

معرفی نهشته‌های جریان گرانشی و محیط رسوبی سازند ایلام در زیرزون لرستان، باختر ایران

رضا بهبهانی^۱، حسن محسنی^{۲*}، یداله عظام پناه^۳ و سعید خدابخش^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۲ و ۴- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

نویسنده مسئول: mohseni4@basu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۹

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

سازند ایلام با سن کرتاسه پسین در باختر حوضه زاگرس (باختر ایران) در منطقه ایلام (کمر بند چین‌خورده زاگرس) در برش‌های مهدی‌آباد و کوه ورزین به منظور شناسایی رخساره‌های سنگی، ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی بررسی شده است. سازند ایلام در برش‌های مورد مطالعه از تناوب سنگ‌آهک و سنگ‌آهک آرژیلیک تشکیل شده است. این سازند شامل سه ریزرخساره (۱- پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک، ۲- رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک و ۳- رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک- بنتیک است که در دو زون (کمر بند) رخساره‌ای شیب و پاشنه‌شیب رسوب نموده‌اند. شواهدی مانند سطح فرسایشی زیرین، دانه‌بندی تدریجی عادی، آمیختگی بسیار کم طبقات رسوبی، فراوانی رخساره‌های آب ژرف، زوج‌لامینه‌های رسوبی، ضخامت زیاد طبقات، جابجایی و آمیختگی اجزای زیستی پلانکتونیک (ژرف) و بنتیک (کم‌ژرف)، چین‌های ریزشی و ساختارهای تغییر شکل‌یافته بزرگ مقیاس همگی نشان‌دهنده عملکرد جریان‌های گرانشی بر انتقال و رسوب‌گذاری بخشی از توالی‌های مطالعه شده سازند ایلام است. این زون رخساره‌ای با توجه به بافت نهشته‌های تشکیل‌دهنده و ضخامت لایه‌های سنگ‌آهک آرژیلیک (لایه‌های دارای کانی‌های رسی) به سه بخش فوقانی، میانی و ژرف طبقه‌بندی شده است. با توجه به نبود رسوبات بخش بالای پلت‌فرم در برش‌های مورد مطالعه، امکان تمایز پلت‌فرم کربناته از نوع رمپ یا شلف در این پژوهش میسر نگردید. هرچند با توجه به فراوانی نهشته‌های جریان‌های گرانشی، وجود یک شلف کربناته محتمل‌تر به نظر می‌رسد. با توجه به مشاهده نهشته‌های گراویت در بخشی از توالی‌های مطالعه شده (زون رخساره‌ای پاشنه شیب) به نظر می‌رسد که یک حاشیه پلت‌فرم کربناته (شلف؟) با دو بخش میانی (شیب) و خارجی (پاشنه شیب)، جایگاه رسوب‌گذاری سازند ایلام در برش‌های مورد مطالعه بوده است.

واژگان کلیدی: کمر بند چین‌خورده زاگرس، سازند ایلام، پلت‌فرم کربناته، جریان‌های گرانشی، گراویت

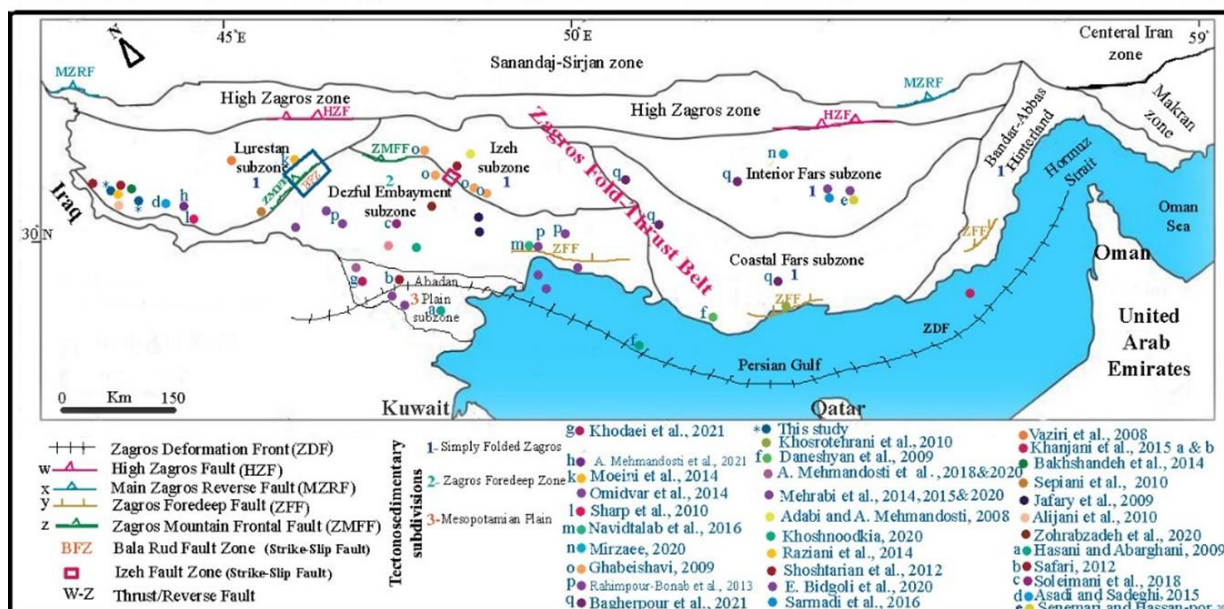
۱- پیشگفتار

می‌تواند به رهیافت مناسب درباره چگونگی گسترش و تغییرات جانبی آن در مقیاس ناحیه‌ای در حوضه زاگرس کمک نماید. مطالعات پیشین سازند ایلام عمدتاً در برش‌های زیرسطحی در دشت آبادان، فروافتادگی دزفول و خلیج فارس و بخشی از زیرزون لرستان متمرکز بوده است (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۳؛ امیدوار و همکاران، ۲۰۱۴؛ محرابی و همکاران، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) (شکل ۱). لذا کمبود و حتی نبود مطالعات برش‌های سطحی این سازند در سایر مناطق دارای رخنمون سطحی کاملاً احساس می‌شود. سازند ایلام در زیرزون‌های دشت آبادان، فروافتادگی دزفول، فارس ساحلی و داخلی با رخساره‌های رسوبی درشت‌دانه‌تر و کم‌ژرف‌تر به عنوان سنگ مخزن

سیستم‌های هیدروکربنی خاورمیانه عمدتاً شامل سنگ منشا شیلی، سنگ مخزن کربناته و پوش سنگ تبخیری با نفت‌گیرهای ساختمانی می‌باشند (هورن، ۲۰۰۳؛ آگارد و همکاران، ۲۰۱۱؛ آدام و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت ته‌نشست‌های مزوزوئیک حوضه زاگرس در تجمعات نفت و گاز و نیز عملکرد سازند ایلام به عنوان سنگ مخزن در برخی از میداین نفتی (برخی چاه‌های میدان‌های آب‌تیمور، گچساران، اهواز و رگ‌سفید) (محرابی و همکاران، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰) و سنگ منشا احتمالی در برخی دیگر از میداین (خصوصاً در نهشته‌های ریزدانه در باختر حوضه زاگرس)، بررسی محیط رسوبی سازند ایلام

پرشیب در خشکی (نظیر مخروط‌افکنه) و محیط‌های رسوبی آب‌های ژرف^۱ ایفا می‌کنند. این جریان‌ها به عنوان یک مخلوط کامل از رسوبات و سیال‌های آبی تعریف می‌شوند که در اثر عملکرد نیروی گرانشی به سمت پایین‌دست شیب جریان می‌یابند (گانی، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴). لازم به ذکر است که حسینی (۱۳۹۰)، وجود نهشته‌های گرانشی در سازند ایلام را در هینترلند بندرعباس و جزیره قشم گزارش کرده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی رخساره‌های سنگی، گراویت‌ها^۲ (نهشته‌های جریان‌های گرانشی رسوبی^۳)، محیط رسوبی و فرایندهای حاکم بر حوضه رسوبی در محدوده مورد مطالعه این پژوهش (باختر حوضه زاگرس) طی کرتاسه پسین می‌باشد.

محسوب می‌شود (محرابی و همکاران، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰؛ میرزایی محمودآبادی، ۲۰۲۰؛ باقرپور و همکاران، ۲۰۲۱). اما در باختر حوضه زاگرس (زیرزون لرستان)، این سازند از رخساره‌های رسوبی ژرف‌تر و ریزدانه‌تر نسبت به سایر بخش‌های حوضه زاگرس تشکیل شده است (اسدی مهماندوستی و همکاران، ۲۰۲۱). از این‌رو بررسی رخساره‌های سنگی و محیط رسوبی در محدوده مورد مطالعه این پژوهش (باختر حوضه زاگرس) ضروری به نظر می‌رسد. البته لازم به ذکر است که شکل ۱، بر مبنای اطلاعات در دسترس این پژوهش تهیه شده و ممکن است با تکمیل اطلاعات قابل دسترس، پراکندگی پژوهش‌های انجام شده تغییر نماید. جریان‌های گرانشی رسوبی نقش مهمی در انتقال و نهشته شدن رسوبات در محیط‌های



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی برخی از پژوهش‌های پیشین صورت گرفته مرتبط با سازند ایلام در بخش‌های مخلف حوضه زاگرس. لازم به ذکر است که موقعیت پژوهش‌های ذکر شده به صورت تقریبی است. موقعیت زیرزون‌ها و گسل‌های اصلی ذکر شده از (پیروز، ۲۰۱۸) نقل شده است.

منطقه مسطح (دشت آبادان) است (موترائو و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲). کمربند چین‌خوردگی-راندگی زاگرس^۱ نتیجه برخورد قاره به قاره میان حاشیه عربی و صفحه اوراسیا در ادامه بسته شدن اقیانوس نئوتتیس در طی سنوزوئیک است (موترائو و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲). این کمربند به زیربخش‌های ساختاری (نظیر فروافتادگی دزفول^۲، زاگرس مرتفع، کمان‌های لرستان، فارس و فروافتادگی کرکوک) تقسیم شده است (پیروز، ۲۰۱۸).

۲- موقعیت جغرافیایی و جایگاه زمین‌شناسی

برش‌های مورد مطالعه در استان ایلام و به ترتیب در جاده ایلام به صالح‌آباد (برش مهدی‌آباد) و در خاور شهرستان ملکشاهی (برش کوه ورزین) واقع شده‌اند (شکل ۲). مناطق مورد مطالعه در این پژوهش در زون ساختمانی زاگرس چین‌خورده واقع شده است. از نظر الگوی ساختاری از شمال خاور به سوی جنوب باختر، زاگرس شامل زون راندگی‌ها، کمربند چین‌خورده، فروافتادگی و

^۱ Zagros fold-thrust belt

^۲ Dezful Embayment

^۱ Deep-water environments

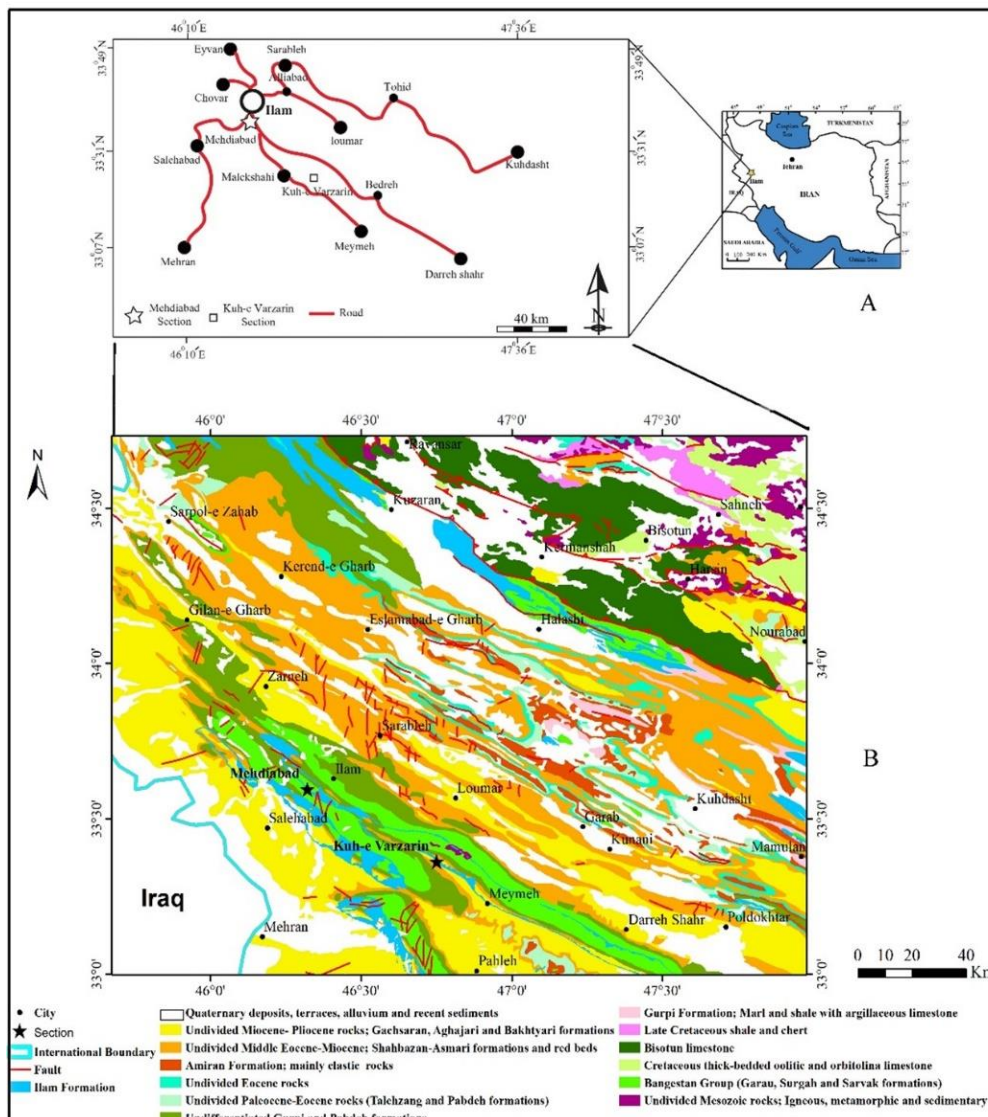
^۲ Gravites

^۳ Sediment gravity flows deposits

تشکیل می‌دهند (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). سازند کژدمی بعنوان سنگ‌منشا، سازند سورگه بعنوان سنگ‌منشا ضعیف و بخش‌هایی از سازندهای سروک و ایلام بعنوان سنگ مخزن در بخش‌های مختلف زاگرس محسوب می‌شوند (کردی، ۲۰۱۹).

نهشته‌های سازند ایلام با تکیه به زون‌های زیستی پیشنهادی پرمولی سیلوا و ورگا (۲۰۰۴) قابل تطبیق با زون *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone به سن سانتونین پیشین-کامپانین پیشین هست.

