

ساز و کار تشکیل کنگلومراهای درون حوضه‌ای: مطالعه موردی در تریاس و ژوراسیک منطقه زنجان

افشین زهدی^{۱*} و جواد ربانی^۲

۱ و ۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان

نویسنده مسئول: afshin.zohdi@znu.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۲/۳۰

دریافت: ۹۸/۱۲/۱۷

چکیده

در این پژوهش برای نخستین بار، توالی‌های کنگلومرای تریاس (سازند الیکا) و ژوراسیک (سازند دلیچای) منطقه زنجان، از نظر پارامترهای رسوب‌شناسی، محیط‌رسوبی و مکانیسم تشکیل مورد مطالعه قرار گرفته است. در توالی‌های تریاس، لایه‌های کنگلومرای از قطعات اینتراکست با بافت فلوئستون تا رودستون تشکیل شده است. حضور قطعات اینتراکستی (کنگلومرای درون حوضه‌ای)، سطح زیرین فرسایشی و دانه‌بندی تدریجی ریز شونده بیانگر انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری و تأثیر فرایندهای توفانی در زمان تشکیل این افق کنگلومرای در بخش‌های ساحلی و دریایی کم عمق می‌باشد. در صورتی که، در توالی‌های ژوراسیک حضور دوکفه‌ای‌های نازک لایه، رادیولر، آمونیت، بلمنیت، فرامینفرهای پلانکتون به همراه میکروبیالیت‌ها بیانگر یک محیط دریایی نسبتاً عمیق می‌باشد. توالی کنگلومرای ضخیم لایه همراه با این مجموعه فسیلی، تک منشأیی بوده که ذرات تشکیل‌دهنده آن را عمدتاً میکروبیالیت‌ها، بریوزوا، آمونیت و بلمنیت تشکیل می‌دهد. جورشدگی این توالی رسوبی، ضعیف بوده و اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آن بین ۳ تا ۳۰ سانتی‌متر در تغییر می‌باشد. این رخساره کنگلومرای احتمالاً مبین افزایش انرژی محیط‌رسوبی در طی کاهش نسبی سطح آب دریا در گذر ژوراسیک میانی - بالایی؟ می‌باشد. نبود ساختمان رسوبی مشخص و توالی بوما، دانه‌های زاویه‌دار تا گرد شده و فابریک به هم ریخته ذرات، احتمالاً بیانگر تشکیل شدن این واحد کنگلومرای در نتیجه جریان‌های خرده‌دار باشد. نهایتاً، نتایج نشان می‌دهد که منطقه زنجان به عنوان بخش کوچکی از حاشیه شمالی اقیانوس تتیس، در طی زمان‌های تریاس تا ژوراسیک میانی، در نتیجه پیشروی آب دریا در مقیاس جهانی از یک محیط ساحلی به یک محیط دریایی نسبتاً عمیق تغییر نموده است و در نهایت در مرز بین ژوراسیک میانی - بالایی؟ سطح آب دریا کاهش یافته است. در داخل این توالی رسوبی بزرگ مقیاس، کنگلومراهای آهکی تریاس بعنوان یک رخساره توفانی در یک محیط ساحلی تشکیل شده است، در صورتی که واحدهای کنگلومرای راس سازند دلیچای در یک محیط دریایی نسبتاً عمیق و در نتیجه تأثیر جریان‌های اقیانوسی بر نهشته‌های میکروبیال تشکیل شده است.

واژه‌های کلیدی: کنگلومراهای درون حوضه‌ای، تریاس - ژوراسیک، سازندهای الیکا و دلیچای، زنجان

پیشگفتار

(نهشته‌های توفانی)، بویژه در طی پیشروی آب دریا بعد از یک ناپوستگی فرسایشی تشکیل شده‌اند (چن و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از بهترین زمان‌های زمین‌شناسی که کنگلومراهای آهکی در داخل توالی‌های رسوبی تشکیل شده است، مربوط به تریاس زیرین - میانی می‌باشد که به دنبال پیشروی آب دریاها، در داخل توالی‌های کربناته ابتدای مزوزوئیک، شکل گرفته‌اند (بعنوان مثال: آیچنر، ۱۹۸۵؛ ویگنال و توتیتچ، ۱۹۹۹؛ پریوس و همکاران، ۲۰۰۵؛ پرز - لویز و پرز - والرا، ۲۰۱۲؛ کوماتسو و همکاران، ۲۰۱۴). البته کنگلومراهای آهکی می‌توانند در طی پسروی آب دریا و بویژه در مناطق

کنگلومراهای آهکی درون حوضه‌ای در محیط‌های دریایی (از مناطق کم عمق تا عمیق)، تحت تأثیر عوامل مختلف رسوب‌شناسی و تکتونیکی تشکیل می‌شوند. این رسوبات، در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی (بویژه در کامبرین، تریاس و ژوراسیک) در مناطق مختلف دنیا شناسایی و گزارش شده‌اند (بعنوان مثال: کالوت و تاکر، ۲۰۰۸؛ میرو و همکاران، ۲۰۰۴؛ چن و همکاران، ۲۰۰۹؛ بایت‌گل و همکاران، ۱۳۹۵؛ کومریو و همکاران، ۲۰۱۸؛ بلقوتی و زوآیری، ۲۰۱۹). این کنگلومراها عمدتاً در نتیجه برخورد امواج آب دریا با لایه‌های آهکی و سخت نشده کف دریاها

تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. پس از مطالعه نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان (بابک‌خوانی و صادقی، ۱۳۸۳)، مناطق مورد مطالعه به طور کامل مورد پیمایش قرار گرفتند و بهترین رخنمون‌ها (شکل‌های ۱ و ۲) جهت مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری انتخاب گردید. در نهایت، رخنمون سازند الیکا در ۷۰ کیلومتری غرب شهر زنجان واقع در منطقه آق‌بلاغ و رخنمون سازند دلیچای در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب زنجان در نزدیکی روستای احمد کندی به جهت مطالعه لایه‌های کنگلومرایی مورد توجه قرار گرفته است (شکل‌های ۱ و ۲). در طی عملیات صحرایی به مرز و ضخامت لایه‌ها، ترکیب سنگ‌شناسی، بافت، لایه‌بندی، وجود ساختمان‌های رسوبی و محتویات فسیلی و غیرفسیلی توجه شده است. در برش‌های انتخاب شده در مجموع ۷۵ نمونه سنگی برداشت شد و از تمامی آن‌ها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه گردید. مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان در گروه زمین‌شناسی دانشگاه زنجان صورت گرفته است. کلیه مقاطع نازک میکروسکوپی توسط محلول آلزارین قرمز (Red-S) به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت به روش دیکسون (۱۹۶۵) رنگ‌آمیزی شده است. در این پژوهش نام‌گذاری نمونه‌ها به روش دانهام (۱۹۶۲) و امبری و کلوان (۱۹۷۱) انجام شده است. به منظور تفسیر رخساره‌های کربناته از مدل رخساره‌ای فلوگل (۲۰۱۰) استفاده گردیده است. در نهایت از تلفیق داده‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصله از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، مدل‌های رسوبی برای تشکیل شدن واحدهای کنگلومرایی مورد مطالعه ارائه گردید.

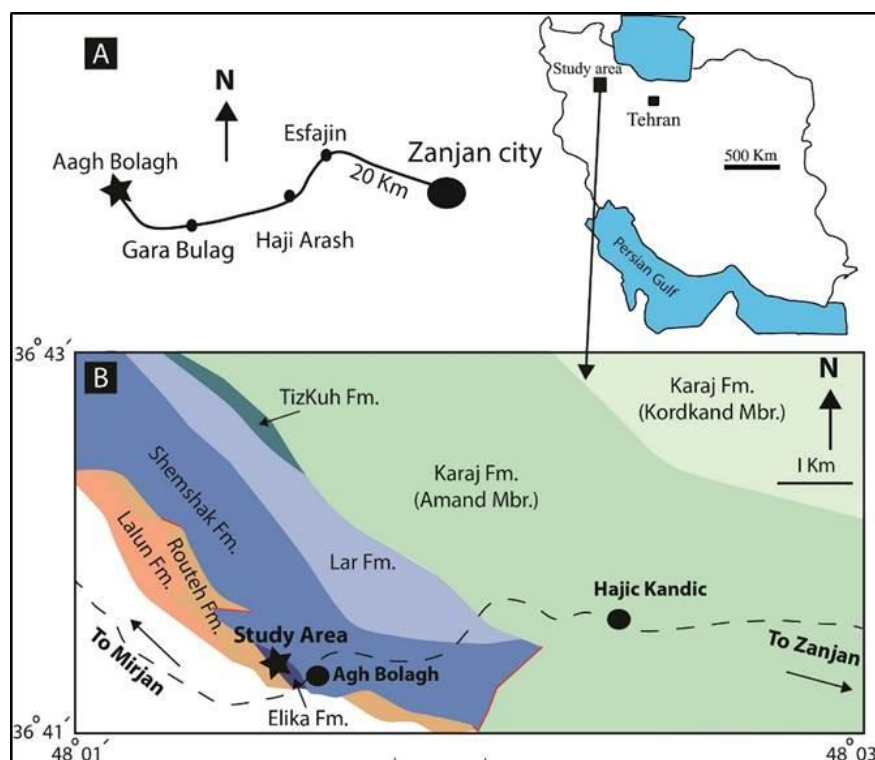
زمین‌شناسی و چینه‌شناسی مناطق مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این پژوهش در زون ساختاری البرز باختری- آذربایجان با توجه به تقسیم‌بندی ارائه شده توسط نبوی (۱۳۵۵) و زون ساختاری ایران مرکزی در تقسیم‌بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) واقع شده است. در دو منطقه مورد مطالعه واقع در غرب و جنوب غرب زنجان، توالی منظمی از رسوبات متعلق به زمان‌های پرکامبرین پسین تا ائوسن قابل شناسایی است (شکل‌های ۱ و ۲).

