹] و FZ_5 ویلسون [۶۳] می‌باشد.

ریزرخساره B_3 : رودستون اینتراکلاستی / آنکولیتی (Oncolitic/Intraclastic Rudstone Microfacies)

اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی این ریزرخساره، اینتراکلاست و آنکوئید می‌باشند. اینتراکلاست‌ها در این ریزرخساره با درصد فراوانی ۲۰ تا ۴۰ درصد دارای گردشدگی‌اند و اکثراً دارای غلاف میکرایتی بوده، بعضاً هم کاملاً میکرایتی شده‌اند. اندازه‌ی اینتراکلاست‌ها نیز متوسط تا درشت است. آنکوئید یا فراوانی بین ۵ تا ۳۰ درصد یا هسته‌هایی از خرده‌ها و پوسته‌های فسیلی و بعضاً میکرایتی شده وجود دارند و اندازه‌ی آن‌ها نیز درشت است. علاوه بر اجزای اصلی، در این ریزرخساره پوسته‌های فسیلی یا فراوانی ۵ تا ۱۵ درصد، که در برخی فراوانی به ۳۰ درصد هم می‌رسد وجود داشته است، که شامل قطعات مرجانی ریز و درشت، چلیک، بازوپا و خرده‌های پوسته‌ی خارپوستان می‌باشند. در این ریزرخساره اوئید نیز یا فراوانی ۱ تا ۵ درصد، پلوئید یا فراوانی ۷ تا ۱۲ درصد یا جورشدگی پد و اکسیدهای آهن نیز یا فراوانی ۱ تا ۷ درصد وجود داشته است. این ریزرخساره معادل SMF_{24} فلوگل [۲۹] و FZ_8 ویلسون

(کمتر از ۳ درصد) که خود شاخص انرژی پایین محیط است و آثار آشفته‌گی زیستی اشاره کرد. این ریزرخساره معادل SMF_2 فلوگل [۲۹] و FZ_3 ویلسون [۶۳] می‌باشد. محل ته‌نشست این ریزرخساره نیز در بخش انتهایی دریای پاز است.

فراوانی کمتر از ۳ درصد شامل پوسته‌های دوکفه‌ای، بازوها، قطعات خارپوستان و همین‌طور اسپیکول اسفنج است. ذرات آواری کوارتز هم یا فراوانی ۱ تا ۳ درصد در زمینه پراکنده شده‌اند. از دیگر مشخصات این ریزرخساره می‌توان به حضور ماتریکس میکرایتی فراوان (۷۰ تا ۸۰ درصد) در بین دانه‌ها و عدم گسترش سیمان اسپاری



شکل ۶. تصاویر برگزیده میکروسکوپی از ریز رخساره‌های مشاهده شده: الف) ماسه سنگ خیلی دانه ریز لیت آرنایت (سدآرنایت/چرت آرنایت) مربوط به قسمت پایینی حاشیه ساحلی. ب) ماسه سنگ دانه متوسط لیت آرنایت (سدآرنایت/چرت آرنایت) مربوط به قسمت بالایی حاشیه ساحلی. پ) وگستون پلوییدی، ت) وگستون پلوییدی / اینتراکلاستی، ث) پگستون پلوییدی / پایوکلستی، ج) فلوئستون پایوکلستی / پلوییدی، ح) گرینستون اوولیتی، خ) فریمستون مرجانی، د) رودستون اینتراکلاستی / آنکولیتی، ر) رودستون پایوکلستی / اینتراکلاستی، ز) وگستون پلوییدی / پایوکلستی، س) وگستون پلوییدی حاوی سوزن اسفنج

تفسیر محیط رسوب‌گذاری

بر اساس شناسایی و تفکیک ریزرخساره‌های موجود در برش کوه سیدآباد و با توجه به کمیت و نوع اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها و نیز با بررسی تغییرات عمودی ریزرخساره‌ها، محیط رسوب‌گذاری و شرایط تشکیل آن‌ها تفسیر شده است. ریزرخساره‌های شناسایی شده براساس تقسیم‌بندی ویلسون [۶۳] و فلوگل [۲۹] در قالب چهار کمربند رخساره‌ای که به ترتیب از کم عمق به عمیق شامل ساحلی، لاگون، سد و دریای باز می‌باشند، در ارتباط و پیوستگی با هم قرار دارند.

کمربند رخساره‌ای ساحلی: در نمونه‌های مورد مطالعه هیچ گونه شاهده‌ی مینی بر قاره‌ای بودن این ماسه‌سنگ‌ها موجود نیست. مطالعات بافتی صورت گرفته بر روی ماسه‌سنگ‌های سازند قلعه‌دختر نشان می‌دهد که درصد ماتریکس رسی در نمونه‌ها کمتر از ۵ درصد و از لحاظ مچوریتی بافتی نیز در حد مچور می‌باشند. با توجه موقعیت واحدهای سنگی مربوط به این رخساره در توالی سنگ‌چینه‌ای و مجاورت این ماسه‌سنگ‌ها با سنگ‌آهک، شیل و مارن‌های محیط کم عمق دریایی و نیز وجود ساخت رسوبی ریپل‌مارک متقارن و کانی گلاکونیت درجازا (شکل ۵) که وجود آن در رسوبات قدیمه بیانگر محیط دریایی است [۱۱]، می‌توان محیط تشکیل این رخساره را به پهنه ساحلی نسبت داد.

کمربند رخساره‌ای لاگون: ریزرخساره‌های وکستون پلوییدی (L₁)، وکستون پلوییدی / اینتراکستی (L₂)، وکستون پلوییدی / پایوکستی (L₃)، مادستون رسی (L₅)، فلوتستون پایوکستی / پلوییدی (L₆) و ۱ پتروفاسیس گلی شیل سیلتی (L₄) در این کمربند رخساره‌ای قرار می‌گیرند. ریزرخساره L₁ به دلیل داشتن گل آهکی فراوان در یک محیط رسوبی آرام نهشته شده است [۱۶ و ۴۶]. در ریزرخساره‌ی L₆ حضور برخی از اجزای سازنده‌ی ریف نظیر خرده‌های مرجاتی، ناشی از شکسته شدن قطعات سد در اثر بادهای طوفانی و یا امواج و ریختن آن‌ها به درون رسوبات لاگون است [۱۱]. فقدان قطعات اسکلتی و غالب بودن پلویید در ریزرخساره‌های مذکور، موید محیط لاگون است [۵۸]. با توجه به شواهد گوناگون مانند فراوانی پلت، ذرات تخریبی کوارتز، میکرایتی شدن شدید دانه‌ها و آشفستگی زیستی، می‌توان این ریزرخساره‌ها را به منطقه لاگون نسبت داد [۲۹، ۴۰ و ۶۱]. پتروفاسیس

گلی L₄ نیز در بخش‌های نسبتاً عمیق کمربند رخساره‌ای لاگون قرار می‌گیرند، که اندازه‌ی رسوبات این منطقه دانه ریز است و نسبت به ریزرخساره‌ی کریناته L₅ (رسوبات بسیار دانه ریز) در اعماق کمتر قرار می‌گیرد.

کمربند رخساره‌ای سد: این کمربند شامل ۳ ریزرخساره‌ی گریستون اولیتی (B₁)، فریمستون مرجاتی (B₂) و رودستون اینتراکستی / آنکولیتی (B₃) می‌باشد. با توجه به فقدان گل آهکی و فراوانی زیاد دانه‌ها که از ویژگی‌های محیط پر انرژی سد است [۲۹ و ۶۳] این ریزرخساره‌ها می‌تواند به بخش سد نسبت داده شوند. مقادیر بالای سیمان کلسیت اسپاری و نبود میکرایت نشان‌دهنده تشکیل نهشته‌ها در محیط پر انرژی و بالاتر از سطح اثر امواج می‌باشد [۳۲، ۳۷ و ۳۹]. این انرژی زیاد محیط، به شسته شدن میکرایت و پر شدن فضای بین دانه‌ها توسط سیمان کلسیت اسپاری منجر گردیده است. به علاوه در ریزرخساره‌ی B₁ به علت انرژی زیاد، ورود مواد آواری نیز اتفاق می‌افتد که این ذرات آواری به عنوان هسته، در تشکیل اوئیدها (در ریزرخساره گریستون اولیتی) بسیار مفیدند. هم‌چنین در ریزرخساره فریمستونی حضور پوسته‌های فسیلی جانوران ریف‌ساز مانند مرجان و جلبک قرمز دلیل دیگر وجود سد می‌باشد [۷]. به نظر می‌رسد با افزایش یکباره انرژی در شرایط طوفانی ریزرخساره‌ی B₃ به صورت برش‌های رسوبی در درون کانال‌های جذرومندی و محیط کم ژرفای دریایی تشکیل شده است [۲۹]. بنابراین این ریزرخساره که ارتوکم اصلی آن اسپاریت می‌باشد و به طور عمده شامل اینتراکست‌های درشت و گردشده و آنکونید است، نیز مؤید نهشته‌های کانال‌های بین این سدها است.

کمربند رخساره‌ای دریای باز: این کمربند شامل ۳ ریزرخساره‌ی کریناته‌ی رودستون پایوکستی / اینتراکستی (M₁)، وکستون پلوییدی / پایوکستی (M₂) و وکستون پلوییدی (M₃) است. با توجه به فراوانی زمینه میکرایتی، تمام ریزرخساره‌های مذکور در زیر سطح اثر امواج و در محیطی آرام با انرژی پایین که رسوب‌گذاری عمدتاً به شکل ته‌نشست رسوبات ریز دانه مانند رس‌ها و گل‌های کریناته صورت می‌گیرد، نهشته شده‌اند [۳۷]. حضور خرده‌های اسکلتی موجودات استنوهالین در ریزرخساره‌های M₁ و M₂ همچون خارپوستان و یریزوآ که اغلب به تغییرات شوری حساس هستند [۳۵ و ۴۹] و

فرآیندهای دیازنزی موثر بر توالی مورد مطالعه

سنگ‌های کریناته سازند قلعه‌دختر در یرش مورد مطالعه تحت تأثیر فرآیندهای دیازنزی گوناگونی نظیر فشردگی فیزیکی و شیمیایی، میکرایتی شدن، نئومورفیسم، انحلال، تشکیل انواع تخلخل‌ها، سیمانی شدن، جانشینی، آشفستگی زیستی و تشکیل فایبریک ژئوپتال قرار گرفته است. انواع فرآیندهای دیازنزی مشاهده شده در نمونه‌های مورد مطالعه به شرح ذیل است:

میکرایتی شدن: میکرایتی شدن در سازند قلعه‌دختر در بسیاری از موارد بافت اولیه دانه را تخریب کرده (شکل ۹ الف) و در موارد دیگر به صورت غلاف میکرایتی^۱ در اطراف حجره‌ها و پوسته فسیل‌ها و یا به دور اجزای غیراسکلتی نظیر اینتراکلیست‌ها و اوئیدها عمل کرده است.