مورفولوژی کمربند فعال چین‌خوردگی-راندگی زاگرس در نتیجه تکامل ساختمانی و تاریخچه رسوب‌گذاری آن می‌باشد و شامل فاز پلت‌فرمی در طی پالئوزوئیک، بازشدگی^۳ در پرموتریاس، حاشیه قاره‌ای غیرفعال در ژوراسیک-کرتاسه آغازین و فرورانش به سمت شمال خاوری و جای‌گیری رادیولاریت-افیولیت‌ها در کرتاسه پایانی و برخورد-کوتاه‌شدگی^۴ در طی نئوژن می‌شود (بربریان، ۱۹۹۵). سازند ایلام به همراه سازندهای کژدمی، سورگه و سروک، گروه بنگستان (آلبین-کامپانین) را



شکل ۲- A- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های مطالعه شده. B- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی برش‌های مورد مطالعه. اطلاعات برای تهیه این شکل از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کبیرکوه (مک‌لنود، ۱۹۷۰)، کوه ورزرین (مک‌لنود و روحی، ۱۹۷۰)، پل‌دختر (تکین و مک‌لنود، ۱۹۷۰)، نفت (مک‌لنود و فزون‌مایه، ۱۹۷۱)، کوه‌دشت (مک‌لنود، ۱۹۷۲)، مهران (مک‌لنود و روحی، ۱۹۷۲)، پلنگه (لایولین، ۱۹۷۴)، هرسین (شهیدی و نظری، ۱۳۷۷)، کرمانشاه (کریمی‌باوندپور، ۱۳۷۸)، ایلام (صداقت و شاوردی، ۱۳۷۸) و کرند (ازدری و شاوردی، ۱۳۸۴) استخراج شده است.

⁴ collision-shortening

³ Rifting

۳- مواد و روش‌ها

با جریان‌های گرانشی (ساختارهای گرانشی)^۴ نظیر چین‌های ریزشی^۵ و ساختارهای تغییرشکل‌یافته^۶ در بخش‌هایی از توالی سنگی این برش مشاهده شده است (شکل ۴). در این برش از ۱۵ متر پایانی سازند سورگاه، ۲ نمونه و از ۱۵ متر ابتدایی سازند گورپی، ۲ نمونه برداشت گردید. مرزهای زیرین و بالایی سازند ایلام به ترتیب با سازندهای سورگاه و گورپی، پیوسته و همراه با تغییر مشخص سنگ‌شناسی است.

برش کوه ورزین: در این برش، بخش انتهایی سازند سورگاه از سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه و شیل‌های آهکی بسیار ضخیم‌لایه (شکل ۵)، سازند ایلام از تناوب سنگ‌آهک توده‌ای با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک آرژیلیک نازک‌لایه (۱۷ متر ابتدایی)، تناوب سنگ‌آهک متوسط ضخیم‌لایه با سنگ‌آهک آرژیلیک نازک-ضخیم‌لایه (ضخامت ۱۸ تا ۲۸ متری) (شکل ۵)، تناوب سنگ‌آهک متوسط‌لایه تا توده‌ای همراه با ندول‌های پیریت با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک آرژیلیک نازک‌لایه (ضخامت ۲۹ تا ۱۷۲ متری)، تناوب سنگ‌آهک‌های متوسط تا ضخیم‌لایه با سنگ‌آهک‌های آرژیلیک نازک تا متوسط‌لایه (ضخامت ۱۷۳ تا ۱۸۷ متری) و شیل‌های بسیار ضخیم‌لایه سازند گورپی تشکیل شده است (شکل ۶). ساختارهای گرانشی بزرگ مقیاس نیز همانند برش مهدی‌آباد در بخش‌هایی از توالی این برش وجود دارد (شکل ۶). در این برش از ۵ متر انتهایی سازند سورگاه، ۲ نمونه و از ۵ متر ابتدایی سازند گورپی، ۱ نمونه برداشت گردید. مرزهای زیرین و بالایی سازند ایلام در این برش، مشابه برش مهدی‌آباد است.

۴-۲- شرح ریزرخساره‌ها

سه ریزرخساره شامل ۱- پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک، ۲- رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک و ۳- رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک در برش‌های مورد مطالعه شناسایی شده است. در جدول ۱ ویژگی‌ها، شواهد صحرایی و درصد اجزای تشکیل‌دهنده این ریزرخساره‌ها ذکر شده است.

دو برش چینه‌شناسی سطحی از رخنمون‌های سازند ایلام در استان ایلام انتخاب و مورد بررسی قرار گرفتند. در هر دو برش، نمونه‌برداری بر اساس تغییرات سنگ‌شناسی، رنگ و لایه‌بندی انجام گرفت. در طول پیمایش نمونه‌برداری، رخنمون، رنگ لایه‌ها، نوع رخساره‌های سنگی و نسبت سنگ‌آهک آرژیلیک به سنگ‌آهک و تغییرات آن برای تعیین محتوی آرژیلیک آشکار (صحرایی؛ ضخامت لایه‌های آرژیلیک)^۱، بررسی گردید. ضخامت سازند ایلام در برش‌های کوه ورزین، ۱۸۷ متر و مهدی‌آباد، ۱۸۳ متر اندازه‌گیری شد. از این دو برش به ترتیب ۴۴ و ۶۵ نمونه از سازند ایلام برداشت شد. برای تعیین سنگ‌شناسی و تفکیک کلسیت از دولومیت، برش‌های نازک توسط محلول آلزارین قرمز^۲ به روش دیکسون (۱۹۶۵) رنگ‌آمیزی گردید. توصیف سنگ‌ها به روش امری و کلوان (۱۹۷۱)؛ طبقه‌بندی تجدید نظر شده دانهام، (۱۹۶۲) و شرح ریزرخساره‌ها^۳ به روش فلوگل (۲۰۱۰) و ویلسون (۱۹۷۵) انجام شد.

۴- نتایج

۴-۱- سنگ‌چینه‌نگاری

برش مهدی‌آباد: در این برش، بخش انتهایی سازند سورگاه از سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه و شیل‌های آهکی بسیار ضخیم‌لایه، سازند ایلام از سنگ‌آهک توده‌ای (۱۰ متر ابتدایی)، تناوب سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه تا توده‌ای همراه با ندول‌های پیریت با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک آرژیلیکی نازک‌لایه (ضخامت ۱۱ تا ۵۰ متری)، تناوب سنگ‌آهک‌های متوسط-ضخیم‌لایه با سنگ‌آهک‌های آرژیلیکی نازک-متوسط‌لایه (ضخامت ۵۱ تا ۵۷ متری)، تناوب سنگ‌آهک‌های توده‌ای با ندول‌های پیریت با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌آهک آرژیلیکی نازک‌لایه (۵۸ تا ۱۶۹ متری)، تناوب سنگ‌آهک متوسط تا ضخیم‌لایه با سنگ‌آهک آرژیلیکی نازک تا ضخیم‌لایه (ضخامت ۱۷۰ تا ۱۸۳ متری) و ابتدای سازند گورپی از شیل‌های آهکی بسیار ضخیم‌لایه و سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه تشکیل شده است (شکل‌های ۳ و ۴). ساختارهای رسوبی بزرگ مقیاس مرتبط

⁴ Gravity structures

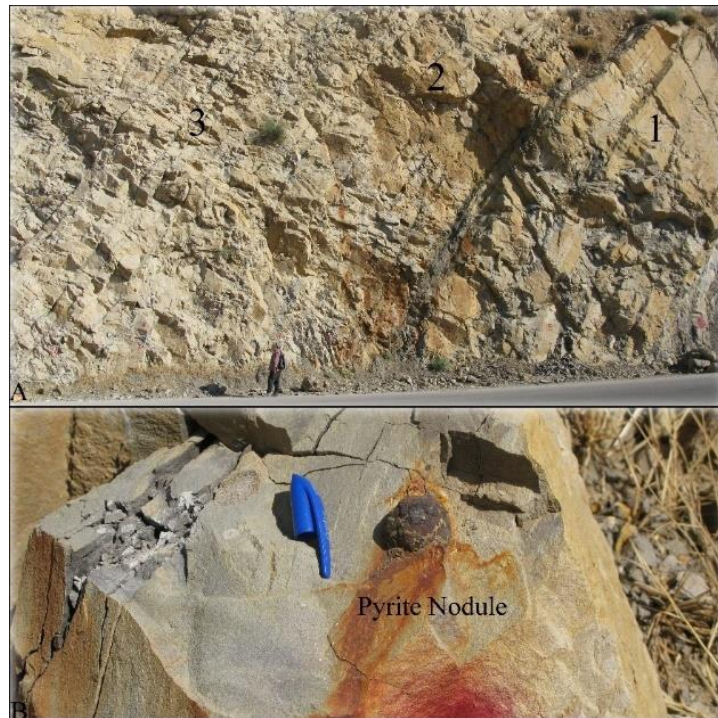
⁵ Slump folds

⁶ Deformed structures

¹ Apparent (field) argillaceous content (argillaceous bed thickness)

² Alizarin Red-S

³ Microfacies



شکل ۳. A-۱) سنگ آهک توده‌ای. ۲) سنگ آهک همراه با ندول‌های پیریت. ۳) تناوب سنگ آهک با میان‌لایه‌های سنگ آهک آرژیلیک نازک‌لایه در ضخامت ۵۰ متری ابتدایی سازند ایلام در برش مهدی‌آباد (نگاه به سمت شمال) و B-ندول پیریت اکسید شده (لیمونیتی شده) در همین برش (نگاه به سمت شمال باختر).

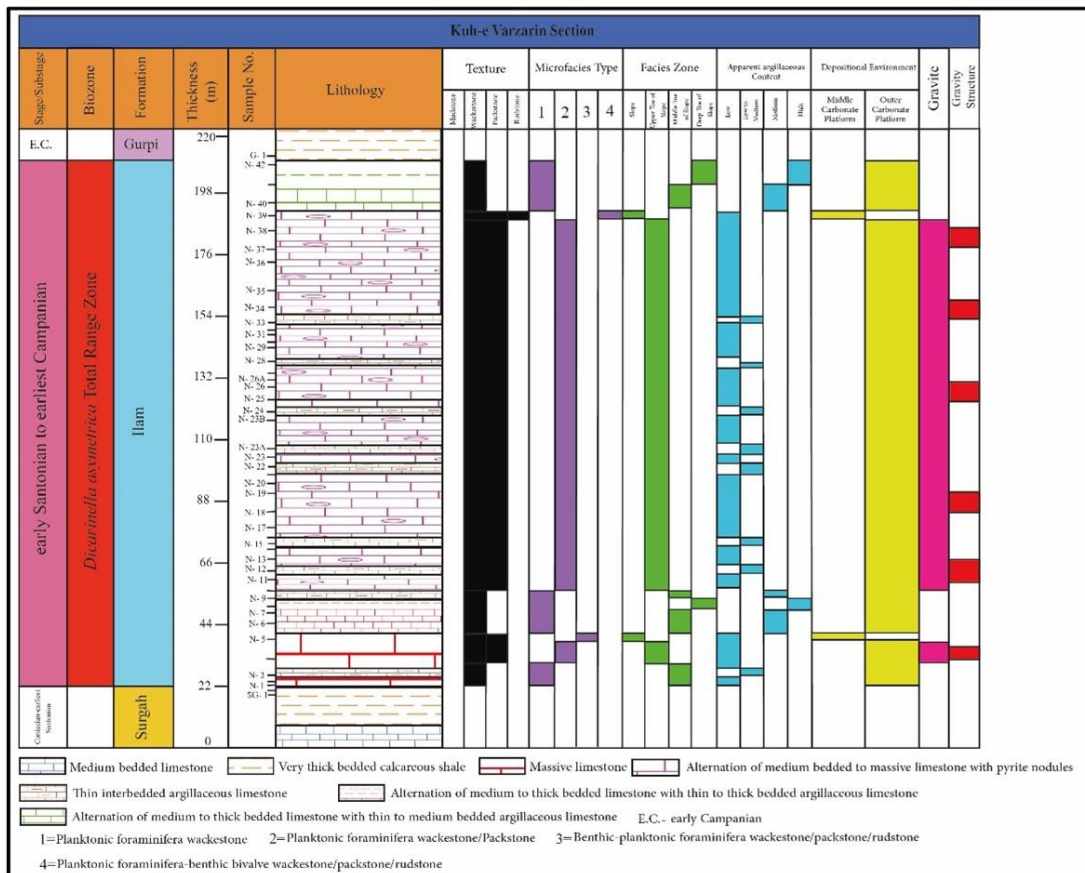
| Mehdiabad Section | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-----------|---------------|------------|-----------|------------|------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|---------|
| Stage/Substage | Biozone | Formation | Thickness (m) | Sample No. | Lithology | Texture | Microfacies Type | Facies Zone | Apparent argillaceous Content | Depositional Environment | Gravite |
| | | | | | | Marginal | 1 | 2 | 3 | 4 | Gravite |
| | | | | | | Non-bedded | 1 | 2 | 3 | 4 | Gravite |
| early Campanian | | Guipi | 225 | CSH-1 | | | | | | | |
| early Santonian to earliest Campanian | <i>Dicrinella ovirostris</i> Total Range Zone | Ilam | 200 | CSH-2 | | | | | | | |
| Coniacian Santonian | | Surgah | 0 | CS-1 | | | | | | | |

1=Planktonic foraminifera wackestone 2=Planktonic foraminifera wackestone/Packstone 3=Benthic-planktonic foraminifera wackestone/packstone/rudstone
 4=Planktonic foraminifera-benthic bivalve wackestone/packstone/rudstone

شکل ۴. ستون سنگ‌چینه‌نگاری، بافت، ریزرخساره‌ها، زون‌های رخساره‌ای، محتوی آرژیلیک آشکار (ضخامت لایه‌های سنگ آهک آرژیلیک)، محیط رسوبی و گراویت‌ها در برش مهدی‌آباد



شکل ۵. A-۱) بخش زیرین سازند ایلام. ۲) سازند سورگاه. ۳) بخش فوقانی سازند سروک در برش کوه ورزین (نگاه به سمت باختر).
B- تناوب سنگ آهک (۱) و سنگ آهک آرژیلیک (۲) در سازند ایلام در برش ذکرشده (نگاه به سمت شمال باختر)



شکل ۶. ستون سنگ‌چینه‌نگاری، بافت، ریزرخساره‌ها، زون‌های رخساره‌ای، محتوی آرژیلیک آشکار (ضخامت لایه‌های سنگ آهک آرژیلیک)، محیط رسوبی و گراویت‌ها در برش کوه ورزین.

