

بررسی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های کرتاسه زیرین در برش قومنجان، جنوب غرب قائن

- حوریه زارعی^۱، سید ناصر رئیس‌السادات^(۱*۲)، مریم مرتضوی مهریزی^۳ و محسن یزدی مقدم^۴
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 ۲. استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 ۳. استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 ۴. مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۲

چکیده

به‌منظور مطالعه نهشته‌های کرتاسه زیرین، برش قومنجان در جنوب غرب قائن انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی نهشته‌های کرتاسه زیرین در این برش، تغییر تدریجی در موقعیت رسوب‌گذاری از یک محیط رسوبی رودخانه‌ای (محیط قاره‌ای) به یک پلتفرم مخلوط سیلیسی آواری-کربناته نوع رمپ (محیط دریایی) را نشان می‌دهد. نهشته‌های قاره‌ای برش مورد مطالعه شامل مجموعه رخساره‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگی است که در یک سیستم رودخانه‌ای بریده بریده با بستر گراولی و نزدیک به منشأ بر جای گذاشته شده‌اند. مجموعه رخساره‌های آواری و کربناته دریایی توالی رسوبی مورد مطالعه، در سه کمربند پهنه جزر و مدی، لاگون و پشته و در موقعیت‌های رمپ داخلی و میانی تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ریزرخساره، محیط رسوبی، کرتاسه زیرین، قائن.

مقدمه

آهک‌های اربیتولین‌دار کرتاسه زیرین عنوانی غیررسمی است که به‌طور مشترک در ایران مرکزی و شرق ایران در مورد آهک‌های حاوی اربیتولین که در بعضی نقاط با مارن همراه است، بکار برده می‌شود. بررسی این نهشته‌ها در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد که ردیف‌های رسوبی آپتین-سنومانین غالباً از طبقات آواری و کربناته تشکیل شده و بخش بزرگ آن رسوبات بایوژنیک هستند که بر روی سکوه‌های کربناته گسترده و عریض نهشته شده‌اند. نهشته‌های کرتاسه پیشین به‌طور گسترده متشکل از واحدهای متنوع سنگی می‌باشند

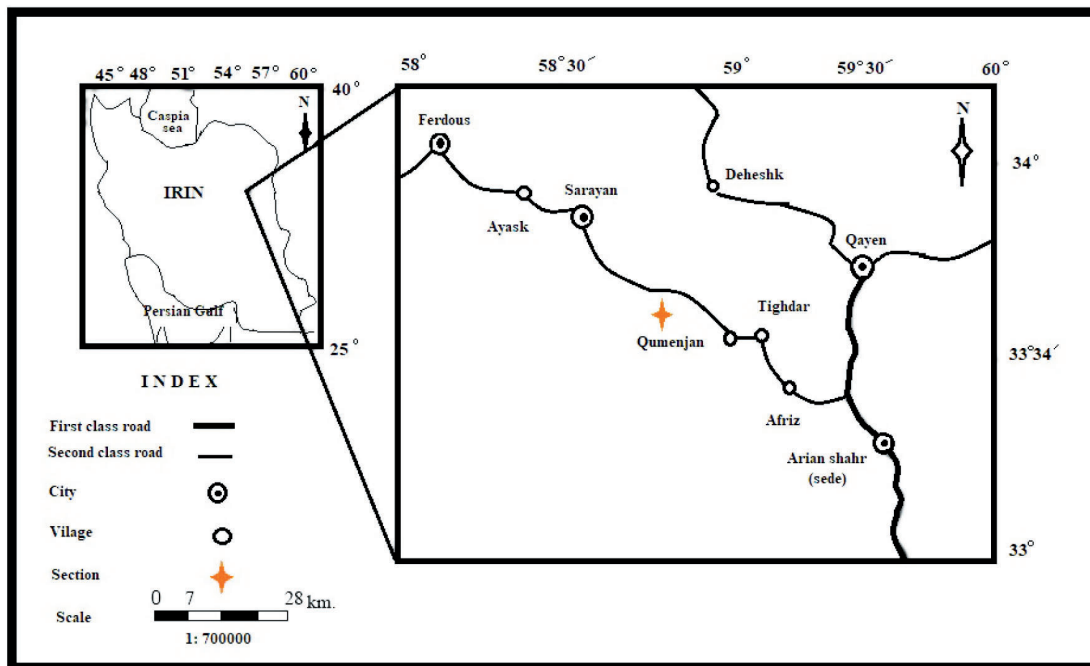
* نویسنده مرتبط: snraeisadat@birjand.ac.ir

بررسی‌های آزمایشگاهی، به دو دسته رخساره‌های سیلیسی آواری و کربناته تفکیک شده‌اند. توصیف رخساره‌های سیلیسی آواری در صحرا بر اساس ویژگی‌های بافتی و ساختمان‌های رسوبی و بر مبنای کدهای رخساره‌ای ارائه شده توسط مایال (Miall, 2006) صورت گرفته است. تعیین درصد اجزای سنگ‌های آواری و کربناته به کمک چارت‌های مقایسه‌ای (Flügel, 2010) انجام شده است. نام‌گذاری نمونه‌های ماسه سنگی بر مبنای طبقه‌بندی ترکیبی فولک (Folk, 1980) و نام‌گذاری نمونه‌های کربناته بر اساس طبقه‌بندی‌های دانهام و امبری و کلوان (Embry and Klovan, 1971; Dunham, 1962) صورت گرفته است.

و بازسازی شرایط رسوب‌گذاری نهشته‌های کرتاسه ی پیشین، برش قومنجان واقع در نزدیکی روستای قومنجان و ۱۳۷ کیلومتری جنوب غرب قائن با مختصات جغرافیایی ۳۳° ۳۳' ۳۹" عرض شمالی و ۵۸° ۵۱' ۰۳" طول شرقی انتخاب شده است (شکل ۱).

روش مطالعه

در این مطالعه پتروگرافی و توصیف رخساره‌ای توالی رسوبی کرتاسه زیرین در برش قومنجان واقع در جنوب غرب قائن، به‌منظور بررسی شرایط رسوب‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل انجام بررسی‌های آزمایشگاهی، تعداد ۷۰ مقطع نازک میکروسکوپی از حدود ۱۲۰ نمونه سنگی تهیه شده است. رخساره‌های شناسایی شده بر اساس مشاهدات صحرایی و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش قومنجان (برگرفته از اطلس راه‌های ایران، ۱۳۹۶)

زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه

توالی مورد مطالعه با ۱۶۴ متر ضخامت را می‌توان در دو بخش کنگلومرای-ماسه سنگی در بخش زیرین و کربناته فوقانی بررسی کرد. واحدهای آغازگر طبقات آواری شامل ردیف‌های کنگلومرای هتروژن است که به‌طور تدریجی توسط تناوبی از ماسه‌سنگ نازک لایه تا متوسط لایه و کنگلومرا جایگزین می‌شود. واحدهای کربناته با چهره صخره ساز به‌طور هم‌شیب

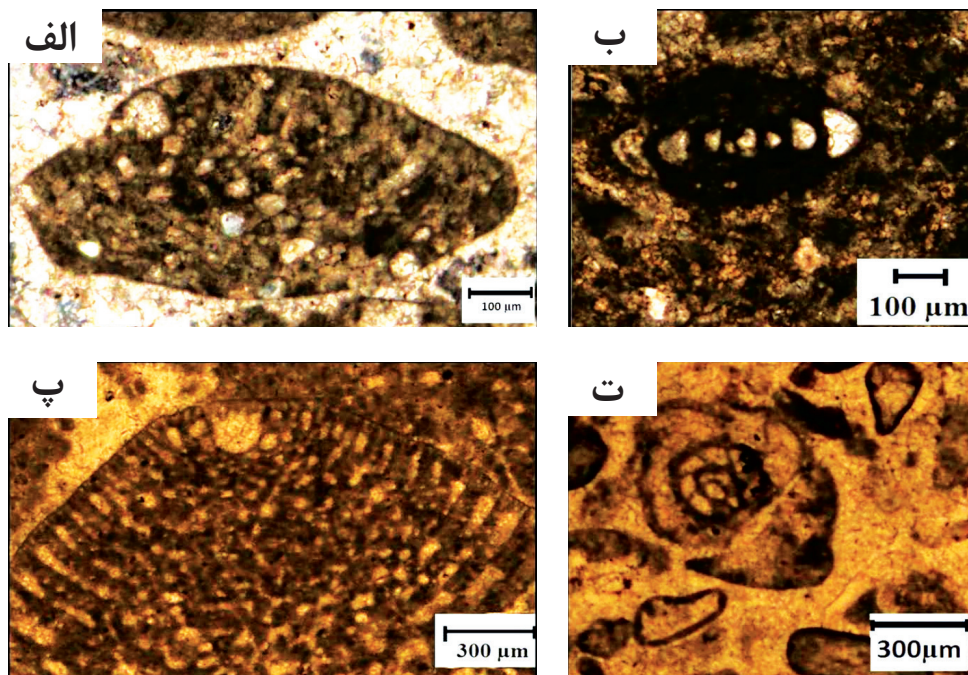
نهشته‌های کرتاسه تحتانی در برش مورد بررسی از دو بخش آواری و کربناته تشکیل شده‌اند، که با امتدادی شرقی-غربی گسترش دارند. مرز تحتانی این توالی شامل لایه‌های سیلیسی سبز رنگ با میان لایه‌های سیلتی است که این بخش در محل اندازه‌گیری با رسوبات آبرفتی پوشیده شده است.

و تدریجی بر روی طبقات آواری نهشته شده‌اند. شروع واحدهای کربناته با آهک‌های اربیتولین دار و رودیست دار به رنگ خاکستری و توده‌ای است. با تغییر تدریجی رخساره‌ای به آهک‌های توده‌ای و ضخیم لایه با رنگ خاکستری روشن تا کرم رنگ حاوی قطعات رودیست، اربیتولین، گاستروپود، مرجان و جلبک تبدیل می‌شود. مرز بالایی فرسایش یافته است

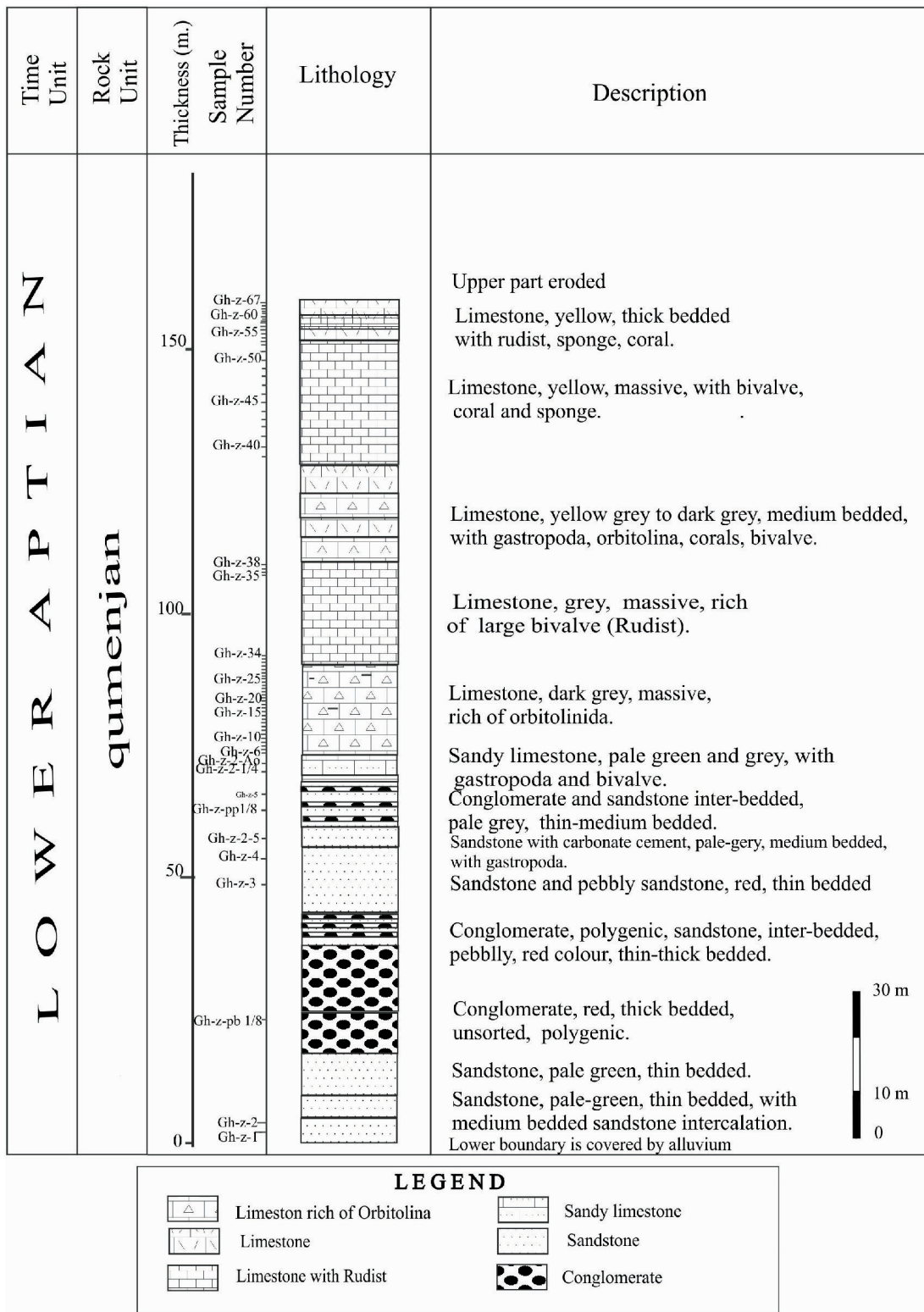
(شکل ۲). در برش مورد بررسی جنس‌های *Palorbitolinoides* cf. *orbiculata* (Zhang), *Pracorbitolina cormyi* Schroeder, *Nautiloculina* sp., *Marsonella* sp., *Nezzazata* sp., *Charentia* sp. شناسایی شده‌اند (شکل ۳). با توجه به شناسایی انجام شده، برای این برش سن آپتین (پیشین) پیشنهاد می‌شود (شکل ۴).