فشردگی: فشردگی در نمونه‌های مورد مطالعه به دو صورت فیزیکی و شیمیایی دیده می‌شود. فشردگی فیزیکی در سنگ‌های آهنکی سازند قلعه‌دختر به میزان زیاد قابل مشاهده نیست، این امر حاکی از تشکیل برخی سیمان‌ها در مراحل ابتدایی دیازنزی می‌باشد که موجب تثبیت اجزای تشکیل‌دهنده سنگ‌ها و یا به عبارت دیگر تبدیل سریع رسوب به سنگ می‌گردد. از مهم‌ترین آثار فشردگی فیزیکی در رخساره‌های دانه‌پشتیبان می‌توان به تماس‌های نقطه‌ای (شکل ۹ پ)، خطی و محدب-مقعر بین آلوکم‌ها اشاره نمود با این‌حال اثرات فشردگی فیزیکی در رخساره‌های گل‌پشتیبان چندان مشخص نیست. در این سازند استیلولیت‌ها (شکل ۹ پ)، درزه‌های انحلالی و سطوح بین دانه‌ای مضرس که محصول انحلال فشارشی طی تراکم شیمیایی در مراحل دیازنزی تدفینی می‌باشد دیده می‌شود.

نئومورفیسم: این فرآیند در بسیاری از نمونه‌های نازک میکروسکوپی از نوع افزایشی به طور فراگیر به هر دو صورت پورفیروئید و یکپارچه^۲ دیده می‌شود، که در طی آن میکرایت به طور موضعی به میکرواسپار (شکل ۹ ت) و سودواسپار (اسپار دروغین) تبدیل شده است.

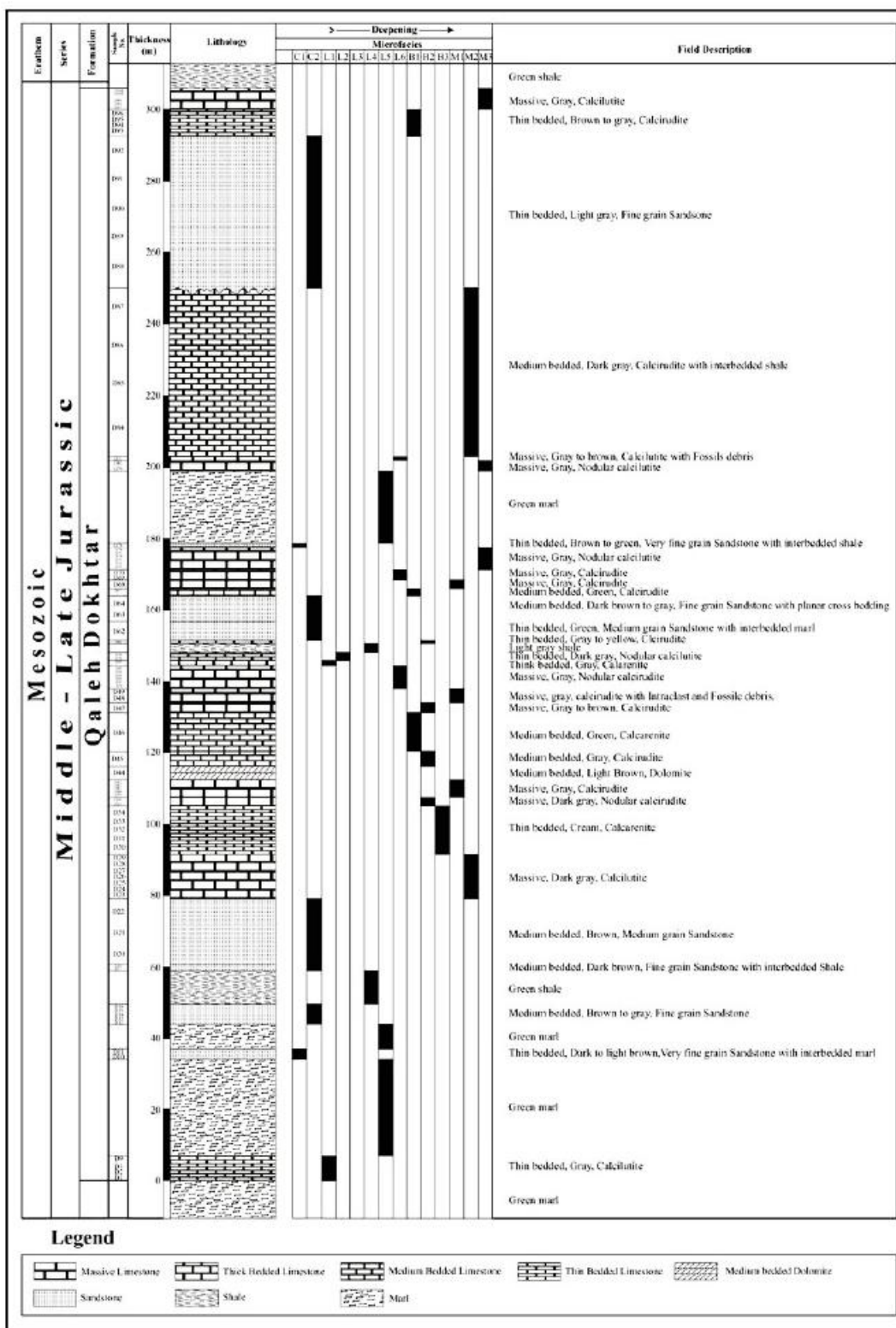
نیز مشخصات بافتی و موقعیت چین‌نگاری این طبقات حاکی از تشکیل این ریزرخساره‌ها در محیط دریای باز و تحت شرایط انرژی متوسط تا کم است [۲۹ و ۶۳]. وجود خرده‌هایی از موجودات ریف‌ساز در ریزرخساره‌های M_1 می‌تواند دلیلی بر ریزش سد در اثر جریان‌های دریایی یا اثر امواج بر کمریند سدی باشد. وجود ذرات دانه ریز و نبود سیمان در ریزرخساره M_3 دلیلی بر نهشته شدن آن در محیط آرام با انرژی پایین است [۱۶]. همراهی پلویید با سوزن اسفنج، می‌تواند بیانگر شکل‌گیری ریزرخساره فوق در یک محیط نسبتاً عمیق و ایسته به دریای باز باشد [۲۹].

تغییرات عمودی رخساره‌ها و ارائه الگوی رسوب‌گذاری

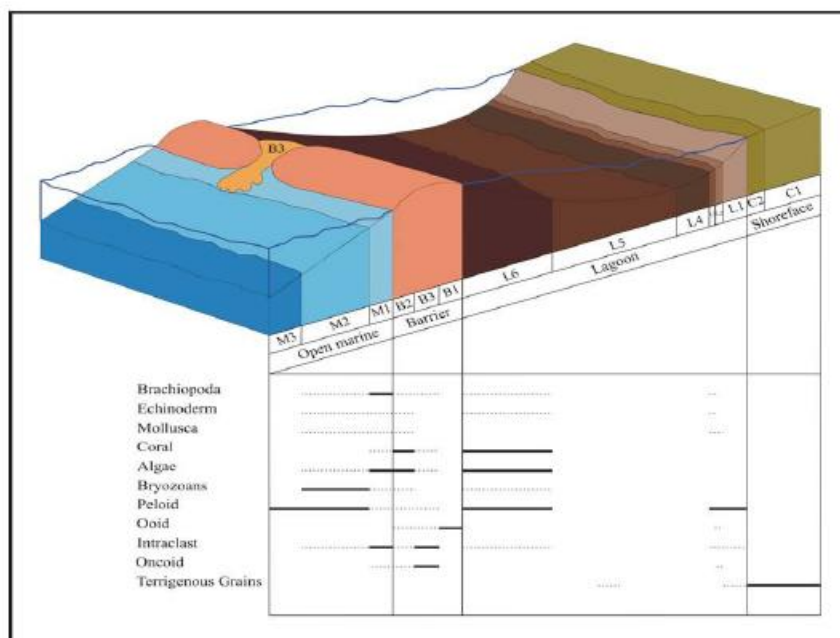
از آنجایی که توالی‌های رخساره‌های کریناته، به طور کلی حاصل تغییرات محیطی در طی زمان هستند [۶۱] پس می‌توان با شناسایی ریزرخساره‌ها و شرایط تشکیل آن‌ها، محیط رسوب‌گذاری را تفسیر و الگویی برای ته‌نشست این رسوبات ارائه نمود. کمریندهای رخساره‌های ساحلی، لاگون، سد و دریای باز بر اساس ریز رخساره‌های توصیف شده، در یک پلاتفرم کریناته کم عمق جای می‌گیرند. با توجه به تغییر ناگهانی در رخساره‌ها، که به دلیل شکست کف حوضه در شلف‌های لیه‌دار رایج است [۲۶] و گسترش رخساره‌های ریفی (پایوستروم) [۴] در طول حاشیه فلات پراترزی، که چرخش آب را در مرداب تا اندازه‌ای کنترل می‌کنند [۷]، وجود دانه‌های آنکوئید و آگرگات (خاص شلف‌های لیه‌دار) و یا در نظر گرفتن تغییرات جانبی و عمودی ریزرخساره‌های شناسایی شده و قانون والتر [۴۲]، پلاتفرم کریناته از نوع فلات حاشیه‌دار برای نهشته‌های کریناته و آواری سازند قلعه دختر در یرش کوه سیدآباد پیشنهاد می‌شود. الگوی رسوب‌گذاری پیشنهادی به طور شماتیک در شکل ۸ نمایش داده شده است. در یرش مورد مطالعه ستون تغییرات این رخساره‌ها و رسم منحنی نوسانات نسبی سطح آب دریا (شکل ۷) نشان می‌دهد که رسوبات کریناته و آواری توالی مورد مطالعه از سازند قلعه‌دختر سه روند عمیق شونده و دو روند کم عمق شونده را در محیط‌های دریای باز، سد، لاگون و پهنه ساحلی مشخص می‌کند.