جدول ۱. ویژگی‌های بافتی، سنگ‌نگاری، اجزای تشکیل‌دهنده، سطح انرژی، ویژگی‌های دیاژنتیک و رسوبی ریزرخساره‌های مشاهده شده در سازند ایلام. سطح انرژی بر اساس ویژگی‌های بافتی، اجزای رسوبی و ساخت‌های (شکل‌های) رسوبی تعیین شده است.

| Microfacies types | Major constituents | Minor constituents | Diagenetic Features | Depositional features | Energy level | Standard Microfacies (SMF) |
|--|---|---|---|---|--------------|----------------------------|
| Planktonic foraminifera wackestone/packstone | Planktonic foraminifera (9-77%) | Bivalve (1-5%), echinoid (1-9%), bryozoa (1-3%) pyrite crystals (1-4%), phosphatized and glauconitized bioclasts (1-5%) | Blocky calcite, fracture filling spary calcite, stylolite, dissolution seam, vuggy and fracture porosity, epitaxial and syntaxial cement, geopetal fabric and neomorphism (micritization) | Truncation (erosional) surface, graded bedding and coupled laminae (couplets of wackestone and packstone laminae), bioturbation | Low-medium | SMF 3 |
| Benthic-planktonic foraminifera wackestone/packstone /rudstone | Planktonic foraminifera (36-45 %) and benthic foraminifera (17-23%) | Echinoid (1-4%), bivalve (1-3%), bryozoa (1-2%), ostracod (1-2%), pyrite crystals (1-3%), phosphatized and glauconitized bioclasts (1-3%) | Blocky calcite, fracture filling spary calcite, syntaxial cement, stylolite and neomorphism | Truncation (erosional) surface, bioturbation | Medium | SMF 5 |
| Planktonic foraminifera-benthic bivalve wackestone/packstone /rudstone | Benthic bivalve (45-70%), planktonic foraminifera (10-13%) | Pyrite crystal (1-2%), echinoid (1-2%), phosphatized and glauconitized bioclasts (1-2%) | Fracture filling spary calcite, blocky calcite, syntaxial cement, dissolution seam, fracture porosity | Bioturbation | Medium | SMF 12 |

۵- بحث

۱-۵- تحلیل ریزرخساره‌ها و کمربندهای (زون‌های)

رخساره‌ای

ریزرخساره پکستون / وکستون حاوی فرامینیفرا پلانکتونیک: این ریزرخساره به طور عمده از فرامینیفراهای پلانکتونیک و به میزان کم‌تر از اکینوئید، دوکفه‌ای، بریوزوئر تشکیل شده است (شکل ۷). همچنین بلورهای پیریت، دانه‌های فسفاته و گلوکونیت در آن مشاهده شده است. از مهم‌ترین شکل‌های دیاژنتیک می‌توان به کلسیت بلوکی، کلسیت اسپاری پرکننده شکستگی، میکریتی شدن، تخلخل حفره‌ای و شکستگی، رگچه‌های انحلالی، استیلولیت، فابریک ژئوپتال و ... اشاره نمود (جدول ۱) (شکل ۷). این ریزرخساره، بیش‌ترین درصد فراوانی را در ریزرخساره‌های شناسایی شده سازند ایلام دارد. مهم‌ترین ساخت‌های (شکل‌های) رسوبی در مقیاس میلی‌متری (میکروسکوپی) در این ریزرخساره شامل سطح فرسایشی، دانه‌بندی تدریجی عادی، زیست‌آشفتگی و زوج‌لامینه‌های وکستون-پکستون می‌باشد (شکل ۸). همراهی زوج لامینه‌ها و سطح فرسایشی، لایه‌های ادغام شده^۱ را در مقیاس میلی‌متری ایجاد می‌کند. این ریزرخساره معادل

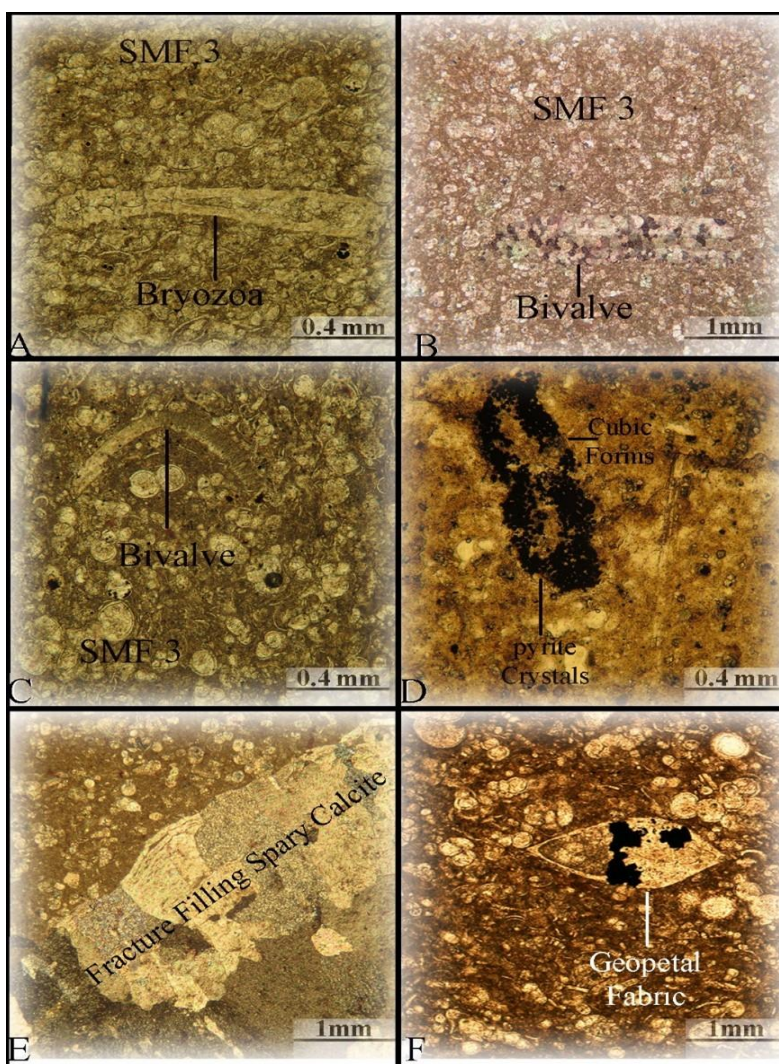
ریزرخساره استاندارد شماره ۳، زون رخساره‌ای پاشنه شیب^۲ فلوجل (۲۰۱۰) و کمر بند رخساره‌ای حاشیه شلف ژرف و یا حاشیه حوضه^۳ ویلسون (۱۹۷۵) است. بر اساس بافت نهشته‌ها (وکستون-پکستون) و محتوی آرژیلیک آشکار نهشته‌های آرژیلیکی، این کمر بند رخساره‌ای به بخش‌های کوچک‌تر بالایی (به طور عمده دارای مقدار کم محتوی آرژیلیک؛ ضخامت طبقات آرژیلیک از ۰/۱ تا ۰/۳ متر)، میانی (به طور عمده دارای مقدار متوسط محتوی آرژیلیک؛ ضخامت طبقات آرژیلیک از ۰/۴ تا ۱/۲ متر) و ژرف (دارای مقدار زیاد محتوی آرژیلیک؛ ضخامت طبقات آرژیلیک از ۱/۳ تا ۱/۸ متر) طبقه‌بندی شده است (جدول ۲). وجود سطح فرسایشی نشان‌دهنده افزایش ناگهانی سطح انرژی در اثر جریان، دانه‌بندی تدریجی نرمال بیانگر عملکرد جریان و کاهش انرژی محیط و زوج‌لامینه‌ها (زوج‌لایه‌ها) نشانه تناوب جریان مانند جریان‌های کششی و گرانشی است (محسنی و همکاران، ۲۰۱۱). این شکل‌های (ساخت‌های) رسوبی موید تاثیر جریان‌های گرانشی رسوبی آب ژرف و نسبتاً ژرف^۴ بر روی نهشته‌های سازند ایلام است.

³ Basin margin or deep shelf margin facies belt

⁴ Relatively deep and deep water sediment gravity flows

¹ Amalgamated layers

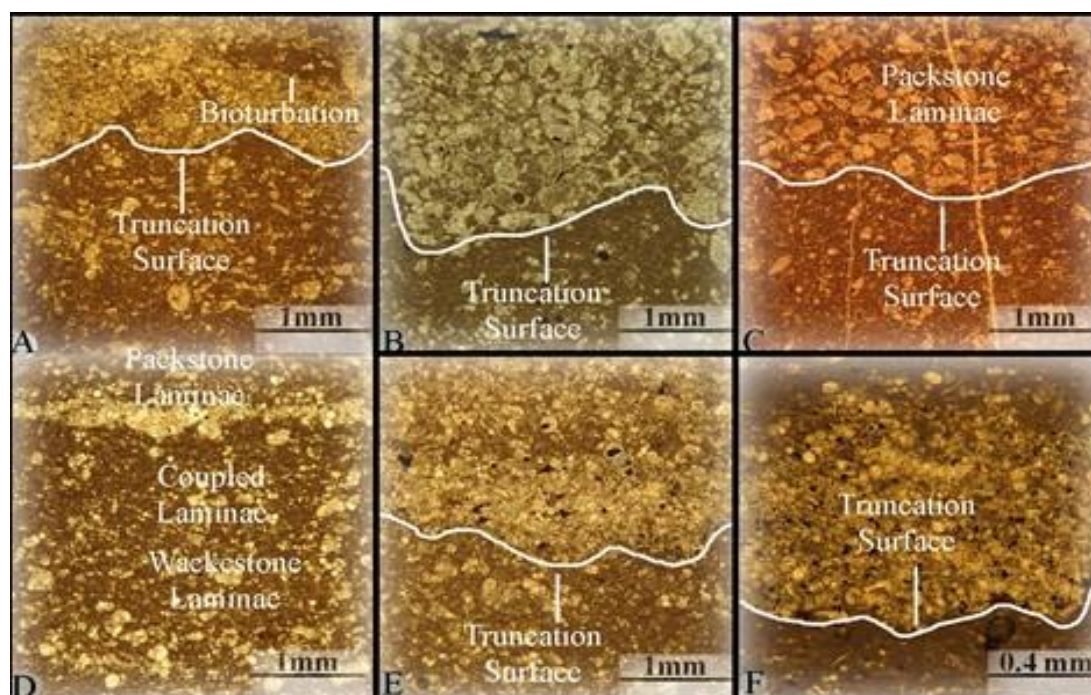
² Toe of slope



شکل ۷. اجزای تشکیل‌دهنده و شکل‌های دیاژنتیک ریزرخساره پکستون/اوکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک. A- فرامینیفرهای پلانکتونیک همراه با بریوزوئتر در نمونه C-32 برش مهدی‌آباد (نور PPL). B- دوکفه‌ای با فرامینیفرهای پلانکتونیک در نمونه C-41 برش مهدی‌آباد (نور XPL). C- دوکفه‌ای در پکستون در نمونه N-9 برش کوه ورزین (نور PPL). D- پیریت‌های یوهدرال کوبیک در سنگ‌آهک آرزلیلیکی در نمونه N-42 برش کوه ورزین (نور PPL). E- کلسیت‌اسپاری پرکننده شکستگی در نمونه N-23 برش کوه ورزین (نور XPL). F- فابریک ژئوپتال همراه با بلورهای ساب‌هدرال پیریت در فرامینیفر در نمونه C-7 برش مهدی‌آباد (نور PPL). همه شکل‌ها در ریزرخساره استاندارد ۳ ویلسون (۱۹۷۵) قرار گرفته‌اند.

جدول ۲. انواع ریزرخساره‌ها، بافت، محتوی آرزلیلیک، ضخامت طبقات آرزلیلیک، ریزرخساره‌های استاندارد و زون‌های رخساره‌ای پیشنهادی برای نهشته‌های سازند ایلام در برش‌های مطالعه شده

| Microfacies types | Texture | Apparent argillaceous content/ Argillaceous bed thickness (m) | SMF (Wilson, 1975) | Facies Zones |
|---|-------------------------------|---|--------------------|---------------------|
| Planktonic foraminifera wackestone/packstone | wackestone | High/ 1.3-1.8 | 3 | Deep toe of slope |
| | | Low to medium/0.1-1.2 (mainly medium; 0.4-1.2) | 3 | Middle toe of slope |
| | Wackestone/packstone | Low to medium/0.1-1.2 (mainly low; 0.1-0.3) | 3 | Upper toe of slope |
| Benthic-planktonic foraminifera wackestone/packstone/rudstone | wackestone/packstone/rudstone | Low/0.1-0.3 | 5 | Slope |
| Planktonic foraminifera-benthic bivalve wackestone/packstone/rudstone | wackestone/packstone/rudstone | Low/0.1-0.3 | 12 | Slope |



شکل ۸. سطوح فرسایشی، زوج لامینه‌های وکستون-پکستون و زیست‌آشفته‌گی در ریزرخساره پکستون/وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک در مقیاس میلی‌متری در توالی‌های مطالعه شده سازند ایلام. A- نمونه N-32 (نور PPL)، B- نمونه N-34 (نور PPL)، C- نمونه C-33-34 (نور PPL)، D- نمونه N-33 (نور XPL)، E- نمونه C-41 (نور XPL)، F- نمونه C-50 (نور PPL). شکل‌های A، B و D از برش کوه ورزرین و شکل‌های C، E و F از برش مهدی‌آباد هستند.

فرسایشی تحتانی بین این ریزرخساره و ریزرخساره زیرین (ریزرخساره پکستون/وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک؛ بین ریزرخساره‌های استاندارد ۵ و ۳) (شکل ۹ D)، آمیختگی فرامینیفرهای پلانکتونیک، بنتیک و دوکفه‌ای‌های پوسته نازک شکسته شده و سالم همگی نشان‌دهنده حمل و جابجایی اجزای رسوبی کم‌ژرفا (فرامینیفر بنتیک) به محیط ژرف‌تر در حاشیه پلت‌فرم می‌باشد.

