

## بازسازی محیط رسوبی و تغییرات سطح آب دریا در سازند ایلام (کرتاسه پسین) در ریز پهنه لرستان، زاگرس

عاطفه یگانه مقدم<sup>۱</sup>، اسداله محبوبی\*<sup>۱</sup>، محمدحسین محمودی قرایی<sup>۱</sup>، رضا موسوی حرمی<sup>۱</sup>، ارسلان بخشی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

<sup>۲</sup> مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

\*Mahboubi@um.ac.ir

دریافت مهر ۱۴۰۳، پذیرش آبان ۱۴۰۳

### چکیده

سازند ایلام با گستردگی قابل توجه در کرتاسه پسین پهنه رسوبی-ساختاری زاگرس از مهم ترین سازندهای مخزنی ایران محسوب می شود. تغییرات رخساره ای و تغییر محیط رسوبگذاری از بخش های کم ژرفا تا ژرف در افزایش ویژگی های مخزنی این سازند موثر بوده است. در این مطالعه سازند ایلام در برش تحت الارضی چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر (ستبرای ۱۵۳ متر) و برش های سطح الارضی تنگ حمام (ستبرای ۱۰۷ متر) و ازگله (ستبرای ۲۱۸ متر) در ریز پهنه لرستان جهت بازسازی محیط رسوبی و تغییرات سطح آب دریا در کرتاسه پسین مورد مطالعه قرار گرفته است. سازند ایلام در این برش ها با لیتولوژی سنگ آهک و سنگ آهک شیلی مشخص می شود. با مطالعه ۲۷۰ مقطع نازک میکروسکوپی چهار ریزرخساره شناسایی شدند که عبارتند از مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک، وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک، وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوسترینید و وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و خرده های اسکلتی. با توجه به خصوصیات بافتی و وجود شواهدی از جریان های گرانشی، سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه در یک رمپ کربناته با بخش انتهایی شیب دار تشکیل شده است. آنالیز چینه نگاری سکansı در برش های مورد مطالعه منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم با دسته رخساره های پیشرونده-پسرونده شده است. تکامل پلتفرم کربناته سازند ایلام در گستره مورد مطالعه تا حد زیادی متأثر از نوسانات جهانی سطح آب دریا، آب و هوای گرم غالب و شرایط جغرافیای دیرینه در کرتاسه پسین بوده است.

کلید واژه ها: سازند ایلام، زاگرس، پلتفرم کربناته، کرتاسه پسین، چینه نگاری سکansı

## ۱- مقدمه

گروه بنگستان (سازندهای کژدمی، سروک، سورگاه و ایلام) از آلبین تا کامپانین یک چرخه رسوبی در کرتاسه زاگرس را شامل می‌شود. در این گروه سازندهای کژدمی و سورگاه به عنوان سنگ منشا و سازندهای سروک و ایلام به عنوان سنگ مخزن در نظر گرفته می‌شوند [۱۷، ۱۲، ۵، ۹]. سازند ایلام در کرتاسه پسین از مخازن نفتی مهم در ناحیه زاگرس محسوب می‌شود. تغییرات رخساره‌ای این سازند در نواحی مختلف زاگرس قابل توجه است. سازند ایلام در نواحی جنوب خاوری زاگرس مثل فارس و فروافتادگی دزفول عمدتاً از سنگ آهک‌های قله‌ای با رخساره‌های کم‌ژرفا (نریتیک) تشکیل شده است، در حالیکه در شمال خاوری زاگرس و ریز پهنه لرستان، این سازند با رخساره‌های ژرف (پلاژیک) و سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه گسترش پیدا کرده است [۳، ۱۷، ۸، ۱۰، ۱۵، ۱۶]. ارتباط بین انگشتی بین دو رخساره نریتیک و پلاژیک در سازند ایلام، معمولاً در نواحی جنوب لرستان و شمال خوزستان قابل ردیابی است [۶، ۴]. در واقع با توجه به ستون چینه‌شناسی مزوزوئیک و سنوزوئیک در ناحیه زاگرس، این باور وجود دارد که بخش مرکزی زاگرس مشابه با پلتفرم عربی، نسبت به تغییرات سطح آب دریا حساس‌تر بوده است و این مساله در تغییر رخساره‌ها از پلتفرم در فارس تا حوضه در لرستان نمود پیدا کرده است [۲۱]. ستبرای سازند ایلام بسیار متغیر بوده، بطوریکه در بعضی از نواحی مثل زاگرس مرتفع و فارس مرکزی دارای ستبرای کمی بوده و گاهی به علت وجود ارتفاعات قدیمی مثل بلندی‌های هنديجان و خارک-کوه میش، این سازند به عنوان یک نبود چینه‌ای در نظر گرفته می‌شود و در بعضی نواحی مثل تنگ بیجار و میدان نفتی ماله‌کوه ستبرای آن به حدود ۳۰۰ متر رسیده است [۲، ۱۴، ۴]. سن رسوبگذاری سازند ایلام در فروافتادگی دزفول و ناحیه فارس از سانتونین تا کامپانین [۳، ۲، ۱۱] و در ریز پهنه لرستان از سانتونین پسین تا کامپانین میانی [۴۱، ۸، ۷] به دست آمده است.

در کمر بند چین‌خورده - رانده زاگرس، بیشترین مخازن نفت و گاز درون توالی‌های کربناته تشکیل شده‌اند. یکی از مهم‌ترین این توالی‌های کربناته سازند ایلام است که به علت تغییرات رخساره‌ای و اعمال فرآیندهای بعد از رسوبگذاری از توان مخزنی بالایی برخوردار گشته و از این رو در دهه‌های گذشته از دیدگاه چینه‌شناسی و اجزای فسیلی [۴۱، ۸، ۴۹]، محیط رسوبگذاری [۱۴، ۱۵، ۱۶]، ژئوشیمی و دیاژنز [۱۵، ۲۲]، تغییرات سطح آب دریا [۶، ۱۳] و کیفیت مخزنی [۱۶، ۳۹] مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان قرار گرفته است. برش الگوی سازند ایلام در نزدیکی شهرستان ایلام در یال جنوب باختری تاقیدس کوه سورگاه در تنگ گراب توسط جیمز و وایند [۴۱] معرفی شده است. سازند ایلام در برش الگو از سنگ آهک با میان‌لایه‌های شیل و مارن تشکیل شده است. برش الگو دارای رخساره پلاژیک بوده و فسیل‌های پلانکتون مثل الیگوسترینید و گلوبوترونکانا به وفور در آن مشاهده می‌شود [۴۱، ۸]. در سال‌های اخیر برای رخساره نریتیک سازند ایلام نیز یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون یا آب تیمور به عنوان برش الگو پیشنهاد شده است [۴].

با توجه به اینکه تغییرات رخساره‌ای و محیط رسوبی و نوسانات سطح آب دریا از عوامل تاثیرگذار در ذخیره منابع هیدروکربوری در سازند ایلام محسوب می‌شوند، در این مطالعه تلاش بر این است تا در جهت تکمیل مطالعات پیشین سازند ایلام، دو برش سطحی (برش‌های تنگ حمام و ازگله) و یک برش زیر سطحی (چاه شماره ۱ میدان نفتی باباقیر) از این سازند در ریز پهنه لرستان مورد مطالعه قرار بگیرند. شایان ذکر است که این برش‌ها تاکنون از دیدگاه ذکر شده مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند و بررسی آنها می‌تواند در درک بهتر تکامل حوضه رسوبگذاری زاگرس در کرتاسه پسین و تغییرات سطح آب دریا در آن زمان موثر باشد. هدف از انجام این تحقیق بررسی محیط رسوبی، فرآیندهای حاکم در زمان رسوبگذاری و تغییرات سطح آب دریا در طی کرتاسه پسین در ریز پهنه لرستان است.