^۱ Micritic envelope

^۲ Coalesive



شکل ۷. توالی سنگ چینه‌ای و تغییرات عمق رخساره‌ها در سازند قلعه دختر در برش گوه سیدآباد



شکل ۸. الگوی شماتیک ارائه شده برای محیط رسوب‌گذاری قدیمه و توزیع ریزرخساره‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده سازند قلعه دختر در برش کوه سیدآباد (بدون مقیاس)

دید شده است. این سیمان را می‌توان به محیط دیاژنزی قبل از تدفین عمیق نسبت داد.

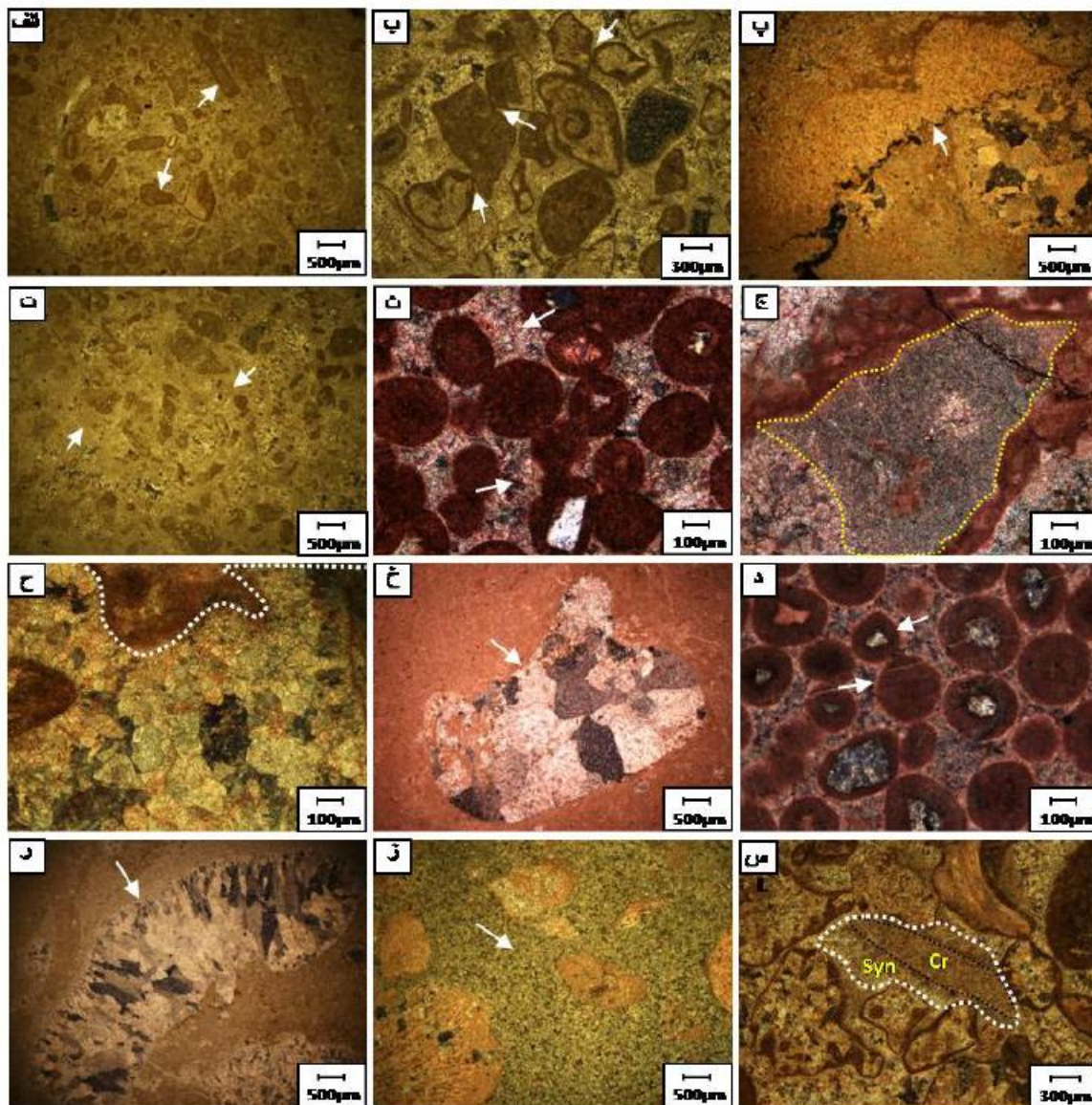
سیمان کلسیت دروزی: در مقاطع میکروسکوپی مورد مطالعه، این سیمان بیش‌تر در ریزرخساره‌های فریمستونی، رودستونی، فلوتستونی و وکستونی گسترش دارد و به فرم سیمان‌های پرکننده قالب‌های فسیلی و حفرات دیده می‌شود (شکل ۹ ح). در برخی از نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده از حاشیه به طرف مرکز حفره به ترتیب دو نوع سیمان فاقد آهن و آهن‌دار را می‌توان دید که نشان‌دهنده تغییر در ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی در گردش باشد. بنابراین این سیمان به طور عمده در شرایط متنوریک نزدیک به سطح و نیز تحت شرایط دفن عمیق تشکیل می‌شود.

سیمان کلسیتی بلوکی: این نوع سیمان در نمونه‌های مورد مطالعه از فراوانی خوبی برخوردار است و بیش‌تر در ریزرخساره‌های دانه‌پشتیان مشاهده می‌شود. سیمان بلوکی اکثراً بدون آهن است که بیش‌تر در پوسته‌های انحلال‌یافته‌ی مرجان، دوکفه‌ای و ... درون حفرات و رگه‌ها مشاهده شده است (شکل ۹ خ). این نوع سیمان علاوه بر محیط‌های آب شیرین، در محیط‌های دفنی نیز تشکیل می‌گردد [۲۹، ۳۳ و ۶۰].

سیمانی شدن: سیمان‌های شناسایی شده بر اساس انواع سیمان‌های ارائه شده توسط فلوگل [۲۹]، در سازند قلعه دختر شامل انواع زیر است:

سیمان موزاییکی هم بعد: این سیمان در مقاطع مورد مطالعه فراوان بوده و اغلب به فرم سیمان پرکننده‌ی قالب‌های حل‌شده‌ی فسیل‌ها، رگه‌ها و به مقدار کمتر در درون حفرات و فضای بین و درون دانه‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۹ ث). رنگ‌آمیزی نمونه‌ها نشان می‌دهد که این سیمان بیش‌تر به صورت سیمان کلسیتی بدون آهن و کمتر آهن‌دار دیده می‌شود، که موید تغییر شرایط محلول‌های سیمان‌ساز از اکسیدان به احیایی است. این سیمان در نمونه‌های قلعه‌دختر در محیط متنوریکی تشکیل شده است.

سیمان دانه‌ای هم بعد یا گرانولار: در سنگ‌های کربناته مورد بررسی، این سیمان از پلورهای ریز و نسبتاً هم‌اندازه تشکیل شده است که از فراوانی بالایی برخوردار است و در تمام رخساره‌ها گسترش دارد. این سیمان به شکل پرکننده فضای بین دانه‌ای، حفره‌ای، رگه‌ها و قالب‌های حل‌شده‌ی فسیلی مشاهده می‌شود (شکل ۹ ج). نمونه‌های مورد مطالعه در این سیمان بعد از رنگ‌آمیزی، بیش‌تر بدون آهن و به مقدار کمتر آهن‌دار



شکل ۹. تصاویر میکروسکوپی برگزیده از مهم‌ترین فرآیندهای دیازنتیکی در نمونه‌های گربناته سازند قلعه دختر: الف) میکرایتی شدن، ب) تماس نقطه‌ای بین آلوکم‌ها، پ) استیلولیتی شدن، ت) نئومورفیسم افزایشی، ث) سیمان موزاییکی هم بعد فاقد آهن، ج) سیمان هم بعد آهن‌دار، ح) سیمان کلسیت دروزی فاقد آهن با رشد افزایشی پلورها به سمت مرکز حفره، خ) سیمان کلسیت بلوکی فاقد آهن، د) سیمان حاشیه‌ای هم ضخامت بدون آهن در اطراف اوونیدها، ر) سیمان تیغه‌ای - منشوری درون یک حفره، ز) سیمان دولومیتی آهن‌دار بی‌وجه در بین آلوکم‌ها، س) سیمان رورشدی هم محور (Syn) در اطراف یک قطعه خارپوست (Cr).

سیمان تیغه‌ای - منشوری کلسیتی: سیمان تیغه‌ای با ترکیب کانی‌شناسی کلسیت پرمینیزیم [۱۷ و ۶۱]، از پلورهای طویل اسکالانئودرال (مثلثی) تشکیل شده است. در نمونه‌های مورد مطالعه از سازند قلعه‌دختر، این سیمان گسترش کمی داشته و به فرم سیمان پُرکننده‌ی قالب‌های فسیلی و حفرات بیش‌تر در رخساره‌های رودستونی و فریمستونی مشاهده می‌شود (شکل ۹ ر).

سیمان حاشیه‌ای هم‌ضخامت: این نوع سیمان دریایی در سازند قلعه‌دختر گسترش زیادی نداشته و احاطه کننده‌ی آلوکم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی بخصوص اوونیدها است و ینایراین کاهش‌دهنده‌ی تخلخل بین دانه‌های یوده و از تراکم آلوکم‌ها در محیط متنوریکی و تدفینی جلوگیری می‌کند (شکل ۹ د).