شکل ۲. نمایی کلی برش مورد مطالعه و موقعیت رخساره‌های مورد مطالعه، نگاه به سمت غرب



شکل ۳. تصویر میکروسکوپی از فسیل‌ها الف) *Pracorbitolina cormyi*، ب) *Nautiloculina* sp.، پ) *Palorbitolinoides* cf. *orbiculata*، ت) *Charentia* sp.



شکل ۴. ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه

رخساره کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای (Gcmf)

توصیف: در این مطالعه، به منظور تمایز رخساره‌های کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای در دو محیط رودخانه‌ای و دریایی، از حروف اختصاری f برای رخساره Gcm رودخانه‌ای و t برای رخساره سنگی Gcm دریایی استفاده شده است. فراوان‌ترین رخساره کنگلومرای شناسایی شده در برش مورد مطالعه است. این رخساره سنگی فاقد چینه‌بندی و دارای بافت توده‌ای است که به صورت بین لایه همراه با رخساره ماسه‌سنگ توده‌ای (رخساره سنگی Sm) قابل مشاهده است (شکل ۵-الف). این واحد کنگلومرای پلی میکتیک غنی از قطعه و قرمز رنگ است و اندازه قطعات آن از ۲ تا ۵۰ سانتی‌متر (به طور متوسط ۱۵/۵ سانتی‌متر) در تغییر می‌باشد. ماتریکس این کنگلومرا از رسوبات در اندازه ماسه متوسط تا درشت تشکیل شده است و هیچ‌گونه جهت یافتگی یا ایمبریکاسیونی در قطعات این کنگلومرا مشاهده نشده است. جنس قطعات تشکیل دهنده این واحد کنگلومرای از خرده‌سنگ‌های رسوبی به‌ویژه خرده‌های کربناته و ماسه‌سنگی است. جورشدگی قطعات متوسط تا ضعیف بوده و اکثر قطعات نیمه گرد شده تا گرد شده اند. سطح تماس زیرین این رخساره سنگی تخریبی (شکل ۵-الف) و شکل هندسی آن به صورت عدسی تا ورقه‌ای شکل است. قطعات شنی درشت‌تر بیشتر در قاعده این رخساره مشاهده می‌شوند.

تفسیر: فقدان چینه‌بندی و فراوانی قطعات نسبت به ماتریکس نشان دهنده رسوب‌گذاری این رخساره توسط جریان‌های آشفتنه با بار رسوبی بالا است. وجود چنین جریان‌های آشفتنه و سریع با تنش برشی بالا می‌تواند منجر به تشکیل سطح زیرین تخریبی یا فرسایشی در قاعده این رخساره سنگی شده باشد. وجود قطعات پبلی درشت‌تر در قاعده این رخساره سنگی نیز حاکی از بر جای گذاشته شدن این قطعات توسط جریان‌های پرانرژی‌تر و در نواحی نزدیک به منشأ است. نبود وجود ایمبریکاسیون در قطعات این رخساره کنگلومرای نیز نشان دهنده وجود جریان‌های سریع با بار رسوبی زیاد است (برای مثال، Kosunal et al., 2009; Basu et al., 2014; Ghosh, 2014).

رخساره‌های رسوبی

مطالعه تفصیلی صحرایی و آزمایشگاهی نهشته‌های کرتاسه زیرین برش قومنجان، تغییر تدریجی در موقعیت رسوب‌گذاری از محیط رسوبی قاره‌ای (محیط رودخانه‌ای) به محیط رسوبی دریایی (پلتفرم مخلوط سیلیسی آواری- کربناته از نوع رمپ) را نشان می‌دهد (جدول ۱). در نهشته‌های رودخانه‌ای برش قومنجان دو مجموعه رخساره‌های کنگلومرای (شامل رخساره‌های سنگی Gmm, Gcm, Gh) و ماسه‌سنگی (شامل رخساره‌های سنگی Sm, Sh, Sp, St, Sr) شناسایی شده است که به صورت چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده قابل مشاهده‌اند. توصیف و تفسیر رخساره‌های سنگی فوق بر اساس طبقه‌بندی (Miall, 2006) صورت گرفته است. نهشته‌های دریایی نیز شامل مجموعه‌ای از رخساره‌های آواری و کربناته است که برای تعیین ریز رخساره‌های کربناته از روش (Flugel, 2010) بهره گرفته شده است.

مجموعه رخساره‌های رودخانه‌ای

در نهشته‌های کرتاسه زیرین برش قومنجان تناوبی از رخساره‌های سنگی سیلیسی آواری متوسط تا درشت‌دانه مشاهده شده است که از نظر تغییرات عمودی رخساره‌ای به صورت چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده مرتب شده‌اند. در این مجموعه رخساره‌ای، حدود هشت رخساره سنگی کنگلومرای و ماسه‌سنگی شناسایی شده که هر یک بر اساس ویژگی‌های بافتی و ساختمان‌های رسوبی موجود شناسایی، توصیف و تفسیر شده‌اند. ویژگی‌های هر یک از رخساره‌های سنگی فوق (به‌ویژه ساختارهای رسوبی) اطلاعاتی را در مورد نوع فرآیند رسوب‌گذاری و شرایط هیدرولوژیکی جریان در اختیار قرار می‌دهد (جدول ۱).

مجموعه رخساره‌های کنگلومرای

این مجموعه رخساره‌ای شامل سه رخساره سنگی کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای (Clast- supported Massive Gravel: Gcmf)، کنگلومرای ماتریکس پشتیبان توده‌ای (Matrix- supported Massive Gravel: Gmm) و کنگلومرای دانه پشتیبان دارای چینه‌بندی افقی (Horizontally stratified) (Clast- supported Gravel: Gh) است.

رخساره کنگلومرای ماتریکس پشتیبان توده‌ای (Gmm)

توصیف: این رخساره سنگی شامل قطعات شنی در حد گرانول تا کابل (بین ۲ میلی‌متر تا ۵ سانتی‌متر) است که اغلب آنها حالت نیمه زاویه‌دار تا نیمه گردشده داشته و از جورشدگی متوسط تا ضعیف برخوردارند (شکل ۵-ب). در این کنگلومرای پلی میکتیک توده‌ای اکثر قطعات را خرده‌های رسوبی ماسه‌سنگی، کربناته و ولکانیکی تشکیل می‌دهند و ماتریکس بین قطعات توسط رسوبات در اندازه ماسه پر شده است. شکل هندسی این رخساره سنگی پهن و گسترده است و سطح زیرین آن به صورت مشخص می‌باشد. در برخی نقاط طبقه‌بندی تدریجی نرمال در این رخساره سنگی مشاهده شده است. این رخساره کنگلومرای در بخش بالای لایه به صورت تدریجی به رخساره ماسه سنگی Sm تبدیل می‌شود. هیچ‌گونه ایمبریکاسیونی در قطعات این کنگلومرا مشاهده نشده است.

تفسیر: نبود ساختمان رسوبی و طبیعت توده‌ای این رخساره سنگی همراه با فراوانی ماتریکس نسبت به قطعات کنگلومرا نشان‌دهنده رسوب‌گذاری از جریان‌های خرده‌دار با تمرکز یا غلظت رسوب بالا است. قاعده فرسایشی مشخص، فقدان ساختمان رسوبی و جورشدگی ضعیف قطعات، وجود دانه‌بندی تدریجی در برخی نقاط و فقدان ایمبریکاسیون در قطعات این رخساره کنگلومرای مؤید فاصله کوتاه حمل و نقل و رسوب‌گذاری از جریان‌های با ویسکوزیته بالا است (برای مثال، Miall, 2006; Foix et al., 2013).

رخساره کنگلومرای دانه پشتیبان دارای چینه‌بندی افقی (Gh)

توصیف: قطعات تشکیل‌دهنده این کنگلومرا نیمه گردشده تا گردشده بوده و از جورشدگی متوسطی برخوردارند (شکل ۵-پ). در این رخساره سنگی اندازه قطعات بین ۱ تا ۱۸/۵ سانتی‌متر (به‌طور متوسط ۱۰ سانتی‌متر) متغیر است. جنس قطعات این رخساره کنگلومرای اغلب ماسه‌سنگی بوده و انواع خرده‌های کربناته و ولکانیکی نیز با فراوانی کمتر در این رخساره سنگی قابل مشاهده است. ماتریکس

این کنگلومرا از رسوبات در اندازه ماسه تشکیل شده است و ساختمان رسوبی آن لایه‌بندی افقی است. شکل هندسی این واحد کنگلومرای عدسی شکل تا پهن است و تماس این رخساره با طبقات فوقانی و تحتانی به صورت مشخص می‌باشد. از جمله رخساره‌های سنگی همراه با این رخساره می‌توان به رخساره ماسه‌سنگی دارای طبقه‌بندی مورب مسطح (رخساره سنگی Sp) و ماسه‌سنگ دارای لایه‌بندی افقی (رخساره سنگی Sh) اشاره کرد.