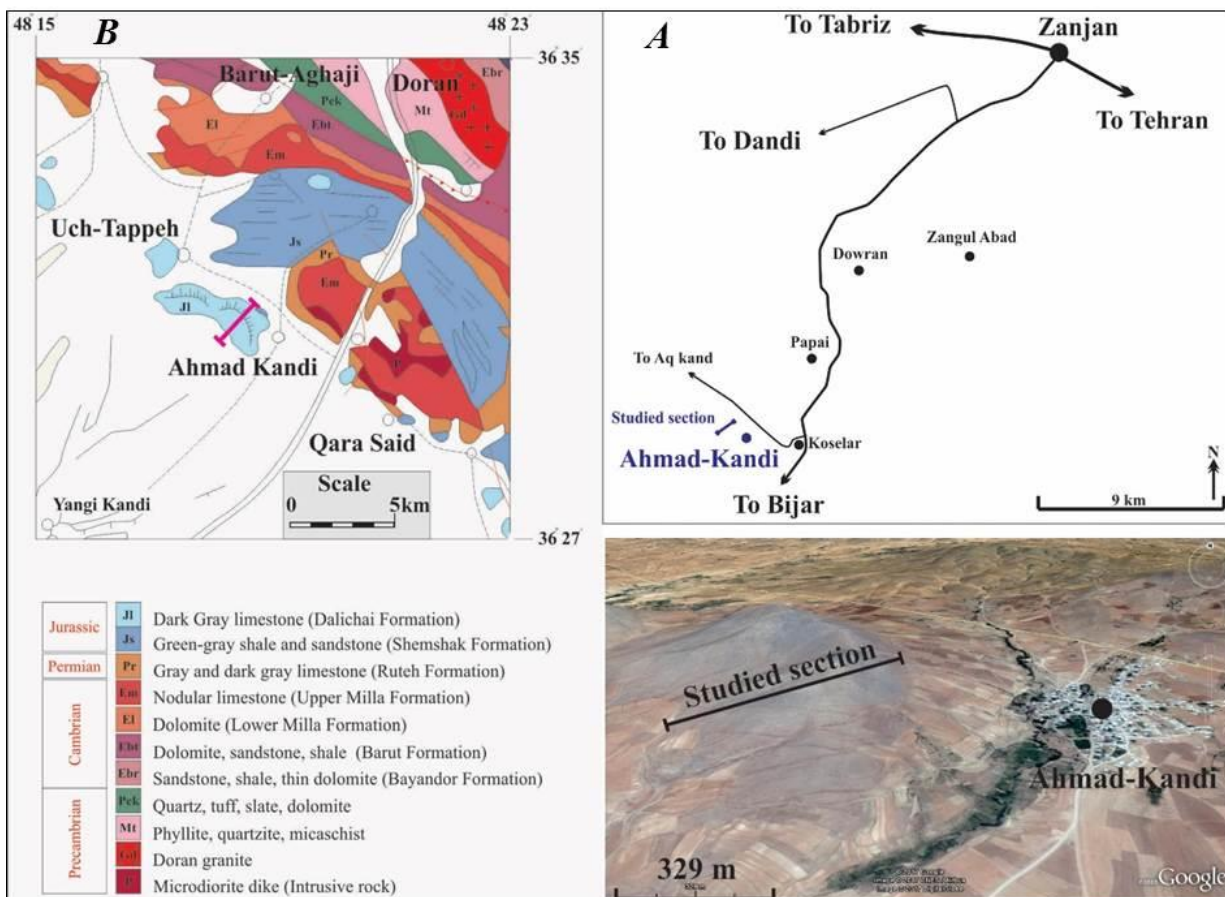
عمیق دریا، بواسطه حضور جریان‌های توریداتی و خرده‌سنگ‌دار در پلت‌فرم‌های کربناته شیب‌دار (نظیر رمپ‌های با انتهای شیب‌دار و شلف‌های لبه‌دار) شکل بگیرند (بعنوان مثال: شبینر و ریچمر، ۱۹۹۹؛ بلومیر و ریچمر، ۲۰۰۲؛ فورزیش و همکاران، ۲۰۰۳؛ کالتر و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به مطالعات صحرایی و ماکروسکوپی و تفاوت‌هایی که در ضخامت لایه‌ها، نوع ذرات، ویژگی‌های بافتی و ساختی (نظیر شکل، اندازه، جورشدگی و ..) این رسوبات کربناته دانه درشت وجود دارد، می‌توان سازوکار و مکانیسم تشکیل آن‌ها را در محیط‌های دریایی کم عمق و عمیق تا حدی مشخص نمود. از طرفی، رخساره‌های کنگلومرایی دانه درشت (توفانی و توریداتی) از دیدگاه رسوب‌شناسی جهت تشخیص آب و هوای قدیمه، چینه‌نگاری سکansı و تشکیل مخازن هیدروکربونی اهمیت ویژه‌ای دارند (لیو و همکاران، ۲۰۱۲؛ میرو و همکاران، ۲۰۱۲؛ لوکزینسکی و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به اندازه درشت ذرات تشکیل دهنده آن‌ها، تخلخل اولیه در این لایه‌ها بخوبی حفظ می‌شود و طی تدفین و تأثیر فرآیندهای تراکم کمتر از بین می‌رود. به همین جهت با توجه به اهمیت کنگلومرهای آهکی، در این پژوهش برای نخستین بار در منطقه زنجان، این افق‌های دانه‌درشت در دو زمان زمین‌شناسی، یکی متعلق به تریاس زیرین- میانی (سازند الیکا) و دیگری در ژوراسیک میانی (رأس سازند دلیچای)، به لحاظ خصوصیات رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در نهایت مدل‌های رسوبی مختلفی برای تشکیل این لایه‌های کنگلومرایی در محیط‌های رسوبی مختلف ارائه شده است. امید است که نتایج حاصل از این پژوهش جهت انطباق هر چه بهتر این لایه‌های کنگلومرایی در دیگر بخش‌های حوضه رسوبی البرز و ایران مرکزی، و همچنین در بازسازی جغرافیای دیرینه زمان‌های تریاس و ژوراسیک مورد استفاده زمین‌شناسان قرار گیرد.

روش مطالعه

برای دستیابی به اهداف مورد نظر در این پژوهش، روش‌های مختلف نظیر جمع‌آوری اطلاعات مورد استفاده قرار گرفت است و در نهایت این اطلاعات با یکدیگر مورد



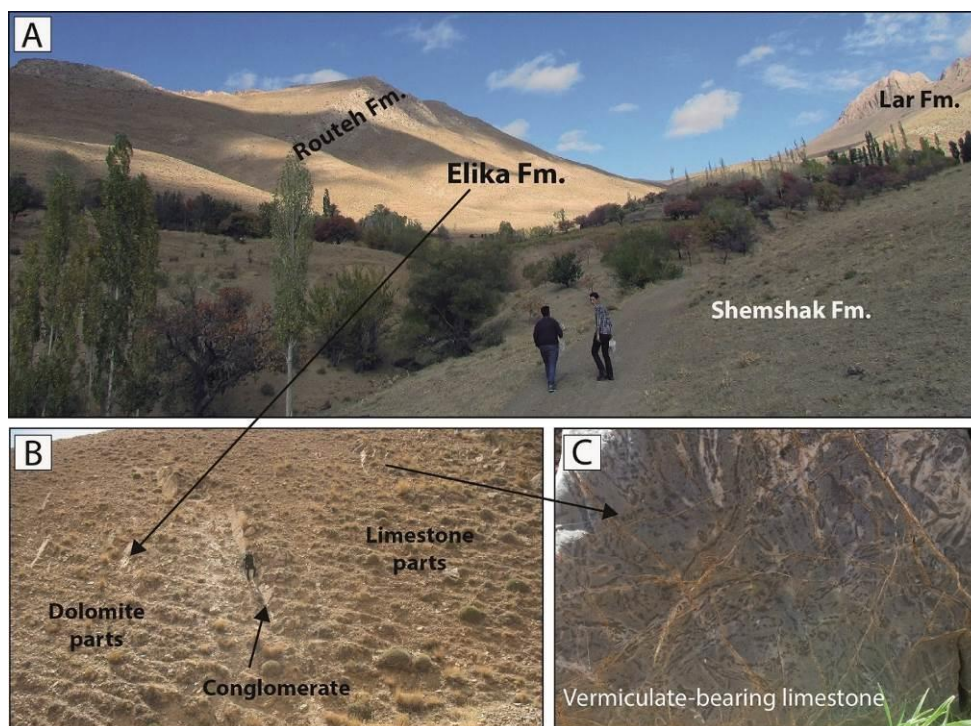
شکل ۱. (A) موقعیت جغرافیایی رخنمون سازند الیکا در غرب شهر زنجان، (B) نقشه زمین‌شناسی و محل برداشت نمونه‌های سازند الیکا در نزدیکی روستای آق‌بلاغ، برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان (بابک‌خوانی و صادقی، ۱۳۸۳).