ایجاد شده‌اند به صورت پُر تشده باقی‌مانده‌اند. بنابراین سازند قلعه‌دختر در بخش‌هایی از شرق ایران می‌تواند سنگ مخزن نسبتاً مناسبی باشد [۳].

فابریک ژئوبیتال: این فابریک در نمونه‌های مورد بررسی در درون پوسته‌ی استراکود، برخی حجرات مرجان و اوئید به طور محدود در سازند قلعه‌دختر مشاهده می‌شود (شکل ۱۰ خ).

زیست آشفتنگی: این فرآیند در مقاطع مورد مطالعه به صورت آثار بورینگ^۱ (شکل ۱۰ د) در رخساره‌ی سدی مشاهده می‌شود.

جانشینی: جانشینی یکی از فرآیندهای دیاژنی است که در طی دیاژن اولیه و نهایی انجام می‌شود [۵۹]. جانشینی‌های مشاهده شده در رخساره‌های سازند قلعه دختر عبارتند از:

دولومیتی شدن: جانشینی دولومیت به جای کریات کلسیم به طرق مختلفی صورت می‌گیرد. دولومیت‌های مختلف در محیط‌های متفاوتی شکل می‌گیرند. بر مبنای شکل پلور، اندازه و یافت دولومیت تا حدودی می‌توان محیط ته‌نشست را تشخیص داد [۵۴]. دولومیت‌های جانشینی در سنگ‌های این سازند به اشکال ریزپلور، متوسط پلور و درشت پلور قابل مشاهده است. در نمونه‌های مورد مطالعه رومیوندرهای دولومیت یا حواشی اکسید آهن در ماتریکس دانه ریز در ریزرخساره‌های وکستونی در مراحل اولیه دیاژن رخ داده است [۶۴]. هم‌چنین تمرکز پلورهای دولومیت در مجاری و حواشی رگچه‌های انحلالی و استیلولیت هم موید تشکیل آن‌ها در مراحل تدفینی است [۳۶]. در این نمونه‌ها، اکثر دولومیت‌ها بدون آهن و تعداد چشمگیری آهن‌دار هستند این شرایط به همراه اندازه‌ی درشت پلورها مؤید محیط دیاژن تدفینی در مرحله دفن کم عمق و عمیق است (شکل ۱۰ ر).

سیلیسی شدن: این فرآیند به فرم جانشینی انتخابی در فسیل‌ها یا گسترش ندول‌ها و لایه‌های چرتی انجام می‌شود [۷]. جانشینی و رسوب سیلیس در سنگ‌های کریاته نیازمند اشباع سیالات درون منافذ از سیلیس و شرایط اسیدی است [۳۸]. در نمونه‌های مورد مطالعه، شواهد سیلیسی شدن به صورت پراکنده در آلوکم‌هایی از

سیمان دولومیتی: اگرچه بیش‌ترین حجم دولومیت‌های موجود در سازند قلعه‌دختر بصورت جانشینی اجزای سنگ کریاته اولیه اعم از آلوکم‌ها و ماتریکس می‌باشد یا این حال مواردی از تشکیل سیمان دولومیتی هم در این سازند مشاهده می‌شود. در نمونه‌های مورد مطالعه انواع سیمان‌های دولومیتی ریز تا خیلی درشت پلور (دولومیت زین‌اسپی) قابل مشاهده‌اند که به صورت سیمان پرکننده‌ی فضای بین دانه‌ها (شکل ۹ ز)، و در جایی که آلوکم‌ها انحلال پیدا کرده‌اند و تخلخل‌های قالبی آن‌ها باقی‌مانده است سیمان دولومیتی تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای را اشغال کرده است. این دولومیت‌ها که به صورت سیمان پرکننده فضاهای خالی هستند، در مراحل پایانی دیاژن و در درجه حرارت بالا تشکیل می‌شوند [۱۰].

سیمان رورشدی هم‌محور: این سیمان به طور معمول دارای ترکیب کانی‌شناسی کلسیت پرمنیزیم و پیوستگی توری یا دانه در یرگیرنده خود می‌باشد [۲۹]. سیمان نام برده به صورت ناچیز در نمونه‌های بررسی شده مشاهده شدند که از نوع کدر و اینکلوژن‌دار مربوط به محیط آب‌های نرمال دریایی است (شکل ۹ س).

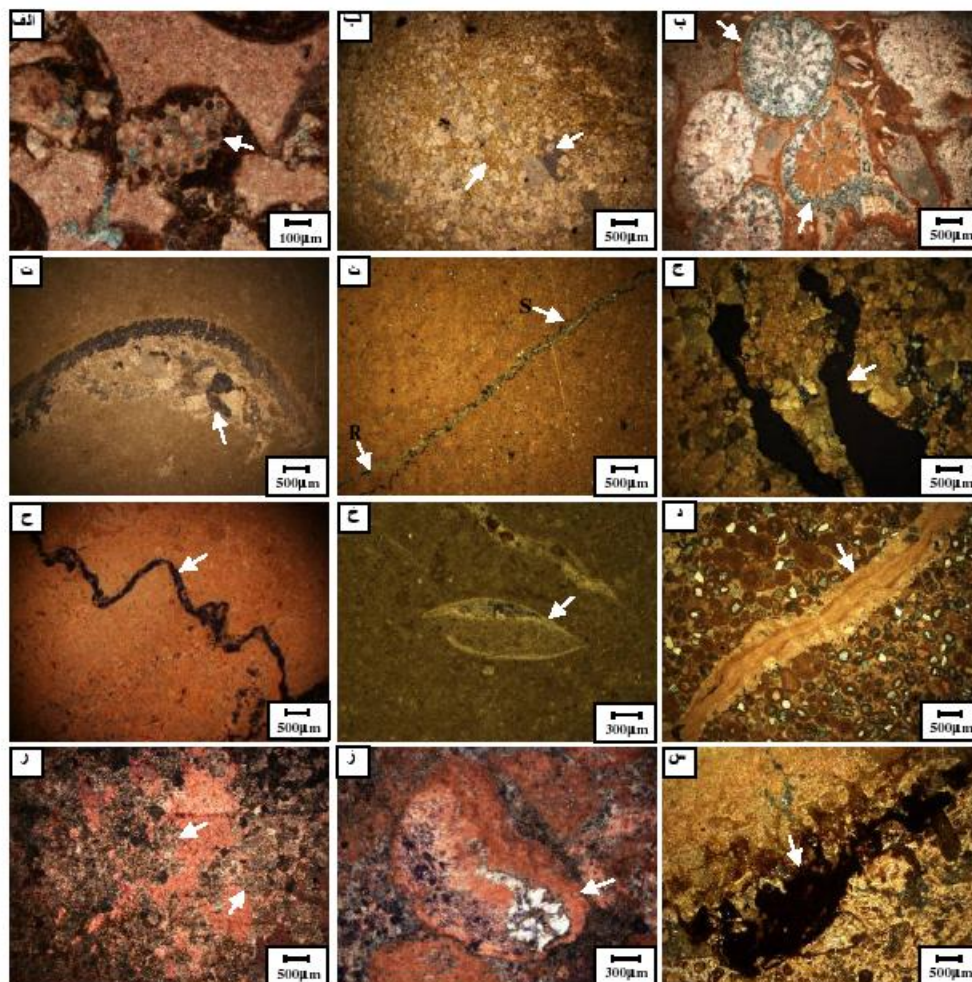
انحلال و تخلخل: انحلال فرآیند اصلی دیاژنتیکی است که منجر به توسعه‌ی تخلخل شده است. تخلخل یک پیش شرط لازم برای عملکرد دیاژن است و مطالعه آن در سنگ‌های کریاته جهت فهم فرآیندهای دیاژنتیکی و به ویژه ارزیابی سنگ‌های مخزن لازم می‌باشد [۴۴]. در این پژوهش به منظور تقسیم بندی تخلخل‌های شناسایی شده در سازند قلعه‌دختر از رده‌بندی [۲۲] استفاده شده است که عبارتند از تخلخل‌های تحت کنترل فابریک که شامل تخلخل‌های بین‌دانه‌ای، درون‌دانه‌ای (شکل ۱۰ الف)، بین‌پلورین (شکل ۱۰ ب)، قالبی، رشدی (شکل ۱۰ پ)، پناهگاهی (شکل ۱۰ ت) است و تخلخل‌های بدون انتخاب فابریک هم شامل تخلخل‌های حاصل از شکستگی (شکل ۱۰ ث)، حفره‌ای (شکل ۱۰ ج)، کانالی و استیلولیتی (شکل ۱۰ ح) می‌باشد. در سنگ‌های کریاته مورد مطالعه، اغلب تخلخل‌های تحت کنترل فابریک تا مرحله مزوژن و آغاز مرحله پالامدگی در اثر فرآیندهای فشرده‌گی و سیمانی شدن از بین رفته‌اند و تنها برخی از انواع تخلخل‌ها (حفره‌ای، کانالی و استیلولیتی) که تحت کنترل فابریک نیستند و یا در طی مرحله پالامدگی

^۱ Boring

سنگ‌های رسوبی به اندازه چند درصد وجود دارند [۶۰]. در نمونه‌های مورد مطالعه، شواهد هماتیته شدن به صورت پرکننده حجرات مرجان، دوکفه‌ای و اووئیدها، در حواشی آلومک‌ها و اکثر دولومیت‌ها، آغشتگی زمینه میکرایتی و سیمان‌های موجود، در امتداد استیلولیت‌ها و درزه‌های انحلالی قابل مشاهده است (شکل ۱۰ س). منشأ آهن می‌تواند حاصل انحلال کانی‌های رسی یا انتقال توسط آب‌های جوی باشد، با توجه به وجود لایه‌های شیل در سازند قلعه دختر منشأ آهن احتمالاً از انحلال کانی‌های رسی است.