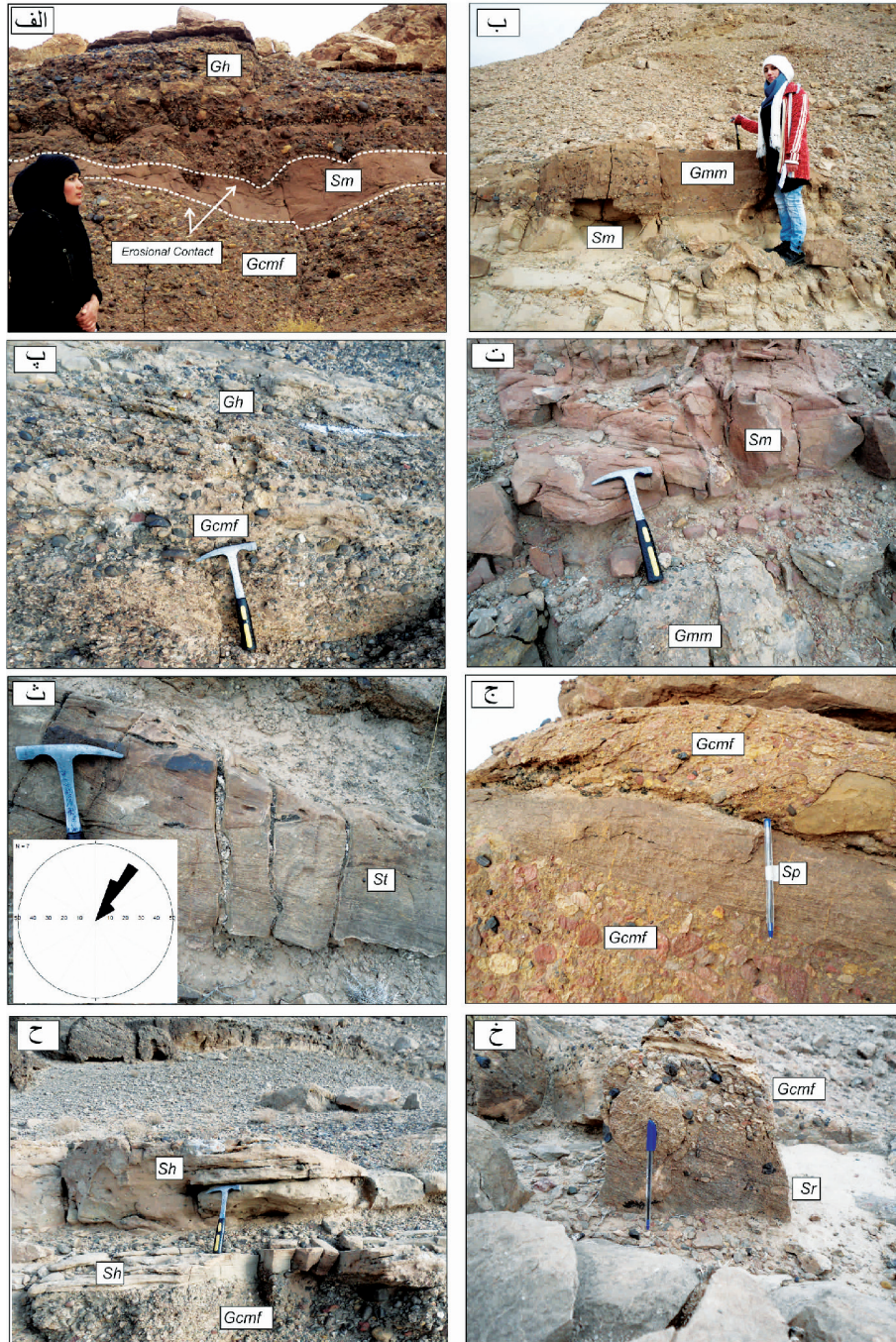
تفسیر: اختصاصات بافتی، ساختمان رسوبی و فابریک دانه پشتیبان این رخساره سنگی مؤید رسوب‌گذاری این رخساره توسط جریان‌های آبی کششی پرانرژی و با تمرکز بالای رسوب است که رسوب‌گذاری تحت شرایط فروکش جریان رخ داده است (به صورت رسوبات پرکننده کانال). علاوه بر برافزایی عمودی رسوبات، تأمین رسوب بالا باعث برافزایی جانبی رسوبات گراولی و تشکیل لایه‌بندی افقی در این رسوبات شده است (برای مثال، Miall, 2006; Ghosh, 2014).

مجموعه رخساره‌های ماسه‌سنگی

این مجموعه رخساره‌ای از پنج رخساره ماسه‌سنگی شامل ماسه‌سنگ توده‌ای (Massive Sandstone: Sm)، ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب مسطح (Planar cross-bedded Sandstone: Sp)، ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب عدسی شکل (Trough Cross-bedded Sandstone: St)، ماسه‌سنگ دارای لایه‌بندی افقی (Horizontally bedded Sandstone: Sh) و ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب ریبلی (Ripple Cross-laminated sandstone: Sr) تشکیل شده است.

رخساره ماسه‌سنگ توده‌ای (Sm)

توصیف: این رخساره سنگی اغلب به صورت توده‌ای تا ضخیم لایه و فاقد هرگونه ساختمان رسوبی می‌باشد (شکل ۵-ت). اندازه ذرات ماسه در این طبقات از ماسه متوسط تا درشت در تغییر است. مرز تحتانی این واحد با واحدهای زیرین گاه به صورت مشخص و گاه به صورت تدریجی است و شکل هندسی این رخساره سنگی ورقه‌ای تا عدسی شکل است.



شکل ۵. تصاویر صحرایی از رخساره‌های سنگی آواری شناسایی شده در برش مورد مطالعه. الف) رخساره کنگلومرای Gcmf با قاعده فرسایشی (فلش‌های سفید) و همراه با رخساره‌های Sm و Gh، ب) رخساره سنگی Gmm، پ) رخساره سنگی Gh همراه با رخساره Gcmf، ت) رخساره ماسه‌سنگی Sm، ث) رخساره ماسه‌سنگی St، ج) رخساره سنگی Sp، ح) رخساره سنگی Sh همراه با رخساره کنگلومرای Gcmf، خ) رخساره سنگی Sr.

تفسیر: وجود شواهدی چون فقدان ساختمان رسوبی در این رخساره سنگی احتمالاً مؤید نهشته شدن این طبقات توسط جریان‌های گراویته‌ای و یا نرخ رسوب‌گذاری سریع در شرایطی مشابه با فروکش جریان‌های سیلابی است (برای مثال، Miall, 2006; Ghazi and Mountney, 2009).

رخساره ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب عدسی شکل (St)

توصیف: این رخساره سنگی شامل ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز تا دانه‌درشت با جورشدگی متوسط تا ضعیف و دارای طبقه‌بندی مورب عدسی می‌باشد که معمولاً همراه با رخساره‌های سنگی Sp و Sh مشاهده می‌شود (شکل ۵-ث). ضخامت هر سری طبقه‌بندی مورب عدسی شکل بین ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر است. شکل هندسی این طبقات به صورت عدسی تا ورقه‌ای شکل است. آنالیز جهت جریان دیرینه بر اساس این ساختارهای رسوبی حاکی از وجود جریان‌های یونی مدال و از جنوب غرب به سمت شمال شرق ناحیه مورد مطالعه است (شکل ۵-ث). تماس تحتانی و فوقانی این رخساره در برخی نقاط تدریجی و در برخی مناطق به صورت مشخص است.

تفسیر: جورشدگی متوسط تا ضعیف، شکل هندسی عدسی شکل طبقات و جهت‌یابی یونی مدال طبقات مورب عدسی نشان‌دهنده وجود اشکال لایه‌ای رودخانه‌ای است (برای مثال، Ghazi and Mountney, 2009; Miall, 2006). این رخساره سنگی در شرایط رژیم جریان‌ی پایین و در اثر مهاجرت دون‌ها و مگاریپل‌های سه‌بعدی با خط الرأس سینوسی تشکیل شده است (برای مثال، Gani and Alam, 2004; Lee and Chough, 2006; Therrien, 2006; Ghosh et al., 2006).

رخساره ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب مسطح (Sp)

توصیف: این رخساره شامل ماسه‌سنگ‌های متوسط تا درشت‌دانه با جورشدگی متوسط تا ضعیف است که به صورت دسته‌های تابولار یا مسطح با ضخامت بیش از ۱۰ سانتی‌متر و دارای طبقه‌بندی مورب مسطح مرتب شده‌اند (شکل ۵-ج). از جمله رخساره‌های سنگی همراه با این رخساره می‌توان به رخساره‌های Gmm, St و Sh اشاره کرد. شکل هندسی این طبقات غالباً عدسی شکل است و در برخی موارد تماس زیرین یا فوقانی آنها با رخساره‌های سنگی ذکر شده به صورت پهن و مشخص می‌باشد. ضخامت دسته طبقات مورب مسطح در این رخساره با کاهش اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد.

تفسیر: رخساره Sp احتمالاً در اثر مهاجرت دون‌ها یا مگاریپل‌های دوبعدی با خط‌الرأس مستقیم ایجاد شده است که تحت شرایط رژیم جریان‌ی پایین بر جای گذاشته شده‌اند. شکل هندسی طبقات مورب و تغییرات اندازه دانه‌ها نشان می‌دهد که تشکیل این رخساره توسط فرآیندهای مؤثر در بخش‌های پایینی و میانی رژیم جریان‌ی پایین صورت گرفته است، جایی که رسوب‌گذاری در طی دوره‌های با سطح آب پایین یا فروکش جریان در کانال‌ها رخ داده است (برای مثال، Miall, 2006; Gazi and Mountney, 2009; Tewari et al., 2012).

رخساره ماسه‌سنگ دارای لایه‌بندی افقی (Sh)

توصیف: این رخساره شامل ماسه‌سنگ‌های متوسط تا درشت‌دانه با لایه‌بندی افقی است که در توالی عمودی همراه با رخساره‌های Gmm, St, Sp, Sr مشاهده شده است (شکل ۵-ح). شکل هندسی این طبقات ماسه‌سنگی به صورت ورقه‌ای و مسطح است. تماس فوقانی و تحتانی این رخساره با رخساره‌های همراه گاه به صورت تدریجی و گاه به صورت مشخص است.

تفسیر: این رخساره به صورت طبقات مسطح تحت شرایط رژیم جریان‌ی پایین بر جای گذاشته شده است. اندازه متوسط تا درشت‌دانه‌های ماسه در این رخساره سنگی و نبود ساختار جدایش خطی در سطح لایه مؤید رسوب‌گذاری این نهشته‌ها تحت شرایط رژیم جریان‌ی پایین است (برای مثال، Miall, 2006; Ghazi and Mountney, 2009).

رخساره ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب ریپلی (Sr)

توصیف: رخساره سنگی Sr شامل ماسه سنگ‌های متوسط تا ریزدانه است که در بخش فوقانی چرخه‌های به سمت بالا ریزش‌ونده قرار گرفته و با تماس فرسایشی توسط رخساره سنگی Gcmf پوشیده می‌شود (شکل ۵-خ). شکل هندسی این رخساره به صورت ورقه‌هایی با ضخامت ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است که به‌طور جانبی و به صورت گوه‌ای شکل به رخساره Sh تبدیل می‌شود. این رخساره دارای لامیناسیون‌های مورب ریپلی است.

تفسیر: وجود ریپل مارک‌های نامتقارن و لامیناسیون‌های

شیب زیاد، نرخ تأمین رسوب بالا و سرعت و انرژی بالای جریان نیاز است (برای مثال، Miall, 2006). شکل هندسی این عنصر ساختاری در برخی نقاط عدسی شکل و ورقه‌ای و در برخی نقاط پهن و گسترده است و به صورت بین لایه با عناصر ساختاری GB و SB مشاهده می‌شود.

عنصر GB (اشکال لایه‌ای و سدهای شنی)

این عنصر ساختاری شامل رخساره سنگی Gh است که به فرم عدسی شکل تا ورقه‌ای و به صورت بین لایه با عنصر ساختاری SB مشاهده می‌شود. این عنصر معمولاً نهشته‌های باقیمانده در کف کانال را شکل می‌دهد که دارای مرز تحتانی فرسایشی است. شکل هندسی عدسی شکل این عنصر نیز می‌تواند نشان‌دهنده رسوب‌گذاری به صورت بقایای کف کانال باشد.

عنصر SB (اشکال لایه‌ای ماسه‌ای)

این عنصر فراوان‌ترین عنصر شناخته شده در توالی رسوبی مورد مطالعه است. این عنصر شامل رخساره‌های ماسه‌سنگی Sm, St, Sp, Sh, Sr می‌باشد که به صورت توده‌های ماسه‌سنگی عدسی، مسطح یا گوه‌ای شکل قابل مشاهده‌اند. این رخساره‌های سنگی به صورت چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده مشاهده شده‌اند که اندازه دانه‌های ماسه به تدریج به سمت بالا کاهش یافته و ضخامت سری‌های طبقات مورب نیز در رخساره‌های Sp و St کاهش به سمت بالا در هر چرخه را نشان می‌دهند. روند یونی مدال داده‌های آنالیز جریان دیرینه همراه با پراکندگی کم این داده‌ها، فقدان اشکال لایه‌ای بزرگ مقیاس با برافزایی جانبی و روند به سمت بالا ریزشونده در این رخساره‌ها نشان‌دهنده این است که عنصر SB توسط کانال‌های رودخانه‌ای بریده بریده نهشته شده است.