## ۲- زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

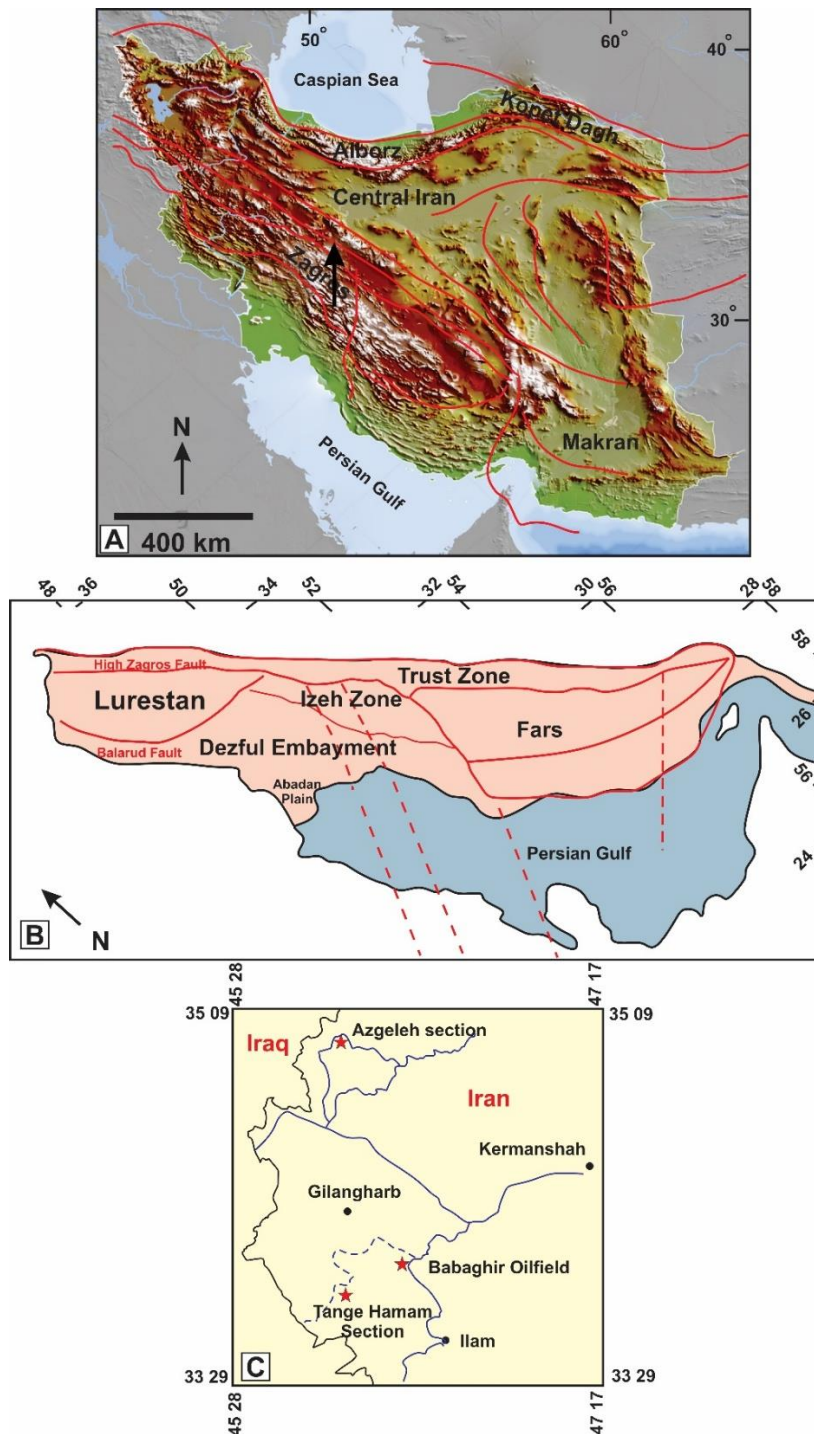
با توجه به شرایط متفاوت رسوبگذاری و پیچیدگی‌های ساختاری، ایران به چندین حوضه رسوبی-زمین‌ساختی تقسیم شده است (شکل A ۱). برش‌های مورد مطالعه متعلق به ریز پهنه لرستان در بخش‌های شمال باختری کمربند چین‌خورده زاگرس هستند. ریز پهنه لرستان متشکل از تاقدیس‌های بزرگ و کوچک بوده و روند کلی آن به صورت شمال باختری-جنوب خاوری است (شکل B ۱). توالی‌های ریز پهنه لرستان از کرتاسه تا پالئوسن گسترش پیدا کرده‌اند. در قسمت باختر و جنوب باختری لرستان تغییرات رخساره‌ای اندک بوده و توالی‌های مشاهده شده عمدتاً متعلق به سازندهای ایلام، گورپی و پابده بوده و رسوبات آنها از نوع شیل و سنگ آهک شیلی است [۱۷]. ریز پهنه لرستان در خاور و شمال خاور به گسل اصلی زاگرس، از جنوب و جنوب خاور به فروافتادگی دزفول و گسل‌های خمش بالارود و جبهه کوهستانی و از باختر به پهنه دزفول شمالی و فروافتادگی کرکوک در کشور عراق منتهی می‌شود.

برش تنگ حمام در محل تاقدیس سیاه کوه واقع در ۹۱ کیلومتری باختر ایلام و در یکی از مسیرهای فرعی جاده ایلام به مهران به مختصات جغرافیایی  $33^{\circ} 46' 12/65''$  عرض شمالی قرار گرفته است. این برش در ۱۵ کیلومتری شمال باختر روستای گنجوان قرار گرفته است (شکل C ۱). سازند ایلام در این برش با ستبرای ۱۰۷ متر متشکل از سنگ آهک با میان لایه‌های شیلی بوده و روی سازند سورگاه و در زیر سازند گورپی به صورت هم شیب قرار گرفته است (شکل A-C ۲). برش ازگله در محل تاقدیس ازگله در ۲۲۰ کیلومتری شمال باختر کرمانشاه به مختصات جغرافیایی  $54/53^{\circ} 53' 48/57''$  طول خاوری و  $34^{\circ} 48' 48/57''$  عرض شمالی قرار دارد. راه دسترسی به آن از طریق جاده کرمانشاه به ازگله امکان‌پذیر است (شکل C ۱). سازند ایلام در این برش با ناپیوستگی فرسایشی هم شیب با ستبرای ۲۱۸ متر بر روی سازند سروک رسوبگذاری کرده و زیر سازند گورپی مشاهده می‌شود (شکل A-B ۲). چاه شماره ۱ میدان نفتی باباقیر در یال جنوب باختری تاقدیس نامتقارن باباقیر به مختصات جغرافیایی  $46^{\circ} 16' 16''$  طول خاوری و  $33^{\circ} 42' 42''$  عرض شمالی قرار دارد. این ساختمان در بین ساختمان‌های میله سرخ، بانکول، ویزنان، فردوس و دیره قرار گرفته است. این برش در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب خاور شهرستان گیلانغرب و در مجاورت روستای زرنه واقع شده است (شکل C ۱). سازند ایلام در این برش ۱۵۳ متر ستبرای داشته و با ناپیوستگی هم‌شیب روی سازند سورگاه و زیر سازند گورپی قرار گرفته است.

## ۳- روش مطالعه

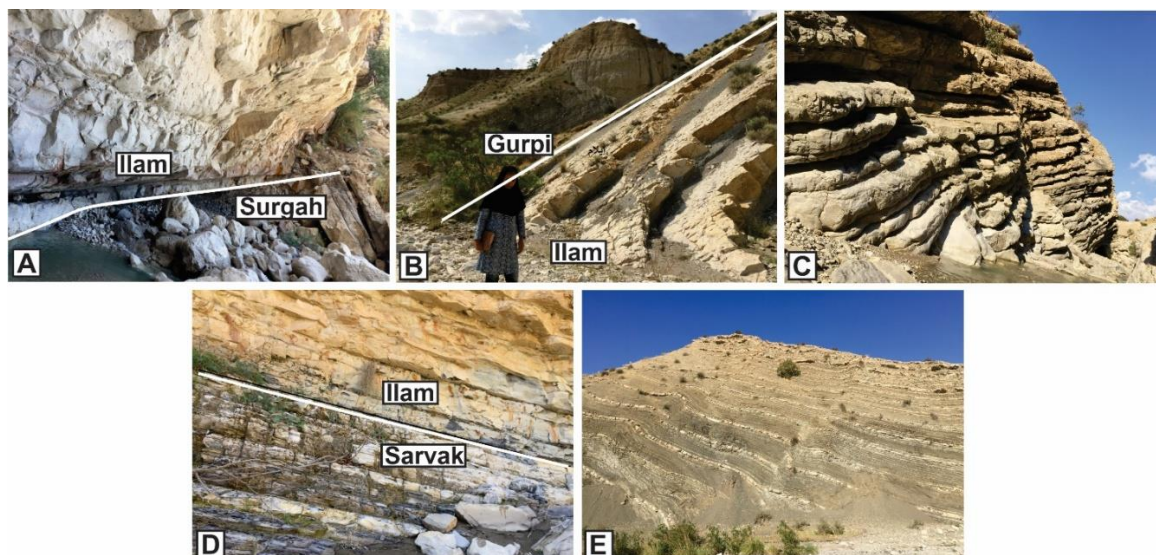
ابتدا بعد از بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و مروری بر مطالعات پیشین، در طی چند مرحله بازدید صحرایی در ریز پهنه لرستان، دو برش تنگ حمام و ازگله از سازند ایلام انتخاب شدند. نمونه‌برداری در این برش‌ها در فواصل منظم و با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکی لایه‌ها صورت گرفته است. البته در لایه‌هایی که خصوصیات سنگ‌شناسی و عوارض زمین‌شناسی تغییر کرده است، نمونه برداری در فواصل کمتر انجام شده است. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری به کارگاه تهیه مقاطع نازک ارسال شده‌اند. بعد از آماده‌سازی ۲۲۰ مقطع نازک میکروسکوپی از برش‌های ازگله و تنگ حمام، مقاطع با میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفتند. ۵۰ نمونه میکروسکوپی از خرده‌های حفاری چاه شماره ۱ میدان نفتی باباقیر نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعات پتروگرافی به انواع و درصد دانه‌های اسکلتی و غیراسکلتی و خصوصیات بافتی نمونه‌ها توجه شده است. در این مطالعه از طبقه بندی دانه‌ها [۳۱] برای تعیین رخساره‌های رسوبی سازند ایلام استفاده شده است. در ادامه با استفاده از مدل‌های رخساره‌ای استاندارد رید [۴۷] و فلوگل [۳۳] توزیع رخساره‌ها بررسی شده و یک مدل رسوبی برای