شکل ۲. (A) موقعیت جغرافیایی سازند دلیچای در جنوب غرب شهر زنجان، (B) نقشه زمین‌شناسی و محل برداشت نمونه‌های سازند دلیچای در نزدیکی روستای احمد کندی، برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان (بابک‌خوانی و صادقی، ۱۳۸۳).

شیل‌های سبز رنگ سازند شمشک، سنگ‌آهک‌های رسی سازند دلیچای (شکل ۴)، سنگ‌آهک‌های ضخیم لایه سرشار از فسیل سازند لار و در نهایت رسوبات سبزرنگ و عمدتاً آتشفشانی سازند کرج می‌باشند. به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه مورد مطالعه، همراه با این نهشته‌های رسوبی، رخنمون‌هایی از سنگ‌های گرانیتی و گرانودیوریتی متعلق به زمان‌های بعد از ژوراسیک (سنوزوئیک) به میزان کمتر دارای برونزد است (بابک‌خوانی و صادقی، ۱۳۸۳).

سازندهای موجود در مناطق مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل: شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده سازند کهر، شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ همراه با میان لایه‌های کربناته سازند باروت، ماسه‌سنگ‌های آرکوزی سازند لالون، دولومیت‌ها و سنگ‌آهک‌های نازک تا ضخیم لایه سازند میلا، ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی سفیدرنگ سازند درود، سنگ‌آهک‌های متوسط لایه خاکستری رنگ سازند روته، افق‌های لاتریت و بوکسیت مربوط به مرز پرمین-تریاس، لایه‌های سنگ‌آهکی، دولومیتی زرد رنگ سازند الیکا (شکل ۳)، ماسه‌سنگ‌ها و



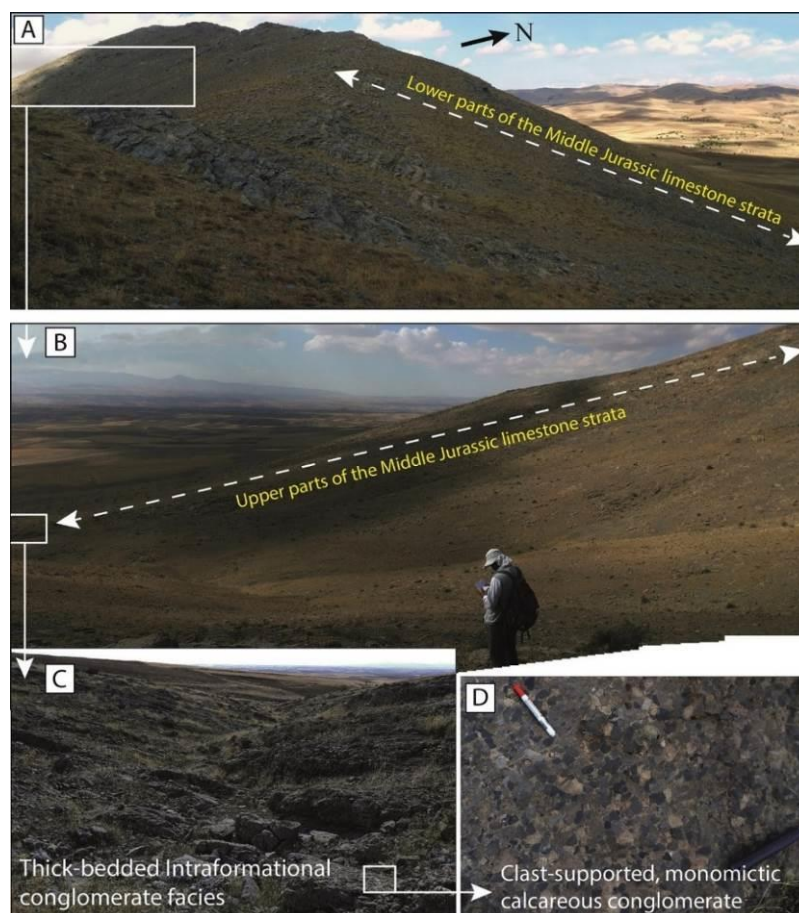
شکل ۳. تصاویر صحرایی سازند الیکا در غرب زنجان. (A) نمایی کلی از سازندهای رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه، (B) بخش‌های مختلف سازند الیکا شامل، سنگ‌آهک، کنگلومرا و دولومیت‌های متوسط لایه، (C) آشفته‌گی زیستی و آثار کرمی شکل (ورمیکوله) در بخش‌های سنگ‌آهکی سازند الیکا.

می‌گیرد. این سازند در غرب زنجان (روستای آق‌بلاغ) با توجه به انجام مطالعات صحرایی به سه بخش اصلی قابل تقسیم است (شکل ۵A). بخش زیرین (با ضخامت در حدود ۱۵ متر) که از سنگ‌آهک متوسط لایه خاکستری رنگ همراه با آشفته‌گی زیستی و آثار کرمی شکل (ورمیکوله) تشکیل شده است. این بخش با یک ناپیوستگی فرسایشی هم‌شیب بر روی افق‌های قرمز رنگ لاتریت-بوکسیت (مرز پرمین-تریاس) قرار گرفته است. در این بخش از سازند الیکا، لایه‌بندی موازی در بین طبقات بوفور مشاهده می‌شود. محتوای فسیلی این بخش

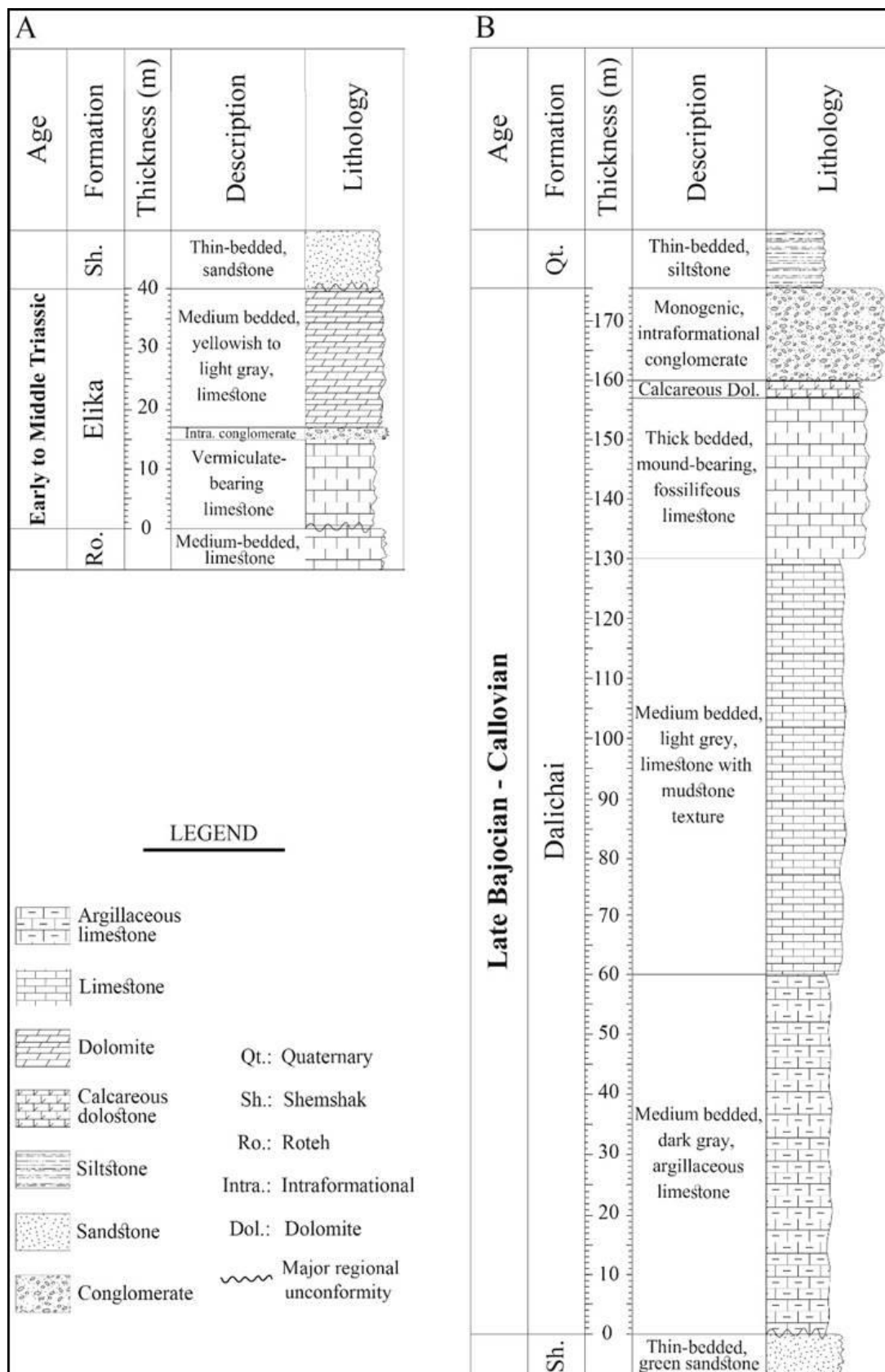
سازند الیکا در منطقه مورد مطالعه واقع در غرب زنجان و در نزدیکی روستای آق‌بلاغ (با مختصات ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۰۳ دقیقه طول شرقی) از حدود ۴۰ متر سنگ‌آهک و دولومیت متوسط لایه به همراه یک واحد کنگلومرای با ضخامت کم تشکیل شده است (شکل ۵A). به طور کلی ضخامت این سازند در منطقه زنجان، در مقایسه با بخش‌های مرکزی و شرقی حوضه رسوبی البرز ناچیز بوده و در خیلی از مناطق زنجان، بدون حضور سازند الیکا، سازند شیلی و ماسه‌سنگی شمشک بر روی سازند کربناته روته قرار