ریزرخساره رودستون/پکستون/وکستون حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک: این ریزرخساره از دوکفه‌ای‌های بنتیک، فرامینیفرهای پلانکتونیک و خرده‌های اکینویید تشکیل شده است (جدول ۱ و شکل ۱۰). همچنین بلورهای پیریت، دانه‌های فسفات و گلوکونیت در آن مشاهده شده است. از مهم‌ترین شکل‌های دیاژنتیکی می‌توان به کلسیت‌اسپاری پرکننده شکستگی، رگچه انحلالی، تخلخل شکستگی و سیمان سین‌تکسیال اشاره نمود (جدول ۱). مهم‌ترین ساخت رسوبی در این ریزرخساره، زیست‌آشفته‌گی است. با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده، این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد

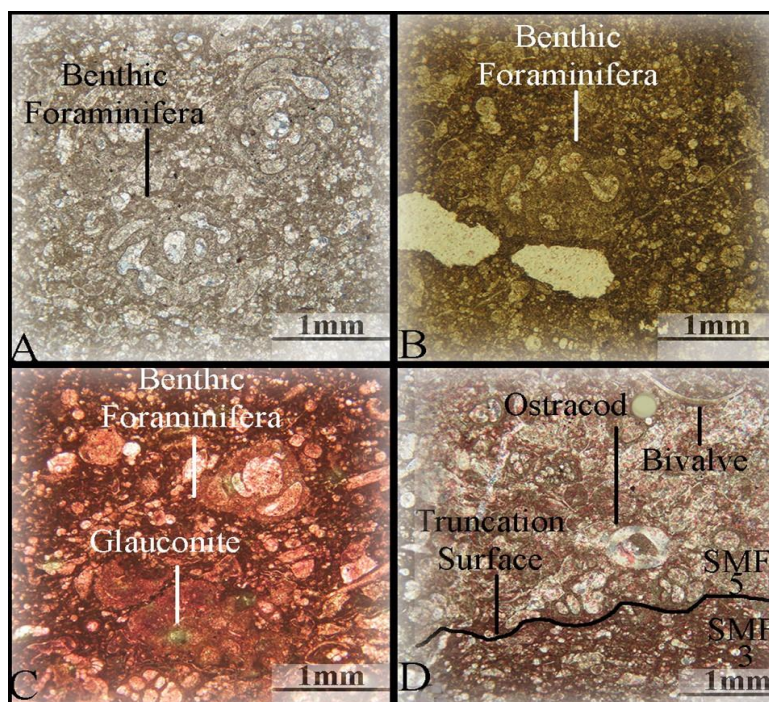
ریزرخساره رودستون/پکستون/وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک: این ریزرخساره به طور عمده از فرامینیفرهای پلانکتونیک (۳۶ تا ۴۵ درصد) و بنتیک (۱۷ تا ۲۳ درصد) و به میزان کم‌تر از اکینویید، استراکودا، بریوزوئر و دوکفه‌ای تشکیل شده است (جدول ۱ و شکل ۹). همچنین بلورهای پیریت، دانه‌های فسفات و گلوکونیت در آن مشاهده شده است. از مهم‌ترین شکل‌های دیاژنتیکی می‌توان به کلسیت بلوکی، کلسیت‌اسپاری پرکننده شکستگی، استیلولیت، نئومرفیسم و سیمان سین‌تکسیال اشاره نمود (جدول ۱). مهم‌ترین ساخت رسوبی در این ریزرخساره، سطح فرسایشی تحتانی در مقیاس میلی‌متری و زیست‌آشفته‌گی است. با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده، این ریزرخساره معادل ریزرخساره استاندارد شماره ۵ بوده، در زون رخساره‌ای شیب^۱ فلوگل (۲۰۱۰) و کمر بند رخساره‌ای بخش جلویی شیب پلت‌فرم کربناته^۲ ویلسون (۱۹۷۵) قرار دارد. با توجه به اجزای سازنده و شکل رسوبی، سطح انرژی متوسط برای این ریزرخساره پیشنهاد می‌شود. این ریزرخساره دارای مقدار کم محتوی آرژیلیک آشکار است (جدول ۲). وجود سطح

² Foreslope facies belt of carbonate platform

¹ Slope

فرامینیفرهای پلانکتونیک و دوکفه‌ای‌های بنتیک شکسته ساییده شده^۵ و سالم و آرایش تقریباً موازی دوکفه‌ای‌های بنتیک (شکل‌های ۱۰ E و F)، همگی تاییدی بر عملکرد جریان‌های دریایی در حمل و جابجایی اجزای رسوبی کم ژرف‌تر (دوکفه‌ای بنتیک) از محیط شلف؟ به محیط ژرف‌تر در حاشیه پلت فرم می‌باشد.

شماره ۱۲، متعلق به زون رخساره‌ای شیب^۳ فلوگل (۲۰۱۰) و کمربند رخساره‌ای بخش جلویی شیب پلت فرم کربناته^۴ ویلسون (۱۹۷۵) است. با توجه به اجزای سازنده و ساخت رسوبی، سطح انرژی متوسط برای این ریزرخساره پیشنهاد می‌شود. این ریزرخساره دارای مقدار کم محتوی آرژیلیک است (جدول ۲). بافت، مخلوط‌شدگی



شکل ۹. اجزای تشکیل‌دهنده و ساخت رسوبی ریزرخساره رودستون / پکستون / وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک. فرامینیفرهای پلانکتونیک-بنتیک، دوکفه‌ای، گلوکونیت، استراکود و سطح فرسایشی در توالی‌های مطالعه شده سازند ایلام. در شکل D به سطح فرسایشی بین ریزرخساره فوق‌الذکر (5) SMF و ریزرخساره وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک (3) SMF توجه شود. A- نمونه C-13 (نور XPL). B- نمونه C-13 (نور PPL). C- نمونه N-5 (نور PPL). D- نمونه‌های C-11 (SMF-5) و C-10 (SMF-3) (نور XPL). شکل‌های A، B و D از برش مهدی‌آباد و شکل C از برش کوه ورزین است.

۲-۵- گلوکونیت‌ها و پیریت

بیان کردند که گلوکونیت‌های سبزرنگ دگرسان‌نشده (در مقابل گلوکونیت‌های قهوه‌ای‌رنگ دگرسان‌شده) در نتیجه نهشته‌شدن اتوژنیک و تبلور مجدد در رسوبات کرتاسه پسین-پالئوسن بوجود آمده‌اند. همچنین، جورشدگی خوب و وجود شکستگی‌های سطحی و ژرف در دانه‌های گلوکونیت نشان‌دهنده اتوژنیک بودن آن‌هاست (حقاب-احمد و ال‌واحد، ۲۰۱۶). دانه‌های فسفات^۵ (بیوکلاست‌های فسفات^۶) (شکل ۱۱) و بلورهای پیریت یوهدرال-ساب‌هدرال مکعبی^۶ در حجرات فسیل‌ها و خمیره سنگ نیز مشاهده شده است (شکل ۱۲).

ریزرخساره‌های مطالعه شده دارای گلوکونیت‌های نیمه‌گرد شده، تخم‌مرغی‌شکل^۱ و دارای حاشیه واکنشی (اکسید شده) هستند که احتمالاً نشان‌دهنده انتقال پریژنیک^۲ (بطور محلی دارای جابجایی مجدد و ته‌نشست) می‌باشند (مک‌کونچی و لوییس، ۱۹۷۸؛ لوییس و مک‌کونچی، ۱۹۹۴) (شکل ۱۱). در ضمن برخی از آن‌ها کاملاً چندبخشی^۳ است که بیانگر تشکیل آن‌ها در درون حوضه (به صورت پریژنیک و یا اتوژنیک^۴) می‌باشد (مک‌کونچی و لوییس، ۱۹۷۸). رادمین و همکاران (۲۰۱۷)

³ Lobate

⁴ Outhigenic

⁵ Phosphatized grains

⁶ Cubic subhedral-euhedral pyrite

³ Slope

⁴ Foreslope facies belt of carbonate platform

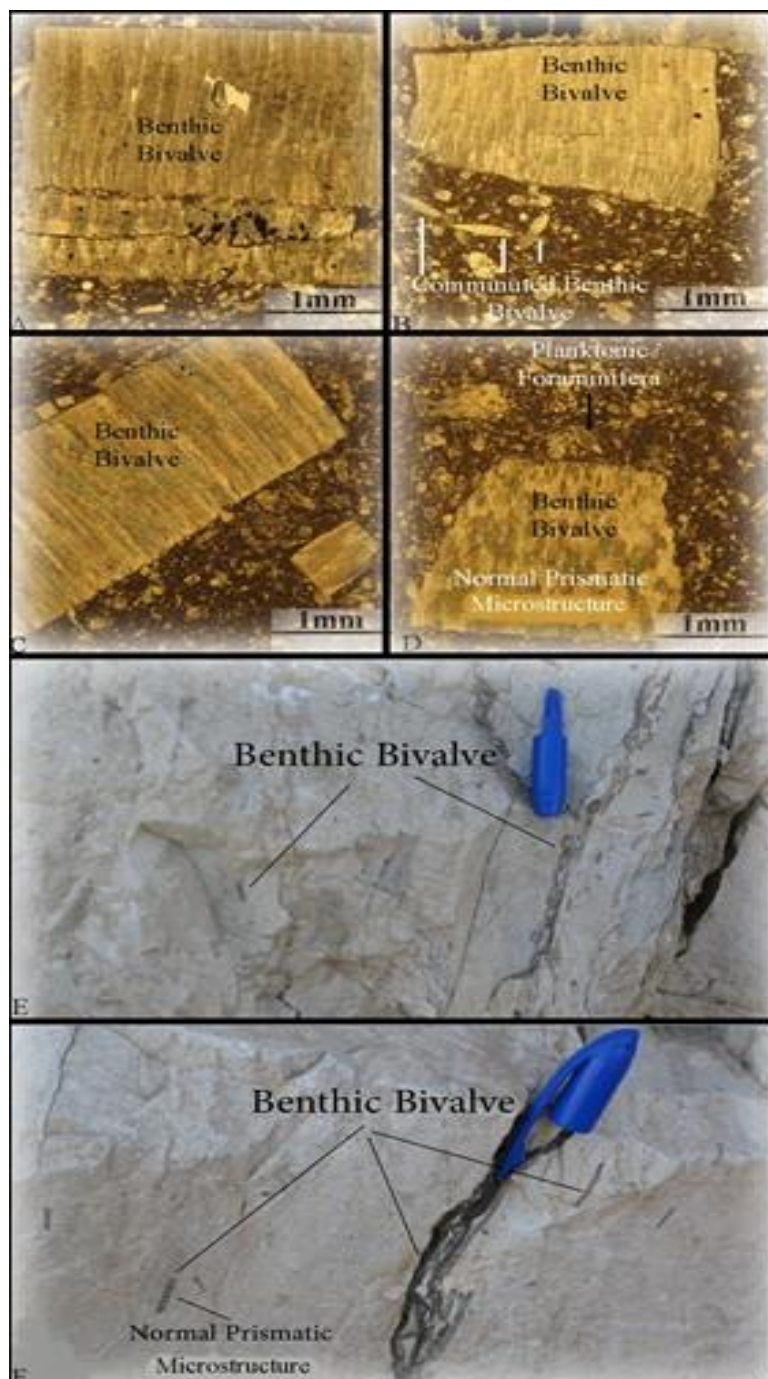
⁵ Comminuted benthic bivalves

¹ Ovoidal

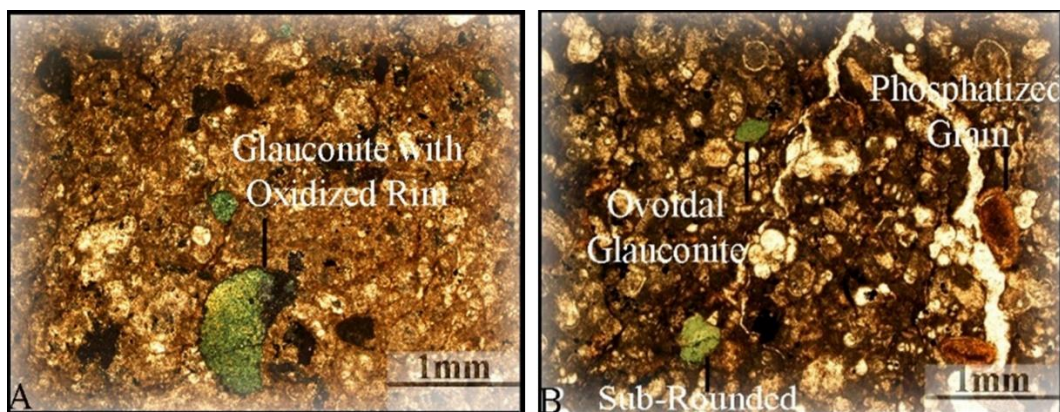
² Perigenic transport

کوچک در رسوبات از سایر پیریت‌ها فراوان‌ترند (گلدهابر، ۲۰۰۳). پیریت ساب‌هدرال عمدتاً از تکامل پیریت‌های دانه‌تمشکی در مراحل انتهایی دیاژنز دفنی تشکیل می‌شوند و نشان‌دهنده شرایط فقیر از اکسیژن هستند (یو و همکاران، ۲۰۲۰؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۲).

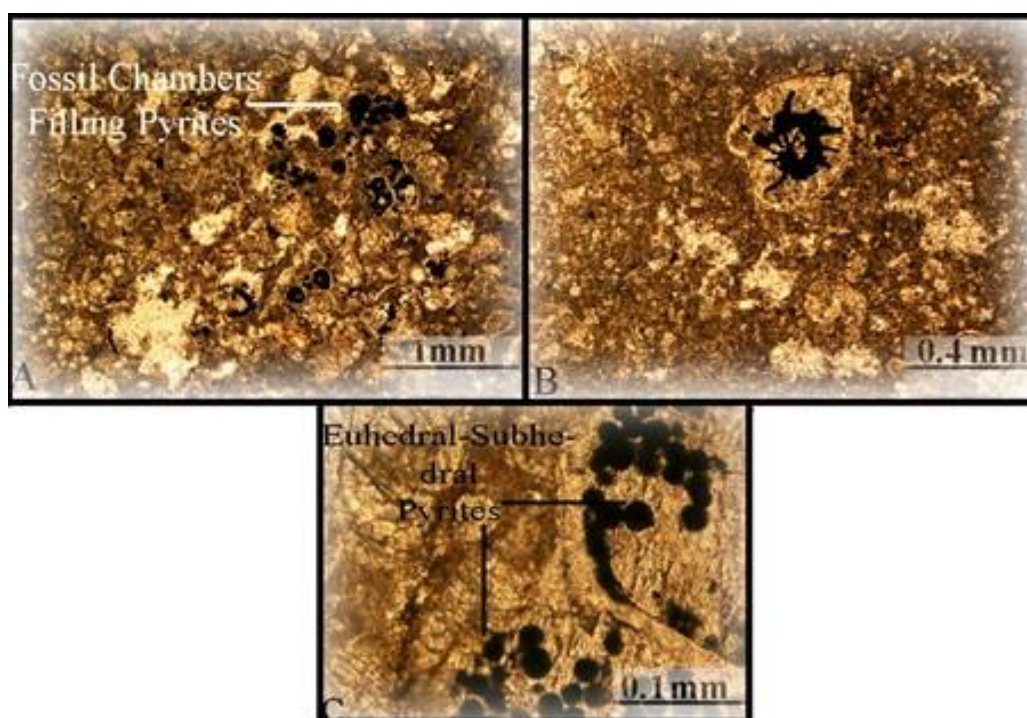
پیریت حتی در محیط‌های ساب‌اکسیک (محیط بین محیط‌های اکسیدان و فقیر از اکسیژن) نیز پایدار می‌ماند (ریکارد، ۲۰۱۲). در طی دیاژنز دفنی در صورت عدم تاثیر سیال‌های اکسیدکننده نیز پایدار باقی می‌مانند (داکوستا و همکاران، ۲۰۱۷). انواع دانه‌تمشکی و یوهدرال (مکعبی)



شکل ۱۰. اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره سنگ‌آهک حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک. A- دوکفه‌ای بنتیک در نمونه C-51 (نور XPL). B- قطعات نسبتاً سالم و شکسته ساییده شده دوکفه‌ای بنتیک در نمونه C-51 (نور XPL). C و D- فرامینیفر پلانکتونیک، دوکفه‌ای بنتیک با ساختمان میکروسکوپی منشوری عادی در نمونه N-39 (نور XPL). شکل‌های A و B از برش مهدی‌آباد و شکل‌های C و D از برش کوه ورزین هستند. E و F- تصویر صحرایی از دوکفه‌ای‌های بنتیک در برش مهدی‌آباد (نگاه به سمت شمال). به آرایش تقریباً موازی دوکفه‌ای‌های بنتیک نسبت به یکدیگر و ساختمان منشوری عادی اسکلت دوکفه‌ای (F) توجه شود. طول مقیاس بکار رفته در تصویر صحرایی، ۵ سانتی‌متر است.