قبیل یازوپا و مرجان و اینتراکلیست دیده می‌شود (شکل ۱۰ ز)، به احتمال زیاد سیلیس لازم برای فرآیند سیلیسی شدن در این سازند، از انحلال کوارتزهای آواری و دگرسانی کانی‌های رسی موجود در شیل‌ها تأمین شده است [۱۹، ۳۴ و ۴۱]. در مقاطع مورد مطالعه، انحلال کوارتزهای آواری به صورت سطوح بین دانه‌های مضرس و محدب-مقعر در ماسه‌سنگ‌های سازند قلعه‌دختر قابل مشاهده می‌باشد. همین‌طور ممکن است واحدهای شیلی سازند قلعه دختر نیز تأمین کننده‌ی سیلیس برای فرآیند سیلیسی شدن باشند.

هماتیته شدن: کانی‌های آهن‌دار یکی از شاخص‌های مهم شرایط شیمیایی رسوبات هستند، که عملاً در تمام



شکل ۱۰: تصاویر میکروسکوپی برگزیده از مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنتیکی در نمونه‌های گربنانه سازند قلعه دختر: الف) تخلخل درون دانه‌ای اولیه پر شده با کلسیت در حجرات پروژونتر، ب) تخلخل بین بلوری پر شده با اکسید آهن و سیمان کلسیت اسپاری در بین بلورهای دولومیت، پ) تخلخل رشدی پر شده با سیمان کلسیت اسپاری در ریز رخساره فریمستون مرجانی، ت) تخلخل پناهگاهی پر شده با سیمان کلسیت اسپاری در پناه قطعه‌ی خارپوست، ث) تخلخل حاصل از شکستگی که توسط سیمان کلسیت اسپاری پر شده (R) و استیلولیت (S) را قطع کرده است، ج) تخلخل حفره‌ای، ح) تخلخل استیلولیتی در نمونه‌ی میکرایتی، خ) فابریک ژئوپتال در پوسته‌ی استراکود، د) آثار پورینگ در ریز رخساره گربنستون اوولیتی، ر) بلورهای دولومیت وجه‌دار آهن‌دار (D) (فلاش سفید) به همراه کلسیت بدون آهن (C)، ز) جایگزینی سیلیس در پوسته‌ی فسفیل پراگیوبود، س) جانشینی آهن در متن سنگ.

توالی پارازنتیکی

تفسیر توالی‌های پارازنتیکی در یک ناحیه بیان‌گر زمان تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی و تقدم و تأخر آن‌ها می‌باشد [۶۱]. فرآیندهای دیاژنتیکی متعددی در طی مراحل مختلف، سنگ‌های مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده است. فرآیندهای سیمانی شدن، تخلخل‌های اکثراً پر شده یا سیمان، دولومیتی شدن، نئومورفیسم، فشردگی شیمیایی (به ویژه تشکیل استیلولیت) از مهم‌ترین و گسترده‌ترین فرآیندهای دیاژنتی در پرش مورد مطالعه از سازند قلعه‌دختر می‌باشد. تشکیل سیمان کلسیتی اولیه (هم‌ضخامت، تیغه‌ای - منشوری، رورشدی، موزائیکی هم‌بند، پلوی، دانه‌ای هم‌بند و دروزی)، آشفستگی زیستی، میکرایتی شدن، تشکیل فایریک ژئوپتال، تخلخل‌های تحت کنترل فایریک، تخلخل حفره‌ای و همین‌طور فشردگی فیزیکی در طی دیاژنز اولیه (انوژنز) صورت گرفته است. این مرحله از دیاژنز شامل فرآیندهایی است که رسوبات را در حین ته‌نشست و بلافاصله پس از ته‌نشست تحت تأثیر قرار می‌دهند [۶۱]. به نظر می‌رسد که در این سازند رسوبات پس از تحمل دیاژنز اولیه در بستر دریا ابتدا تحت تأثیر دیاژنز متنوریک قرار گرفته‌اند و بعد وارد محیط دیاژنز تدفینی شده‌اند. در نمونه‌هایی که تحت تأثیر سیمانی شدن در محیط متنوریک قرار گرفته‌اند، فضا‌های یاقی‌مانده توسط سیمان‌های دیاژنز تدفینی و دولومیت‌های درشت پلور آهن‌دار (نشان دهنده‌ی شرایط احیایی) پر شده‌اند. از مهم‌ترین شواهد دیاژنز تدفینی می‌توان به فشردگی دانه‌ها بصورت تماس محذب-مقعر و مضرس اشاره کرد که با افزایش عمق تدفین، در اثر انحلال فشاری استیلولیت و درزه‌های انحلالی تشکیل شده است. عبور سیالات خورنده سیب انحلال شده و انواع تخلخل‌های حفره‌ای، کانالی و استیلولیتی تشکیل می‌شوند. جریان سیالات از مجاری استیلولیت‌ها و درزه‌های انحلالی منجر به تشکیل دولومیت در مجاری و حواشی استیلولیت‌ها و درزه‌های انحلالی شده است. از دیگر تأثیرات تدفین بر روی رسوبات سازند قلعه‌دختر می‌توان به سیلایی شدن و هماتی شدن نیز اشاره کرد. نئومورفیسم افزایشی نیز در این مرحله عمل کرده است. برخی سیمان‌ها نظیر سیمان دانه‌ای، پلوی، دولومیتی و دروزی (که از حاشیه به طرف مرکز حفرات آهن‌دار شده‌اند) از فرآیندهای این مرحله به

شمار می‌آیند. وجود شکستگی‌های پر شده از سیمان موزائیکی بدون آهن و بعضاً آهن‌دار که استیلولیت‌ها را قطع کرده‌اند و همین‌طور قطع شدن دولومیت زین‌اسبی توسط رگه‌ی دولومیت ریزیلور یا حاشیه‌ی اکسید آهن، می‌تواند بیانگر تشکیل رگه‌ها بعد از ورود به محیط دیاژنز تدفینی باشد. ایجاد شکستگی‌ها، تشکیل تخلخل‌های بین پلوری و کانالی، دولومیتی شدن و هماتی شدن، در طول دیاژنز نهایی (تلوژنز) صورت گرفته است. به احتمال زیاد در هنگام بالا آمدن رسوبات، یون‌های آهن توسط آب‌های جوی و از طریق شکستگی‌ها به داخل رسوبات نفوذ کرده و در شرایط اکسیدان، اکسید آهن آبدار تشکیل و با گذشت زمان به هماتیت تشکیل شده است. ترتیب رخدادها و پدیده‌های دیاژنتیکی بر اساس تقدم و تأخر زمانی نسبی آن‌ها در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

ژئوشیمی عنصری سنگ آهک‌های سازند قلعه دختر

مطالعات مختلف نشان داده است که از ژئوشیمی رسوبی می‌توان در تعبیر و تفسیر مسائل مختلف زمین‌شناسی استفاده نمود. تعیین ترکیب کانی‌شناسی اولیه، تعیین میزان دگرسانی، تفکیک انواع محیط‌های دیاژنتیکی (متنوریکی، تدفینی و دریایی) و روند‌های دیاژنتی [۱۳، ۱۵ و ۴۸] و شناسایی کربنات‌های مناطق حاره‌ای، معتدله و قطبی از مهم‌ترین کاربردهای مطالعات ژئوشیمیایی است که در این پژوهش پیش‌تر مورد توجه می‌باشند.

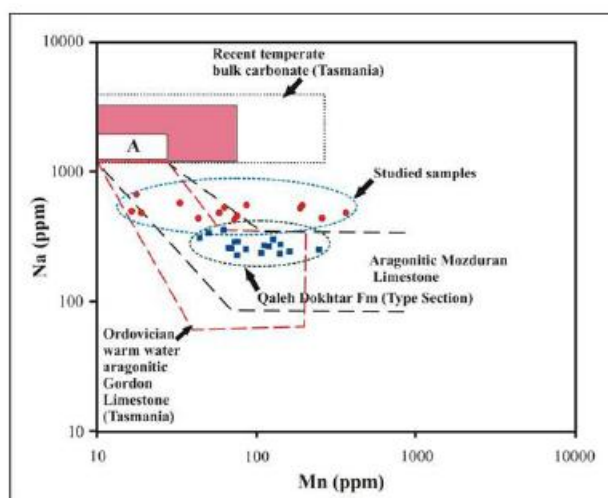
ترکیب عناصر اصلی و فرعی در نمونه‌های مورد مطالعه: مقادیر عناصر اصلی کلسیم و منیزیم (بر حسب درصد) و عناصر فرعی آهن، منگنز، استرانسیم و سدیم (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نمونه‌های مورد مطالعه، پس از کسر مواد نامحلول در اسید محاسبه شد. این مقادیر برای عنصر اصلی کلسیم بین ۲۶/۷۴ تا ۳۸/۱۱ درصد (میانگین ۳۲/۴۵ درصد) و برای عنصر منیزیم بین ۰/۳۲ تا ۴/۷۳ درصد (میانگین ۲/۸۱ درصد) در نوسان است (جدول ۱). مقایسه‌ی مقادیر منیزیم و کلسیم نشان می‌دهد که اکثر نمونه‌های مورد مطالعه، از نوع سنگ آهک و آهک دولومیتی شده است. مقادیر استرانسیم ۱۵۵/۸۹ تا ۶۹۹/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین

بر ترکیب اولیه‌ی آراگونیتی است. وجود میانگین ۱۰۲/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم منگنز در نمونه‌ها چنین تفسیر می‌شود که این نمونه‌ها تحت تأثیر دیاژنز متنوریکی و شرایط احیایی قرار گرفته‌اند. روند مثبت تغییرات آهن در مقابل منگنز هم نشان‌دهنده افزایش تأثیر دیاژنز تدفینی در یک محیط احیایی است. ترسیم مقادیر سدیم در برابر منگنز (شکل ۱۲) نشان می‌دهد که سنگ آهک‌های سازند قلعه‌دختر نیز همانند سنگ‌های آهکی سازند مزدوران [۱۴]، گوردون تاسمانیا [۴۷] و برش الگوی قلعه دختر [۵] ترکیب کاتی‌شناسی اولیه آراگونیتی داشته‌اند.