متوسط تا ضخیم لایه، سنگ‌آهک دولومیتی و لایه‌های کنگلومرایی خاکستری رنگ (۱۵ متر) تشکیل شده است (شکل ۵B). در بخش‌های میانی تا بالایی این توالی کربناته بوفور رخساره‌های میکروبیالیتی مشاهده می‌شود که مستقیماً در زیر واحد کنگلومرایی مورد نظر در این پژوهش قرار گرفته است. این سازند به صورت ناپیوسته و هم‌شیب بر روی ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های سبزرنگ سازند شمشک قرار می‌گیرد و در بالا نیز به لایه‌های دانه درشت کنگلومرایی با ضخامت قابل توجه ختم می‌گردد. همانند سازند الیکا، ضخامت سازند دلیچای در منطقه زنجان در مقایسه با رخنمون‌های این سازند در بخش‌های مرکزی و شرقی حوضه رسوبی البرز کمتر می‌باشد. در این منطقه سازند دلیچای عمدتاً از سنگ‌آهک رسی تشکیل شده است و افق‌های مارنی که یکی از ویژگی‌های بارز این سازند (بویژه در بخش‌های قاعده‌ای و میانی) محسوب می‌شود، در طی مطالعات صحرایی، مشاهده و شناسایی نگردید.

سنگ‌آهکی بسیار کم و عمدتاً از دوکفه‌ای، گاستروپودا و استراکود تشکیل شده است. بخش میانی سازند الیکا از یک واحد کنگلومرای آهکی دانه درشت به رنگ زرد نخودی و با ضخامتی در حدود ۲ متر تشکیل شده است. این واحد کنگلومرایی، عمدتاً از قطعات درون‌حوضه‌ای (اینتراکلست‌های درشت و مسطح) تشکیل شده است، و نهایتاً بخش بالایی سازند الیکا که از ۲۳ متر دولومیت متوسط لایه ریزبلور به رنگ زرد متمایل به خاکستری تشکیل شده است. این بخش در مقایسه با بخش آهکی زیرین، فاقد آشفستگی زیستی و آثار کرمی شکل می‌باشد. در این توالی دولومیتی، مقادیر زیادی استروماتولیت لایه‌ای و دانه‌های ریز تا متوسط کوارتز قابل شناسایی است. رخنمون مورد مطالعه از سازند دلیچای نیز در جنوب‌غرب زنجان و در نزدیکی روستان احمدکندی (با مختصات ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی) واقع شده است. این سازند در منطقه مورد مطالعه، از ۱۷۵ متر سنگ‌آهک رسی



شکل ۴. تصاویر صحرایی سازند دلیچای در جنوب‌غرب زنجان. (A و B) نمایی کلی از بخش‌های زیرین و بالایی سازند دلیچای در منطقه مورد مطالعه، (C) توالی ضخیم لایه از کنگلومراهای آهکی رأس سازند دلیچای، (D) نمایی نزدیک از قطعات تشکیل‌دهنده واحد کنگلومرایی که تنها از قطعات آهکی و فسیلی با جورشدگی ضعیف و ذرات نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده تشکیل شده است.

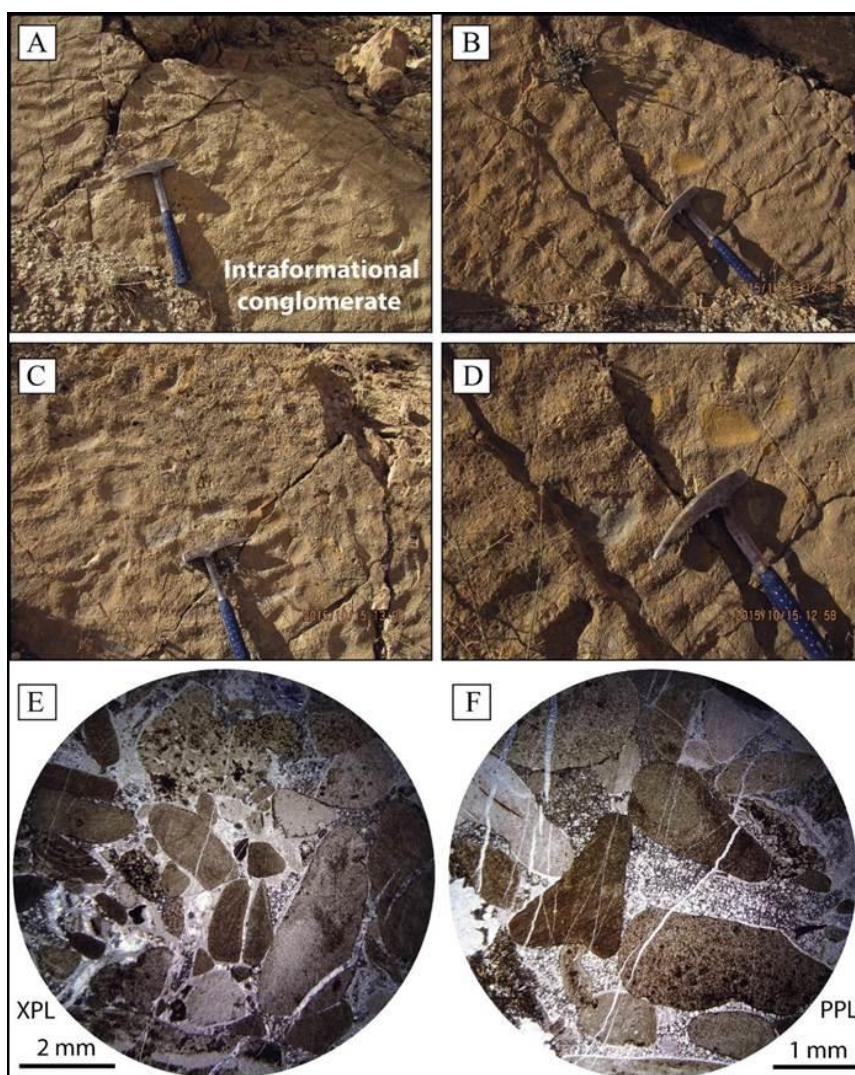


شکل ۵. (A) ستون چینه‌شناسی سازند الیکا در غرب زنجان. در این منطقه، سازند الیکا به سه بخش اصلی قابل تقسیم است. بطوریکه کنگلومراهای آهکی درون حوضه‌ای در بین بخش‌های سنگ آهکی و دولومیتی قرار گرفته است. (B) ستون چینه‌شناسی سازند دلیچای در جنوب غرب زنجان. در این منطقه سازند دلیچای عمدتاً دارای ترکیب سنگ‌شناسی سنگ آهک رسی و سنگ آهک می‌باشد. در بخش بالای توالی به ضخامت حدود ۱۵ متر، لایه‌های ضخیم تا توده‌ای کنگلومرای آهکی درون حوضه‌ای قابل شناسایی می‌باشد.