مجموعه رخساره‌های دریایی

بر اساس مشاهدات صحرایی، اختصاصات سنگ‌شناسی، ساختارهای رسوبی، بافت، شکل هندسی رخساره‌ها، وضعیت رخساره‌ها در جهت قائم و گسترش جانبی آنها و تنوع خرده‌های اسکلتی و غیر اسکلتی، رخساره‌های آواری - کربناته دریایی برش مورد مطالعه (جدول ۱)، به ترتیب از سمت خشکی به سمت دریا، در سه کمربند رخساره‌ای پهنه

مورب رپیلی نشان‌دهنده رسوب‌گذاری این رخساره تحت تأثیر جریان‌های کششی زیرآب می‌باشد (برای مثال، Miall, 2006). رخساره سنگی Sr ممکن است در اثر مهاجرت به سمت پایین دست مجموعه‌های رپیلی نامتقارن با خط‌الرأس پیچیده در شرایط رژیم جریانی پایین شکل بگیرد. این رخساره سنگی رسوب‌گذاری آرام در کانال‌های غیرفعال را به صورت رسوبات پرکننده نیز ثبت می‌کند. بنابراین، رخساره سنگی Sr در بخش‌های فوقانی اشکال لایه‌ای و سدهای درون کانال یافت می‌شود (برای مثال، Higgs et al., 2012).

عناصر ساختاری سیستم رودخانه‌ای

در نهشته‌های آواری رودخانه‌ای توالی رسوبی کوتاه‌تر زیرین برش قومنجان، بر اساس ویژگی‌های نظیر بافت رسوب، ساختمان‌های رسوبی، شکل هندسی و تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌ای تعداد چهار عنصر ساختاری شناسایی شده است.

عنصر CH (رسوبات پرکننده کانال)

عنصر رسوبات پرکننده کانال در رخساره‌های سنگی مورد مطالعه توسط واحدهای با قاعده فرسایشی شناسایی می‌شود که رسوبات دانه ریزتر زیرین را قطع می‌کنند. قاعده کانال به صورت سطح فرسایشی یا تخریبی مقعر به سمت بالا است. پرشدگی عنصر کانال توسط نهشته‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگی (رخساره‌های سنگی Gh, Sm, St, Sp, Sh, Sr) صورت گرفته است. سطح تخریبی قاعده کانال شروع چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده رودخانه‌ای در توالی مورد مطالعه را نشان می‌دهد که هر سیکل نشانگر کاهش انرژی جریان به سمت بالا یا فروکش جریان سیلابی است. برافزایی عمودی و جانبی رسوبات در اثر تغییرات انرژی جریان و مهاجرت جانبی کانال باعث گسترش رسوبات این عنصر ساختاری می‌شود.

عنصر SG (جریان گراویده‌ای رسوب)

این عنصر ساختاری شامل رخساره‌های سنگی Gcmf و Gmm است و توسط جریان‌های رسوبی خرده‌دار و یا جریان‌های ثقیلی با انرژی و تمرکز بالای رسوب نهشته شده است. برای ایجاد چنین جریان خرده‌داری وجود نواحی با

جدول ۱. انواع رخساره‌های قاره‌ای و دریایی شناسایی شده در برش کرتاسه زیرین برش قومنجان و نحوه تشکیل آنها

کد رخساره‌های	رخساره	ساختمان رسوبی	تفسیر	محیط رسوب‌گذاری
Gmm	کنگلومرای ماتریکس پشتیبان توده‌ای	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری از جریان‌های با ویسکوزیته بالا	محیط رسوب‌گذاری عمیق عمیق با سسترس روان‌اندامی عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق عمیق
Gcmf	کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری قطعات از جریان‌های با آشفتگی کم و ویسکوزیته بالا (جریان‌های خرده‌دار)	
Gh	کنگلومرای دانه پشتیبان دارای چینه‌بندی افقی	چینه‌بندی افقی	به شکل رسوبات باقیمانده در کف کانال	
Sm	ماسه‌سنگ توده‌ای	طبقه‌بندی توده‌ای	توسط جریان‌های گراوینته‌ای و یا رسوب‌گذاری سریع طی فروکش سیلاب	
Sh	ماسه‌سنگ دارای لایه‌بندی افقی	لایه‌بندی افقی	به صورت تشکیل طبقات مسطح در رژیم جریان‌ی پایین	
Sp	ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب مسطح	طبقه‌بندی مورب مسطح	در اثر مهاجرت دون‌ها یا مگاریپل‌های دوبعدی با خط‌الرأس مستقیم	
St	ماسه‌سنگ دارای طبقه‌بندی مورب عدسی	طبقه‌بندی مورب عدسی شکل	در اثر مهاجرت دون‌ها و مگاریپل‌های سه بعدی با خط‌الرأس سینوسی	
Sr	ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب ریپلی	لامیناسیون مورب ریپلی	در اثر مهاجرت مجموعه‌های ریپلی نامتقارن در رژیم جریان‌ی پایین	
Fl	شیل-سیلتستون لامینه تناوب ماسه‌سنگ دارای	لامیناسیون افقی	رسوب‌گذاری در محدوده بین جزر و مدی	
Sh/Fl	لامیناسیون افقی و سیلتستون لامینه	لامیناسیون افقی	رسوب‌گذاری در محدوده بین جزر و مدی	
Gcmt	کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای	طبقه‌بندی توده‌ای	در اثر فرسایش و کنده‌شدگی جزر و مدی در کانال‌های منطقه زیر جزر و مدی	
Sl	ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب با زاویه کم	لامیناسیون مورب با زاویه کم و گاهی طبقه‌بندی مورب درهم	رسوب‌گذاری در منطقه زیر جزر و مدی	
MF ^۱	پکستون بایوکلستی	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در منطقه زیر جزر و مدی و در شرایط پرنرژی	
MF ^۲	پکستون آنکئویدی	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در شرایط لاگونی و آرام رمپ داخلی	
MF ^۳	وکستون بایوکلستی	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در محیط لاگونی نیمه محصور و کاملاً کم انرژی	
MF ^۴	پکستون بایوکلستی اربیتولین‌دار	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در بخش‌هایی از لاگون با چرخش آب آزاد و شرایط انرژی متوسط	
MF ^۵	پکستون-گرینستون اینتراکلستی بایوکلست دار	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در پشته بایوکلستی پرنرژی و در بالای سطح اثر امواج در هوای آرام (FWWB) و در رمپ میانی	
MF ^۶	گرینستون بایوکلستی اربیتولین‌دار	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در پشته بایوکلستی پرنرژی و در محدوده رمپ میانی	
MF ^۷	باندستون مرجانی	طبقه‌بندی توده‌ای	بر اثر رشد برجای مرجان‌ها در محدوده پشته بایوکلستی در رمپ میانی	
MF ^۸	باندستون رودیستی	طبقه‌بندی توده‌ای	تشکیل ریف‌های رودیستی کومه‌ای در لبه رمپ میانی	
MF ^۹	پکستون بایوکلستی	طبقه‌بندی توده‌ای	رسوب‌گذاری در بخش جلویی پشته بایوکلستی و رو به دریای باز	

روشن و دارای لامیناسیون افقی است. آثار فسیلی و فسیل موجودات دریایی در این رخساره یافت نشده است.

تفسیر: ماسه‌سنگ‌های لامینه در تناوب رخساره‌ای Sh/FI احتمالاً در منطقه جلوی ساحل و در منطقه بالای بین جزر و مدی نهشته شده‌اند. پیدایش لامیناسیون افقی، جورشدگی خوب ماسه‌سنگ‌ها و تداوم جانبی طبقات سنگی همگی به‌عنوان شواهد یک موقعیت ساحلی در نظر گرفته می‌شوند (برای مثال، El-Azabi and El-Araby, 2007). رخساره سیلتستونی همراه با واحدهای ماسه‌سنگی فوق به‌عنوان نهشته‌های منطقه جلوی ساحل در نظر گرفته شده‌اند که احتمالاً در بخش پایینی منطقه بین جزر و مدی نهشته شده‌اند نهشته‌های سیلتستون لامینه همراه با طبقات ماسه‌سنگی را متعلق به محیط‌های بین جزر و مدی می‌داند. به‌عبارت‌دیگر، ته‌نشست ذرات دانه‌ریز زمانی که میزان انرژی محیط کم بوده، صورت گرفته که در نهایت باعث تشکیل لامیناسیون افقی در این طبقات شده است (برای مثال، Makhlof, 2000; Chen et al., 2010).

رخساره کنگلومرای دانه‌پشتیبان توده‌ای (Gcmt)

توصیف: رخساره سنگی Gcmt شامل طبقات کنگلومرای درون‌سازندی الیگومیکتیک است که دارای شکل هندسی عدسی شکل و قاعده فرسایشی است (شکل ۶-پ). تماس تحتانی این رخساره با رخساره سنگی Sh به‌صورت تخریبی و مشخص است. اجزا تشکیل‌دهنده این کنگلومرا را قطعات ماسه‌سنگی گردشده و تقریباً هم‌اندازه تشکیل می‌دهند که توسط ماتریکس ماسه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند. اکثر قطعات این کنگلومرا گردشده است و از جورشدگی خوبی برخوردارند. هیچ‌گونه ساختمان رسوبی در این طبقات کنگلومرای مشاهده نشده است.

تفسیر: فرسایش و کنده‌شدگی‌های جزر و مدی که بیشتر در کف کانال‌های جزر و مدی و در منطقه پایین جزر و مدی رخ می‌دهد، می‌تواند باعث تشکیل این رخساره کنگلومرای در قاعده کانال جزر و مدی شود (برای مثال، موسوی حرمی، ۱۳۸۶). علاوه بر این، ریزش‌های ساحلی و فرسایش لبه کانال جزر و مدی نیز ممکن است باعث تشکیل این رخساره شود (برای مثال، Richard and Datrymple, 2012).

جزر و مدی، لاگون و پشته برجای گذاشته شده‌اند.

۱) کمربند رخساره‌ای پهنه جزر و مدی

چهار رخساره آواری و یک رخساره کربناته دریایی توالی رسوبی مورد مطالعه در این کمربند رخساره‌ای جای می‌گیرند که به ترتیب از سمت خشکی به دریا به شرح هر یک پرداخته می‌شود.