سازند ایلام پیشنهاد شده است. به منظور شناسایی دسته رخساره‌ها و آنالیز چینه‌نگاری سکانسی از رویکردهای ارائه شده توسط هانت و تاگر [۴۰] و کاتانونو [۲۶] استفاده شده است. برای شناسایی کانی‌های کلسیت و دولومیت نیمی از مقاطع با آلزاین قرمز رنگ آمیزی شده‌اند [۳۰]. در برش زیر سطحی چاه شماره یک باباقیر از تغییرات لاگ گاما نیز به عنوان یک ابزار کمکی برای بررسی محیط رسوبی و تغییرات سطح آب دریا استفاده شده است.



شکل ۱- (A) نقشه جغرافیایی ایران به همراه انواع پهنه‌های ساختاری (برگرفته از [۵۴])، (B) ریز پهنه لرستان به همراه ریز پهنه‌های دیگر

زاگرس [۵۳]، (C) موقعیت جغرافیایی برش‌های تنگ حمام، ازگل و میدان باباقیر در استان‌های کرمانشاه و ایلام



شکل ۲- (A) مرز سازندهای سورگاه و ایلام در برش تنگ حمام، (B) مرز سازندهای ایلام و گورپی در برش تنگ حمام (دید به سمت جنوب باختر)، (C) نمایی از سنگ آهک‌های سازند ایلام در برش تنگ حمام (دید به سمت شمال باختر)، (D) مرز سازندهای سورگاه و ایلام در برش ازگله، (E) نمایی از سنگ آهک‌های شیلی سازند ایلام در برش ازگله (دید به سمت جنوب باختر)

#### ۴- نتایج و بحث

#### ۴-۱ رخساره‌های میکروسکوپی

#### ۴-۱-۱ مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (MF1)

توصیف: این ریزرخساره در بعضی از نمونه‌ها دارای خرده‌های فرامینفر پلانکتونیک است. فرامینفرهای مشاهده شده کمتر از ده درصد هستند و معمولاً از نوع هتروهلکس، الیگوسترژینید، هدبرگولا و گلوبوترونکانا هستند. گاهی فرامینفرها خرد شده و به آسانی قابل شناسایی نیستند. بلورهای پیریت و مواد آلی در بعضی از نمونه‌ها قابل شناسایی است (شکل ۳A). تفسیر: به علت وجود گل آهکی فراوان و درصد پایین فرامینفرهای پلانکتونیک می‌توان تشکیل این ریزرخساره را به بخش‌های ژرف و کم انرژی حوضه رسوبی نسبت داد. این ریزرخساره با RMF5 و SMF3 [۳۳] قابل مقایسه است.

#### ۴-۱-۲ وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (MF2)

توصیف: اجزای اصلی این ریزرخساره، فرامینفرهای پلانکتون مثل هتروهلکس، گلوبی ژرینللوئیدس، هدبرگولا، آرکتوگلوبی ژرینا، پلنوگلوبولینا، دایکارینللا، رزیتافرینیکاتا و به ندرت میلیولید است. دانه‌های تشکیل دهنده این ریزرخساره دانه ریز، دارای جورشدگی متوسط تا خوب هستند. حجره‌های موجود در فرامینفرها معمولاً با سیمان کلسیتی و گاهی با بلورهای پیریت پر شده‌اند. دانه‌های بی‌شکل و مکعبی پیریت و همچنین دانه‌های فسفات و گلوکونیت در بعضی از نمونه‌ها در زمینه سنگ پراکنده هستند (شکل ۳B). در برش‌های سطحی ازگله و تنگ حمام، ساخت‌های رسوبی مثل دانه‌بندی تدریجی، آشفستگی زیستی و جریان‌های توریدایتی و در مقاطع نازک، آشفستگی زیستی در مقیاس میکروسکوپی درون این ریزرخساره قابل مشاهده است (شکل ۴).

تفسیر: شواهد پتروگرافی در این ریزرخساره مثل فراوانی گل کربناته، دانه ریز بودن اجزای موجود در ریزرخساره و حضور فرامینفرهای پلانکتونیک حوضه ژرف رسوبی برای رسوبگذاری این ریزرخساره پیشنهاد می‌شود. البته این ریزرخساره نسبت

به مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک در اعماق کمتر در بخش‌های ابتدایی حوضه ژرف تشکیل شده و مطابق با RMF2 و SMF3 [۳۳] می باشد.

#### ۴-۱-۳ و کستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوسترینید (MF3)

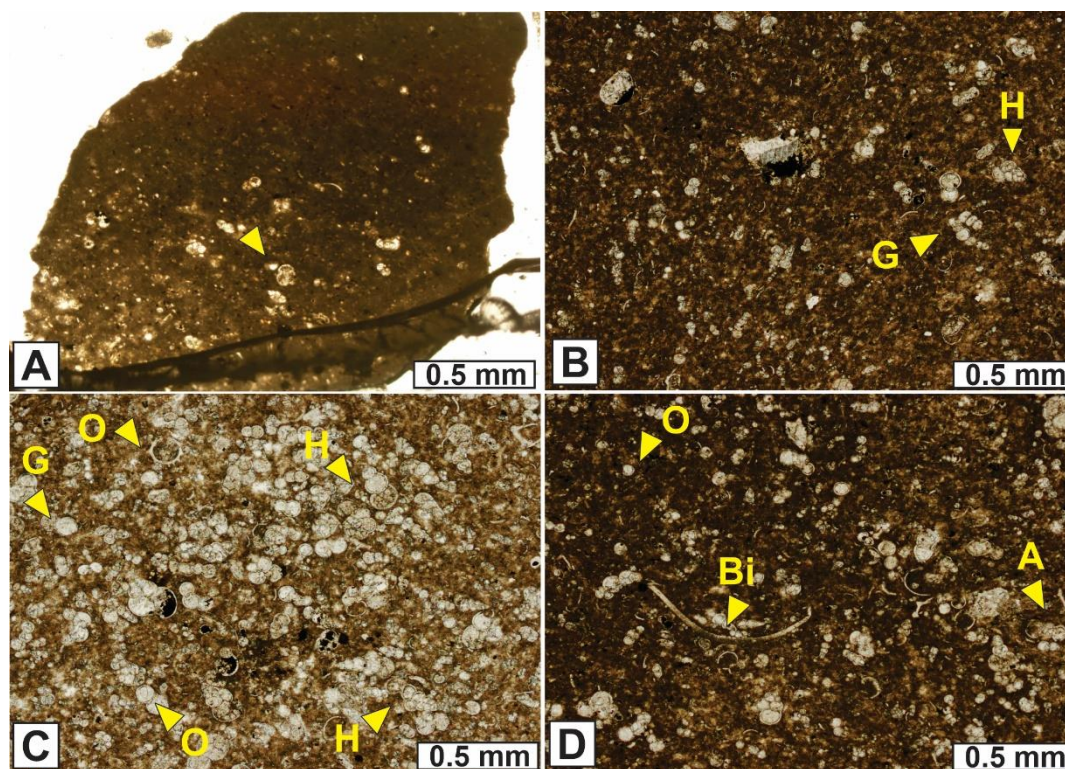
توصیف: در این ریزرخساره فرامینفرهای پلانکتونیک مثل هتروهلکس، هدبرگرلا، گلوبوترونکانا، گلوبی ژرینلوئیدس، پلنگوبولینا، دایکارینلا و گلوبی ژرینلوئیدس با جورشدگی متوسط از درصد قابل توجهی برخوردار هستند. همچنین درصد الیگوسترینیدها در این ریزرخساره افزایش یافته است. در بعضی از نمونه‌های اجزای اسکلتی خرده شده به عنوان اجزای فرعی قابل شناسایی هستند. در این ریزرخساره حضور مواد آلی و پیریت کاملاً مشهود است (شکل ۳C). در برش‌های سطحی مطالعه شده، ساخت‌های رسوبی مختلف مثل دانه‌بندی تدریجی، آشفته‌گی زیستی، زوج لامینه‌های دانه درشت و دانه ریز و جریان‌های توریدایتی درون توالی‌های آهکی مربوط به این ریزرخساره‌ها مشاهده شده‌اند. از طرفی ساخت‌هایی مثل آشفته‌گی زیستی و سطوح فرسایشی درون مقاطع میکروسکوپی مربوط به این ریزرخساره نیز شناسایی شده‌اند (شکل ۴).