توصیف کنگلومراهای آهکی درون حوضه‌ای سازند الیکا

کنگلومراهایی درون حوضه‌ای متوسط لایه به رنگ زرد نخودی و با ضخامتی در حدود ۲ متر در بخش‌های میانی سازند الیکا، در بین واحدهای سنگ آهکی ورمیکوله‌دار و افق‌های دولومیتی شناسایی شده است. مرز این واحد کنگلومرایی با افق‌های زیرین به صورت ناگهانی و فرسایشی است. این واحد کنگلومرایی عمدتاً از قلوه‌های مسطح (اینتراکلست‌های درشت و در اندازه گراول) تشکیل شده است (شکل ۶). قطعات اینتراکلستی عمدتاً به صورت افقی تا نیمه افقی و با جهت‌یافتگی مشخصی در داخل لایه‌های رسوبی قابل شناسایی است. البته در مواردی اینتراکلست‌های تشکیل‌دهنده لایه‌های

کنگلومرایی فاقد جهت‌یافتگی مشخصی هستند و به صورت نامنظم مشاهده می‌شوند. در این رخساره، ذرات اسکلتی بسیار کم بوده و در صورت وجود شامل دوکفه‌ای، گاستروپودها و پلوییدها می‌باشند. زمینه تشکیل‌دهنده این واحد کنگلومرایی نیز به صورت میکرایت می‌باشد که تا حدودی توسط دولومیت‌های ریزبلور و شکل‌دار جایگزین شده‌اند (شکل ۶). در داخل این افق کنگلومرایی همراه با لایه‌بندی موازی، به میزان قابل‌توجهی ریپل‌های جریان‌ی و حتی موجی شکل نیز قابل شناسایی است (شکل ۶). این افق کنگلومرایی تنها تشکیل رخساره رودستون تا فلوئستون اینتراکلستی را می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۶. (A-F) کنگلومراهای آهکی سازند الیکا با جورشدگی ضعیف که عمدتاً از قطعات درشت اینتراکلست به رنگ زرد نخودی تشکیل شده است. (A-D) لایه‌بندی ریپلی که بوضوح در داخل این لایه‌های دانه‌درشت قابل مشاهده می‌باشد. (E-F) تصاویر میکروسکوپی از کنگلومراهای آهکی سازند الیکا که عمدتاً از قطعات درشت اینتراکلست با بافت رودستون تا فلوئستون تشکیل شده‌اند.

از حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهد، به میزان زیادی قطعات و ذرات اسکلتی شکسته شده نظیر مرجان، جلبک، بریوزوآ و حتی آمونیت و بلمنیت مشاهده می‌شود. اندازه ذرات تشکیل‌دهنده این واحد کنگلومرایی در حدود ۳ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. رخساره‌های تشکیل‌دهنده این واحد کنگلومرایی به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: (۱) رخساره‌هایی که دارای بافت پکستونی بوده و از مرجان، جلبک، بریوزوآ و خرده‌های دوکفه‌ای تشکیل شده است (شکل ۷) و (۲) رخساره‌هایی با بافت مادستونی که به میزان ناچیز از خرده‌های اسکلتی و پلوئید تشکیل شده است. در مرز زیرین این واحد کنگلومرایی با رخساره‌های میکروبیالیتی، هیچ شاهد مشخصی برای ناپیوستگی فرسایشی (نظیر: کارست‌ها و حفره‌های انحلالی، سیمان‌های متئوریک و افق‌های خاک قدیمه و کالیچ) در طی مطالعات صحرایی شناسایی نشده است.

بحث

در منطقه زنجان به عنوان بخش کوچکی از حاشیه شمالی اقیانوس تتیس، بعد از ناپیوستگی فرسایشی پرمین پسین، پیشروی آب دریا در زمان تریاس زیرین-میانی منجر به تشکیل توالی‌های رسوبی (سنگ‌آهک و دولومیت) شده است. ضخامت این توالی‌های کربناته (سازند الیکا) با توجه به گسترش زیاد ناپیوستگی فرسایشی، در مقایسه با دیگر مناطق حوضه رسوبی البرز بسیار کم است (کمتر از ۵۰ متر). در داخل توالی‌های کربناته تریاس زیرین-میانی منطقه زنجان، یک افق کنگلومرایی آهکی با ضخامت کم (در حدود ۲ متر) تشکیل شده است، که گسترش جانبی قابل‌ملاحظه‌ای در غرب زنجان دارد. در این منطقه، رسوب‌گذاری توالی‌های کربناته در نتیجه پیشروی سطح آب دریاها تا زمان ژوراسیک بالایی ادامه یافته است، به طوریکه در نتیجه نوسانات سطح آب دریا، یک افق کنگلومرایی دیگر در رأس سازند دلیچای تشکیل شده است. احتمالاً، این دو توالی کنگلومرایی (تریاس و ژوراسیک) که اجزاء تشکیل‌دهنده آنرا عمدتاً قطعات آهکی درون حوضه‌ای (نظیر اینتراکلت‌ها و فسیل‌های متنوع) تشکیل می‌دهند، با توجه به موقعیت آن‌ها در داخل پلت‌فرم‌های کربناته و نوسانات سطح آب دریا توسط مکانیسم‌های مختلفی

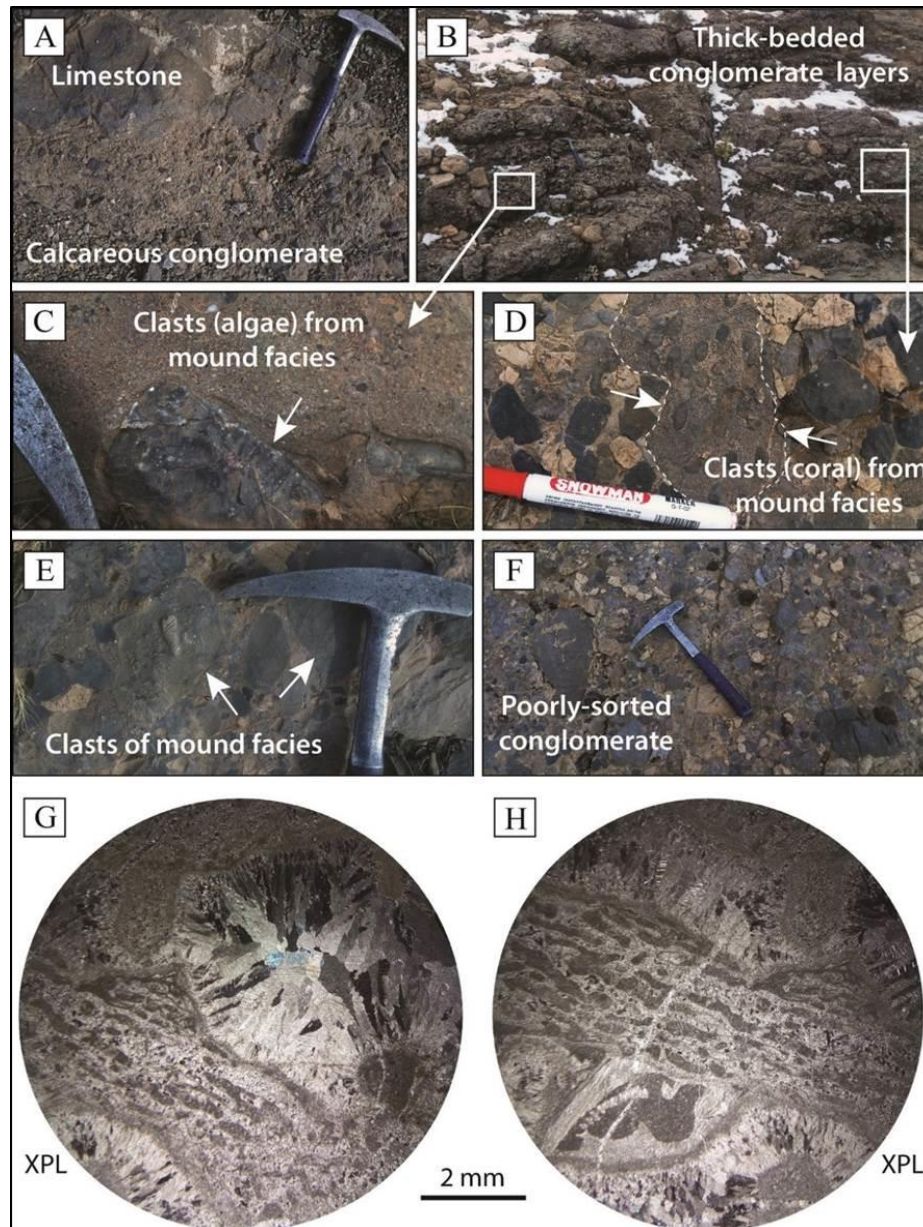
این افق کنگلومرایی در محدوده مورد مطالعه گسترش جانبی زیادی دارد و تا چندین کیلومتر بدون تغییر محسوس قابل شناسایی است. طول قطعات اینتراکلت در این افق به طور معمول از چندین میلی‌متر تا حدود ۱۵ سانتی‌متر در تغییر می‌باشد. جورشدگی این کنگلومرا عمدتاً ضعیف بوده و اینتراکلت‌های تشکیل‌دهنده آن به صورت نیمه‌زاویه‌دار تا گردشده مشاهده می‌شوند (شکل ۶). این افق کنگلومرایی، دانه‌بندی تدریجی ریز شونده به سمت بالا (نرمال) را در بعضی از افق‌ها در قطعات درشت اینتراکلتی بوضوح نمایش می‌دهد. در مطالعات انجام شده، بافت این کنگلومراها دانه‌پشتیبان و به میزان کمتر گل‌پشتیبان در نظر گرفته شده است (شکل ۶). حضور هماتیت باعث شده است که در حاشیه برخی از اینتراکلت‌ها، یک نوار قرمز رنگ قابل شناسایی باشد. در بالای این توالی کنگلومرایی، لایه‌های دولومیتی متوسط لایه با بلورهای خیلی ریز تا ریز به همراه لایه‌های تیره و روشن استروماتولیت مشاهده می‌شود.