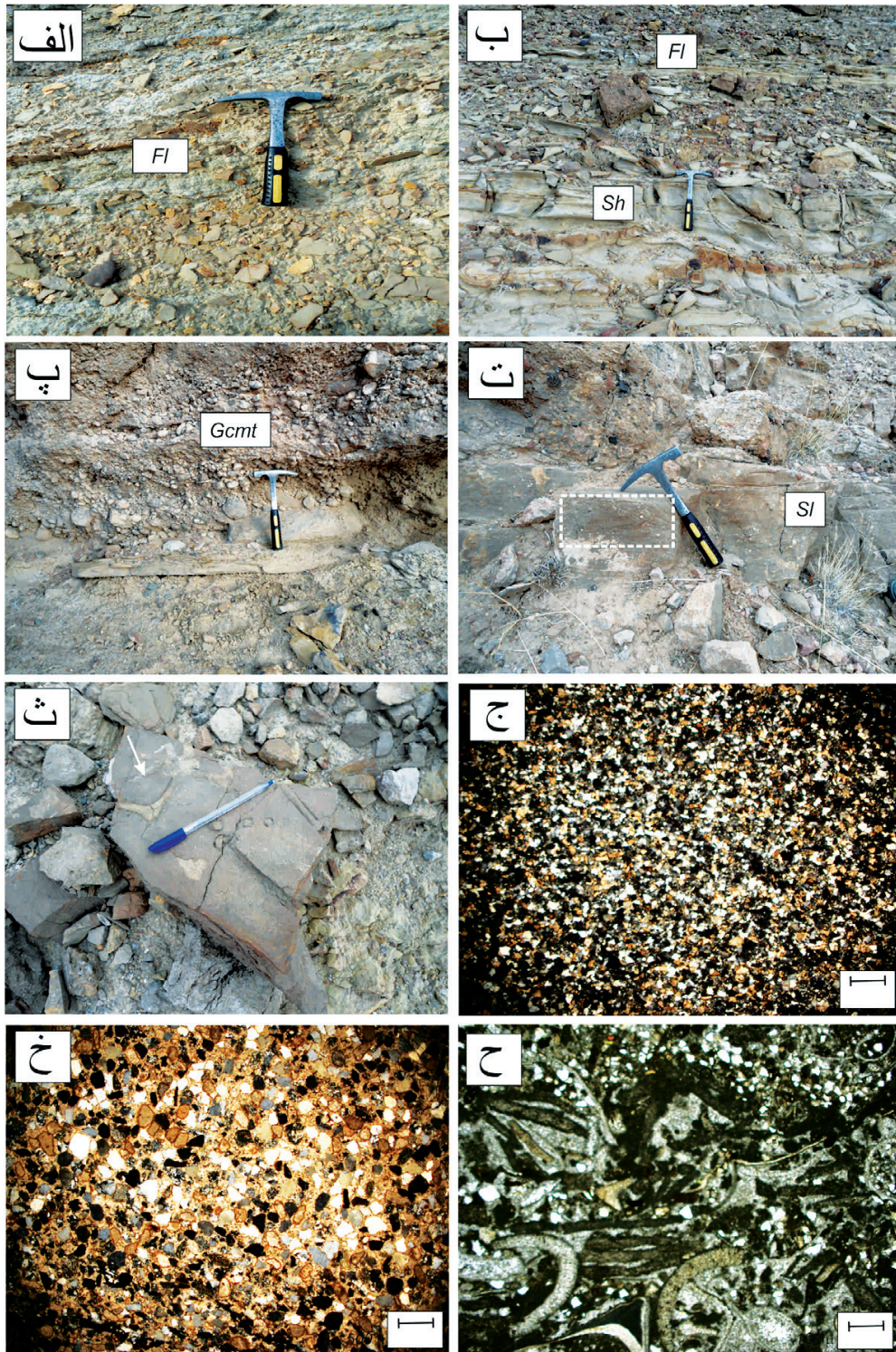
رخساره شیلی-سیلتستونی لامینه‌ای (Laminated silt and mud: FI)

توصیف: این رخساره شامل تناوب شیلی و سیلتستون‌هایی به رنگ سبز روشن تا خاکستری است که در قاعده برش مورد مطالعه دیده می‌شود (شکل ۶-الف). شکل هندسی این طبقات ورقه‌ای است و لامیناسیون افقی به‌خوبی در این رخساره ملاحظه می‌شود. هیچ‌گونه بقایای فسیلی و آثار فسیلی در این رخساره سنگی یافت نشده است. رخساره Sh به‌صورت بین لایه‌ای با این رخساره مشاهده شده است.

تفسیر: وجود تناوب‌های شیلی-سیلتستونی با لامیناسیون موازی و رنگ سبز تا خاکستری از ویژگی‌های نهشته‌های منطقه بالای جزر و مدی است (برای مثال، Zamanzadeh et al., 2009). نبود خرده‌های اسکلتی و آثار آشفستگی زیستی نیز نشان‌دهنده نبود شرایط مناسب برای زندگی موجودات می‌باشد که چنین شرایطی در محیط‌های بالای جزر و مدی وجود دارد (برای مثال، Yechieli and Wood, 2003).

تناوب رخساره‌های ماسه‌سنگی دارای لامیناسیون افقی و سیلتستون لامینه‌ای (Sh/FI)

توصیف: در این تناوب رخساره‌ای، رخساره Sh به‌صورت طبقات ماسه‌سنگی نازک لایه با لامیناسیون افقی و به رنگ سبز روشن مشاهده شده است (شکل ۶-ب). رخساره Sh از نظر ترکیب شامل ماسه‌سنگ‌های لیتارنایتی است (شکل ۶-ج) که اجزا تشکیل‌دهنده‌ی آن را کوارتز، فلدسپات، خرده‌سنگ، کانی‌های اپک و سیمان کربناته تشکیل می‌دهند. این اجزا اغلب نیمه گردشده تا گرد شده است و از جورشدگی نسبتاً خوبی برخوردارند. هیچ‌گونه بقایای فسیلی، آثار آشفستگی زیستی و آثار فسیلی در این رخساره یافت نشده است. رخساره FI شامل لایه‌های سیلتستونی به رنگ سبز



شکل ۶. تصاویر صحرایی و میکروسکوپی (XPL) رخساره‌های آواری و کربناته پهنه جزر و مدی. الف) رخساره شیل- سیلستون لامینه (Fl)، ب) تناوب ماسه‌سنگ با لامیناسیون افقی و سیلستون لامینه (Sh/Fl)، پ) کنگلومرای دانه پشتیبان توده‌ای (Gcmt)، ت) ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب با زاویه کم (SI)، طبقه‌بندی مورب درهم نیز در مستطیل سفید مشخص شده است، ث) اثر فسیل تالاسینوئیدس در رخساره سنگی SI، ج) تصویر پتروگرافی از ماسه‌سنگ‌های لیتارنایتی رخساره Sh، ح) تصویر میکروسکوپی از ماسه‌سنگ‌های لیتارنایتی رخساره سنگی SI، خ) ریزرخساره MF1، پکستون بایوکلستی

مشاهده می‌شوند. فراوان‌ترین آلوکم اسکلتی در این طبقات را گاستروپودها تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، خرده‌های جلبک و دوکفه‌ای با فراوانی ۵ درصد، ذرات کوارتز تا ۳۰ درصد و خرده‌های رسوبی و ولکانیکی تا ۱۰ درصد در این رخساره مشاهده شده‌اند (شکل ۶-خ).

تفسیر: شکل هندسی عدسی شکل این واحدهای رسوبی و وجود بافت پکستونی همراه با گاستروپود و دوکفه‌ای فراوان می‌تواند نشان‌دهنده عمق کم حوضه رسوبی در زمان رسوب‌گذاری این رسوبات باشد (Messadi et al., 2016). همچنین، حضور ذرات آواری فراوان در کنار اجزا اسکلتی کربناته در این رخساره خود مؤید رسوب‌گذاری در شرایط پرانرژی و نزدیک به ساحل همراه با تغییرات شدید در میزان انرژی محیط است (برای مثال، حسینی و همکاران، ۱۳۹۵).

کمربند رخساره‌ای لاگون

سه ریز رخساره کربناته پکستون آنکوئیدی، وکستون بایوکلاستی و پکستون بایوکلاستی اربیتولین‌دار در این کمربند رخساره‌ای قرار می‌گیرند که در ادامه به شرح هر یک پرداخته می‌شود.

ریز رخساره پکستون آنکوئیدی (Oncoidal Packstone: MF2)

توصیف: این ریز رخساره از آنکوئید (۴۰ درصد)، اینتراکلاست (۱۰ درصد)، پلوئید (۱۰ درصد) و فرامینیفراهای بنتیک (اربتولین، فرامینیفراهای با حجات تک ردیفی و دوردیفی و میلیولیده) (۸ درصد) تشکیل شده که در زمینه میکرایتی قرار گرفته‌اند (شکل ۷-الف). در بین فرامینیفراهای بنتیک فوق میلیولیده‌ها از فراوانی بیشتری برخوردارند. آنکوئیدها نیز اغلب با تشکیل غلاف‌های جلبکی به دور قطعات دوکفه‌ای و اربیتولین تشکیل شده‌اند.

تفسیر: وجود غلاف جلبکی در اطراف خرده‌های اسکلتی و آنکوئیدهای با اشکال متحدالمرکز در این ریز رخساره مؤید محیط رسوب‌گذاری آرام و در قسمت‌های داخلی پلتفرم کربناته است (برای مثال، Boggs, 2009; Colombie, 2014). فقدان موجودات دریایی نرمال، وجود فرامینیفراهای بنتیک نظیر میلیولیده و وجود پلوئید همراه با

رخساره ماسه‌سنگ دارای لامیناسیون مورب با زاویه کم (Low Angle Cross-laminated Sandstone: SI)

توصیف: این رخساره سنگی در صحرا به صورت طبقات ماسه‌سنگی سبز تا خاکستری، متوسط تا نازک لایه و در برخی نقاط همراه با رخساره Gcmt مشاهده شده است (شکل ۶-ت). از جمله ساختمان‌های رسوبی که در این طبقات مشاهده شده می‌توان به لامیناسیون مورب با زاویه کم و در برخی نقاط به‌طور جانبی، به لایه‌بندی مورب در هم اشاره کرد (شکل ۶-ت). علاوه بر این، اثر فسیل تالاسینوئیدس نیز در این رخساره یافت شده است (شکل ۶-ث). رخساره ماسه‌سنگی فوق از نظر ترکیب لیتارنایتی است (شکل ۶-ج) و از اجزایی چون کوارتز، خرده‌سنگ‌های رسوبی و ولکانیکی، فلدسپات‌های پتاسیم و گلاکونیت تشکیل شده است. ذرات این رخساره در حد ماسه‌ی ریز تا درشت بوده و اغلب به صورت نیمه گردشده و با جورشدگی خوب می‌باشند.

تفسیر: ساختمان‌های رسوبی مشاهده شده در این رخساره ماسه‌سنگی شامل لامیناسیون مورب با زاویه کم و لایه‌بندی مورب در هم از جمله ساختمان‌های رسوبی شاخص محیط‌های جزر و مدی هستند (برای مثال، Richard and Datrymple, 2012). اثر فسیل تالاسینوئیدس که در این طبقات ماسه‌سنگی مشاهده شده است معمولاً حاصل فعالیت تغذیه‌ای- حفاری جانوران سخت‌پوست است (برای مثال، Miller and Knox, 1985). پمپرتون (Pemberton et al., 2001) اثر فسیل فوق را مرتبط با مناطق حاشیه ساحلی به‌ویژه حاشیه پایینی ساحل همراه با نرخ رسوب‌گذاری بالا می‌داند. به‌طور کلی، وجود این اثر فسیل در رخساره فوق و همراهی آن با رخساره‌های پهنه جزر و مدی نشان‌دهنده نهشته شدن این رخساره در مناطق کم‌عمق و پرانرژی زیر جزر و مدی است.

ریز رخساره پکستون بایوکلاستی (Bioclastic Packstone: MF1)

توصیف: طبقات آهکی مربوط به این ریز رخساره در صحرا به صورت واحدهای عدسی شکل به رنگ سبز روشن و خاکستری رخنمون دارند و همراه با رخساره سنگی SI

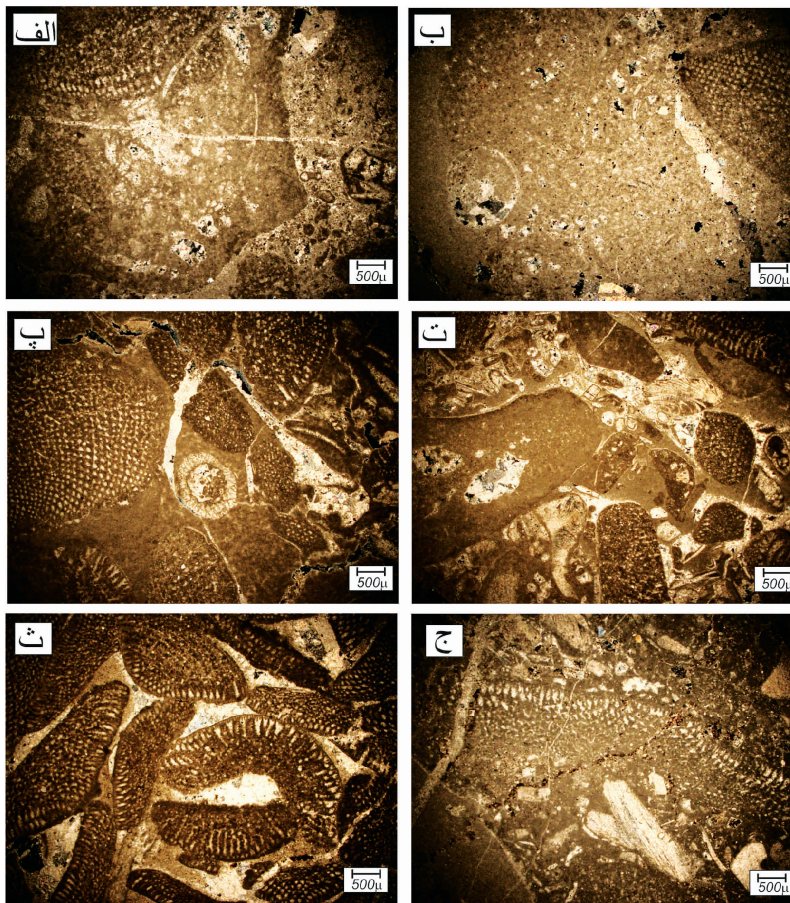
اغلب این خرده‌ها میکرایتی شده‌اند.