تفسیر: این ریزرخساره متعلق به بخش‌های ژرف رمپ بیرونی بوده و مطابق با RMF3 و SMF4 [۳۳] در نظر گرفته می‌شود، زیرا فراوانی فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوسترینیدها به محیط‌های عمیق با انرژی رسوبگذاری پایین اشاره دارد. ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در رخنمون نیز شواهدی از کاهش تدریجی انرژی را نشان داده و تشکیل این ریزرخساره را در این محیط رسوبی تایید می‌کنند.

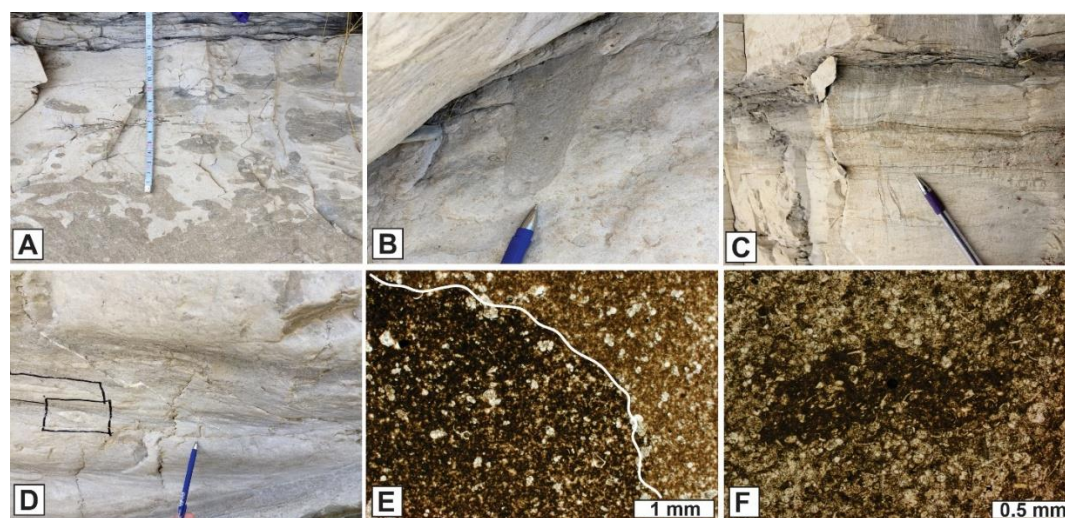
#### ۴-۱-۴ و کستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و خرده‌های اسکلتی (MF4)

توصیف: در این ریزرخساره فرامینفرهای پلانکتونیک مثل هتروهلکس، الیگوسترینید، هدبرگرلا، آرکتوگلوبی‌ژرینا، گلوبوترونکانا، گلوبی ژرینلوئیدس، پلنگوبولینا و خرده‌های اسکلتی دوکفه‌ای و خارپوست از اجزای اصلی محسوب می‌شوند. روتالیا، تکستولاریا، استراکود و میلیولید از فرامینفرهای بتیک در این ریزرخساره هستند که درصد بسیار کمی دارند. جورشدگی در این ریزرخساره متوسط تا خوب است. دانه‌های پیریت و فسفات نیز در زمینه سنگ مشاهده می‌شوند و یا به صورت جانشینی در اجزای اسکلتی تشکیل شده‌اند (شکل ۳D). در توالی‌های آهکی متعلق به این ریزرخساره در برش‌های سطحی چند ساخت رسوبی مثل دانه‌بندی تدریجی، سطوح فرسایشی، آشفته‌گی زیستی، زوج لامینه‌های دانه درشت و دانه ریز و جریان‌های توریدایتی و در مقیاس میکروسکوپی ساخت‌های آشفته‌گی زیستی و سطح فرسایشی شناسایی شده‌اند (شکل ۴).

تفسیر: با توجه به خصوصیات موجود، این ریزرخساره در بخش‌های ابتدایی حوضه ژرف رسوبی و مطابق با RMF3 و SMF5 [۳۳] تشکیل شده است. وجود خرده‌های اسکلتی نشان می‌دهد که این ریزرخساره نسبت به ریزرخساره‌های MF1، MF2 و MF3 در اعماق کمتری رسوبگذاری کرده است. از آنجا که این خرده‌های اسکلتی اندازه کوچکی داشته و همراه فرامینفرهای پلانکتونیک مشاهده می‌شوند، و همچنین با توجه به وجود فسفات و پیریت و ساخت‌های رسوبی موجود در رخنمون در نهایت باید گفت MF4 در بخش‌های ابتدایی حوضه ژرف رسوبی تشکیل شده است.



شکل ۳- (A) ریزرخساره مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (XPL) ژرفا ۱۳۷۰ متری چاه شماره یک میدان نفتی باباقر، (B) ریزرخساره وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (هتروهلکس (H)، گلوبی ژرینلولوئیدس (G)) (XPL)، (C) وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (هتروهلکس (H)، الیگوستزینید (O)) (XPL)، (D) ریزرخساره وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و خرده‌های اسکلتی (آرکتوگلوبی ژرینا (A)، الیگوستزینید (O)، خرده دوکفه‌ای (Bi)) (XPL)



شکل ۴- ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در سازند ایلام. (A) دانه‌بندی تدریجی در برش ازگله، (B) آشفتگی زیستی در برش تنگ حمام، (C) لامینه‌های دانه درشت و دانه ریز در برش ازگله، (D) جریان‌های توربیدیتی در برش تنگ حمام، (E) سطح فرسایشی در مقیاس میکروسکوپی در ریزرخساره وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوستزینید (XPL)، (F) آشفتگی زیستی در مقیاس میکروسکوپی در ریزرخساره وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (XPL)

## ۴-۲ محیط رسوبگذاری

خصوصیات بافتی رسوبات تولید شده، وجود یا نبود رسوبات لغزشی و ریزشی و انرژی غالب هیدرودینامیکی از عوامل موثر در شناسایی نوع پلتفرم کربناته در زمان رسوبگذاری سازند ایلام هستند. از آنجا که رخساره‌های تفکیک شده در سازند ایلام بیشتر در اندازه سیلت و رس بوده، فسیل‌های چارچوب ساز و ریف ساز و همچنین دانه‌هایی مثل پیزوئید و کورتوئید در آنها مشاهده نمی‌شود و از طرفی تغییرات رخساره‌ای در این توالی‌ها به صورت تدریجی انجام شده است، محیط رسوبگذاری سازند ایلام در این مطالعه به یک رمپ کربناته با بخش انتهایی شیب‌دار نسبت داده می‌شود. با توجه به تقسیم‌بندی [۲۵] رمپ کربناته به بخش‌های رمپ داخلی، میانی، بیرونی و حوضه قابل تفکیک است. با توجه به نوع ریزرخساره‌های شناسایی شده، رسوبگذاری سازند ایلام در رمپ بیرونی یک پلتفرم کربناته در زیر قاعده امواج نرمال و تحت رژیم هیدرودینامیکی با انرژی پایین صورت گرفته است (شکل ۵). وجود دانه‌های غیر اسکلتی گلوکونیت، پیریت و وجود مواد آلی نشان‌دهنده شرایط کم اکسیژن در محیط‌های نیمه ژرف تا ژرف است [۴۴، ۲۸].