شکل ۱۱. دانه‌های گلوکونیت و فسفات‌ها در نهشته‌های سازند ایلام. A- گلوکونیت با حاشیه اکسید شده در نمونه C-4 برش مهدی‌آباد (نور). B- گلوکونیت‌های تخم مرغی، نیمه‌گردشده و دانه‌های فسفات‌ها در نمونه N-15 برش کوه ورزین (نور PPL).



شکل ۱۲. پیریت یوهدرال-ساب‌هدرال در نهشته‌های سازند ایلام. A و B- پیریت پرکننده حجرات فسیل‌ها در نمونه C-13 برش مهدی‌آباد (نور PPL). C- پیریت یوهدرال-ساب‌هدرال در حجرات فسیل در نمونه N-31 در برش کوه ورزین (نور PPL)

۳-۵- رسوبات جریان گرانشی

گراویت‌ها، رسوب یا سنگ نهشته شده توسط جریان‌های رسوبی گرانشی هستند. این واژه، تمام رسوبات جریان‌های گرانشی رسوبی را مستقل از محیط رسوبی (حتی رسوبات لغزشی و ریزشی) فرا می‌گیرد. عدم استفاده از این واژه سبب استفاده از واژه توربیدایت^۱ (جریان توربیدایتی یکی از انواع جریان‌های گرانشی رسوبی است) در متون زمین‌شناسی می‌گردد. به عنوان مثال، اگر چه مخروط‌های زیردریایی^۲ شامل انواع گوناگونی از رسوبات جریان‌های

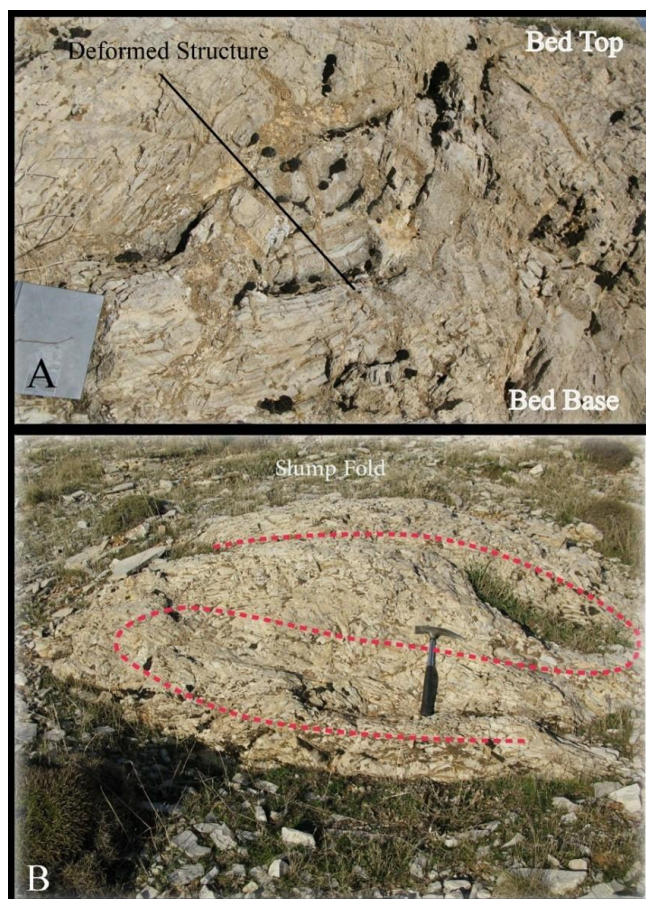
گرانشی رسوبی هستند (کالو و همکاران، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴)، واژه سیستم‌های توربیدایتی به طور بسیار نابجایی در این گونه مخروط‌ها استفاده می‌گردد (بوما، ۲۰۰۰). زمانی که تشخیص انواع رسوبات جریان‌های گرانشی رسوبی از یکدیگر مشکل می‌شود، این واژه می‌تواند بدون هیچ تردیدی مورد استفاده قرار گیرد. گراویت‌ها به سه دسته کلی دبریت‌ها، دنسیت‌ها و توربیدایت‌ها تقسیم می‌گردند. با توجه به ترکیب قطعات سازنده گراویت‌ها می‌توان آن‌ها را به گراویت‌های آواری و کلسی‌گراویت‌ها طبقه‌بندی کرد

^۱ Turbidite

^۲ Sub-marine fan

توالی‌های مطالعه شده سازند ایلام انکارناپذیر است. ولی تعیین و تفکیک دقیق نوع نهشته‌های گرانشی رسوبی (توربیدایت، دبریت و دنسیت) از یکدیگر به علت کمبود شواهد خوب حفظ شده ساخت‌های رسوبی و کیفیت ضعیف رخنمون‌ها در این پژوهش امکان‌پذیر نبود. به همین علت از واژه عمومی گراویت، برای نام بردن این رسوبات در توالی‌های مطالعه شده استفاده شده است. برای تعیین موقعیت گراویت‌های سازند ایلام به شکل‌های ۴ و ۶ نگاه شود. لازم به ذکر است که ساختارهای تغییر شکل‌یافته در نهشته‌های توفانی نیز به صورت کمیاب گزارش شده است (محسنی و ال‌عاصم، ۲۰۰۴؛ فلوگل، ۲۰۱۰). با توجه به نبود شواهد قوی و تاییدکننده نهشته‌های توفانی، وجود این نهشته‌ها در توالی‌های مطالعه شده امکان‌پذیر نیست.

(ریچمر و همکاران، ۲۰۱۴). بعنوان مثال، کلسی‌دبریت‌ها، نهشته‌های مرتبط با رویداد رسوب‌گذاری دوباره است که به تناوب در بخش‌های حوضه‌ای مجاور پلت‌فرم‌های کربناته فعال ایجاد می‌شوند (ریچمر و همکاران، ۲۰۱۴). عامل اصلی شروع رسوب‌گذاری دوباره نهشته‌ها در مقیاس بزرگ (کلسی‌دبریت‌ها)، فرایندهای زمین‌ساختی می‌باشد (کوئیکرز و همکاران، ۲۰۱۳). ریچمر و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ناپایداری^۳ رسوبات حاشیه پلت‌فرم و بخش فوقانی شیب^۴ و ایجاد گراویت‌ها در نتیجه بالا و پایین رفتن سطح آب^۵ اتفاق می‌افتد. با توجه به مشاهده اشکال رسوبی نظیر زوج‌لامینه‌ها و سطح تحتانی فرسایشی (طبقات ادغام شده)، دانه‌بندی تدریجی عادی، ساختارهای تغییر شکل‌یافته و چین‌های ریزشی (شکل ۱۳)، وجود نهشته‌های جریان‌های گرانشی رسوبی در بخشی از



شکل ۱۳. ساختمان تغییر شکل‌یافته (A) (برش مهدی‌آباد؛ نگاه به سمت شمال) و چین ریزشی (B) (برش کوه ورزین؛ نگاه به سمت شمال خاور) در نهشته‌های گرانشی رسوبی سازند ایلام

⁵ Sea-level rise and fall

³ Destabilization

⁴ Upper slope

۴-۵- محیط رسوبی

جایگاه زمین‌ساختی حوضه زاگرس در طی کرتاسه پسین (تورونین میانی) از حاشیه غیرفعال^۱ تا جایگاه پیش‌بوم^۲ (از کنیاسین، تقریباً معادل آغاز رسوب‌گذاری سازند ایلام و مگاسکانس شماره ۹ صفحه عربی تا انتهای سنوزوییک) تکامل یافته است (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ عبدالهی‌فرد و همکاران، ۲۰۱۹). بر مبنای بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با محیط رسوب‌گذاری سازند ایلام در زیرزون‌های مختلف حوضه زاگرس و توالی‌های هم‌ارز زمانی آن در سایر نقاط صفحه عربی، جایگاه‌های رسوبی گوناگون (رمپ تا شلف) برای این بازه زمانی (تورونین پسین-کامپانین) پیشنهاد شده است (اکراوی، ۱۹۹۶؛ کندال و همکاران، ۲۰۰۰؛ سعدون و اکراوی، ۲۰۰۰؛ سالم‌حداد و احمدامین، ۲۰۰۷؛ غبیشاوی، ۲۰۰۹؛ همت، ۱۳۸۸؛ حسینی، ۱۳۹۰؛ رضاییان، ۱۳۹۰؛ ال‌جبیری و ال‌تارب، ۲۰۱۳؛ دولت‌شا، ۱۳۹۵؛ محرابی و همکاران، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵؛ خدایی و همکاران، ۱۳۹۹؛ میرزایی محمودآبادی، ۲۰۲۰؛ بخشی و همکاران، ۱۴۰۰؛ باقرپور و همکاران، ۲۰۲۱؛ اسدی-مهماندوستی و همکاران، ۲۰۲۱).

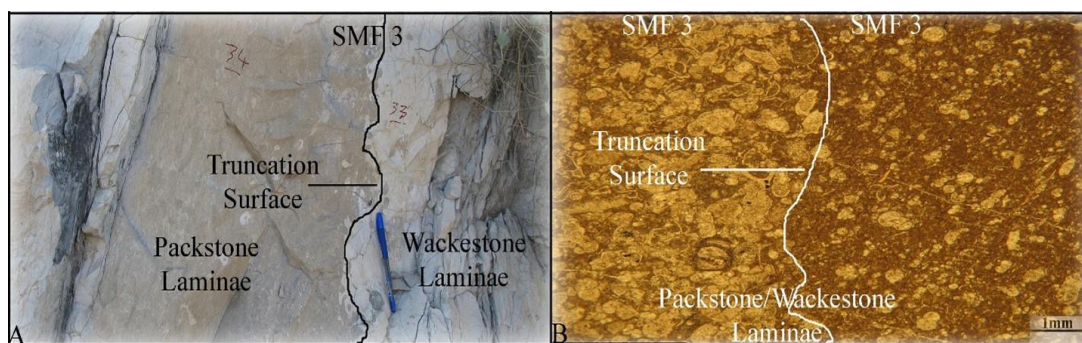
سل‌وود (۱۹۸۶) بیان کرد که شواهد رسوب‌گذاری دوباره توسط جریان‌های گرانشی در شلتف‌های باز مشاهده نمی‌شود. همچنین، فلوگل (۲۰۱۰) اظهار کرد که در شلف‌های باز و رمپ هم‌شیب شواهد جریان گرانشی وجود ندارد. در حالی که شواهد جابجایی مجدد رسوبات توسط توفان (نهشته‌های توفانی؛ تمپستایت) در شلف، بخش‌های میانی و خارجی رمپ هم‌شیب و بخش میانی رمپ پرشیب دور از منشا مشاهده می‌شود (شواب و همکاران، ۱۹۹۶؛ محسنس و ال‌عاصم، ۲۰۰۴؛ وایرک، ۲۰۱۵؛ توکلی، ۱۳۹۷؛ آدامز و دیاموند، ۲۰۱۹؛ گراندوگ و همکاران، ۲۰۲۱). بر اساس یافته‌های ریچمر و همکاران (۲۰۱۵)، فرایندهای رسوبی تاثیرگذار در محیط‌های شیب و پاشنه شیب محیط‌های رسوبی کربناته و سیلیسی‌کلاستیک شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند. در محیط کربناته در زون پاشنه شیب، فعالیت جریان‌های کنتوری^۳ و در محیط سیلیسی‌کلاستیک، تناوب رسوبات همی‌پلاژیک و توربیدیتی وجود دارد. در زون شیب در محیط کربناته، رسوبات دانه‌درشت، فرایندهای سیمانی‌شدن، فرایندهای

رسوب‌گذاری دوباره و جریان کنتوری فعال و در محیط سیلیسی‌کلاستیک، بار رسوبی زیاد، رسوبات دانه‌درشت، فرسایش زیاد، جابجایی سریع رخساره‌ها بسوی حوضه^۴ و فرایندهای رسوب‌گذاری دوباره مشاهده می‌شود (ریچمر و همکاران، ۲۰۱۵). گرچه به نظر می‌رسد، تاثیر جریان‌های گرانشی رسوبی مانند جریان‌های توربیدیتی هم در بخش خارجی رمپ پرشیب دور از منشا (زون شیب‌دار) (محسنی و همکاران، ۲۰۱۱) و هم در بخش‌های شیب و پاشنه شیب پلت‌فرم حاشیه‌دار (ریچمر و همکاران، ۲۰۱۴) نشان‌دهنده ناکافی بودن این شاخص (وجود یا فقدان رسوبات شیب و یا پیشانی شیب) به تنهایی، برای تفکیک دقیق این محیط‌ها (رمپ پرشیب و شلف حاشیه‌دار) از یکدیگر باشد. برای بررسی دقیق‌تر شیب پلت‌فرم‌های کربناته و رسوبات گرانشی نیاز به داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی با دقت بالا^۵ است. سازند ایلام با ریزرخساره پکستون/وکستون حاوی فرامینیر پلانکتونیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۳ فلوگل (۲۰۱۰) در برش‌های مورد مطالعه شروع می‌شود و به تدریج به ریزرخساره‌های حاوی مخلوطی از فرامینیرهای پلانکتونیک-بنتیک (ریزرخساره استاندارد ۵) و دوکفه‌ای‌های بنتیک-فرامینیرهای پلانکتونیک (ریزرخساره استاندارد ۱۲) تبدیل می‌شود (شکل‌های ۴ و ۶). لایه‌های دربردارنده ریزرخساره پکستون/وکستون حاوی فرامینیر پلانکتونیک دارای نشانه‌های تاثیر جریان‌های گرانشی رسوبی است. سطوح تحتانی فرسایشی، دانه‌بندی تدریجی عادی، آمیختگی بسیار کم طبقات رسوبی، زوج‌لامینه‌های رسوبی، فراوانی ریزرخساره‌های آب ژرف، چین‌های ریزشی، ساختارهای تغییر شکل‌یافته همگی نشان‌دهنده تاثیر جریان‌های گرانشی رسوبی در بخشی از نهشته‌های سازند ایلام است (شکل‌های ۸ و ۱۳). در ضمن، ضخیم‌بودن توالی‌های مرتبط با نهشته‌های گرانشی (حدود ۱۳۵ متر در برش کوه ورزین و حدود ۱۳۰ متر در برش مهدی‌آباد) نیز دلیل دیگری بر تاثیر جریان‌های گرانشی در انتقال و رسوب‌گذاری این رسوبات است (شکل‌های ۴ و ۶). لازم به ذکر است که برخی از ویژگی‌های ذکرشده مانند زوج‌لامینه‌ها، سطوح تحتانی فرسایشی، دانه‌بندی تدریجی عادی و فراوانی اسکلت‌های کربناته در رسوبات توفانی (تمپستایت) نیز مشاهده

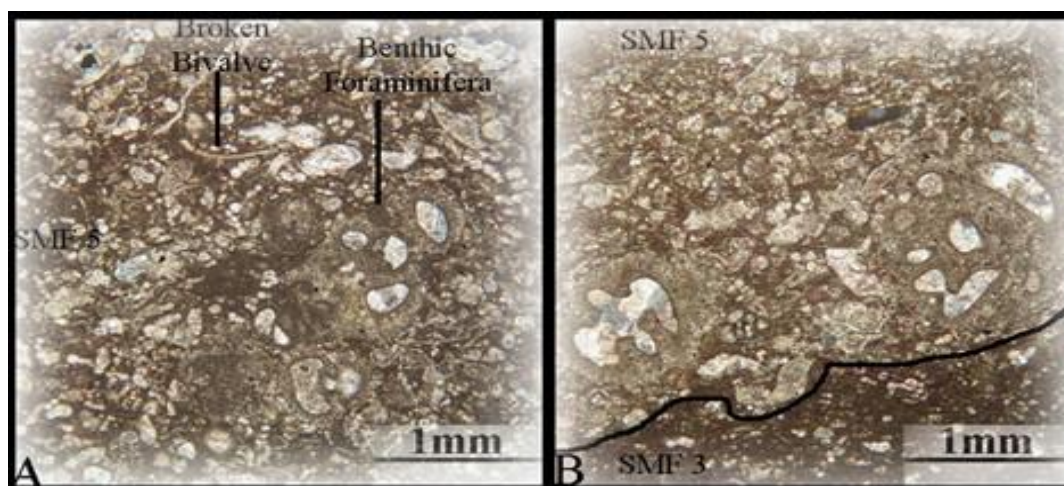
^۴ Fast progradation^۵ High-resolution 3-D seismic datasets^۱ Passive margin^۲ Foreland^۳ Contour currents activity

گرانشی (شکل ۱۴) در بخش‌های فوقانی، میانی و تحتانی زیر محیط پاشنه شیب تشکیل شده است. در ریزرخساره رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک-بنتیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۵)، مخلوط‌شدگی قطعات فسیلی سالم و شکسته شده نشان‌دهنده انتقال قطعات فسیلی کم‌ژرفای بنتیک به بخش‌های ژرف‌تر حوضه است. مقدار کم محتوی آرژیلیک (جدول ۲)، مخلوط‌شدگی قطعات بیوکستی بنتیک و پلانکتونیک و سطح فرسایشی تحتانی (شکل‌های ۹ D و ۱۵) نشان‌دهنده این موضوع است که این ریزرخساره در حاشیه پلت‌فرم واقع شده است و با توجه به مشابهت با ریزرخساره استاندارد ۵ ویلسون (۱۹۷۵) در زیرمحیط شیب واقع شده است.