توصیف کنگلومراهای آهکی درون حوضه‌ای سازند دلیچای

این افق کنگلومرایی ضخیم لایه تا توده‌ای، با ضخامتی در حدود ۱۵ متر و از متر ۱۶۰ تا ۱۷۵ متری در بالاترین افق‌های سازند دلیچای مشاهده می‌شود. مرز این واحد کنگلومرایی با رخساره‌های زیرین خود (میکروبیالیت‌ها) به صورت نامنظم، ناگهانی و ناپیوسته است (شکل ۷). این واحد کنگلومرایی دارای شکل هندسی لایه‌ای و صفحه‌ای است و هیچ ساختمان رسوبی نظیر دانه‌بندی تدریجی نرمال یا معکوس، لایه‌بندی مورب پشته‌ای و ... در داخل آن شناسایی نشده است (شکل ۷). این واحد کنگلومرایی از نوع غالب با ذرات و اولیگومیکتیک (تک منشأیی) بوده که ذرات تشکیل‌دهنده آن را قطعات آهکی خاکستری رنگ متعلق به بخش‌های میانی سازندهای دلیچای تشکیل می‌دهد (شکل ۷). در ذرات تشکیل‌دهنده این واحد کنگلومرایی جهت‌یافتگی مشخصی مشاهده نمی‌شود و ذرات به صورت تصادفی و نامنظم در داخل لایه‌های رسوبی قرار گرفته‌اند. جورشدگی این کنگلومرا ضعیف بوده و ذرات تشکیل‌دهنده آن از نظر گردشدگی به صورت نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده می‌باشد (شکل ۷). در ماتریکس این کنگلومرا که درصد بسیاری ناچیزی

انطباق مثبتی با نوسان‌های جهانی سطح آب دریا نشان می‌دهند (لطف‌پور، ۱۳۷۶، جهانی، ۱۳۷۹، ستوهیان، ۱۳۹۴، زهدی و ربانی، ۱۳۹۷).

شکل گرفته‌اند. در این بخش با توجه به نتایج بدست آمده در طی مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، سازوکار تشکیل آن‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. لازم به توضیح است که توالی‌های رسوبی شناسایی شده در این سازندها



شکل ۷. (A-H) کنگلومراهای آهکی سازند دلیچای که عمدتاً از قطعات درشت فسیلی تشکیل شده است. مرز زیرین این واحد کنگلومرایی با سنگ‌آهک‌های میکروبیالیت‌دار سازند دلیچای در تصویر (A) قابل مشاهده است که به صورت ناگهانی و فرسایشی است. (B) لایه‌بندی این واحد ضخیم تا توده‌ای بوده که قطعات تشکیل‌دهنده آنرا فسیل‌های مختلف نظیر جلبک، مرجان، بلمنیت و بریوزوآ تشکیل می‌دهند. (C-F) تصاویر میکروسکوپی از کنگلومراهای آهکی سازند دلیچای که از قطعات خرد شده فسیلی نظیر مرجان‌ها با بافت رودستونی تشکیل شده‌اند.

(۱۳۹۴). همراهی این واحد کنگلومرایی با رخساره‌های استروماتولیتی و دولومیکرایت‌ها، بیانگر تشکیل شدن آن در بخش‌های کم عمق و ساحلی پلت‌فرم کربناته سازند

در منطقه مورد مطالعه، نهشته‌های کنگلومرایی سازند الیکا در مقایسه با دیگر مناطق مرکزی و شرقی حوضه رسوبی البرز بسیار محدود و کم ضخامت است (زهدی،

الیکا می‌باشد (شکل ۸۸). به طور کلی می‌توان بیان نمود که رخساره‌های کربناته سازند الیکا، بیانگر یک محیط دریایی کم عمق با سطح انرژی پایین می‌باشد، اما حضور توالی‌های کنگلومرایی و دانه‌درشت در داخل این سازند با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد آن، می‌تواند بیانگر حضور رخساره‌های پرانرژی و توفانی در بین رخساره‌های وابسته به شرایط آرام این سازند باشد. قطعات آهکی تشکیل‌دهنده این واحد کنگلومرایی از دیدگاه سنگ‌شناسی مشابه با لایه‌های آهکی زیرین خود هستند، که با یک مرز فرسایشی و مشخص بر روی واحدهای زیرین خود قرار گرفته‌اند. خصوصیات و ویژگی‌های این واحد نظیر مرز زیرین فرسایشی، ذرات نیمه‌زاویه‌دار تا گردشده، جهت‌گیری دانه‌های اینتراکستی به صورت افقی و بعضاً قائم، دانه‌بندی تدریجی ریز شونده به سمت بالا، نبود ساخت‌های ریزشی و حضور اینتراکست‌های گلی درون حوضه‌ای احتمالاً بیانگر تشکیل شدن آن در یک شرایط پرانرژی و توفانی در نتیجه برخورد جریان‌های دریایی به رسوبات نرم کف دریا بوده، که پس از آن به صورت ناگهانی شرایط حوضه آرام شده است. ذرات قطع شده در حاشیه اینتراکست‌ها، حضور بورینگ و نبود تغییر شکل پلاستیکی ذرات احتمالاً نشان می‌دهد که رسوبات کف دریا ابتدا سخت و سیمانی شده‌اند و سپس بر اثر فرایندهای حاصل از تغییر انرژی محیط فرسایش، حمل و دوباره رسوب‌گذاری نموده‌اند. حضور لایه‌بندی موازی همراه با این افق کنگلومرایی و نبود چینه‌بندی مورب هوموکی، نشان‌دهنده شرایط جریانی بالا در محیط‌های پرانرژی و بالای خط اثر امواج در حالت توفان می‌باشد. چنین لایه‌هایی با توجه به مطالعات میرو و همکاران (۲۰۰۴) بعنوان رخساره توفانی نزدیک منشأ در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به نقشه پالئوژئوگرافی ایران در زمان تریاس زیرین- میانی، منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی کمتر از ۲۰ درجه جنوبی قرار داشته است که بیانگر تأثیر توفان‌های گرمسیری بعنوان یکی از عوامل اصلی در تشکیل این افق‌های کنگلومرایی در داخل سازند الیکا می‌باشد. نظیر چنین کنگلومراهایی در نتیجه تأثیر توفان‌های گرمسیری و استوایی در بخش‌های کم‌عمق پلت‌فرم‌های کربناته تریاس (در برگیرنده سازندهای الیکا و کنگان)، توسط محققین مختلف در دیگر مناطق البرز و حتی زاگرس شناسایی و معرفی شده

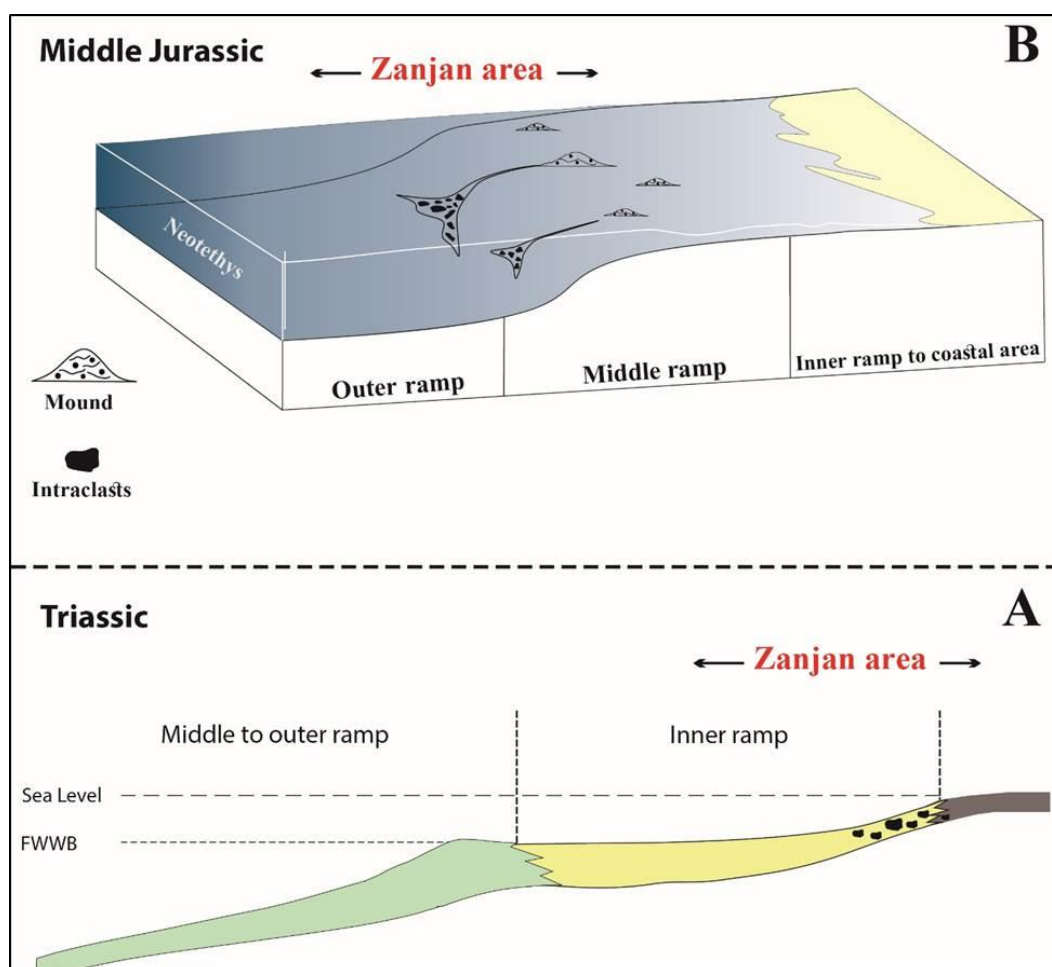
است (نظیر: طهماسبی، ۱۳۷۶، لاسمی و جهانی، ۱۳۸۰، ستوهیان، ۱۳۸۳، جهانی، ۱۳۹۷، توکلی، ۱۳۹۷).