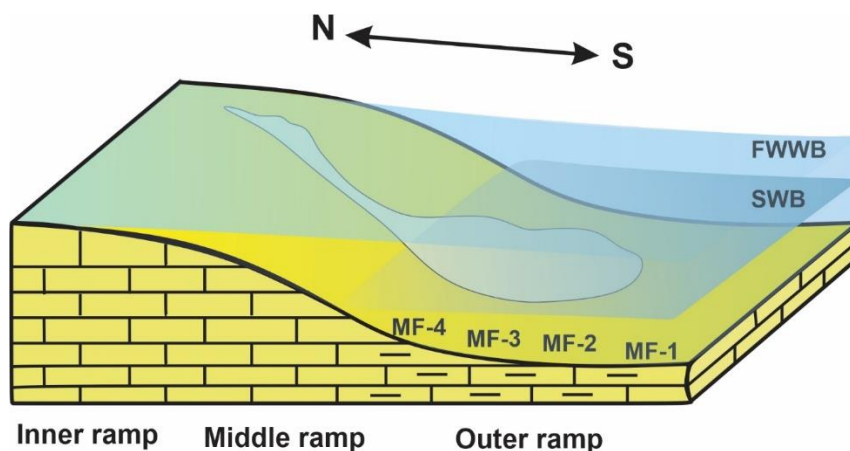
ساخت‌های رسوبی شناسایی شده در سازند ایلام بیانگر تاثیر جریان‌های گرانشی نسبتاً ژرف بر روی رسوبات سازند ایلام است. در واقع وجود سطوح فرسایشی و دانه‌بندی تدریجی به ترتیب بیانگر افزایش ناگهانی انرژی جریان‌های گرانشی مثل جریان‌های توربیدیتی و کاهش انرژی این جریان‌ها است. از طرفی وجود لامینه‌های دانه درشت و دانه ریز نیز به تناوب جریان‌های گرانشی و کشتی اشاره دارد [۲۴، ۴۷، ۴۶، ۲۹]. در بعضی از ریزرخساره‌ها، آمیختگی فرامینفرهای پلانکتونیک با خرده‌های اسکلتی بتیک حاکی از جابجایی و حمل و نقل دانه‌های اسکلتی کم ژرفا توسط جریان‌های زیردریایی به سمت مناطق کم ژرفا در حاشیه پلتفرم است. آشفتگی زیستی در بعضی از ریزرخساره‌ها نیز به تاثیر این جریان‌ها اشاره دارد [۵۰، ۵۲]. بنابراین با توجه به ستبرای زیاد رسوبات دانه ریز و آرژیلیتی در سازند ایلام و تشکیل این ساخت‌های رسوبی می‌توان گفت ریزرخساره MF1 در بخش‌های ژرف رمپ و ریزرخساره‌های MF2 تا MF4 در پاشنه شیب رسوبگذاری کرده‌اند. فرامینفرهای پلانکتونیک شناسایی شده در سازند ایلام نیز بیانگر شرایط الیگوتروف و آب‌هایی با ژرفای بیش از ۱۰۰ متر هستند [۷، ۸].

ایجاد جریان‌های گرانشی معمولاً به تغییرات سطح آب دریا و آب و هوا، ناپایداری و شکست رسوبات حاشیه پلتفرم در بخش بالایی شیب، نرخ تولید کربنات، فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی و تاثیر فرآیندهای ژئودینامیکی نسبت داده می‌شود [۴۸، ۳۶]. در کرتاسه پسین شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب استوایی در ناحیه زاگرس غالب بوده است [۴۵، ۲۰]. از طرفی تحقیقات انجام شده بر منحنی جهانی تغییرات سطح آب دریا در کرتاسه پسین بیانگر چندین مرتبه افت سطح آب کوتاه مدت در آن زمان است [۳۷]. ترکیب دو عامل مهم آب و هوا و نوسانات سطح آب دریا می‌تواند در افزایش بار رسوبی و به نوبه آن تولید جریان‌های گرانشی موثر بوده باشد. در حواشی ریز پهنه لرستان وجود گسل‌های زاگرس مرتفع، بالارود و پیشانی کوهستان بیانگر یک زمین ساخت فعال در منطقه است. نقش این گسل‌ها در تغییر توپوگرافی و شیب پلتفرم‌های کربناته و جابجایی رسوبات گرانشی انکار ناپذیر است. همچنین براساس مطالعات صورت گرفته ثابت شده است که فازهای کشتی ناحیه‌ای در انتقال رسوبات حاشیه پلتفرم به مناطق ژرف‌تر و حفظ رسوبات کربناته گرانشی نقش بسزایی دارد [۲۳]. رسوبگذاری سازند ایلام در حوضه رسوبگذاری زاگرس در بازه زمانی کنیاسین-سانتوین همراه با تشکیل حوضه‌های خمشی در سمت هیتزلند و فعالیت دوباره گسل‌های ژرف در سمت پیش خشکی بوده است [۲۱].

همانطور که گفته شد، تغییرات رخساره‌ای سازند ایلام و در نتیجه تغییر محیط رسوبگذاری این سازند در بخش‌های مختلف زاگرس قابل توجه است. در جنوب گسل بالارود در فروافتادگی دزفول و دشت آبادان، محیط رسوبی این سازند کم عمق‌تر



و معمولاً بازه سنی آن قدیمی تر می‌شود. در واقع در جنوب گسل بالارود با کاهش فضای رسوبگذاری رخساره‌های رمپ داخلی و رمپ میانی نیز گسترش پیدا کرده‌اند [۶، ۴۲].



شکل ۵- مدل رسوبی سازند ایلام (رمپ بیرونی پلتفرم کربناته) در برش‌های تنگ حمام، ازگله و چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر

#### ۴-۳ چینه‌نگاری سکansı و تکامل پلتفرم کربناته

الگوی برانبارش لایه‌ها و تکامل پلتفرم کربناته به برهم‌کنش عوامل مختلف درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای مثل نوسانات سطح آب دریا، میزان فضای رسوبگذاری، نرخ تولید کربنات، فعالیت‌های تکتونیکی و تغییرات اقلیمی وابسته است [۳۵، ۲۷]. به منظور تعیین سکانس‌های رسوبی و مرزهای سکansı در سازند ایلام از نتایج آنالیز ریزرخساره‌ها، عوارض زمین‌شناسی مشاهده شده در رخنمون‌ها و تغییرات لاگ گاما در برش زیرسطحی استفاده شده است. بر این اساس در هر کدام از برش‌های مورد مطالعه یک سکانس رسوبی رده سوم شناسایی شده است (شکل ۶ و ۷). با توجه به اینکه سازند ایلام در بخش‌های ژرف رمپ کربناته نهشته شده است، تفکیک دسته رخساره‌های تراز بالا و تراز پایین امکان‌پذیر نمی‌باشد و بنابراین در این مطالعه برای تحلیل چینه‌نگاری سکansı از روش دسته رخساره‌های پیش‌رونده-پس‌رونده (RST-TST) استفاده شده است [۳۲].

سازند ایلام در برش‌های مورد مطالعه تاکنون از دیدگاه زیست چینه‌نگاری به طور دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته است. در چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر مغزه‌گیری به طور کامل انجام نشده و سن سازند ایلام با توجه به میداین نفتی مجاور به کنیاسین-سانتونین [۶] نسبت داده می‌شود. برش‌های سطحی تنگ حمام و ازگله نیز با توجه به مطالعات سنی انجام شده در تاقدیس‌های سورگاه و کبیرکوه [۱] در ریز پهنه لرستان که در نزدیکی آنها قرار دارند، در بازه زمانی سانتونین پیشین تا کامپانین میانی رسوبگذاری کرده‌اند. بنابراین با توجه به این فواصل زمانی، حوضه رسوبگذاری سازند ایلام در زمان کنیاسین در محل چاه باباقیر در حال گسترش بوده است، اما در محل برش‌های ازگله و تنگ حمام از آب خارج بوده است. عدم رسوبگذاری سازند سورگاه در برش ازگله نشان می‌دهد که این ناپیوستگی در آن محل گسترده‌تر بوده است. در سانتونین رسوبگذاری در هر سه برش ادامه داشته است اما با شروع کامپانین رسوبگذاری در محل چاه باباقیر متوقف شده است. در برش‌های باباقیر و تنگ حمام سازند ایلام بر روی سازند سورگاه و در برش ازگله بر روی سازند سروک قرار گرفته است. در هر سه برش، سازند ایلام توسط شیل‌های تیره سازند گورپی پوشیده شده است. با توجه به وجود ناپیوستگی فرسایشی بین سازند ایلام و سازندهای کهن‌تر و نوین‌تر، مرزهای سکansı در این برش‌ها از نوع اول (SB-I) هستند. وجود ندول‌های هماتیت در ابتدای شروع سازند ایلام در برش‌های تنگ حمام و ازگله (شکل ۸A) به این مساله اشاره دارد.