می‌شود (محسنی و ال‌عاصم، ۲۰۰۴) و با رسوبات گرانشی مشترک هستند (بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ محسنی و همکاران، ۲۰۱۱). البته نبود ریپل‌های موجی، لامیناسیون مورب ریپلی، چینه‌بندی مورب پشته‌ای و ذرات غیراسکلتی مانند اینتراکلتست، نبود جابجایی ارگانیسیم‌های بنتیک مرتبط با آب‌های کم‌ژرفا به تنهایی، نبود آمیختگی بسیار زیاد طبقات رسوبی و نبود طبقات توفانی مرتبط با رخساره‌های آب‌های کم‌ژرفا (محسنی و ال‌عاصم، ۲۰۰۴؛ بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فلوجل، ۲۰۱۰) نشان‌دهنده عدم تاثیر فرایندهای توفانی در رسوب‌گذاری برش‌های مورد مطالعه سازند ایلام است. این ریزرخساره با توجه به اجزای عمده سازنده آن، ضخامت نسبتاً زیاد واحدهای آرژیلیک (جدول ۲) و دارا بودن خصوصیات نهشته‌های



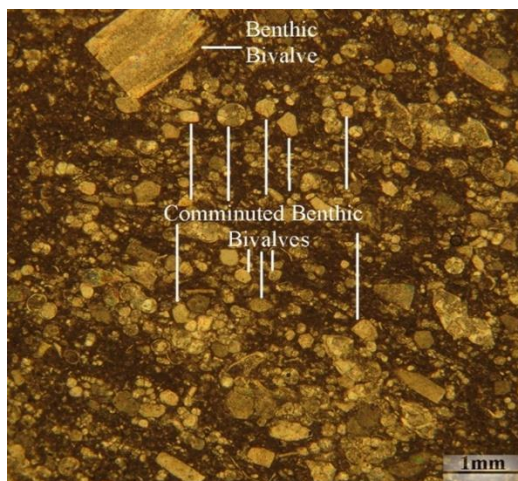
شکل ۱۴. شواهد رسوبات گرانشی (مرز فرسایشی و زوج لامینه‌های رسوبی) در ریزرخساره پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۳) در برش مهدی‌آباد. A- تصویر صحرایی (نگاه به سمت شمال). B- تصویر میکروسکوپی از ریزرخساره مورد نظر (نور PPL). طول مقیاس بکاررفته در تصویر صحرایی، ۱۵ سانتی‌متر است.



شکل ۱۵. اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک-بنتیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۵). A- فرامینیفرهای پلانکتونیک- بنتیک و دوکفه‌ای شکسته‌شده در نمونه C-13 (نور XPL). B- قرارگیری ریزرخساره رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک-بنتیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۵) با سطح فرسایشی بر روی ریزرخساره پکستون/ وکستون حاوی فرامینیفر پلانکتونیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۳) در نمونه N-5 (نور XPL). شکل A از برش مهدی‌آباد و شکل B از برش کوه ورزین می‌باشند.

و جابجایی اجزای رسوبی کم‌ژرف‌تر (دوکفه‌ای بنتیک) به محیط ژرف‌تر در حاشیه پلت‌فرم می‌باشد. این ریزرخساره با توجه به موقعیت قرارگیری در توالی مطالعه شده و ارتباطات آن با سایر ریزرخساره‌های شناسایی‌شده، در زیرمحیط شیب در نظر گرفته شده است. در ضمن، ریزرخساره استاندارد ۱۲ در محیط‌های رسوبی گوناگون از ساحل تا دریای ژرف گزارش شده است (فلوگل، ۲۰۱۰).

در ریزرخساره رودستون/ پکستون/ وکستون حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۱۲)، مقدار کم محتوی آرژیلیک آشکار (جدول ۲)، بافت، مخلوط‌شدگی فرامینیفرهای پلانکتونیک و دوکفه‌ای‌های بنتیک شکسته-ساییده شده و سالم (شکل‌های ۱۰ و ۱۶) و قرار گرفتن دوکفه‌ای‌های بنتیک با آرایش تقریباً موازی یکدیگر (شکل‌های E ۱۰ و F)، همگی نشان‌دهنده تاثیر جریان‌های دریایی در حمل



شکل ۱۶. اجزای تشکیل‌دهنده قطعات سالم و شکسته-ساییده‌شده دوکفه‌ای‌های بنتیک در ریزرخساره رودستون/پکستون/وکستون حاوی دوکفه‌ای بنتیک و فرامینیفر پلانکتونیک (معادل ریزرخساره استاندارد ۱۲) در برش مهدی‌آباد در نمونه C-51 (نور XPL)

سازند ایلام در این ناحیه منطقی به نظر می‌رسد. بازسازی موقعیت رخساره‌ها و زون‌های رخساره‌ای سازند ایلام در توالی قائم و قراردادن آن‌ها در کنار هم منجر به ارائه الگویی برای مدل رسوب‌گذاری سازند ایلام شده است (شکل ۱۷). همان‌گونه که از این شکل پیداست، محیط رسوبی سازند ایلام از بخش میانی پلت‌فرم به بخش خارجی پلت‌فرم از سه ریزرخساره و دو زون (کمربند) رخساره‌ای تشکیل شده است. لازم به ذکر است که جریان گرانشی رسوبی نقش بسزایی در انتقال و رسوب‌گذاری در زون رخساره‌ای پاشنه شیب داشته است. به نظر می‌رسد که ناپایداری رسوبات ایجاد نهشته‌های گرانشی رسوبی، در نتیجه فرایندهای زمین‌ساختی محلی و نوسان‌های سطح آب باشد. تاثیر کنترل‌کننده گسل در توزیع نهشته‌های کربناته گرانشی در طی فرایندهای زمین‌ساختی (مانند حوضه تتیس در ژوراسیک) به اثبات رسیده است (کویپکرز و همکاران، ۲۰۱۳؛ ریچمر و همکاران، ۲۰۱۴).

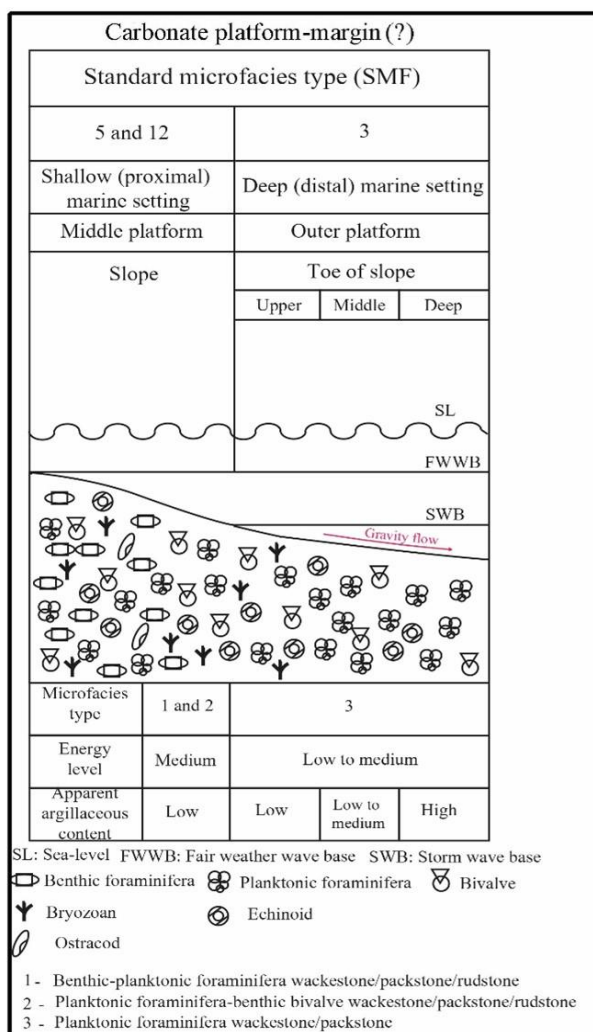
تجمع پوسته دوکفه‌ای بوسیله فرایندهای گوناگونی مانند تمرکز در اثر جریان، امواج توفانی و تمپستایت، قطعات برجای‌مانده پیشرونده^۱ و تمرکز در چینه‌های مترکم^۲ انجام می‌شود (فلوگل، ۲۰۱۰). با توجه به شواهد ذکر شده (فقدان شواهد تاثیر توفان، نبود قطعات برجای‌مانده و تاثیر جریان گرانشی)، تجمع دوکفه‌ای‌ها در برش‌های مورد مطالعه در اثر جریان‌های دریایی تفسیر شده است. نبود رسوبات بخش بالایی پلت‌فرم^۳ مانند نهشته‌های پری‌تایدال، سدهای بیوکستی و غیراسکلتی، رسوبات مرتبط با ریف‌های حاشیه‌ای و نهشته‌های لاگون، امکان تفکیک پلت‌فرم کربناته از نوع رمپ یا شلف در این پژوهش وجود ندارد. هرچند شواهدی مانند برتری عملکرد جریان‌های گرانشی وجود شلف کربناته را بیش‌تر تقویت می‌نماید. با توجه به شواهد تاثیر جریان‌های گرانشی در بخشی از توالی‌های مطالعه شده (زون رخساره‌ای پاشنه شیب)، بخش حاشیه پلت‌فرم کربناته^۴ برای رسوب‌گذاری

³ Platform top deposits

⁴ Carbonate platform-margin

¹ Transgressive lags

² Condensation concentration



شکل ۱۷. مدل پیشنهادی محیط رسوب‌گذاری رخساره‌های سازند ایلام در مناطق مطالعه شده. در این مدل تغییرات جزئی محلی حذف شده است.

می‌شوند و انتقال رسوبات حاشیه پلت‌فرم و شیب به مناطق ژرف‌تر تسهیل می‌شود (پایروس و پوجالت، ۲۰۰۸). برعکس، در طول دوره‌های سکون زمین‌ساختی^۷، شیب‌ها صاف‌تر می‌شوند و رسوب‌گذاری دوباره کم‌تر رایج است (ایلماز، ۲۰۰۶؛ پایروس و پوجالت، ۲۰۰۸). وجود گسل‌های اصلی زاگرس مرتفع، پیشانی کوهستان^۸ و پاره گسل‌های آن‌ها در حاشیه‌های زیرزون لرستان، نشان‌دهنده فعال بودن زمین‌ساختی این پهنه می‌باشد (هومک و همکاران، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹؛ موتراثو و همکاران، ۲۰۱۲؛ پیروز، ۲۰۱۸؛ گوربوز و فرضی‌پور ساین، ۲۰۱۹). همچنین، به‌لأمدگی زمین‌ساختی و جوان‌شدن دوباره^۹ ساختارهای

فعالیت گسل، نقش کلیدی در ایجاد جریان‌های گرانشی ایفا می‌کند، اما همچنین تاثیر زیادی در نوع نهشته‌های جریان گرانشی با کنترل مقدار رسوب در دسترس^۱، اندازه ذرات^۲، ریخت‌شناسی شیب^۳ و ژرف‌شدگی حوضه^۴ دارد (کوئیگرز و همکاران، ۲۰۱۳). فرایندهای زمین‌ساختی ممکن است از طریق ایجاد شیب بیش از حد^۵ منجر به ناپایداری شیب شود و در برخی موارد به عنوان یک عامل محرک آغاز جریان‌های گرانشی کربناته-آواری^۶ عمل می‌کنند (درزویکی و سیمو، ۲۰۰۲؛ ایلماز، ۲۰۰۶؛ پایروس و پوجالت، ۲۰۰۸). همچنین نهشته‌های کربناته گرانشی در طی نرخ بالای گسلش‌های کششی بیش‌تر حفظ

^۶ Calciclastic gravity-driven flows

^۷ Tectonic quiescence

^۸ Mountain Frontal and High Zagros faults

^۹ Rejuvenation

^۱ Sediment available

^۲ Grain-size

^۳ Slope morphology

^۴ Basin deepening

^۵ Oversteepening

پیشانی کوهستان و بالارود در زیرزون لرستان می‌تواند نشانه زمین‌ساخت فعال و تاثیر در حوضه رسوبی (از دیدگاه ژرفای حوضه و ضخامت واحدهای رسوبی) در کرتاسه پسین باشد. تناوب سنگ‌آهک و سنگ‌آهک آرژلیک، تغییر ضخامت لایه‌های آرژلیک و تبدیل کمربندهای رخساره‌ای شیب و پاشنه شیب به یکدیگر، نشان‌دهنده نوسان‌های سطح آب در محدوده مورد مطالعه است.

سپاسگزاری

نویسندگان مایل هستند که از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و دانشگاه بوعلی‌سینا همدان برای تامین اعتبار لازم برای مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، از دانشگاه بوعلی‌سینا به خاطر تهیه برش‌های نازک، از جناب آقای دکتر کریم‌خانی و پژوهشگاه علوم زمین به خاطر فراهم کردن امکان دسترسی به امکانات آزمایشگاهی برای مطالعه و تصویربرداری از برش‌های نازک، از جناب آقای دکتر حسین‌یار به خاطر تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و تبادل نظر و بحث در مورد موضوع این پژوهش و سرکار خانم مهندس آتش‌مرد برای رسم برخی از نمودارها و شکل‌ها، تشکر و قدردانی بعمل آورند.