دومین افق کنگلومرای آهکی (کنگلومرا با قطعات دیسکی) در رأس کربنات‌های سازند دلیچای قرار گرفته است. شرایط رسوبی و مکانیسم تشکیل این رسوبات دانه‌درشت کاملاً متفاوت از کنگلومراهای سازند الیکا (تریاس) می‌باشد. ضخامت این توالی کنگلومرایی در منطقه مورد مطالعه، قابل توجه بوده (۱۵ متر) و تنها در رأس سازند دلیچای مشاهده می‌شود. لازم به توضیح است که رخساره‌های تشکیل‌دهنده سازند دلیچای در منطقه زنجان با توجه به حضور رادیولرها، اسپیکول‌های اسفنج، دوکفه‌ای‌های نازک‌لایه^۱ میکروبیالیت‌ها، آمونیت و بلمنیت بیانگر محیط دریای باز و دور از ساحل می‌باشد (شکل ۸۸B). رخساره‌های مربوط به نواحی ساحلی و دریایی کم‌عمق که در بسیاری از مناطق حوضه رسوبی البرز (بوژه البرز مرکزی و شرقی) برای نهشته‌های سازند دلیچای معرفی شده است (بعنوان مثال: بهرامی‌راد و اهری‌پور، ۱۳۹۳، سجادی و همکاران، ۱۳۹۳)، در نمونه‌های مورد مطالعه شناسایی نگردید. تغییرات عمودی رخساره‌ها در رخنمون مورد مطالعه بطور کلی بیانگر افزایش نسبی سطح آب دریاها در بخش‌های زیرین و میانی سازند دلیچای بوده که با منحنی جهانی سطح آب دریا در زمان ژوراسیک میانی (حق، ۲۰۱۸)، همخوانی دارد (زه‌دی و ربانی، ۱۳۹۷). در بخش‌های بالایی سازند دلیچای و قبل از نهشته‌شدن توالی کنگلومرایی، حضور آلوکم‌های اسکلتی نظیر خارپوست، مرجان، جلبک سبز و بریوزوآ بیانگر کاهش نسبی سطح آب دریا می‌باشد، که همزمان با مرز بین ژوراسیک میانی- بالایی در نظر گرفته می‌شود. این کاهش نسبی سطح آب دریا در مرز بین ژوراسیک میانی- بالایی نه تنها در حوضه رسوبی البرز، بلکه در دیگر مناطق دنیا شناسایی و معرفی شده است (ریولید و همکاران، ۲۰۰۸؛ راماجو و آیورل، ۲۰۰۸). در نتیجه کاهش نسبی سطح آب دریا در انتهای سازند دلیچای، تأثیر امواج و جریان‌های اقیانوسی بر رسوبات کف دریا افزایش می‌یابد و سبب کنده شدن قطعاتی از میکروبیالیت‌های سازند دلیچای می‌گردد. این قطعات پس از طی نمودن مسافت‌های کوتاهی دوباره

^۱ Bositra

شناسایی و معرفی شده است. به طور کلی می‌توان بیان نمود که در پلتفرم‌های کربناته مربوط به سازندهای الیکا و دلیچای، دو مکانیسم توفان^۱ و جریان‌های خرده‌دار^۲، به ترتیب بعنوان عوامل اصلی در تشکیل کنگلومراهای آهکی تریاس و ژوراسیک در نظر گرفته می‌شوند. از طرفی، در ایجاد و تشکیل این فرآیندها، می‌توان به نقش تأثیرگذار تغییرات نسبی سطح آب دریا در زمان‌های تریاس و ژوراسیک اشاره نمود.

رسوب‌گذاری کرده‌اند. نبود جهت‌یافتگی مشخص و ساختمان‌های رسوبی نظیر دانه‌بندی تدریجی ریزشونده به سمت بالا، اندازه درشت قطعات با بافت دانه‌پشتیان و جورشدگی ضعیف احتمالاً بیانگر تشکیل شدن این واحد کنگلومرای درون‌حوضه‌ای، توسط جریان‌های خرده‌دار می‌باشد. نظیر چنین کنگلومرای آهکی که بر روی میکروبیالیت‌ها قرار گرفته است، توسط کالتر و همکاران (۲۰۱۰) در نتیجه کاهش نسبی سطح آب دریا و فرسایش میکروبیالیت‌ها، در محیط‌های دریایی عمیق



شکل ۸. (A) مدل رسوبی شماتیک از سازند الیکا که به صورت یک رمپ کربناته کم شیب می‌باشد. کنگلومراهای آهکی این سازند در محیط‌های ساحلی و بخش‌های پرانرژی رمپ داخلی در نتیجه برخورد امواج به رسوبات کف دریا تشکیل شده‌اند. (B) مدل رسوبی شماتیک از سازند دلیچای در منطقه زنجان، خصوصیات و ویژگی‌های سازند دلیچای بیانگر تشکیل شدن آن در یک رمپ کربناته با انتهای پرشیب می‌باشد (زه‌دی و ربانی، ۱۳۹۷). کنگلومراهای آهکی این سازند در طی پایین آمدن سطح آب دریا در گذر ژوراسیک میانی - بالایی و در بخش‌های عمیق‌تر حوضه تشکیل شده‌اند.

¹ Tempestites

² Debris flow

نتیجه‌گیری

حضور کنگلومراهای آهکی درون حوضه‌ای همراه با قطعات درشت اینتراکستی در داخل کربنات‌های سازند الیکا در غرب زنجان نشان می‌دهد که این واحد کنگلومرایی در نتیجه تأثیر توفان‌های شدید و جریان‌های دریایی بر رسوبات کف دریا تشکیل شده است. همراهی استروماتولیت‌ها و دولومیکرایت‌ها با کنگلومراهای آهکی، می‌تواند دلیلی بر تشکیل شدن این واحد در بخش‌های کم عمق و ساحلی پلت‌فرم کربنات سازند الیکا باشد. برعکس، توالی کنگلومرایی رأس سازند دلیچای با توجه به رخساره‌های همراه، در محیط‌های دریایی دور از ساحل (رمپ میانی تا خارجی) تشکیل شده است. این واحد دانه‌درشت توسط مکانیسمی کاملاً متفاوت، در نتیجه پایین آمدن سطح آب دریا که احتمالاً منطبق با کاهش جهانی سطح آب دریاها در گذر ژوراسیک میانی- بالایی می‌باشد، تشکیل شده است. بطوریکه افزایش عملکرد امواج دریا و جریان‌های دریایی در این شرایط، سبب تخریب و فرسایش رسوبات کف دریا و بویژه میکروبیالیت‌های سازند دلیچای شده و بعد از حمل‌ونقل محدود، توسط جریان‌های خرده‌دار دوباره رسوب‌گذاری نموده‌اند. در منطقه زنجان، سازندهای الیکا و دلیچای با توجه به نوع رخساره‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها و حضور گسترده میکرایت، در یک محیط دریایی کم انرژی با نرخ پایین رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند و حضور واحدهای کنگلومرایی و دوباره نهشته شده با جورشدگی پایین در داخل آن‌ها، بیانگر افزایش مقطعی سطح انرژی هیدرودینامیکی حوضه بوده که در شرایط خاص رسوبی از نظر عمق سطح آب دریا، جریان‌های دریایی و عوامل فیزیکی دیگر ایجاد شده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت‌های مالی دانشگاه زنجان برای انجام این پژوهش تشکر می‌نمایند. هم‌چنین نویسندگان از سردبیر محترم مجله رسوب‌شناسی کاربردی و ریاست محترم انجمن رسوب‌شناسی ایران به‌خاطر راهنمایی‌های علمی ارزنده که منجر به غنای بیش‌تر مقاله حاضر گردیده است، کمال تشکر را دارند.