تفسیر: فراوانی گل آهکی یا میکرایت در این ریز رخساره نشان‌دهنده محیط رسوب‌گذاری آرام و کم انرژی است (Messadi et al., 2016). وجود اربیتولین‌هایی با اشکال کشیده و دیسکی شکل در این ریز رخساره نیز از دیگر ویژگی‌هایی است که رسوب‌گذاری این رخساره در محیط لاگون را محرز می‌کند (برای مثال، Pittet et al., 2002؛ Adachi et al., 2004). بسیاری از آلوکم‌ها با درجات مختلف میکرایتی شده‌اند که بیانگر کم انرژی بودن محیط رسوب‌گذاری است و آثار شکستگی و خردشدگی در این دانه‌ها و حضور تعدادی اربیتولین مخروطی شکل در این ریز رخساره بیانگر حمل آلوکم‌ها توسط امواج و طوفان‌ها به این بخش است (برای مثال، Flugel, 2010).

بافت گلی مؤید رسوب‌گذاری این نهشته‌ها در شرایط لاگونی است (برای مثال، Husinec and Sokac, 2006; Sousa et al., 2009; Adabi et al., 2010; Asadi Mehmandosti et al., 2013; Colombie et al., 2014).

ریز رخساره وکستون بایوکلستی (Bioclastic Wackestone: MF3)

توصیف: در این ریز رخساره مقادیر کمی بایوکلست در زمینه میکرایتی قرار گرفته‌اند. آلوکم‌ها شامل قطعات خرده شده دوکفه‌ای (۵ درصد)، گاستروپود (۲ درصد)، استراکد (۱ درصد)، میلیولیده (کمتر از ۱ درصد) و اربیتولین‌های کشیده و دیسکی و تعدادی مخروطی شکل (۵ درصد) است (شکل ۷-ب). در این ریز رخساره درصد فراوانی دانه‌های اسکلتی خردشده نسبت به فسیل‌های سالم بیشتر است و



شکل ۷. تصاویر میکروسکوپی (نور XPL) از ریز رخساره‌های کم‌رینده‌های رخساره‌ای لاگون و پشته. الف) ریز رخساره پکستون آنکوئیدی (MF2). ب) ریز رخساره وکستون بایوکلستی (MF3). پ) ریز رخساره پکستون بایوکلستی اربیتولین‌دار (MF4). ت) ریز رخساره پکستون-گرینستون اینتراکلستی بایوکلست دار (MF5). ث) ریز رخساره گرینستون بایوکلستی اربیتولین‌دار (MF6). ج) ریز رخساره پکستون بایوکلستی (MF9)

قطعات اینتراکلیست و دانه‌های پلوئید اغلب گرد شده‌اند. اگرچه منشأ پلوئیدها کاملاً مشخص نیست ولی با توجه به حضور گاستروپودها و دوکفه‌ای‌ها ممکن است بخشی از آنها منشأ دفعب داشته باشند. در برخی نمونه‌های اربیتولین نیز حجرات توسط دانه‌های کوارتز پر شده‌اند.

تفسیر: بافت دانه پشتیبان و مقادیر ناچیز میکرایت در این ریز رخساره نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در محیط پرانرژی و در بالای سطح اثر امواج در هوای آرام (FWWB) است. فراوانی بالای اینتراکلیست‌های گرد شده در این رخساره نیز مؤید انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری است (برای مثال، مؤید انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری است (Sousa et al., 2009; Flugel, 2010)). اغلب اربیتولین‌های مشاهده شده مخروطی شکل‌اند که این مورفولوژی نشانگر شرایط پرانرژی در زمان رسوب‌گذاری این ریز رخساره است. با توجه به ویژگی‌های فوق به نظر می‌رسد که این ریز رخساره در محیط پشته بایوکلستی پرانرژی بر جای گذاشته شده است.

ریز رخساره گرینستون بایوکلستی *Orbitolina Bioclastic* (Grainstone: MF6)

توصیف: این ریز رخساره متشکل از ۵۰ درصد اربیتولین، ۱۰ درصد اینتراکلیست، ۲ درصد جلبک سبز، ۳ درصد براکیوپود، ۶ درصد پوسته دوکفه‌ای و کمتر از ۲ درصد کوارتز می‌باشد (شکل ۷-ث). در اطراف برخی اربیتولین‌ها پوشش‌های میکرایتی یا جلبکی دیده می‌شود. با این وجود، اکثر اربیتولین‌ها فاقد پوشش میکرایتی هستند. در این ریز رخساره اینتراکلیست‌ها گرد شده‌اند. اکثر اربیتولین‌ها مخروطی شکل‌اند ولی تعدادی از انواع کشیده و آگلوتینه همراه با پوشش میکرایتی نیز در این ریز رخساره مشاهده شده‌اند.

تفسیر: با توجه به بافت این رخساره که دانه پشتیبان است و درصد بالای سیمان‌های دریایی که معمولاً در محیط‌های با انرژی بالا تشکیل می‌شوند، این ریز رخساره نیز در محیط پشته بایوکلستی تجمع یافته است که معمولاً این پشته‌ها به موازات خط ساحلی و در حاشیه رمپ بر جای گذاشته می‌شوند (Flugel, 2010). فراوانی بالای اربیتولین‌های مخروطی شکل و وجود اینتراکلیست‌های گرد شده تأییدکننده شرایط رسوب‌گذاری پر انرژی است.

ریز رخساره پکستون بایوکلستی *Orbitolina Bioclastic* (Packstone: MF4)

توصیف: آلوکم‌های تشکیل‌دهنده این ریز رخساره به‌طور میانگین شامل اربیتولین (۱۰ تا ۳۰ درصد)، گاستروپود (۴ درصد)، دوکفه‌ای (۴ درصد)، براکیوپود (۳ درصد)، جلبک سبز (۳ درصد)، مرجان (۱ درصد)، استراکد (۱ درصد)، پلوئید (۱۵ درصد)، اینتراکلیست (۵ درصد) و ذرات آواری کوارتز (کمتر از ۲ درصد) است که در زمینه میکرایتی قرار گرفته‌اند (شکل ۷-پ). تفسیر: بافت پکستونی این ریز رخساره همراه با حضور فرامینیفیرهای بنتیکی چون اربیتولین، جلبک سبز، دوکفه‌ای، گاستروپود و موجودات دریای باز نظیر براکیوپود نشانگر رسوب‌گذاری این ریز رخساره در محیط لاگون با چرخش آب آزاد همراه با شرایط انرژی متوسط است (برای مثال، Wanas, 2008). علاوه بر این، حضور فسیل‌های دریایی نرمال همراه با فونای لاگونی و اینتراکلیست در این ریز رخساره نیز نشان‌دهنده نهشته شدن این رخساره در بخش‌های انتهایی لاگون رو به دریا است.

کمر بند رخساره‌ای پشته

در این کمر بند رخساره‌ای ۵ ریز رخساره کربناته پکستون-گرینستون اینتراکلیستی بایوکلست دار، گرینستون بایوکلستی اربیتولین دار، باندستون مرجانی، باندستون رودبستی و پکستون بایوکلستی شناسایی شده‌اند که در ادامه به توصیف و شرح هر یک پرداخته شده است.

ریز رخساره پکستون-گرینستون اینتراکلیستی *Bioclast Intraclastic* (Packstone-Grainstone: MF5)

توصیف: این ریز رخساره حاوی ۱۷ درصد اینتراکلیست، ۸ درصد اربیتولین، ۵ درصد دوکفه‌ای، ۲ درصد گاستروپود، ۳ درصد پلوئید، ۶ درصد جلبک، ۱ درصد مرجان و پوسته اکینودرم است (شکل ۷-ت). در برخی نمونه‌ها و در فضای بین دانه‌ها فراوانی میکرایت نسبت به اسپارایت بیشتر و در بعضی بالعکس است. پوشش‌های میکرایتی در اطراف اکثر خرده‌های فسیلی و قطعات اینتراکلیست مشاهده می‌شود.

اثر رشد برجای مجموعه‌های مرجانی شکل گرفته است.
ریز رخساره باندستون رودیستی (Rudist)
(Boundstone: MF8)

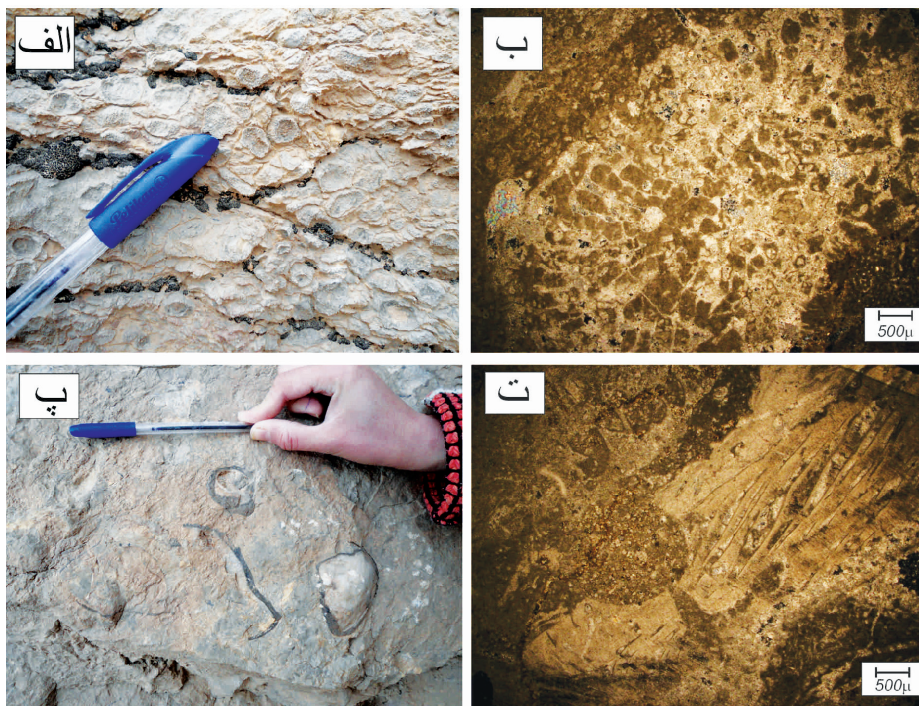
توصیف: این رخساره در صحرا به صورت واحدهای آهکی به رنگ خاکستری تیره و توده‌ای رخنمون دارد (شکل ۸-پ). این ریز رخساره دارای فابریک دانه پشتیبان بوده و جزء اصلی سازنده آن رودیست‌های با اشکال خوابیده هستند (شکل ۸-ت). علاوه بر رودیست، مرجان، گاستروپود و جلبک از دیگر اجزای سازنده‌ی این ریزرخساره هستند. این ریزرخساره معادل بافلستون رودیستی (Rudist Bafflestone) در طبقه‌بندی امبری و کلوان (Embry and Klovan, 1971) است.

تفسیر: از آنجایی که رودیست‌ها معمولاً ساختارهای ریفی گسترده را ایجاد نمی‌کنند و به صورت توده‌های با برجستگی کم و تکه‌تکه (کومه‌ای) در لبه پلتفرم نهشته می‌شوند، به نظر می‌رسد ریز رخساره باندستون رودیستی گسترش جانبی زیادی نداشته و به صورت پشته بایوکلستی تشکیل شده است (برای مثال، Han et al., 2016).

ریز رخساره باندستون مرجانی (Coral)
(Boundstone: MF7)

توصیف: شامل آهک‌های متوسط لایه مرجانی با شکل هندسی عدسی شکل است که به‌طور جانبی محدود و به لایه‌های آهکی اربیتولین‌دار ضخیم لایه و پهن تبدیل می‌شود (شکل ۸-الف، ب). آلوکم غالب این ریز رخساره مرجان‌های اسکلاکتین با اشکال تروکوئیدی و اندازه بیش از ۲ میلی‌متر است. این ریز رخساره معادل فلوتستون مرجانی (Coral Floatstone) در طبقه‌بندی امبری و کلوان (Embry and Klovan, 1971) می‌باشد.