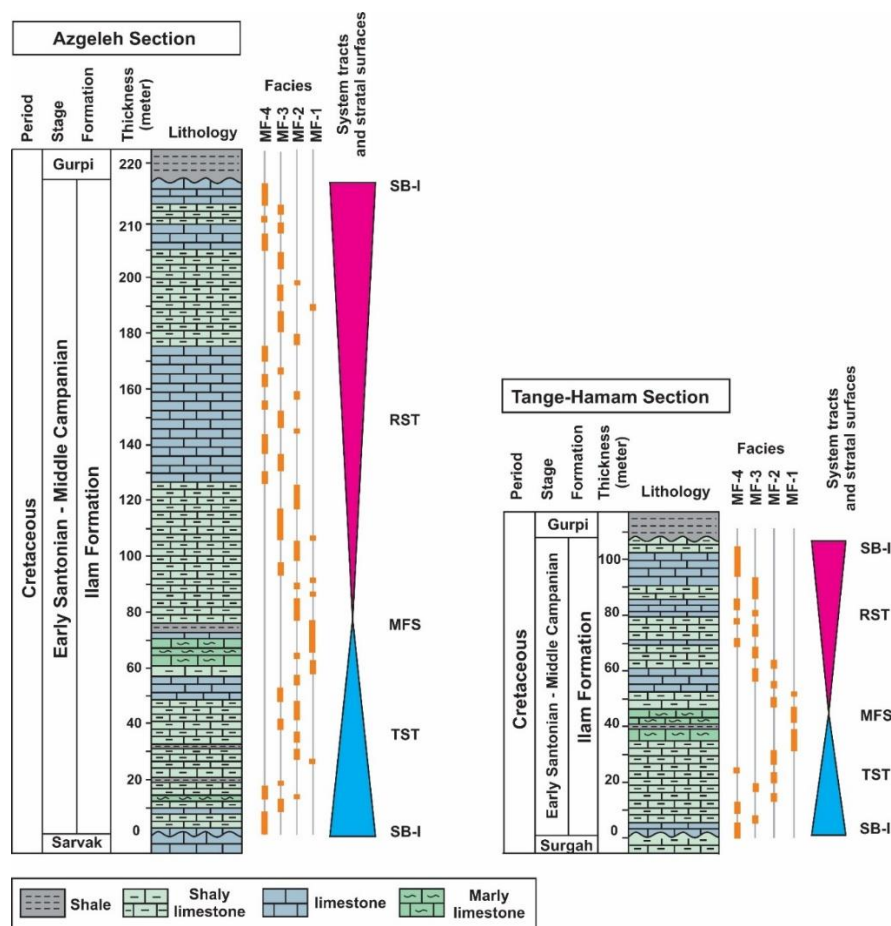
سکانس رده سوم در سازند ایلام از یک دسته رخساره پیشرونده (TST) و یک دسته رخساره پسرونده (RST) تشکیل شده است. دسته رخساره پیشرونده در چاه باباقیر، برش تنگ حمام و ازگله به ترتیب دارای ستبرای ۵۲، ۴۴ و ۷۸ متر است. در هر سه برش، شروع این دسته رخساره با ریزرخساره‌های وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و خرده‌های اسکلتی مشخص می‌شود. در ادامه در یک روند پیشرونده و تکرار غالب ریزرخساره‌های وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوسترینید در پاشنه شیب این دسته رخساره با ریزرخساره مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک به انتها می‌رسد. گسترش این ریزرخساره معادل با سطح حداکثر گسترش آب دریا (MFS) می‌باشد. این سطح در چاه باباقیر با افزایش نسبی مقدار لاگ گاما و افزایش دانه‌های پیریت و مواد آلی در مقاطع نازک میکروسکوپی مشخص می‌شود. در برش تنگ حمام و ازگله لایه‌های آهکی معادل با سطح حداکثر گسترش آب دریا به علت کاهش نرخ رسوبگذاری نازک لایه هستند و لایه‌های شیلی تیره رنگ (شکل ۸B) در آنها افزایش پیدا کرده است. این مساله نشان‌دهنده بیشترین پیشروی خط ساحلی به سمت خشکی است. در برش ازگله اثر فسیل ژئوفیکوس با ابعاد قابل توجه حضور دارد (شکل ۸C). تشکیل این اثر فسیل در شرایط احیایی تا نیمه احیایی و بسترهای دانه ریز و ژرف دریایی و زمانی که همزمان با افزایش سطح آب دریا نرخ رسوبگذاری کاهش یافته است افزایش پیدا می‌کند [۴۳، ۱۹]. افزایش فضای رسوبگذاری برای تشکیل دسته رخساره پیشرونده در ریز پهنه لرستان می‌تواند با عملکرد گسل بالارود که از کنیاسین فعال بوده و افت ساختمانی حد فاصل فروافتادگی دزفول همراه باشد [۱۸، ۵۱]. کاهش ستبرای برش تنگ حمام نسبت به دو برش دیگر که در بخش‌های پایینی ریز پهنه لرستان تشکیل شده می‌تواند ناشی از عملکرد همین گسل باشد.

دسته رخساره پسرونده در برش‌های چاه باباقیر، تنگ حمام و ازگله به ترتیب دارای ستبرای ۱۰۱، ۶۳ و ۱۴۰ متر است. بعد از حداکثر گسترش پیشروی سطح آب دریا، سرعت بالا رفتن سطح آب دریا کم می‌شود و نرخ بالا آمدگی سطح آب دریا نسبت به نرخ رسوبگذاری اندکی افزایش پیدا می‌کند. ریزرخساره‌های شناسایی شده در ابتدای این دسته رخساره بیشتر از نوع مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک است، اما به سمت بالا و با ادامه روند پسروی، درصد و تنوع فرامینفرهای بتتیک و خرده‌های اسکلتی در سازند ایلام افزایش پیدا می‌کند. ستبرای لایه‌ها معمولاً نسبت به لایه‌های موجود در دسته رخساره پیشرونده بیشتر است (شکل ۸D). توالی‌های سازند ایلام در دسته رخساره پسرونده با ریزرخساره‌های بالای پاشنه شیب به انتها می‌رسند. در چاه باباقیر میزان لاگ گاما در بخش‌های بالایی توالی، مقادیر کمتری را ثبت کرده است که این مساله نشان‌دهنده کاهش شیل و مواد آلی در راستای جایگزینی محیط پاشنه شیب به جای حوضه می‌باشد.

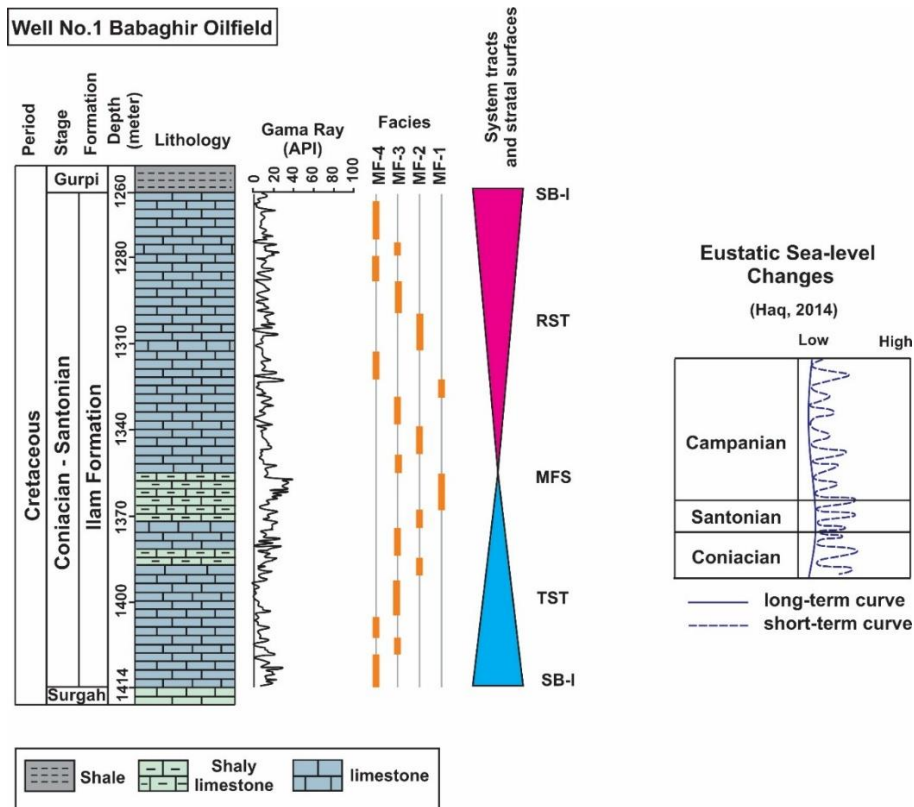
در ریزپهنه‌های دیگر زاگرس مثل فروافتادگی دزفول و دشت آبادان، به علت گسترش رخساره‌های رمپ داخلی تا رمپ بیرونی، تغییرات سطح آب دریا نوسانات بیشتری نشان می‌دهد. در بعضی از برش‌های سطحی و زیرسطحی که رخساره‌های رمپ داخلی فراوان‌تر هستند و شواهد کاهش سطح آب دریا با توجه به مشاهدات پتروگرافی، پتروفیزیکی و فرآیندهای دیاژنزی قوی‌تر است، در زمان جابجایی خط ساحلی به سمت حوضه، دسته رخساره‌های تراز بالا تشکیل شده‌اند [۴، ۹، ۶، ۴۲]. اما در ریزپهنه لرستان نوسانات سطح آب دریا تنها محدود به محیط‌های عمیق رمپ کربناته است.