۳۶۲/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، سدیم بین ۳۷۵/۷۶ تا ۵۹۰/۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۴۵۴/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، منگنز بین ۱۵/۴۹ تا ۳۱۵/۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۹۴/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آهن در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۳۰۰/۷۶ تا ۱۲۹۳/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۷۴۸/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تغییر است (جدول ۱). مقدار استرانسیم و سدیم در این نمونه‌ها نسبت به معادل‌های عهد حاضر پایین‌تر است زیرا مقدار استرانسیم تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی (به‌ویژه دیاژنز متنوریک) کاهش چشمگیری می‌یابد [۱۴ و ۲۰]. بالا بودن مقادیر استرانسیم در برخی نمونه‌های مورد بررسی نیز تأکیدی

Time		Early (Eogenesis)		Middle (Mesogenesis)	Late (Tellogenesis)	
		Marine	Meteoric	Burial	Uplift	
Diagenetic Environment						
Diagenetic Process						
Micritization		=====				
Cementation	Isopachous rim	=====				
	Equant Mosaic		-----			
	Drusy		=====			
	Equant Graunalar		=====			
	Blocky		=====			
	Bladed-Prismatic	=====				
	Syntaxial rim	=====				
	Dolomite Cement		=====			
Porosity	Fabric Selective	Intergranular	-----			
		Intragraunlar	=====			
		Intercrystalline			=====	
	Non Fabric Selective	Moldic	=====	-----	-----	
		Shelter	=====			
		Growth	=====			
		Fracture				=====
		Vuggy		=====	=====	
		Channel			=====	=====
		Stylolite			=====	
Compaction	Physical	=====				
	Chemical			=====		
Replacement	Dolomitization			=====		
	Silicification			=====		
	Hematitization			=====		
Dissolution			-----	=====		
Neomorphism				=====		
Bioturbation		=====				
Geopetal Fabric		=====				

شکل ۱۱. توالی بارازنتیکی سنگ‌های کربناته سازند قلعه دختر در برش گوه سید آباد



شکل ۱۲. ترسیم تغییرات مقادیر سدیم در برابر منگنز در نمونه‌های مورد مطالعه توسط آدابی و رانو [۱۵]

جدول ۱. داده‌های حاصل از آنالیز عناصر اصلی و عناصر فرعی نمونه‌های مورد مطالعه به روش طیف‌سنجی جذب اتمی

Sample No.	I. R. (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Na (mg/kg)	
1	D-107	7.5	34.56	4.02	228.67	1233.68	212.22	375.76
2	D-76	3.3	30.51	2.54	70.6	582.22	177.72	404.37
3	D-106	9.3	30.56	2.33	161.24	1293.26	637.49	452.42
4	D-82	8.8	29.11	1.85	315.84	1224.03	245.31	406.94
5	D-64	0.8	35.44	3.37	33.1	469.64	372.05	573.45
6	D-46	6.5	37.32	3.41	172.38	823.21	699.45	478.09
7	D-50	6.7	29.90	2.36	15.97	321.51	495.97	590.69
8	D-28	4.2	38.11	0.32	15.49	300.76	317.83	458.29
9	D-63	9.7	27.25	2.22	74.63	817.25	263.62	476.26
10	D-93	6.8	37.11	2.87	17.94	450.53	323.47	449.12
11	D-57	9.5	30.89	2.35	50.63	885.25	398.1	404
12	D-36	8.1	29.35	2.72	54.81	770.2	429.08	458.29
13	D-41	6.1	37.38	4.24	38.78	703.84	351.63	387.13
14	D-48	1.6	26.74	4.73	75.02	599.48	155.89	448.38
Average	6.35	32.45	2.81	94.65	748.20	362.84	454.51	

حالت معرف یک سیستم دیاژنتیکی نیمه بسته^۱ و انحلال و رسوب‌گذاری مجدد کلسیت کم منیزیم پایدار می‌باشد [۱] (شکل ۱۳).

نسبت Sr/Na: کریستال‌های حاره‌ای دیرینه و عهد حاضر را می‌توان از معادله‌های غیر حاره‌ای آن‌ها توسط نسبت Sr/Na و میزان منگنز تفکیک کرد [۱۳، ۴۸ و ۵۰]. این نسبت در نمونه‌های مورد مطالعه بین ۰/۳۴ تا ۱/۴۶ در نوسان است و با مقادیر منگنز، رابطه مثبتی نشان می‌دهد و این حاکی از آراگونیتی بودن ترکیب اولیه سنگ

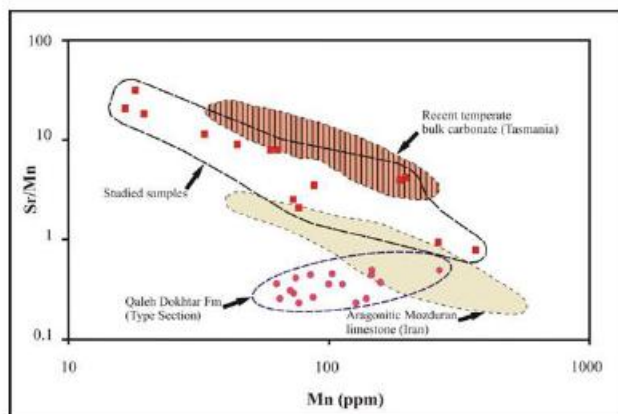
نسبت Sr/Mn: در نمونه‌های مورد مطالعه از سازند قلعه دختر نسبت Sr/Mn بین ۰/۷۷ تا ۳۱/۰۴ (میانگین ۸/۸۱) در نوسان است. روند کاهشی تغییرات نسبت استرانسیم به منگنز در مقابل مقادیر منگنز را می‌توان به انحلال بالا توسط فرآیندهای دیاژنتیکی متوریک نسبت داد [۴۸]. در سنگ‌آهک‌های سازند قلعه‌دختر تغییرات زیادی در نسبت Sr/Mn در مقابل Mn نسبت به محدوده سنگ آهک‌های آراگونیتی مزدوران و نمونه‌های کل کریستاله مناطق معتدله عهد حاضر تاسمانیا دیده می‌شود که این

^۱ Semi-closed diagenetic system

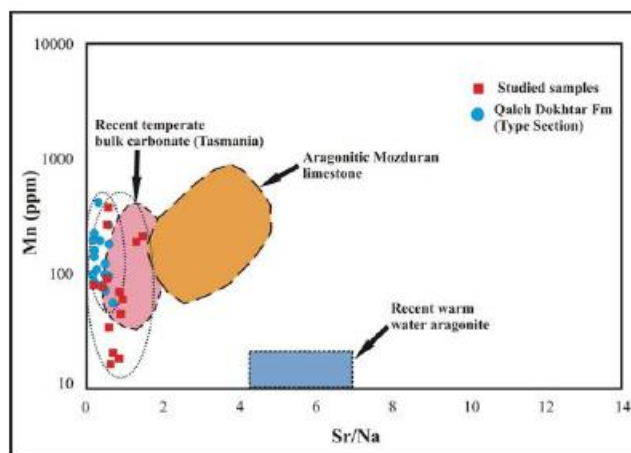
نمود [۲۱]. نسبت Sr/Ca در کرینات‌ها به نسبت Sr/Ca در آب دریا و ضریب توزیع استرانسیم بستگی دارد [۵۲ و ۵۶]. در سیستم دیاژیزی باز با افزایش تبادلات آب و سنگ میزان Sr/Ca کاهش می‌یابد درحالی‌که در سیستم‌های بسته و نیمه بسته که فعل و انفعالات آب به سنگ کم است، نسبت Sr/Ca در فازهای دیاژیزی، تغییرات محسوسی نسبت به ترکیبات اولیه ندارد [۱۳]. در نمونه‌های مورد مطالعه نسبت Sr/Ca بین ۰/۵۸ تا ۲/۰۸ در نوسان است. با توجه به محدوده‌های ترسیم شده توسط پرند و ویزر [۲۱] برای روند دیاژنتیکی آراگونیت (A)، کلسیت یا منیزیم یا (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC)، به نظر می‌رسد که محیط دیاژنتیکی توالی مورد مطالعه از نظر ژئوشیمیایی یک سیستم بسته تا نیمه بسته بوده است (شکل ۱۵). هم‌چنین نمونه‌های آهکی یرش الگوی قلعه‌دختر [۵] نیز تحت تأثیر سیستم دیاژنتیکی نیمه بسته قرار گرفته‌اند.

آهک‌های مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به شکل ۱۴ و یا در نظر گرفتن کاهش مقادیر استرانسیم و سدیم و افزایش منگنز در طی دیاژنز در نمونه‌های سازند قلعه دختر و مقایسه‌ی نسبت Sr/Na در این نمونه‌ها با نسبت Sr/Na نمونه‌های مناطق حاره‌ای و معتدله عهد حاضر، به نظر می‌رسد که نمونه‌های مورد مطالعه، از نظر ترکیب نزدیک به نمونه‌های کل کریناته مناطق نیمه حاره‌ای عهد حاضر باشد. بررسی نقشه‌های دیرینه ژوراسیک میانی- پسین نشان می‌دهد که جایگاه ورقه ایران در حاشیه شمالی اقیانوس نئوتتیس تقریباً در منطقه نیمه‌گرمسیری و عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی مطابق با موقعیت دیرینه جغرافیایی اروپا قرار داشته است [۲۸، ۵۷، ۶۲] که با نتایج ژئوشیمی مذکور هم‌خوانی دارد.