تفسیر: حضور مرجان‌های منفرد اسکلاکتین در این ریز رخساره نشان دهنده وجود شرایط مساعد اکولوژیکی همراه با مواد غذایی کم و شرایط الیگوتروفیک است. مرجان‌های تروکوئیدی معمولاً بسترهای زیست سخت را برای زندگی انتخاب می‌کنند (گراوند و امیر حسخانی، ۱۳۹۲). وجود این ریز رخساره باندستونی در توالی مورد مطالعه نشان دهنده وجود ریف‌های کومه‌ای و پراکنده در حاشیه پلتفرم کربناته است که بر



شکل ۸. تصاویر صحرایی و میکروسکوپی (نور XPL) از ریز رخساره‌های کمربند رخساره‌ای پشته. الف) تصویر صحرایی رخساره باندستون مرجانی، ب) ریز رخساره باندستون مرجانی (MF7)، پ) تصویر صحرایی از رخساره باندستون رودیستی، ت) ریز رخساره باندستون رودیستی (MF8)

عناصر ساختاری شناسایی شده، وجود چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده متوالی، شکل هندسی عدسی، ورقه‌ای و گوه‌ای شکل رخساره‌های سنگی، قاعده فرسایشی هر چرخه، وجود طبقات کنگلومرایی و ماسه‌سنگی ضخیم و نبود رسوبات دانه‌ریز دشت سیلابی و رنگ قرمز رسوبات که مؤید شرایط اکسیدان محیط رسوب‌گذاری است، مدل رسوبی سیستم رودخانه‌ای با پیچش کم (رودخانه بریده بریده با بستر شی در نزدیک منشأ) برای این نهشته‌های آواری پیشنهاد می‌شود (شکل ۹).

نهشته‌های دریایی کرتاسه زیرین در منطقه مذکور شامل توالی رسوبی است که از میان لایه‌های کربناته و آواری تشکیل شده است. بررسی رخساره‌های رسوبی و تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌ای در توالی رسوبی مورد مطالعه نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری این رخساره‌ها در یک پلتفرم کربناته نوع رمپ که دارای رسوبات مخلوط کربناته-سیلیسی آواری است، صورت گرفته است (شکل ۹). مجموعه رخساره‌های دریایی معرفی شده در این مطالعه در دو بخش این پلتفرم کربناته که شامل بخش‌های رمپ داخلی و رمپ میانی است، بر جای گذاشته شده‌اند. رخساره‌های مذکور در سه کمربند رخساره‌ای نهشته شده‌اند که شامل دو کمربند رخساره‌ای پهنه جزر و مدی و لاگون در رمپ داخلی و کمربند رخساره‌ای پشته در موقعیت رمپ میانی است. در این پلتفرم رمپ مخلوط کربناته-سیلیسی آواری، رسوب‌گذاری اجزای کربناته و آواری احتمالاً با یکدیگر انجام شده اما برخی رخساره‌ها به جایگاه خاصی در پلتفرم محدود شده‌اند. در توالی رسوبی مورد مطالعه، رسوبات سیلیسی آواری به کمربند رخساره‌ای پهنه جزر و مدی محدود شده و رخساره‌های کربناته در کمربند‌های رخساره‌ای لاگون و پشته نهشته شده‌اند. تأمین رسوبات سیلیسی آواری به این حوضه مخلوط در طی پایین بودن سطح نسبی آب دریا و زهکشی رودخانه‌ها از مناطق مرتفع‌تر خشکی‌های مجاور پلتفرم فوق صورت گرفته است. از آنجایی که رخساره‌های ریفی قابل ملاحظه در این توالی یافت نشده است به نظر می‌رسد که پشته‌های بایوکلاستی مسئول ایجاد برجستگی حاشیه‌ای در لبه رمپ ذکر شده بوده‌اند و رخساره‌های باندستون مرجانی

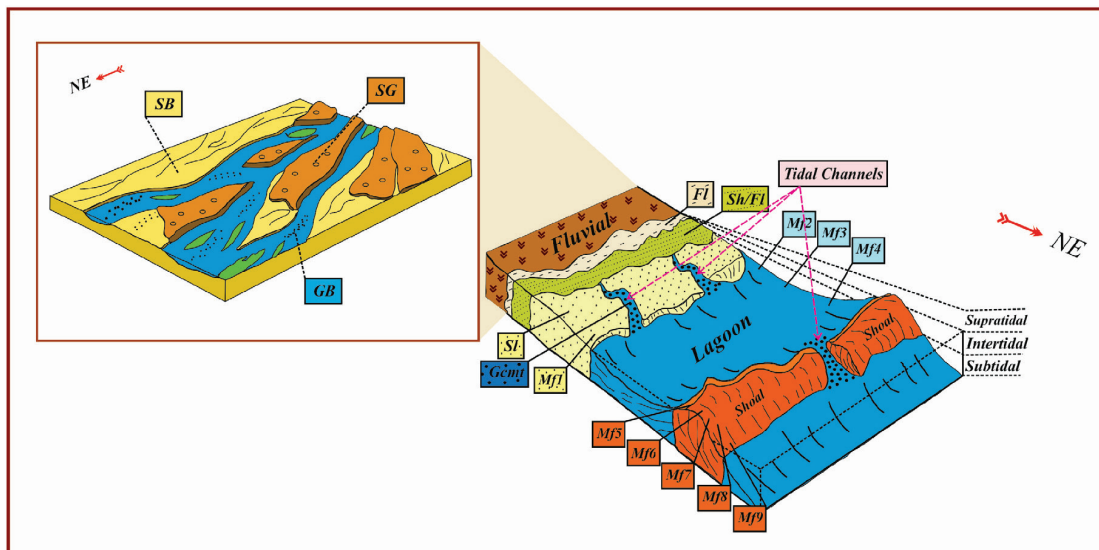
ریز رخساره پکستون بایوکلاستی (Bioclastic Packstone: MF9)

توصیف: خرده‌های اسکلتی آلوکم غالب در این ریز رخساره‌اند که شامل خرده‌های دوکفه‌ای غالباً رودیست‌ها (۱۵ درصد)، گاستروپود (۱ درصد)، میلیولیده (کمتر از ۱ درصد)، براکیوپود (۵ درصد)، اربیتولین (۵ درصد)، جلبک (۲/۵ درصد)، بریزوآ (کمتر از ۱ درصد)، استراکد (کمتر از ۱ درصد) و پلوئید (۸ درصد) است که در زمینه‌ای از میکرایت قرار گرفته‌اند (شکل ۷-ج).

تفسیر: با توجه به بافت دانه پشتیبان این ریز رخساره، مقدار کم میکرایت در زمینه و فراوانی دانه‌های اسکلتی نظیر رودیست‌ها و براکیوپودها در این رخساره به نظر می‌رسد که این رسوبات در بخش جلویی پشته بایوکلاستی (رو به دریای باز) نهشته شده باشند (برای مثال، Flugel, 2010).

محیط رسوب‌گذاری

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در توالی رسوبی مورد مطالعه تناوبی از رسوبات قاره‌ای رودخانه‌ای و نهشته‌های دریایی مشاهده می‌شود که هر یک دارای اختصاصات مربوط به خود می‌باشند (شکل ۹). نهشته‌های رودخانه‌ای کرتاسه زیرین در ناحیه مورد مطالعه شامل رسوبات پرکننده کانال می‌باشند. مجموعه رسوبات پرکننده کانال شامل رخساره‌های کنگلومرایی (Gcmf, Gmm, Gh) و رخساره‌های ماسه‌سنگی (Sm, St, Sp, Sh, Sr) می‌باشند. رخساره‌های سنگی Gcmf و Gmm توسط جریان‌های رسوبی خرده‌دار یا جریان‌های گراویته‌ای با انرژی بالا تشکیل شده‌اند (برای مثال، Koykka, 2011). وجود ساخت توده‌ای در این رسوبات از مشخصات معمول نهشته‌های رودخانه‌ای بریده بریده با بستر گراولی است. رخساره کنگلومرایی Gh به فرم رسوبات باقیمانده در کف کانال بر جای گذاشته شده است. رخساره‌های ماسه‌سنگی نیز توسط جریان‌های آبی کشتی با تمرکز رسوب بالا، رسوب‌گذاری در رژیم‌های جریان‌ی پایین و مهاجرت اشکال لایه‌ای دوبعدی و سه‌بعدی نهشته شده‌اند (برای مثال، Miall, 2006; Tewari et al., 2012). با توجه به تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌های سنگی،



شکل ۹. مدل رسوبی پیشنهادی برای نهشته‌های کرتاسه ی تکتانی در برش قومنجان

(Zhang), *Praeorbitolina cornyi* Schroeder, *Nautiloculina* sp., *Marsonella* sp., *Nezzazata* sp., *Charentia* sp. شناسایی شده سن آپتین (پیشین) برای این توالی رسوبی پیشنهاد می‌شود. بررسی تغییرات عمودی و جانبی رخساره‌ای در توالی رسوبی برش قومنجان مؤید تغییر شرایط رسوب گذاری از محیط رسوبی قاره‌ای به محیط دریایی است. نهشته‌های قاره‌ای مذکور متشکل از رخساره‌های کنگلومرای و ماسه‌سنگی است که با توجه به اختصاصات بافتی، ساختمان‌های رسوبی، ضخامت و شکل هندسی لایه‌های رسوبی، نوع تماس زیرین و فوقانی لایه‌ها، رنگ رسوبات، وجود چرخه‌های به سمت بالا ریزشونده باقاعده فرسایشی و الگوی یونی مدال جهت جریان دیرینه به نظر می‌رسد که در سیستم رودخانه‌ای بریده بریده با بستر شنی و در نزدیک منشأ بر جای گذاشته شده‌اند. نهشته‌های دریایی این برش نیز ترکیبی از رخساره‌های آواری و کربناته می‌باشند که با توجه به اختصاصات ذکر شده در یک پلتفرم مخلوط سیلیسی آواری- کربناته از نوع رمپ نهشته شده‌اند. این رسوبات در دو موقعیت رمپ درونی (شامل کمر بند رخساره‌های جزر و مد و لاگون) و میانی (شامل پشته) برجای گذاشته شده‌اند. توالی مورد مطالعه یک پیشروی سطح تراز دریا را در طی آپتین پیشین در شرق لوت نشان می‌دهد. این پیشروی می‌تواند با

رودیستی به صورت ریف‌های کومه‌ای در برخی نواحی وجود داشته‌اند. تغییر تدریجی جانبی رخساره‌های نواحی کم عمق به رخساره‌های عمیق‌تر، گسترش پهنه جزر و مدی، عدم حضور لغزش‌ها، برش‌ها (تالوس‌ها یا واریزه‌ها)، جریان‌های خرده‌دار و توربیدایت‌ها (که نشان‌دهنده حمل مجدد رسوبات هم‌زمان با رسوب گذاری هستند) در رخساره‌های این توالی مؤید وجود پلتفرم مخلوط سیلیسی آواری- کربناته از نوع رمپ تک‌شیب است که شامل زیر محیط‌های رمپ داخلی و میانی است (برای مثال، Sousa et al., 2009; Flugel, 2010; Asadi Mehmandosti et al., 2013; Messadi et al., 2016).

نتیجه‌گیری

نهشته‌های کرتاسه پیشین در برش قومنجان (با ضخامت ۱۶۴ متر)، متشکل از واحدهای متنوع سنگی می‌باشند که در حاشیه شرقی بلوک لوت رخنمون دارند. این توالی از دو واحد آواری در پایین و کربناته در بالا تشکیل شده است. واحد آواری با لایه‌های از کنگلومرا شروع می‌شود و به ماسه‌سنگ‌های سبز و خاکستری ارغوانی دانه‌ریز ختم می‌شود. واحد کربناته بیشتر از سنگ‌آهک‌های غنی از فسفیل در پایین تشکیل شده که به طرف بالا از فراوانی فسفیل‌ها کاسته می‌شود. در برش مورد بررسی جنس‌های *Palorbitolinoides* cf. *orbiculata*

محیط رسوب‌گذاری نهشته‌های آواری کرتاسه پیشین در
برش کرچ، جنوب غرب قائن. سی و سومین گردهمایی
علوم زمین، اسفندماه، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- گراوند، ر. و امیرحسین‌خانی، ف.، ۱۳۹۲.
پالئوآکولوژی مرجان‌های منفرد کرتاسه‌ی بالایی در منطقه
کرمانشاه. یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، ۸۱-۸۸.