منابع

- بابک‌خوانی، ع.، و صادقی، ع (۱۳۸۳) نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- بایت‌گل، آ.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا (۱۳۹۵) منشأ کنگلومراهای آهکی در رمپ کربنات سازند ده صوفیان از گروه میلا، البرز مرکزی، شمال ایران، نشریه علوم زمین، شماره ۱۰۰، ص ۷۹ تا ۹۰.
- بهرامی‌راد، ع.، و اهری‌پور، ر (۱۳۹۳) ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سنگ‌آهک‌های سازند دلیچای در شمال‌شرق شاهرود (برش ری آباد)، نشریه رخساره‌های رسوبی، شماره ۷، ص ۱۹۶ تا ۲۰۱.
- توکلی، و (۱۳۹۷) بررسی توالی‌های توفانی سازند کربنات کنگان در بخش مرکزی خلیج فارس، نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۷۳، ص ۸۳ تا ۱۰۰.
- جهانی، د (۱۳۷۹) تحلیل حوضه‌های رسوبی نهشته‌های سازند الیکا در البرز شرقی و مرکزی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۲۷۵ ص.
- جهانی، د (۱۳۹۷) رسوب‌شناسی و محیط‌رسوبی کنگلومراهای درون حوضه‌ای با قله‌های مسطح بخش زیرین سازند الیکا (تریاس زیرین) در کوه‌های البرز، فصلنامه علوم زمین، شماره ۱۱۰، ص ۴۷ تا ۵۴.
- زهدی، ا (۱۳۹۴) مدل دولومیتی شدن سازند الیکا در منطقه زنجان، نوزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور، دانشگاه پیام‌نور، ص ۸۴۳ تا ۸۴۹.
- زهدی، ا.، ربانی، ج (۱۳۹۷) تاریخچه رسوب‌گذاری سازند دلیچای در جنوب‌غرب زنجان (با تأکید بر تشکیل میکروبیالیت‌ها)، چهارمین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران با تأکید بر مخازن هیدروکربوری، دانشگاه زنجان، ص ۴۹۲ تا ۵۰۲.
- ستوهیان، ف (۱۳۸۳) مطالعه لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی و تفسیر محیط‌رسوبی سازند الیکا در ناحیه البرز شرقی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۸ ص.
- ستوهیان، ف (۱۳۹۴) رخساره‌های توفانی بخش زیرین سازند الیکا در برش طرزه، اولین همایش ملی علوم‌زمین و توسعه شهری، تبریز، شرکت کیان طرح دانش، ۷ ص.
- سجادی، ف.، هاشمی یزدی، ف.، نویدی ایزد، ن.، ده‌بزرگی، ا (۱۳۹۳) پالینواستراتیگرافی و محیط‌رسوبی دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی دیکتاش، شمال‌شرق

- deposits: The upper Hauterivian ramp of the Agrio Formation in the Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research*, 85: 78-94.
- Dickson, J. A. D (1965) A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature*, 205: 587.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W. E (Ed), *Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 1: 108-121.
- Embry, A. F., Klován, J. E (1971) A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island NWT: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19: 730-781.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Springer, 2nd edition, Berlin, 984 p.
- Fursich, F. T., Wilmesen, M., Seyed-Emami, K., Schairer, G., Majidifard, M. R (2003) Platform/basin transect of a large-scale Middle-Late Jurassic carbonate platform system (Shotori Mountains, Tabas area, east-central Iran). *Facies*, 48: 171-198.
- Haq, B. U (2018) Jurassic Sea-Level Variations: A Reappraisal. *Geological Society of America*, 28 (1): 4-10.
- Komatsu, T., Naruse, H., Shigeta, Y., Takashima, R., Maekawa, T., Dang, H. T., Dinh, T. C., Nguyen, P. D., Nguyen, H. H., Tanaka, G. Sone, M (2014) Lower Triassic mixed carbonate and siliciclastic setting with Smithian-Spathian anoxic to dysoxic facies, An Chau basin, northeastern Vietnam. *Sedimentary Geology*, 300: 28-48.
- Liu, H., Jiang, Z., Zhang, R., Zhou, H (2012) Gravels in the Daxing conglomerate and their effect on reservoirs in the Oligocene Langgu Depression of the Bohai Bay Basin, North China. *Marine and Petroleum Geology*, 29: 192-203.
- Luczynski, P., Skompski, S., Kozłowski, W (2014) Stromatoporoid beds and flat-pebble conglomerates interpreted as tsunami deposits in the Upper Silurian of Podolia, Ukraine. *Acta Geologica Polonica*, 64: 261-280.
- Myrow, P. M., Taylor, J. F., Runkel, A. C., Ripperdan, R. L (2012) Mixed Siliciclastic-Carbonate Upward-Deepening Cycles of the Upper Cambrian Inner Detrital Belt of Laurentia. *Journal of Sedimentary Research*, 82 (4): 216-231.
- Myrow, P. M., Tice, L., Archuleta, B., Clark, B., Taylor, J. F., Ripperdan, R. L (2004) Flat-pebble conglomerate: its multiple origins and relationship to meter-scale depositional cycles. *Sedimentology*, 51: 973-996.
- Perez-lopez, A., Perez-Valera, F (2012) Tempestite facies models for the epicontinental Triassic smman, نشریه رخساره‌های رسوبی، شماره ۳۰، ص ۲۱ تا ۴۶.
- طهماسبی، ع. ر (۱۳۷۶) بررسی میکروفاسیس، محیط‌های رسوبی چینه‌شناسی توالی‌های بخش زیرین و میانی سازند الیکا در شرق البرز مرکزی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۲۳ ص.
- لاسمی، ی. و جهانی، د (۱۳۸۰) نهشته‌های توفانی بخش زیرین سازند الیکا (تریاس زیرین)، مجله علمی و پژوهشی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، سال یازدهم، شماره ۴۰، ص. ۳۰۰۵ تا ۳۰۲۴
- لطف‌پور، م (۱۳۷۶) بررسی میکروفاسیس، محیط‌های رسوبی چینه‌شناسی توالی‌های بخش میانی و بالایی سازند الیکا در شرق البرز مرکزی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۴۸ ص.
- نبوی، م. ح (۱۳۵۵) دیپاچه ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.
- Aigner, T (1985) Storm depositional systems. *Lecture Notes in Earth-Science* 3, Stuttgart (Schweizerbart), 174 p.
- Belghouthi, F., Zouari, H (2019) Storm-dominated shallow-marine carbonates of the lower Eocene succession of the northwestern Tunisian domain. *Journal of African Earth Sciences*, 160.
- Blomeier, I., Reijmer, J. J. G (2002) Facies architecture of an Early Jurassic carbonate platform slope Jbcl Bou Dahar, High Atlas, Morocco). *Journal of Sedimentary Research*, 72: 463-476.
- Calner, A., Lehnert, O., Joachimski, M (2010) Carbonate mud mounds, conglomerates, and sea-level history in the Katian (Upper Ordovician) of central Sweden. *Facies*, 56: 157-172.
- Calvet, E., Tucker, M. E (1988) Outer ramp carbonate cycles in the Upper Muschelkalk, Catalan Basin, NE Spain. *Sedimentary Geology*, 57: 185-198.
- Chen, J., Chough, S. K., Chun, S. S., Han, Z (2009) Limestone pseudoconglomerates in the Late Cambrian Gushan and Chaomidian Formations (Shandong Province, China): soft-sediment deformation induced by storm-wave loading. *Sedimentology*, 56: 1174-1195.
- Chen, J., Chough, S. K., Han, Z. Lee, J. H (2011) An extensive erosion surface of a strongly deformed limestone bed in the Gushan and Chaomidian formations (late Middle Cambrian to Furongian), Shandong Province, China: sequence-stratigraphic implications. *Sedimentary Geology*, 233: 129-149.
- Comerio, M., Fernandez, D. E., Pazos, P. J (2018) Sedimentological and ichnological characterization of muddy storm related

- carbonates of the Betic Cordillera (southern Spain). *Sedimentology*, 59: 646-678.
- Pruss, S. B., Corsetti, F. A., Bottjer, D. J (2005) The unusual sedimentary rock record of the Early Triassic: A case study from the southwestern United States. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222: 33-52.
- Ramajo, J., Aurell, M (2008) Long-term Callovian-Oxfordian sea-level changes and sedimentation in the Iberian carbonate platform (Jurassic, Spain): possible eustatic implications. *Basin Research*, 20: 163-184.
- Reolid, M., Abad, I., Martín-García, J. M (2008) Palaeoenvironmental implications of ferruginous deposits related to a Middle-Upper Jurassic discontinuity (Prebetic Zone, Betic Cordillera, Southern Spain). *Sedimentary Geology*, 203: 1-16.
- Scheibner, C., Reijmer, J. J. G (1999) Facies patterns within a Lower Jurassic upper slope to inner platform transect (Jbel Bou Dahar, Morocco). *Facies*, 41: 55-80.
- Stocklin, J (1968) Structural history and tectonics of Iran: a review. *American Association of Petroleum Geologists*, 52: 1229-1258.
- Wignall, P. B., Twitchett, R. J (1999) Unusual intraclastic limestones in Lower Triassic carbonates and their bearing on the aftermath of the end-Permian mass extinction. *Sedimentology*, 46: 303-316.