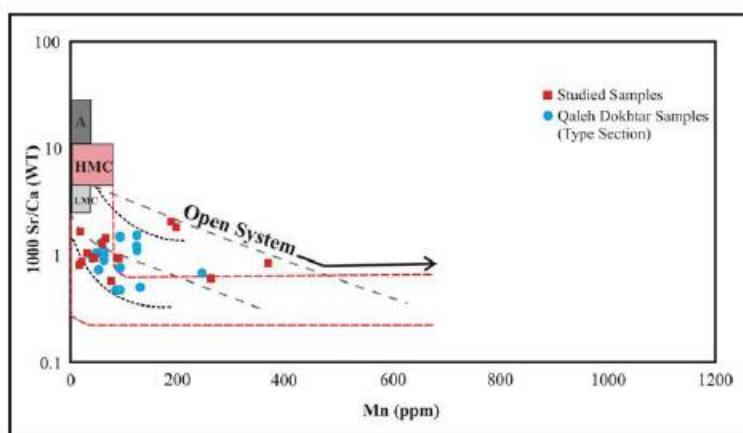
نسبت Sr/Ca: بر اساس ترسیم نسبت Sr/Ca در برابر Mn می‌توان روند دیاژنز را در سامانه‌های بسته و باز تعیین



شکل ۱۳. تغییرات Sr/Mn در مقابل Mn در نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار ارائه شده توسط رانو [۴۸]



شکل ۱۴. تغییرات مقادیر منگنز در مقابل نسبت Sr/Na در نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار ارائه شده توسط آدابی و رانو [۱۵]



شکل ۱۵. نمودار مقادیر Mn در برابر Sr/Ca در نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار ارائه شده توسط برند و ویزر [۲۱]

کریناته از نوع شلف لپه‌دار نهشته شده است. نتایج حاصل از مطالعات پتروگرافی و رنگ‌آمیزی مقاطع نازک میکروسکوپی نشان می‌دهد فرآیندهای سیمانی شدن، تخلخل‌های اکثراً پر شده با سیمان، دولومیتی شدن، نئومورفیسیم، فشردگی شیمیایی (به‌ویژه تشکیل استیلولیت) از مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی در یرش مورد مطالعه می‌باشد. مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که سنگ‌های کریناته سازند قلعه‌دختر در یرش کوه سیدآباد، پس از تحمل دیاژنوز اولیه در پستر دریا ابتدا تحت تأثیر دیاژنوز متوریک قرار گرفته‌اند و بعد وارد محیط دیاژنوز تدفینی شده‌اند. پالامدگی آخرین مرحله از تأثیر فرآیندهای دیاژنوزی بر روی سنگ‌های آهکی سازند قلعه‌دختر بوده است. سنگ‌های آواری هم تحت تأثیر دیاژنوز دریایی، تدفینی و پالامدگی قرار گرفته‌اند. زمان تأثیر دیاژنوز تدفینی بر روی سنگ‌های آهکی و آواری طولانی بوده است. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های کریناته مورد مطالعه دارای ترکیب کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی بوده‌اند. هم‌چنین این سنگ‌ها در یک محیط دیاژنوتیکی پسته تا نیمه پسته نهشته شده‌اند و از نظر ترکیب نزدیک به نمونه‌های کل کریناته مناطق نیمه حاره‌ای عهد حاضر می‌باشند.

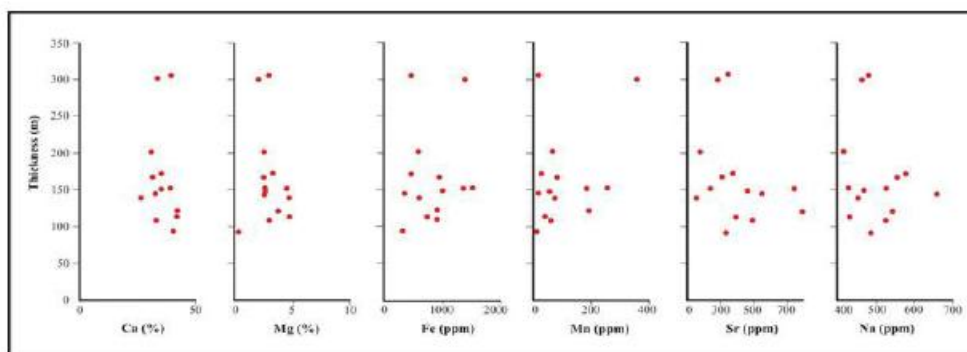
سپاسگزاری

بدین وسیله از نظرات ارزنده‌ی داوران محترم که در بهبود کیفیت این مقاله بسیار موثر بوده است صمیمانه قدردانی می‌شود.

روند تغییرات عناصر اصلی و فرعی در طول توالی مورد مطالعه: در سیستم‌های دیاژنوتیکی باز، تبادلات ژئوشیمیایی یا سازندهای مجاور در طی دیاژنوز تدفینی می‌تواند منجر به بروز روند افزایشی یا کاهش مقادیر عناصر اصلی و فرعی در بخش زیرین یا بالایی توالی مورد مطالعه گردد [۴۳]. در این پژوهش، ترسیم تغییرات مقادیر عناصر اصلی و فرعی در برابر ضخامت سازند روند مشخصی را نشان نمی‌دهد که این موضوع نشان می‌دهد که سازند قلعه‌دختر از سازندهای مجاور خود تأثیر قابل توجهی نپذیرفته و در نتیجه سیستم دیاژنوتیکی پسته تا نیمه پسته بوده است (شکل ۱۶).

نتیجه‌گیری

بر اساس اطلاعات حاصل از مشاهدات صحرایی، سازند قلعه‌دختر در یرش کوه سیدآباد، شامل ۳۰۶/۳ متر سنگ آهک‌های نازک تا ضخیم لایه و توده‌ای، دولومیت، ماسه‌سنگ، شیل و مارن است. در این یرش سازند قلعه‌دختر به صورت هم‌شیب بر روی سازند یغمشاه قرار دارد و مرز بالایی آن با واحد شیلی به رنگ سبز زیتونی در تماس است. با توجه به کیفیت و نوع اجزای اسکلتی و غیراسکلتی تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آهکی و آواری مورد مطالعه و بافت این سنگ‌ها، تعداد یازده ریزرخساره‌ی آهکی و دو پتروفاسیس آواری در قالب چهار کمربند رخصاره‌ای ساحلی، لاگون، سد و دریای باز شناسایی گردید. بر اساس ارتباط ریزرخساره‌ها و پتروفاسیس‌های شناسایی شده و پراکنندگی آن‌ها در طول توالی مورد مطالعه، این سنگ‌ها در یک پلاتفرم



شکل ۱۶. روند تغییرات مقادیر عناصر اصلی و فرعی در مقابل ضخامت توالی مورد مطالعه

[۱۰] فتحی، س. و مصدق، ح (۱۳۹۰) بررسی تأثیر فرآیندهای دیازنز بر روی سنگ‌های آهکی دولومیتی شده ژوراسیک میزبان سرب و روی آهوانو، شمال دامغان، ایران. پترولوژی، شماره هشتم، صفحه ۸۵ تا ۹۸.

[۱۱] موسوی حرمی، ر (۱۳۸۹) رسوب‌شناسی، آستان قدس رضوی، ۴۷۴ صفحه.

[۱۲] میرزایی محمودآبادی، ر. و افقه، م (۱۳۸۸) محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکاسی سازندهای ساچون و جهرم در منطقه‌ی شیراز. فصلنامه‌ی زمین‌شناسی کاربردی، شماره یک، صفحه ۵۹ تا ۷۵.

- [13] Adabi, M. H., & Asadi-Mehmandosti, E (2008) Microfacies and Geology of the Iland Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, S. W. Iran: Journal of Asian Earth Sciences, v. 33, p. 267-277.
- [14] Adabi, M. H. & Rao, C.P (1991) Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of upper Jurassic Carbonate (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran: Sedimentary Geology, v. 72, p. 253-276.
- [15] Adabi, M.H. & Rao, C.P (1996) Petrographic, elemental and isotopic criteria for the recognition of carbonate mineralogy and climates during the Jurassic (e.g., from Iran and Australia). Proceedings, 13th Geological Conference Australia (Abst.), p. 6.
- [16] Adachi, N., Ezaki, Y. & Liu, J (2004) The origins of peloids immediately after the end Permian extinction, Guizhou Province, South China. Sedimentary Geology, v. 164, p. 161-178.
- [17] Al-Sharhan, A. S. & Whittle, G. L (1995) Carbonate – Evaporite Sequences of the Late Jurassic, Southern and Southwestern Arabian Gulf. AAPG Bull, v.79, No.11, p.1608-1630.
- [18] Baccelle, L. & Bosellini, A (1965) Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocche sedimentary. annali dell universita di Ferrara (Nuova Serie), sezione 9, Scienze