- Adabi, M.H., Salehi, M.A. and Ghoobeishavi, A., 2010. Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of lower cretaceous Carbonate (Fahliyan Formation), south-west of Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, 148-160.

- Adachi, N., Ezaki, Y. and Liu, J., 2004. The origins of peloids immediately after the neopermian extinction, Guizhou Province, South China. *Sedimentary Geology*, 164, 161-178.

- Asadi mehmandusti, E., Adabi, M.H. and Wood, D., 2013. Microfacies and geochemistry of the middle Cretaceous Sarvak Formation in Zagros Basin, Izeh Zone, SW Iran. *Sedimentary Geology*, 293, 9-20.

- Boggs, S., 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Cambridge University, 612.

- Bucker, I.I. and Sasaran, E., 2005. Relation between algae and environment; an early Cretaceous case study, Trasc au Mountains, Romania. *Facies*, 51, 274-286.

- Chen, H.W., Lee, T.Y. and Wu, L.C., 2010. High-resolution sequence stratigraphic analysis of late Quaternary deposits of the Changhua Plain in the frontal arc-continental collision belt of Central Taiwan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39, 192-213.

- Colombié, C., Aurell, M., Gotz, A.E., Bertholon, S. and Boussaha, M., 2014. Feature and duration of metre-scale sequences in a storm-dominated carbonate ramp setting (Kimmeridg-

تشکیل اقیانوس سیستان در شرق ایران مرتبط باشد.

منابع

- احراری، ف.، ۱۳۸۸. میکرواستراتیگرافی ساب بلوک قومنجان در بلوک غرب از نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قائنات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور بیرجند، ۱۱۸.

- اسدی، ا.، ۱۳۹۲. چینه‌نگاری زیستی و محیط دیرینه نهشته‌های کرتاسه زیرین بر اساس اربیتولین‌ها در برش نیم‌بلوک (شمال غرب قاین) شرق ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند، ۱۱۸.

- اطلس راه‌های ایران، ۱۳۹۶. موسسه گیتاشناسی، ۳۱۱.

- بابازاده، س.ا.، رئیس السادات، س.ن. و احراری، ف.، ۱۳۸۸. کاربرد فرامینیفرهای کرتاسه در بازسازی محیط رسوبی ناحیه قومنجان حاشیه شرقی بلوک لوت. چهارمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی، دانشگاه آزاد شیراز.

- بابازاده، س.ا.، رئیس السادات، س.ن. و احراری، ف.، ۱۳۸۹. بایواستراتیگرافی و بررسی روند تکاملی اربیتولین‌ها در توالی سری‌های رسوبی کرتاسه در حاشیه شرقی بلوک لوت، جنوب غرب قائن. فصلنامه رخساره‌های رسوبی، ۱۰-۱.

- حسینی، س.ح.، وحیدی نیا، م.، نجفی، م. و موسوی حرمی، س.ر.، ۱۳۹۵. بایواستراتیگرافی، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی نهشته‌های آواری-کربناته کرتاسه زیرین، شرق ایران مرکزی، دیهوک. نشریه علوم زمین خوارزمی، ۱۵۷-۱۸۰.

- خزاعی، ا.، رئیس السادات، س.ن. و اسدی، ش.، ۱۳۸۹. دوکفه‌ای‌های رودیست (خانواده رکوثینیده) در رسوبات کرتاسه پیشین جنوب غرب قائن، شرق ایران؛ مطالعه دیرینه زیست جغرافیای آنها. رخساره‌های رسوبی، سال سوم، ۲، ۵۲-۶۷.

- زارعی، ج.، رئیس السادات، س.ن.، مرتضوی مهریزی، س.م.، یزدی مقدم، م.، ۱۳۹۳. پالئوآکولوژی نهشته‌های کرتاسه تحتانی در برش قومنجان، جنوب غرب قائن؛ بر اساس نسبت فرامینیفرهای بنتیک، هشتمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی، ۱۸۹.

- شریفی، ج.، مرتضوی، م.، رئیس السادات، س.ن. و معتمدالشریعتی، م.، ۱۳۹۳. رخساره‌های سنگی و

- ian, northeastern Spain. *Sedimentary Geology*, 312, 94-108.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate rock according to depositional texture, in: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1, 108- 121.
 - El-Azabi, M. and EL-Arabi, A.M., 2007. Depositional framework and sequence stratigraphic aspects of the Coniacian-Santonian mixed siliciclastic/carbonate Matulla sediments in Nezzazat and Ekma blocks, Gulf of Suez, Egypt. *Journal African Earth Sciences*, 47, 179-202.
 - Embry, A.F., and Klovan, E.J., 1971. Absolute water depth limits of late Devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*, 61 (2), 672-686.
 - Fauvelet, E. and Eftekhari-nezhad, J., 1990. Explanation Text of the Qayen Quadrangle Map 1:250,000, Geological Quadrangle, No. K7. Report. 21, 317.
 - Flugel, E., 2010. *Microfacies Analysis of Carbonate rocks, Analyses, Interpretation and Application*, Springer-Verlag, Berlin, 1005.
 - Folk, R., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 182.
 - Foix, N., Paredes, M.I. and Giacosa, R.E., 2013. Fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge basin, Argentina. *Sedimentary Geology*, 294, 342- 355.
 - Gani, R. M. and Alam, M. M., 2004. Fluvial facies architecture in small scale river system in the Upper Dupi Tila Formation, northeast Bengal basin, Bangladesh. *Journal Asian Earth Sciences*, 24, 225-236.
 - Ghazi, S. and Mountney, N.P., 2009. Facies and architectural element analysis of a meandering fluvial succession: The Permian Warchha Sandstone, Salt Range, Pakistan. *Sedimentary Geology*, 221, 99-126.
 - Ghosh, P., Sarkar, S. and Maulik, P., 2006. Sedimentology of a muddy alluvial deposit: Triassic Denwa Formation, India: *Sedimentary Geology*, 191, 3- 36.
 - Ghosh, S., 2014. Palaeogeographic significance of ferruginous gravel lithofacies in the Ajaydamodar interfluvium, West Bengal, India. *International Journal of Geology*, 4, 81- 100.
 - Koykka, J., 2011. Precambrian alluvial fan and braidplain sedimentation patterns: Example from the Mesoproterozoic Rjukan Rift Basin, southern Norway. *Sedimentary Geology*, 234, 89-108.
 - Higgs, K.E., King, P. R., Raine, J.I., Sykes, R., Browne, G.H., Crouch, E. and Baur, J. R., 2012. Sequence stratigraphy and controls on reservoir sandstone distribution in an Eocene marginal marine-coastal plain Fairway, Taranaki Basin, New Zealand. *Marine and Petroleum Geology*, 30,2, 175-192.
 - Husinec, A. and Sokac, B., 2006. Early Cretaceous benthic associations (foraminifera and calcareous algae) of a shallow tropical-water platform environment (Mljet Island, southern Croatia). *Cretaceous Research*, 27, 418-441.
 - Kosunal, E., Poisson, A., Ciner, A., Wernli, R. and Monod, O., 2009. Syn-tectonic sedimentary evolution of the Miocene Catallar Basin, southwestern Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 466-479.
 - Lee, H.S. and Chough, S.K., 2006. Lithostratigraphy and depositional environments

- of the Pyeongan Supergroup (Carboniferous-Permian) in the Taebaek area, mid-east Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26, 3-4, 339-352.
- Makhlof, I.M., 2000. Sedimentology of mixed siliciclastic-carbonate tidal deposits of the Dardur Formation, Dead Sea area, Jordan. *Journal of Dirasat*, 27/2, 215-225.
 - Messadi, A.M., Mardassi, B., Quali, J. A. and Tourir, J., 2016. Sedimentology, diagenesis, clay mineralogy and sequential analysis model of upper Paleocene evaporate-carbonate ramp succession from Tamerza area (Gafsa Basin: Southern Tunisia). *Journal of African Earth Sciences*, 118, 205-230.
 - Miall, A. D., 2006. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer, Berlin. 582.
 - Miller, M. F. and Knox, L. W. 1985. Biogenic structures and depositional environments of the Lower Pennsylvanian coal bearing sequence, northern Cumberland Plateau, U.S.A. In: H. A. Curran (ed.), *Biogenic structures their use in interpreting depositional environments*, Society of Paleontologists and Mineralogists. Special Publication 35, 67-93.
 - Motamedalshariati, M., Raisossadat, S. N., Moloudi, D. and Mortazavi, M. 2016. Foraminifera biozonation and morphogroups from Nimbolook section, east margin of Lut block, Iran. *Arabian Journal of Geoscience*, 9, 720 (1-11), DOI 10.1007/s12517-016-2709-y.
 - Pemberton, G.S., Spila, M., Pulham, A.J., Saunders, T., Robbins, D. and Sinclair, I.K., 2001. Ichnology and sedimentology of shallow to marginal marine systems: Geological Association of Canada Short Course, 15, 1-25.
 - Pittet, B., van Buchem, F.S.P., Hillgrtner, R.H., Gritsch, P. J. and Droste, H.J., 2002. Ecological succession, palaeoenvironmental change, and depositional sequences of Barremian- Aptian shallow-water carbonates in northern Oman. *Sedimentology*, 49, 555-581.
 - Raisossadat S. N. and Skelton, P. W., 2005. First record of rudist fauna from the Qayen area, eastern Iran. 7th International Symposium on the Cretaceous (5-9 September 2005), Neuchâtel, Scientific Program and Abstracts, 177-178.
 - Richard, A.D. and Dalrymple, R.W., 2012. *Principles of Tidal Sedimentology*, Springer, 638.
 - Simmons, M.D., Whittaker, J.E. and Jones, R.W., 2000. Orbitolinids from Cretaceous sediments of the Middle East - A revision of the F.R.S. Henson and Associates Collection. In M.B. Hart, M.A. Kaminski and C.W. Smart (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Workshop on Agglutinated Foraminifera*. Grzybowski Foundation Special Publication, 7, 411-437.
 - Sharifi, J., Raisossadat, S. N., Mortazavi, M. and Motamedalshariati, M., 2016. Albian and Cenomanian ammonites of the eastern margin of the Lut block (East Iran). *Carens de Géologie-Notebooks on Geology*, 16 ,25, 591-613.
 - Sousa, S.H.M., Rossetti, D., Fairchild, T.R., Burone, L., Mahiques, M.M. and Tibana, P., 2009. Microfacies and sequence stratigraphy of the Amapá Formation, Late Paleocene to Early Eocene, Foz do Amazonas Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 280, 440- 455.
 - Tewari, R. C., Hota, R. N. and Maejima, W., 2012. Fluvial architecture of Early Permian Barakar rocks of Korba Gondwana basin, eastern central India. *Journal of Asian Earth Sciences*, 52,

43-52.

- Therrien, F., 2006. Depositional environments and fluvial system changes in the dinosaur-bearing Sânpetru Formation (Late Cretaceous, Romania); Post-orogenic sedimentation in an active extensional basin. *Sedimentary Geology*, 192, 183- 205.

- Wanas, H.A., 2008. Cenomanian rocks in the Sinai Peninsula, Northeast Egypt: Facies analysis and sequence stratigraphy. *Journal of African Earth Sciences*, 52, 125-138.

- Yechieli, Y. and Wood, W.W., 2003. Hydrogeologic process in saline system: Playas, Sabkhas and saline lakes. *Earth Science Reviews*, 58, 343-365.

- Zamanzadeh, S.M., Amini, A.H. and Ghavidel-Syooki, M., 2009. Sequence stratigraphic controls on early-diagenetic carbonate cementation of shallow marine clastic sediments (the Devonian Zakeen Formation), southern Zagros, Iran. *Association of Korean Geoscience Societies*, 13, 1, 31-57.