منابع

- اژدری، ا.، شاوردی، ت (۱۳۸۴) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کردند. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اسدی‌مهماندوستی، ا.، دانشیان، ج.، محمدپناه، م. ف (۱۳۹۸) بررسی ویژگی‌های رسوبی- دیاژنزی و ژئوشیمیایی سازند ایلام در شمال غرب آبدان، کبیرکوه. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۷۷، ص ۷۷-۱۰۴.
- اسدی‌مهماندوستی، ا.، عبدالملکی، س.، قلاوند، ه (۱۳۹۶) ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و دیاژنزی سازند ایلام در یکی از میدان‌های نفتی دشت آبدان. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، شماره ۹، ص ۲۱-۳۹.
- اسدی، ب.، صادقی، ع (۱۳۹۴) زیست‌چینه‌نگاری سازند ایلام در تقادیس‌های کبیرکوه (برش هولستم-پشته) و سورگاه (برش مهدی‌آباد) و مقایسه آن با برش نمونه. فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۷، ص ۱۴۱-۱۵۰.
- بخشنده، ل.، محتاط، ط.، بخشنده، ج.، سنماری، س (۱۳۹۳) زیست‌زون‌بندی و فراوانی روزن‌بران در برش تیپ سازند ایلام. فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۹۲، ص ۷۵-۸۴.
- بخشی، ا.، آدابی، م. ح.، صادقی، ع.، کاووسی، م. ع (۱۴۰۰) ریزرخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و فرایندهای دیاژنزی

پیشین همراه با فرسایش در محدوده زیرزون لرستان نشان‌گر فعالیت زمین‌ساختی این پهنه بعد از ناپیوستگی تورونین میانی است (زیگلر، ۲۰۰۱). در ضمن، کوپر (۱۹۷۷) پیشنهاد داد که در کرتاسه پسین (کنیاسین- مائیس‌تریشتین) با چهارافت سطح دریا در نمودار تغییرات یوستازی آب‌های جهانی همراه است. در حالی که حق (۲۰۱۴) در بازه زمانی مشابه، ۲ افت سطح آب بلندمدت و ۲۰ افت سطح آب کوتاه‌مدت را شناسایی کرد. در دو بازه زمانی بلندمدت ۲۰ میلیون ساله (آپتین-آلبین پیشین و کنیاسین-کامپانین)، سطح آب دریا نسبتاً بالا و با نوسانات کوتاه‌مدت بوده است (حق، ۲۰۱۴). مشابه با پلت‌فرم عربی، بخش مرکزی زاگرس به تغییرات سطح دریا حساس‌تر می‌باشد. این موضوع در طی مزوزویک و سنوزویک از ستون چینه‌شناسی زیرزون‌های فارس و لرستان (به ترتیب محیط‌های رسوبی پلت‌فرمی و حوضه‌ای) آشکار شده است (عبداله‌ی فرد و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین با توجه به موارد ذکرشده (زمین‌ساخت فعال و نوسان‌های جهانی سطح آب)، گسترش گراویت‌ها در زیرزون لرستان در زمان کرتاسه پسین قابل پیش‌بینی بوده است.

۶- نتیجه‌گیری

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی برش‌های سطحی سازند ایلام در باختر حوضه زاگرس (زون زاگرس چین‌خورده؛ باختر ایران)، چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و جایگاه (محیط) رسوبی این سازند را مشخص کرده است. تحلیل رخساره‌های نهشته‌های این سازند در مناطق مورد مطالعه، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری آن در یک حاشیه پلت‌فرم کربناته (با احتمال بیش‌تر وجود شلف) است که از زون رخساره‌ای شیب (بخش میانی پلت‌فرم) به زون (کمر بند) رخساره‌ای پاشنه شیب (بخش خارجی پلت‌فرم) تبدیل می‌شود. برای نخستین بار، شواهدی از عملکرد جریان‌های گرانشی در رسوب‌گذاری این سازند در محدوده مورد مطالعه گزارش می‌شود که این جریان بطور برجسته تاثیر زیادی بر فرایندهای انتقال و رسوب‌گذاری نهشته‌های بخشی از توالی‌های مطالعه شده (زون رخساره‌ای پاشنه شیب) در این بخش از حوضه زاگرس بر عهده داشته است. زمین‌ساخت فعال و نوسان‌های سطح آب در زیرزون لرستان در کرتاسه پسین، پتانسیل ایجاد نهشته‌های گرانشی رسوبی را افزایش داده است. وجود گسل‌های

دکتر، گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۲۲ ص.

دانشیان، ج، باغبانی، د، خسروتهرانی، خ، فضلی، ل (۱۳۸۸) زیست‌چینه‌نگاری روزن‌بران نهشته‌های سازند گورپی و سازند ایلام در خاور بندر کنگان و چاه ایوان خلیج فارس. فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۷۴، ص ۱۵۷-۱۶۲.

دولت‌شاه، م (۱۳۹۵) ریززیست‌چینه‌نگاری سازندهای سورگاه و ایلام در تاق‌دیس چناره، حوضه لرستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه لرستان، ۱۳۳ ص.

رازیانی، م، صادقی، ع، وحیدی‌نیا، م (۱۳۹۲) زیست‌چینه‌نگاری سازند ایلام در برش تاق‌دیس شاه‌نخجیر (جنوب غرب ایلام) بر اساس روزن‌داران پلانکتون و مقایسه آن با برش الگو. رخساره‌های رسوبی، شماره ۶، ص ۲۰۲-۲۱۵.

رضاییان، ه (۱۳۹۰) زیست‌چینه‌نگاری سازندهای ایلام و گورپی در شرق شهرستان رامهرمز (برش تنگ بولفارس). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۱۳ ص.

سپیانی، ه، محبوبی، ا، موسوی‌حرمی، ر، محمودی‌قزایی، م، ح، غفرانی، ا (۱۳۸۹) فرایندهای دیاژنز و تاثیر آن بر کیفیت مخزنی سازند ایلام، میدان نفتی ماله‌کوه، شمال باختری اندیمشک. شماره ۶۲، ص ۶۵-۸۳.

سرمدی، ر، موسوی‌حرمی، ر، محبوبی، ا (۱۳۹۵) بررسی میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی سازندهای مخزنی ایلام و سروک در میدان نفتی سعادت‌آباد. نشریه پژوهش نفت، شماره ۹۰، ص ۱۶۱-۱۷۳.

سلیمانی، ب، روانشاد، م، ص، لرکی، ا (۱۳۹۷) تاثیر تغییرات سنگ‌شناسی و پارامترهای پتروفیزیکی بر پتانسیل نفتی مخزن ایلام (کرتاسه بالایی) در میدان نفتی اهواز، جنوب غرب ایران. فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۱۰۹، ص ۱۲۱-۱۳۲.

سنماری، س، حسن‌پور، ش (۱۳۹۲) زیست‌چینه‌نگاری سازندهای ایلام و گورپی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در سروستان (جنوب باختر ایران). فصلنامه علوم‌زمین شماره، ۸۷، ص ۲۰۵-۲۱۲.

شوشتریان، ف، آدابی، م، ح، صادقی، ع، حسینی‌برزی، م، لطف‌پور، م (۱۳۹۰) کانی‌شناسی اولیه سازند ایلام بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی در برش نمونه، تاق‌دیس پیون و مقطع تحت‌الارضی دانان-a. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۴۴، ص ۳۹-۶۸.

شهیدی، ع، ر، نظری، ح (۱۳۷۷) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ هرسین. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

سازند ایلام در دو طرف گسل‌های بالارود و پیشانی کوهستان (جنوب ناحیه لرستان و شمال دزفول شمالی). نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱۱، جلد ۲۱.

بهبهانی، ر، محسنی، ح، خدابخش، س، آتش‌مرد، ز (۱۳۹۰) شواهد رسوبات توفانی و توریدایتی در سازند پابده، شمال و جنوب باختر حوضه زاگرس. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۴۲، ص ۷۳-۹۶.

توکلی، و (۱۳۹۷) بررسی توالی‌های توفانی سازند کربناته کنگان در بخش مرکزی خلیج فارس. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۷۳، ص ۸۳-۱۰۰.

جعفری‌درگاهی، ه، کمالی، م، ر، معماربانی، م (۱۳۸۸) مقایسه ژئوشیمیایی نفت‌های مخازن ایلام و سروک در میداین مارون و کوپال با استفاده از خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۳۶، ص ۶۷-۸۰.

حسنی‌گیو، م، ابرقانی، ا (۱۳۸۸) بررسی نقش رخساره‌ها و نوع تخلخل در کنترل کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی ناحیه دزفول شمالی، دشت آبادان. مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۳، ص ۵۳-۶۲.

حسینی، س، ه (۱۳۹۰) رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی گروه بنگستان در چاه‌های توسن ۲، گورزین ۱ و برش سطحی خمیر، جنوب شرق زاگرس. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه خوارزمی، ۱۲۳ ص.

خانجانی، م، موسوی‌حرمی، ر، رحیم‌پوربناب، ح، کمالی، م، ر، چهارزی، ع (۱۳۹۵) محیط رسوبی، دیاژنز و چینه‌نگاری سکانسی سازند ایلام در میدان نفتی سیری الوند. فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۵، ص ۲۵۳-۲۶۲.

خانجانی، م، موسوی‌حرمی، ر، رحیم‌پوربناب، ح، کمالی، م، ر، چهارزی، ع (۱۳۹۴) تعیین لایه‌های مخزنی سازند ایلام بر اساس مطالعات رخساره‌ای و لرزه‌ای در جنوب شرقی خلیج فارس. نشریه پژوهش نفت، شماره ۸۵-۱، ص ۱۱۳-۱۲۷.

خدائی، ن، رضائی، پ، هنرمند، ج، عبدالهی‌فرد، ا (۱۳۹۹) تحلیل ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند ایلام (کنیاسین؟-سانتوین) در شمال باختری دشت آبادان. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۸۱، ص ۱۰۹-۱۳۴.

خسروتهرانی، خ، باغبانی، د، کشانی، ف، عمرانی، م (۱۳۸۹) یافته‌های نوین در چینه‌نگاری زیستی سازند ایلام در کوه عسلویه (حوضه زاگرس). فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۸، ص ۵۳-۶۰.

خشنودکیا، م (۱۳۹۹) محیط رسوبی، چینه‌نگاری لرزه‌ای، دیاژنز و نقش توزیع کوریدورهای شکستگی در تولید هیدروکربور مخزن بنگستان اهواز (سازندهای ایلام و سروک). رساله

- Triassic) in northern Switzerland. *Swiss Journal of Geosciences*, 112: 357-381.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B., Wortel, R (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geological Magazine*, 148: 692-725.
- Al-Juboury, F. N. H., Al-Tharb, M. Y. M (2013) Study of planktonic foraminiferal biostratigraphy and depositional environment of Khasib, Tanuma and Saadi Formations in well Agel-12-Northeastern Tikrit. *Iraqi Journal of Science*, 54: 617-627.
- Aqrabi, A. A. M (1996) Carbonate-siliciclastic sediments of the Upper Cretaceous (Khasib, Tanuma and Sa'di Formations) of the Mesopotamian Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 13: 781-790.
- Asadi-Mehmandosti, E., Asadi, A., Daneshian, J., Woods, A. D., Loyd, S. J (2021) Evidence of Mid-Cretaceous carbon cycle perturbation and OAE2 recorded in Cenomanian to middle Campanian carbonates of the Zagros fold-thrust belt basin, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 218: 1-14.
- Bagherpour, B., Mehrabi, H., Faghieh, A., Vaziri-Moghaddam, H., Omidvar, M (2021) Tectono-eustatic controls on depositional setting and spatial facies distribution of Coniacian-Santonian sequence of the Zagros Basin in Fars area, S. Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 129: 1-24.
- Berberian, M (1995) Major blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 241: 193-224.
- Bouma, A. H (2000) Fine-grained, mud-rich turbidite systems: model and comparison with coarse-grained, sand-rich systems. In: Bouma, A. H., Stone, C. G (eds.), *Fine-grained turbidite systems*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 72/SEPM Special Publication, 68: 9-19.
- Callow, R. H. T., Kneller, B., Dykstra, M., McIlroy, D (2014) Physical, biological, geochemical and sedimentological controls on the ichnology of submarine canyon and slope channel systems. *Marine and Petroleum Geology*, 54: 144-166.
- Callow, R. H. T., McIlroy, D., Kneller, B. and Dykstra, M (2013) Ichnology of late Cretaceous Turbidites from the Rosario Formation, Baja California, Mexico. *Ichnos. An International Journal for Plant and Animal Traces*, 20: 1-14.
- Cooper, M. R (1977) Eustasy during the Cretaceous; its implications and importance. *Palaeo*, 3(22): 1-60.
- Dacosta, G., Hofmann, A., Agangi, A (2017) Provenance of detrital pyrite in Archean sedimentary rocks: examples from the Witwatersand Basin. In: Mazumder, R., (ed.), صداقت، م. ا.، شاوردی، ت (۱۳۷۸) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ایلام. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صفری، ب (۱۳۹۱) بررسی رخساره‌ها و تفسیر محیط رسوبی سازند ایلام در یکی از میدانی ناحیه دشت آبادان. ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۹۰، ص ۶۹-۷۲.
- علیچانی، ح.، آدابی، م. ح.، صادقی، ع.، صالحی، ف (۱۳۸۹) بررسی فرایندهای دیاژنتیکی، میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی نهشته‌های پلاژیک سازند ایلام در برش کوه شاه نجیر، جنوب ایلام. نشریه پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۴، ص ۱۶-۳۲.
- کریمی باوندپور، ع (۱۳۷۸) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- معینی، م.، رحیم‌پورناب، ح.، توکلی، و.، مرادپور، م.، معدنی‌پور، س.، رضایانه، ح (۱۳۹۳) زون‌بندی و تعیین گونه‌های سنگی مخزن بنگستان بر اساس بررسی‌های رسوب‌شناختی و پتروفیزیکی در میدان سرکان. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، شماره ۴، ص ۵۰-۷۴.
- وزیری، ح.، جهانی، د.، صفدری، م.، چگنی، ف (۱۳۸۷) سنگ چینه‌شناسی، ریززبست‌چینه‌شناسی و ریزرخساره سازند ایلام در جنوب باختر خرم‌آباد. فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۷، ص ۱۲۴-۱۳۹.
- همت، م (۱۳۸۸) ژئوشیمی، دیاژنز و محیط رسوبی سازند ایلام در کوه گورپی و مقایسه آن با چاه‌های شماره ۲ و ۵ میدان کارون. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ص ۲۵۲.
- Abdollahie-Fard, I., Sherkat, S., McClay, K., Haq, B. U (2019) Tectono-sedimentary evolution of the Iranian Zagros in a global context and its impact on petroleum habitats. In: Farzipour Saie, A., (ed.), *tectonic and structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt*. *Developments in Structural Geology and Tectonics*, 3: 17-28.
- Adabi, M. H., Asadi Mehmandosti, E (2008) Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, S.W. Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 267-277.
- Adam, A., Swennen, R., Abdulghani, W., Abdulmutalib, A., Hariri, M., Abdurraheem, A (2018) Reservoir heterogeneity and quality of Khuff carbonates in outcrops of central Saudi Arabia. *Marine and Petroleum Geology*, 89: 721-751.
- Adams, A., Diamond, L. W (2019) Facies and depositional environments of the upper Muschelkalk (Schinznach Formation, Middle