منابع

- [۱] آدابی، م. ح (۱۳۹۰) ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آراین زمین، ۵۰۳ صفحه.
- [۲] آقابیانی، ع (۱۳۸۹) زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- [۳] افسا، ز (۱۳۹۴) پتروگرافی، محیط رسوبی و ژئوشیمی واحد کربناته سازند قلعه دختر (ژوراسیک میانی پسین؟) در برش کوه سید آباد، شمال فاین، شرق ایران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی- گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه بیرجند، ۲۳۲ صفحه.
- [۴] افسا، ز، میراب‌شیرازی، غ. و خزاعی، ا (۱۳۹۳) نخستین گزارش رخساره ریف از سازند قلعه دختر (ژوراسیک میانی پسین) در پهنه لوت. مجموعه مقالات هجدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صفحه ۷۴۰ تا ۷۴۶.
- [۵] امینی، د (۱۳۹۱) مطالعه پتروگرافی و محیط رسوبی واحد کربناته‌ی سازند قلعه دختر (ژوراسیک میانی بالایی) در محل برش الگو (روستای قلعه دختر) واقع در شمال‌شرق رشته کوه ستری، شرق ایران. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی- گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه بیرجند، ۱۸۷ صفحه.
- [۶] بهرامی‌راد، ع. و اهری‌پور، ر (۱۳۹۳) ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سنگ‌آهک‌های سازند دلیچای در شمال‌شرق شاهرود (برش ری‌آباد). نشریه علمی پژوهشی رخساره‌های رسوبی، شماره هفتم، صفحه ۱۹۶ تا ۲۰۷.
- [۷] تاگر، م (۱۳۸۸) سنگ‌شناسی رسوبی، مقدمه‌ای بر منشأ سنگ‌های رسوبی. ترجمه موسوی حرمی و اسد... محبوبی، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۴۹۳ صفحه.
- [۸] رحیم‌پور بناب، ح (۱۳۸۹) سنگ‌شناسی کربناته، بانگ‌رشی بر کیفیت مخزنی، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۴ صفحه.
- [۹] علوی نائینی، م (۱۳۷۰) نقش زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ فاین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- [32] 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*, v. 155(3), p. 211-238.
- [33] Haijun, Zh., Lin, D., Xunlian, W., Lei., Qingshan, W., and Guoying, X (2006) Carbonate Diagenesis Controlled By Glacioeustatic Sea-Level Changes, A Case Study from the Carboniferous-Permian Boundary Section at Xikou, China. *Journal of China University of Geosciences*, v. 17 (2), p. 103-114.
- [34] Hesse R (1989) Silica diagenesis: Origin of inorganic and replacement cherts. *Earth Science Reviews*. v. 26, p. 253-284.
- [35] Holcova, Z. & Zagorsek, K (2008) Bryozoa, foraminifera and calcareous nannoplankton as environmental proxies of the "bryozoan event" in the Middle Miocene of the Central Paratethys (Czech Republic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 267, p. 216-234.
- [36] Hood S.D., Nelson C.S., & Kamp P.J.J (2004) "Burial dolomitisation in a non tropical carbonate petroleum reservoir: the Oligocene Tikorangi Formation", Taranaki Basin, New Zealand, *Sedimentary Geology*, v. 172, P. 117-138.
- [37] Irwin, M.L (1965) General theory of epiric clear water sedimentation. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 49, p. 445-459.
- [38] Maliva, R., and Siever, R (1988) Pre-Cenozoic nodular cherts, evidence for opal-CT precursors and direct quartz replacement. *American Journal of Science*, v. 288, p. 799-809.
- [39] Masse, J.P., Fenerci, M. & Pernarcic, E. (2003) Palaeobathymetric reconstruction of peritidal carbonates, Late Barremian, Urgonian, sequences of province (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 200, p. 65-81.
- [40] Maurer, F., Martini, R., Rettori, R., Hillgärtner, H. & Cirilli, S (2009) The geology of Khuff outcrop analogues in the Musandam Peninsula, United Arab Emirates and Oman. *GeoArabia*. v. 14, p.125-158.
- [41] McBride, W.S (1989) Quartz cement in sandstone. *Earth Science Reviews*, v. 26, p. 69-112.
- [42] Middleton, G.V (1973) Johannes Walther's Law of the correlation of facies. *Geological Society of America Bulletin*, v. 84, p. 979-988.
- geologiche e paleontologiche, Vol.1, no. 3,59-62, 15 Pls.
- [19] Bjorlykke K., Egeberg P.K (1993) Quartz cementation in sedimentary basins. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 77, p. 1538-1548.
- [20] Brand, U. & Morrison, J.O (1987) Biogeochemistry of fossil marine invertebrates: *Geoscience of Canada*, v. 14, p. 85-107.
- [21] Brand, U. and Veizer, J (1980) Chemical Diagenesis of multicomponent Carbonate System: *Journal of sedimentary petrology*, v. 51, p. 987-997.
- [22] Choquette, P.W. and Pray, L.C (1970) Geologic nomenclature and classification of porosity in carbonates. *American Association of Petroleum Geologists sedimentary Bulletin*, v. 54, p. 207-250.
- [23] Colombié, c., Schnyder, J. & Carcel, D (2012) Shallow-water marl-limestone alternations in the Late Jurassic of western France: Cycles, storm event deposits or both?: *Journal of Sedimentary Geology*, v. 271, p. 28-43.
- [24] Dickson, J.A.D (1965) A modified staining technique for carbonates in thin section: *Nature*, v. 205, p. 587.
- [25] Dunham, R.J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture: *American Association of Petroleum Geologist: Memoir 1*, p. 108-121.
- [26] El gadi, M. S. M. & Brookfield, M. E (1999) Open carbonate ramp facies, microfacies and paleoenvironments of the Gramame Formation (Maastrichtian), Pernambuco-Parafba Basin, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. v. 12, p. 411-433.
- [27] Embry, A.F. & Klovan, J.E (1971) A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island: N.W.T. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 19(4), p. 730-781.
- [28] Enay, R. & Guiraud, R. E (1993) Callovian (162 to 158 Ma). In: Dercourt, J., Ricou, L.E., & Vrielynck, B. (eds) *Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps*. Gauthier-Villars, Paris, p. 81-95.
- [29] Flügel, E (2010) *Microfacies analysis of carbonate rocks: analyses, interpretation and application*. Springer-Verlag, Berlin, 976 p.
- [30] Folk, R. L (1980) *Petrography of sedimentary rocks*: Hemphill Publishing Company. 182p.
- [31] Fürsich, F. T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K. & Majidifard, M.R (2003) Evidence of synsedimentary tectonics in the northern Tabas Block, east-central Iran: The Callovian (Middle Jurassic) Sikhor Formation. *Facies*, v. 48, p. 151-170.

- Reineckeidae (Ammonoidea) from the Callovian (Middle Jurassic) of the Shotori Range (East-Central Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, v.3, p. 184-192.
- [54] Sibley D.F., Greeg J.M (1987) Classification of dolomite rock texture. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 57, p. 967-975.
- [55] Stöcklin, J., Eftekhar-Nezhad, J. & Hushmand-Zadeh, A (1965) Geology of the Shotori Range (Tabas area, east Iran). Geological Survey of Iran, Report No. 3, 69.
- [56] Stoll, H.M. and Schrag, D.P (1998) Effects of Quaternary Sea Level Cycles a strontium in Seawater. *Geochim Osmochim*, v. 62, p. 1107-1118.
- [57] Thierry, J (2000) Middle Callovian (157-155 Ma). In: DERCOURT, J., Gaetani, M. et al. (eds.) *Atlas Peri-Tethys Palaeogeographical Maps, CCGM/CGMW*, Paris, p. 71-97.
- [58] Tomasovych, A (2004) Microfacies and depositional environment of Upper Triassic intraplatform carbonate basin; the Fatric unit of West Carpathians (Slovakia). *Facies*, v. 50, p. 77-105.
- [59] Tucker, M.E (1993) Carbonate diagenesis and sequence stratigraphy, In, V.P. Wright (editor), *Sedimentology Review*, Blackwells, Oxford, p. 51-72.
- [60] Tucker, M.E (2003) *Sedimentary Petrology*. Third edition. Blackwells. Oxford. 260p.
- [61] Tucker, M.E. & Wright, V.P (1990) *Carbonate Sedimentology*, Blackwell, Oxford, 482p.
- [62] Wilmsen, M., Fürsich, F.T. & Seyed-Emami, K (2003) Revised lithostratigraphy of the Middle and Upper Jurassic Magu Group of the northern Tabas Block, east-central Iran. *Newsletters on Stratigraphy*, v. 39(2/3), p. 143-156.
- [63] Wilson, J.L (1975) *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer, New York, 471p.
- [64] Zenger D.H., Dunham J.B (1988) Dolomitization of Silero-Devonian limestones in a deep core (5350 meters), southeastern New Mexico. In Shukla V., Baker P.A. (Eds.), *Sedimentology and geochemistry of Dolostones*. Soc. Econ. Paleo. Min., Sp. Pub.v. 43, p.161-173.
- [43] Mirab Shabestari, G., Worden, R.H. & Marshall, J.D (2009) Source of cement in the Great Oolite Reservoir, Storrington Oilfield, Weald Basin, south of England. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, v. 20(1), p. 41-53.
- [44] Moore, C.H (2001) *Carbonate Reservoirs: Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework*: Elsevier, Amsterdam, *Developments in Sedimentology*, no. 55, 444 p.
- [45] Munnecke, A. & Westphal, H (2004) Shallow-water aragonite recorded in bundles of limestone-marl alternations the Upper Jurassic of SW Germany: *Sedimentary Geology*, V. 164, P. 191-202.
- [46] Papazzoni, C.A. & Trevisani, E (2006) Facies analysis, palaeoenvironmental reconstruction, and biostratigraphy of the "Pesciara di Bolca" (Verona, northern Italy): An early Eocene Fossil- Lagerstätte. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 242(1-2), p. 21-35.
- [47] Rao, C.P (1990) Geochemical characteristics of cool-temperate carbonates, Tasmania, Australia, *Carbonates and Evaporites*, v. 5, p. 209-221.
- [48] Rao, C.P (1991) Geochemical differences between subtropical (Ordovician), cool-temperate (recent and Pleistocene) and subpolar carbonates, Tasmania, Australia, *Carbonates and Evaporites*, v. 6, p. 83-106.
- [49] Saber, S.G (2012) Depositional framework and sequence stratigraphy of the Cenomanian- Turonian rocks on the western side of the Gulf of Suez, Egypt. *Cretaceous Research*, v. 37, p. 300-318.
- [50] Salehi, M. A., Adabi, M. H., Ghobishavi, A. & Ghalavand, H (2007) Reconstruction of sedimentary environment and petrographic and geochemical evidence of aragonite original mineralogy of Lower Cretaceous carbonate rocks (Fahliyan Formation) in the Zagros sedimentary basin, Iran. 13th Bathurst meeting, Norwich, UK. (Abstract).
- [51] Schairer G., Seyed-Emami K., Fürsich FT., Senowbari-Daryan B., Aghanabati, S.A. & Majidifard, M.R (2000) Stratigraphy, facies analysis and ammonite fauna of the Qaleh Dokhtar Formation at the type locality west of Boshrouyeh (East-central Iran). *N J.b Geol Paläont Ab.h*, v. 216, p. 35-66.
- [52] Schlanger, S.O (1988) Strontium storage and release during deposition and diagenesis of marine Carbonates related to sea level variations In: *Physical and Chemical Weathering in Geochemical Cycles*, Lerman, A. & MayBeck, M., (Eds.), p. 323-339.
- [53] Seyed-Emami, K., Schairer, G., Fürsich, F.T., Wilmsen, M. & Majidifard, M.R (2002)