- foreland basin, Lurestan Province, SW Iran. Geological Society of America Bulletin, 121: 963-978.
- Homke, S., Verges, J., Garces, M., Emami, H., Karpuz, R (2004) Magnetostratigraphy of Miocene-Pliocene Zagros foreland deposits in the front of the Push-e Kush Arc (Lurestan Province, Iran). Earth and Planetary Science Letters, 225: 397-410.
- Horn, M (2003) Giant fields 1868 – 2003, data on a CD-ROM. In: Halbouty, M., (ed.), Giant oil and gas fields of the decade 1990 -1999. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 78, 340 p.
- James, G. A., Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists, 49: 2182-2245.
- Kendall, C. G. ST. C., Alsharhan, A. S., Johnston, K., Ryan, S. R (2000) Can the sedimentary record be dated from a sea-level chart? Examples from the aptian of the U. A. E. and Alaska. In: Alsharhan, A. S., Scott, R. W., (eds.), Middle East models of Jurassic/Cretaceous carbonate systems. SEPM Special Publication No.69: 65-75.
- Khodaei, N., Rezaee, P., Honarmand, J., Abdollahi-Fard, I (2021) Controls of depositional facies and diagenetic processes on reservoir quality of the Santonian carbonate sequences (Ilam Formation) in the Abadan Plain, Iran. Carbonates and Evaporites, 36: 1-24.
- Kordi, M (2019) Sedimentary basin analysis of the Neo-Tethys and its hydrocarbon systems in the Southern Zagros fold-thrust belt and foreland basin. Earth Science Reviews, 191: 1-11.
- Lewis, C. F. M., McConchie, D (1994) Practical sedimentology. Chapman and Hall, New York, 213 p.
- Liewellyn, P. G (1974) Palganeh geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Liu, K., Huang, F., Gao, S., Zhang, Z., Ren, Y., An, B (2022) Morphology of framboidal pyrite and its textural evolution: Evidence from the Logatchev area, Mid-Atlantic Ridge. Ore Geology Reviews. 141, 104630, 33 p.
- Macleod, J. H (1970) Kabir Kuh geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Macleod, J. H (1972) Kuhdasht geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Macleod, J. H., Fozoonmayeh, M (1971) Naft geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Macleod, J. H., Roohi, M (1970) Kuh-e Varzarin geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Sediment provenance: influences on compositional change from source to sink. Elsevier: 509-531.
- Dickson, J. A. D (1965) A modified staining technique for carbonates in thin section. Nature, 205: 587-587.
- Drzewiecki, P. A., Simó, J. A (2002) Depositional processes, triggering mechanisms and sediment composition of carbonate gravity flow deposits: examples from the late Cretaceous of the south-central Pyrenees, Spain. Sedimentary Geology, 146: 155-189.
- Enayati-Bidgoli, A., Rahimpour-Bonab, H., Navidtalab, A (2020) Coated grains in the Upper Cretaceous Ilam Formation: implication for paleoclimatic reconstruction. Geopersia, 10: 227-243.
- Flügel, E (2010) Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application, 2nd edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 984 p.
- Gani, M. R (2004) From turbid to lucid: a straightforward approach to sediment gravity flows and their deposits. The Sedimentary Record, 2: 4-8.
- Gani, M. R (2003) Crisis for a general term referring to all types of sediment gravity flow deposits: grevite. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 34, 171 p.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A (2009) Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian-Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran. Facies, 55: 243-257.
- Goldhaber, M. B (2003) Sulfur-rich sediments. In: Mackenzie, F. T., (ed.), Treatise on Geochemistry. Sediments, Diagenesis, and Sedimentary Rocks. Elsevier, 7: 257-288.
- Grundvag, S. A., Jelby, M. E., Olausson, S., Sliwinkas, K. K (2021) The role of shelf morphology on storm-bed variability and stratigraphic architecture, Lower Cretaceous, Svalbard. Sedimentology, 68: 196-237.
- Gurbuz, A., Farzipour Saein, A (2019) Tectonic geomorphology of the Zagros orogeny. In: Farzipour Saein, A., (ed.), Tectonic and structural framework of the Zagros fold-thrust belt. Elsevier, 131-144.
- Haq, B. U., (2014) Cretaceous eustasy revisited. Global and Planetary Change, 113: 44-58.
- Hegab Ahmed, O. A., El-Wahed, G. A (2016) Origin of the glauconite from the Middle Eocene, Qarara Formation, Egypt. Journal of African Earth Sciences, 123: 21-28.
- Homke, S., Verges, J., Serra-Kiel, J., Bernaola, G., Sharp, I., Garces, M., Montero-Verdu, I., Karpuz, R., Montero-Verdu, I., Karpuz, R., Goodarzi, M. H (2009) Late Cretaceous-Paleocene formation of the proto-Zagros

- H., Ashrafzadeh, A (2014) Revision of the foraminiferal biozonation scheme in Upper Cretaceous carbonates of the Dezful Embayment, Zagros, Iran: integrated palaeontological, sedimentological and geochemical investigation. *Revue de micropaleontology*, 57: 97-116.
- Payros, A., Pujalte, V (2008) Calciclastic submarine fans: an integrated overview. *Earth-Science Reviews*, 86: 203-246.
- Pirouz, M (2018) Post-collisional deposits in the Zagros foreland basin: implications for diachronous underthrusting. *International Journal of Earth Sciences*, 107: 1603-1621.
- Premoli-Silva, I., Verga, D (2004) Practical manual of Cretaceous planktonic foraminifera, course 3. In: Verga, D., and Rettori, R. (eds.), *International school on planktonic foraminifera: Universities of Perugia and Milano, Tipografiadi di Pontefelcino, Perugia, Italy*, 283 p.
- Quiquerez, A., Sarih, S., Allemand, P., Garcia, J. P (2013) Fault rate controls on carbonate gravity-flow deposits of the Liassic of central High Atlas (Morocco). *Marine and Petroleum Geology*, 43: 349-369.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Omidvar, M., Enayati-Bidgoli, A. H., Sonei, R., Sajjadi, F., Amiri-Bakhtyar, H., Arzani, N., Izadi-Mazidi, E (2013) Palaeo-exposure surfaces in Cenomanian-Santonian carbonate reservoirs in the Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 36: 335-362.
- Reijmer, J. J. G., Mulder, T., Borgomano, J (2015) Carbonate slopes and gravity deposits. *Sedimentary Geology*, 315: 83-90.
- Reijmer, J. J. G., Pamieri, P., Groen, R., Floquet, M (2014) Calciturbidites and calcidebrites: Sea-level variations or tectonic processes?. *Sedimentary Geology*, 317: 53-70.
- Reijmer, J. J. G., Palmieri, P., Groen, R (2012) Compositional variations in calciturbidites and calcidebrites in response to sea level fluctuations (Exuma Sound, Bahamas). *Facies* 58, 4: 493-507.
- Rickard, D (2012) Sulfidic sediments and sedimentary rocks. *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 65, 801 p.
- Rudmin, M., Banerjee, S., Mazurov, A (2017) Compositional variation of glauconites in Upper Cretaceous-Paleogene sedimentary iron-ore deposits in South-eastern Western Siberia. *Sedimentary Geology*, 355: 20-30.
- Sadooni, F. N., Aqrabi, A. A. M (2000) Cretaceous stratigraphy and petroleum potential of the Mesopotamian basin, Iraq. In: Alsharhan, A. S., Scott, R. W., (eds.), *Middle East models of Jurassic/Cretaceous carbonate systems*. SEPM Special Publication, 69: 315-334.
- Macleod, J. H., Roohi, M (1972) Mehran geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- McConchie, D., Lewis, C. F. M (1978) Authigenic, perigenic, and allogenic glauconites from the Castle Hill Basin, North Canterbury, New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics*, 21: 199-214.
- Mehrabi, H., Bagherpour, B., Honarmand, J (2020) Reservoir quality and micrite textures of microporous intervals in the Upper Cretaceous successions in the Zagros area, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 192, 107292, 21 p.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Hajikazemi, E., Jamalian, A (2015) Controls on depositional facies in Upper Cretaceous carbonate reservoirs in the Zagros area and the Persian Gulf, Iran. *Facies*, 61: 1-23.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Enayati-Bidgoli, A. H., Navidtalab, A (2014) Depositional environment and sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous Ilam Formation in central and southern parts of the Dezful Embayment, Sw Iran. *Carbonate and Evaporites*, 29: 263-278.
- Mirzaee Mahmoodabadi, R (2020) Sequence stratigraphy of Albian-Campanian carbonate deposits (Sarvak and Ilam Formations) on Shiraz area, Fars, SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 35: 1- 21.
- Mohseni, H., Al-Aasm, I. S (2004) Tempestite deposits on a storm-influenced carbonate ramp: an example from the Pabdeh Formation (Paleogene), Zagros Basin, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 27: 163-178.
- Mohseni, H., Behbahani, R., Khodabakhsh, S., Atashmard, Z (2011) Depositional environments and trace fossil assemblages in the Pabdeh Formation (Paleogene), Zagros Basin, *Neues Jahrbuch fur Geologie und palaeontologie*, Iran, 262: 59-77.
- Mouthereau, F., Lacombe, O., Verges, J (2012) Building the Zagros collisional orogeny: timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence. *Tectonophysics*, 532-535: 27-60.
- Mouthereau, F., Lacombe, O., Meyer, B (2006) The Zagros folded belt (Fars, Iran): constraints from topography and critical wedge modelling. *Geophysical International Journal*, 165: 336-356.
- Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Huck, S., Heimhofer, U (2016) Elemental geochemistry and strontium-isotope stratigraphy of Cenomanian to Santonian neritic carbonates in the Zagros Basin, Iran. *Sedimentary Geology*, 346: 35-48.
- Omidvar, M., Mehrabi, H., Sajjadi, F., Bahramizadeh-Sajjadi, H., Rahimpour-Bonab,

Field, South West of Iran, Dezful Embayment. *Geopersia*, 10: 165-194.

- Saleem Haddad, S. N., Ahmed Amin, M (2007) Mid-Turonian-early Campanian sequence stratigraphy of northeast Iraq. *GeoArabia*, 12: 135-177.
- Schwab, W. C., Rodriguez, R. W., Danforth, W. W., Gowen, M. H (1996) Sediment distribution on a storm-dominated Insular Shelf, Luquillo, Puerto Rico, USA. *Journal of Coastal Research*, 12: 147-159.
- Sellwood, B. W (1986) Shallow-marine carbonate environments. In: Reading, H. G., (ed.), *Sedimentary environments and facies*. Blackwell, Oxford: 283-342.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davis, R. B., Hall, S. H., Heyward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M. D (2001) Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia*, Special Publication, 2, 373 p.
- Sharp, I., Gillespie, P., Morsalnezhad, D., Taberner, C., Karpuz, R., Verges, J., Horbury, A., Pickard, N., Garland, J., Hunt, D (2010) stratigraphic architecture and fracture-controlled dolomitization of the Cretaceous Khami and Bangestan groups: an outcrop case study, Zagros Mountain, Iran. In: Van Buchem, F. S. P., Gerdes, K. D. & Esteban, M. (eds.), *Mesozoic and Cenozoic carbonate systems of the Mediterranean, and the Middle-East: stratigraphic and diagenetic reference models*. Geological Society, London, Special Publication, 329: 343-396.
- Takin, M., Macleod, J. H (1970) Pul Dukhtar geological compilation map (1/100000 scale). Iranian Oil Operating Companies.
- Vierek, A (2015) The storm surge recorded in a thin section. *International Letters of Natural Sciences*, 38: 77-85.
- Wilson, J. L (1975) Carbonate facies in geologic history. New York, Springer, 471 p.
- Yilmaz, C (2006) Platforme slope transition during rifting: the mid-Cretaceous succession of the Amasya Region (Northern Anatolia), Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 1994-2006.
- Yue, L., Jiao, Y., Wu, L., Rong, H., Fayek, M., Xie, H (2020) Evolution and origins of pyrite in sandstone-type uranium deposits, northern Ordos Basin, north-central China, based on micromorphological and compositional analysis. *Ore Geology Reviews*. 118, 103334, 48 p.
- Ziegler, M (2001) Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian plate and its hydrocarbon occurrences. *GeoArabia*, 6: 445-504.
- Zohrabzadeh, M., Rahimpour-Bonab, H., Aleali, M (2020) The Middle Cretaceous-Lower Miocene 3D petroleum system modeling of Kupal Oil

First report of gravity flow deposits and depositional environment of the Ilam formation in the Lurestan subzone, W Iran

R. Behbahani¹, H. Mohseni^{2*}, Y. Ezampanah³ and S. Khodabakhsh⁴

1- Ph. D., student., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

2, 4- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

* mohseni4@basu.ac.ir

Received: 2022/9/16 Accepted: 2022/12/10

Abstract

The late Cretaceous Ilam formation in the western part of the Zagros basin (W Iran) was inspected in two outcrops (namely Mehdiabad and Kuh-e Varzarin sections) which are located in the Ilam province (in the Zagros fold belt). The purpose of this research was to identify the lithofacies, microfacies and depositional environment of the Ilam formation. This formation consists of limestone and argillaceous limestone which comprise three microfacies (planktonic foraminifera wackestone/packstone, planktonic foraminifera-benthic bivalve wackestone/ packstone/ rudstone, benthic-planktonic foraminifera wackestone/ packstone/ rudstone that were deposited in two facies zones (c.f. slope and toe of slope). Evidence of the gravity flow including basal truncation (erosional) surface of beds, normal grading, weak amalgamation, abundant deep-water facies, coupled laminae, relatively thick gravite beds, mixed planktonic (deep water) and benthic (shallow water) biota, large scale slump folds and deformed structures, attest the influence gravity flows which transported the shallow water sediments into the deep setting. Poor quality of the outcrops and lack of well-preserved sedimentary structures makes it impossible to discriminate between various types of sediment gravity flow deposits (gravites). Gravites are observed only in the toe of slope facies zone. This facies zone in turn is classified into three parts including upper, middle and deep parts according to the texture and the argillaceous limestone beds thickness. Due to lack of platform top deposits, it was not possible to distinguish the carbonate platform type (ramp versus shelf type). However, the overwhelming resedimented carbonate facies points toward a carbonate shelf rather than a ramp. According to the occurrences gravites in some part of the studied successions (toe of slope facies zone), seemingly a carbonate platform-margin (shelf type?) with two distinct parts including middle (slope) and outer parts (toe of slope), was existed during the deposition of the Ilam formation in the study area.

Keywords: Zagros fold belt, Ilam formation, Carbonate platform, Gravity flow, Gravite.