با توجه به مطالعات جغرافیای دیرینه، حوضه کرتاسه پسین زاگرس در نزدیکی عرض‌های جغرافیایی استوایی تشکیل شده و رسوبات تشکیل شده در آن تحت تاثیر آب و هوای گرم و مرطوب قرار داشته‌اند [۳۸]. در مطالعات ژئوشیمیایی نیز

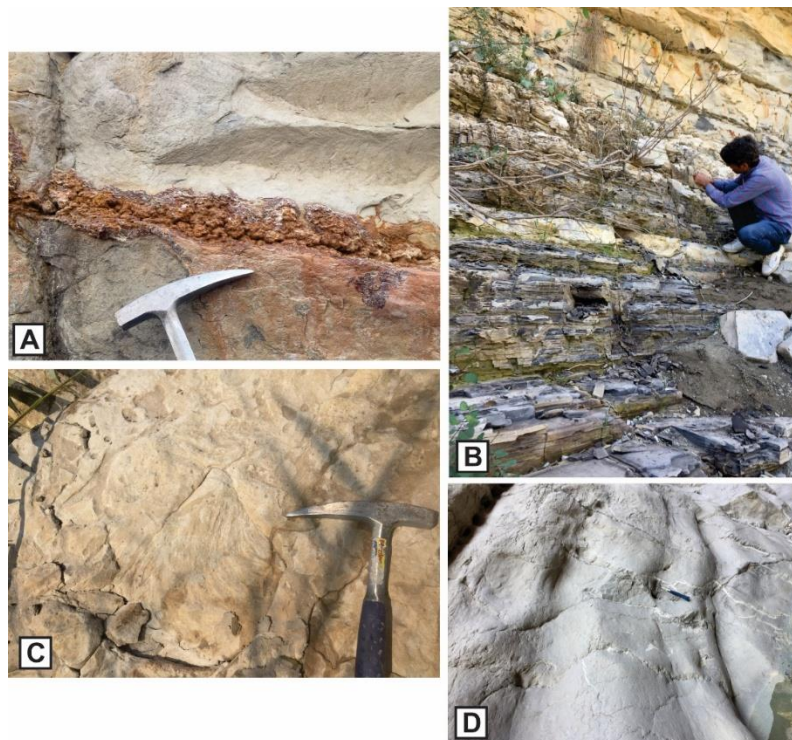
مشخص شده است که در زمان رسوبگذاری سازند ایلام ترکیب آب دریا آراگونیتی و در نتیجه یک شرایط آب و هوایی گرم در منطقه غالب بوده است [۱۰، ۱۶]. این شرایط آب و هوایی گرم که با کاهش یخسارها همراه بود است، به احتمال زیاد در راستای فعالیت‌های زمین‌ساختی در افزایش سطح آب دریا و ژرف شدن حوضه در زمان رسوبگذاری سازند ایلام موثر بوده است. ذکر این نکته ضرورت دارد که در طی تکامل تکتونیکی اقیانوس نئوتتیس، فرورانش لیتوسفر اقیانوسی و فرارانش افیولیت در شمال خاوری صفحه عربی در اواخر تریاس تا اواخر کرتاسه منجر به تشکیل یک حوضه خمیده شده و با بسته شدن حوضه‌های پشت کمانی نئوتتیس در کرتاسه پسین تا میوسن پسین، بقایای اقیانوس نئوتتیس به عنوان یک حوضه جلوی کمانی با پهنای کم به محلی برای رسوبگذاری توالی‌های این زمان تبدیل شده است [۳۴]. در منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا در کرتاسه پسین [۳۷] چندین پیشروی و پسروی در این زمان ثبت شده است (شکل ۷). اما نوسانات سطح آب دریا در برش‌های مورد مطالعه شده نسبت به نوسانات جهانی سطح آب دریا در کرتاسه پسین کمتر است، زیرا سازند ایلام در این مطالعه تنها در رمپ بیرونی گسترش داشته است. بنابراین با تلفیق داده‌های جغرافیای دیرینه و تغییرات سطح آب دریا مشخص می‌شود که تشکیل توالی‌های سازند ایلام و تکامل پلتفرم کربناته در کرتاسه پسین لرستان تا حد زیادی با عوامل برون حوضه‌ای در ارتباط بوده است، اگرچه عوامل درون حوضه‌ای به صورت محلی نیز در تغییرات سطح آب دریا، فضای رسوبگذاری و تشکیل جریان‌های گرانشی موثر بوده‌اند.



شکل ۶ - توزیع رخساره‌ها و چین‌نگاری سکانسی سازند ایلام در برش‌های ازگله و تنگ حمام



شکل ۷ - توزیع رخساره‌ها و چین‌نگاری سکansı سازند ایلام در چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر و منحنی جهانی تغییرات سطح آب دریا از کنیاسین تا کامپانین [۳۷]



شکل ۸ - (A) ندول‌های هماتیت در ابتدای سازند ایلام در برش تنگ حمام، (B) افزایش لایه‌های شیلی نازک لایه در نزدیکی حداکثر سطح پیشروی دریا در برش ازگله، (C) اثر فسیل ژئوفیکوس در برش ازگله، (D) افزایش سبترای سنگ آهک‌های سازند ایلام در دسته رخساره تراز بالا در برش ازگله

## ۵- نتیجه گیری

در این مطالعه سازند کربناته ایلام به سن کرتاسه پسین در ریز پهنه لرستان در چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر (۱۵۳ متر)، برش تنگ حمام (۱۰۷ متر) و برش ازگله (۲۱۸ متر) از دیدگاه محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج زیر به دست آمده است:

براساس مشاهدات پتروگرافی، چهار ریزرخساره مادستون تا مادستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (MF1)، وکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک (MF2)، وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و الیگوسترینید (MF3) و وکستون-پکستون دارای فرامینفرهای پلانکتونیک و خرده‌های اسکلتی (MF4) در این سازند شناسایی شده‌اند. تغییرات رخساره‌ای در این سازند محدود بوده و با توجه به خصوصیات بافتی، رسوبگذاری سازند ایلام در یک رمپ کربناته شیب‌دار و در بخش رمپ بیرونی آن صورت گرفته است. وجود شواهدی از جریان‌های گرانشی مثل جریان‌های توریداپتی، آشفتگی زیستی، سطوح فرسایشی و لامینه‌های دانه درشت و دانه ریز در سازند ایلام نشان داده است که ریزرخساره‌های MF2 تا MF4 در پاشنه شیب این رمپ رسوبگذاری کرده‌اند.

تحلیل چینه‌نگاری سکانسی در سازند ایلام منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم در کنیاسین-سانتونین در چاه شماره یک میدان نفتی باباقیر و سانتونین پایینی-کامپانین میانی در برش‌های ازگله و تنگ حمام شده است. این سکانس دارای یک دسته رخساره پیشرونده و یک دسته رخساره پسرونده است. دسته رخساره پیشرونده با تغییر روند کلی ریزرخساره‌ها از پاشنه شیب به سمت حوضه و کاهش ستبرای لایه‌ها و دسته رخساره پسرونده با جایگزینی ریزرخساره‌های پاشنه شیب به جای ریزرخساره‌های حوضه، کاهش مواد آلی و افزایش نسبی ستبرای لایه‌ها مشخص می‌شود.

با توجه به موقعیت جغرافیای دیرینه زاگرس در کرتاسه پسین، تکامل پلتفرم کربناته سازند ایلام در ریز پهنه لرستان تا حد زیادی با فرآیندهای برون حوضه‌ای مثل شروع بسته شدن اقیانوس نئوتتیس و غلبه آب و هوای گرم کرتاسه پسین همراه بوده است. اما با توجه به نوسانات کمتر سطح آب دریا نسبت به منحنی جهانی سطح آب دریا در کرتاسه پسین و تاثیر گسل بالارود در ریزپهنه لرستان که در تغییر ستبرای برش‌های مورد مطالعه و تامین فضای رسوبگذاری موثر بوده است باید گفت رویدادهای محلی نیز در تکامل پلتفرم کربناته سازند ایلام موثر بوده‌اند.

## تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح پژوهشی ۳/۴۹۳۲۷ انجام شده است. نویسندگان از مدیریت اکتشاف جهت همکاری و در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز تشکر می‌کنند. همچنین از داوران مقاله آقای دکتر پیمان رضایی (دانشیار دانشگاه هرمزگان)، خانم دکتر الهه ستاری (مدیر اجرایی و مدیر داخلی مجله زمین شناسی نفت ایران) تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

- [۱] اسدی، ب.، ۱۳۹۳، لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند ایلام در تاقدیس‌های کبیرکوه و سورگاه: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۶۴ صفحه.
- [۲] اکبری بس‌کلایه، ن.، ۱۳۸۰، بیواستراتیگرافی و لیتواستراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در ناحیه جنوبی فرفواتادگی دزفول (خارک-کوه میش): پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۲۰۷ صفحه.

- [۳] امیری بختیار، ح.، ۱۳۷۰، تفسیر بیواستراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در منطقه ایذه (شمال شرق خوزستان) و مقایسه آن با منطقه سمیرم: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۲۳۱ صفحه.
- [۴] امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.، ۱۴۰۰، چینه شناسی زاگرس: جلد دوم، مزوزوئیک، انتشارات تر آوا، ۴۶۸ صفحه.
- [۵] ایزدی مزیدی، ا.، ۱۳۹۳، تعیین نوع سنگ مخزن با استفاده از داده های زمین شناسی، پتروفیزیکی و مخزنی در گروه بنگستان، میدان اهواز: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان.
- [۶] بخشی، ا.، ۱۴۰۰، محیط رسوبی، دیاژنز، چینه نگاری سکانشی و بررسی کیفیت مخزنی سازند ایلام در دو طرف گسل های بالارود و پیشانی کوهستان (جنوب ناحیه لرستان و شمال دزفول شمالی): پایان نامه دکترا، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۳۴ صفحه.
- [۷] بهلولی، ا.، ۱۳۹۹، ریز زیست چینه نگاری و بوم شناسی دیرینه سازند ایلام در برش کوه سورگاه براساس فرامینفرهای پلانکتونیک، حوضه رسوبی زاگرس: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۵۳ صفحه.
- [۸] چهارده چریک، غ.، ۱۳۸۵، زیست چینه نگاری سکانشی سازند ایلام (مقطع تیپ) براساس فرامینفرهای پلانکتونیک جنوب شرقی ایلام: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۲۲ صفحه.
- [۹] خدائی، ن.، رضایی، پ.، هنرمند، ج.، عبدلهی فرد، ا.، ۱۳۹۹، تحلیل ریزرخساره ها، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانشی سازند ایلام (کنیاسین؟- سانتونین) در شمال باختری دشت آبادان. پژوهش های چینه نگاری سکانشی و رسوب شناسی ۳۶، ۱۰۹-۱۳۴.
- [۱۰] رحمانی زاده، ح.، ۱۳۸۸، محیط رسوبی و ژئوشیمی سازند ایلام در کوه سورگاه و مقایسه آن با برش سیاه کوه (ایلام): پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۰۳ صفحه.
- [۱۱] روشن پور، ع.، ۱۳۹۵، زیست چینه نگاری روزن بران سازند ایلام در تاقدیس چناره، شمال غرب اندیمشک: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.
- [۱۲] زینل زاده، ا.، ۱۳۷۹، تاریخچه تدفین و مدلسازی حرارتی سازندهای گروه خامی، بنگستان و دهرم در ناحیه فارس: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- [۱۳] عباساقتی، ف.، امیدپور، ا.، ۱۴۰۱، بررسی تغییرات مداری آب و هوایی و نرخ رسوبگذاری در سازند ایلام در میدان نفتی کوپال، فروافتادگی دزفول: مجله زمین شناسی نفت ایران ۲۳، ۸۹-۱۰۵.
- [۱۴] علیجانی، ح.، ۱۳۹۰، محیط رسوبی، دیاژنز و ژئوشیمی سازند ایلام کوه شاهنخجیر (جنوب ایلام): پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۱ صفحه.
- [۱۵] غربی وزرقانی، س.، ۱۳۹۳، میکروفاسیس، محیط رسوبی و ژئوشیمی سازند ایلام در میدان نفتی آزادگان: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۷ صفحه.
- [۱۶] فولادوند، ر.، ۱۴۰۱، چینه نگاری سکانشی، تاریخچه رسوبگذاری، دیاژنز و مدلسازی هتروژنیته سازند ایلام در برخی از میداین بخش جنوبی فروافتادگی دزفول شمالی: رساله دکترا، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۴۲ صفحه.
- [۱۷] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، چینه شناسی زاگرس، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه.
- [۱۸] مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین شناسی نفت زاگرس: طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، انتشارات زمین شناسی ایران، ۱۰۰۹ صفحه.
- [19] ABASAGHI, F., MAHBOUBI, A., MAHMOUDI GHARAEI, M.H., and KHANEHBAD, M., 2020, Occurrence of Zoophycos in the Ruteh Formation, Middle Permian (Guadalupian), Central Alborz, Iran: palaeoenvironmental and sequence stratigraphy implications: *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, **298**, 285-309.
- [20] ABDOLAH, A., BAHREHVAR, M., MEHRABI, H., OMIDVAR, M., KADKHODAEI, A., and WOOD, D.A., 2024, Paleoclimate changes across the Cenomanian-Santonian transition at the southern Neo-Tethys margin (SW Iran): An integrated approach: *Gondwana Research*, **131**, 208-236.
- [21] ABDOLLAHI FARD, I., SHERKATI, S., MCCLAY, K., and HAQ, B.U., 2019, Tectono-Sedimentary Evolution of the Iranian Zagros in a Global Context and Its Impact on Petroleum Habitats. In: Farzipour Saein, A., (ed.), tectonic and structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt: *Developments in Structural Geology and Tectonics*, **3**, 17-28.
- [22] ASADI MEHMANDOSTI, E., 2022, Variation of geochemical data and sedimentary characteristics in the Upper Cretaceous Ilam Formation, a case study from southwest Iran: *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **103**, 71-93.
- [23] BASILONE, L., SULLI, A., and MORTICELLI, M.G., 2016, The relationships between soft-sediment deformation structures and synsedimentary extensional tectonics in Upper Triassic deep-water carbonate succession (Southern Tethyan rifted continental margin-Central Sicily): *Sedimentary Geology*, **344**, 310-322.

- [24] BORNHOLD, B.D., REN, P., and PRIOR, D.B., 1994, High-frequency turbidity currents in British Columbia fjords: *Geo-Marine Letters*, **14**, 238–243.
- [25] BURCHETTE, T.P. and WRIGHT, V.P., 1992, Carbonate ramp depositional systems: *Sedimentary Geology*, **79**, 3–57.
- [26] CATUNEANU, O., GALLOWAY, W.E., KENDALL, C.G.S.C., MIALL, A.D., POSAMENTIER, H.W., STRASSER, A., and TUCKER, M.E., 2011, Sequence Stratigraphy: Methodology and Nomenclature: *Newsletters on Stratigraphy*, **44**, 173–245.
- [27] CATUNEANU, O., 2019, Scale in sequence stratigraphy: *Marine and Petroleum Geology*, **106**, 128–159.
- [28] CHAFETZ, H.S., 2007, Paragenesis of the Morgan Creek Limestone, Late Cambrian, central Texas: Constraints on the formation of glauconite: *Deep-Sea Research II*, **54**, 1350–1363.
- [29] CREASER, A., HERNÁNDEZ-MOLINA, F., BADALINI, G., THOMPSON, P., WALKER, R., SOTO, M., and CONTI, B., 2017, A late cretaceous mixed (turbidite-contourite) system along the Uruguayan margin: Sedimentary and paleoceanographic implications: *Marine Geology*, **390**, 234–253.
- [30] DICKSON, J.A.D., 1966, Carbonate identification and genesis as revealed by staining: *Journal of Sedimentary Research*, **36**, 491–505.
- [31] DUNHAM, R., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks: *American Association Petroleum Geology*, 121 pp.
- [32] EMBRY, A.F., and JOHANNESSEN, E.P., 1992, T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada: *Norwegian Petroleum Society Special Publications*, **2**, 121–146.
- [33] FLÜGEL, E., 2010, Microfacies Analysis of Limestones, Analysis Interpretation and Application. Springer-Verlag, 976 pp.
- [34] GHASEMINEJAD, A., and TALBOT, C.J., 2006, A new tectonic scenario for the Sanandaj–Sirjan Zone (Iran): *Journal of Asian Earth Sciences*, **26**, 683–693.
- [35] HAJEK, E.A., HELLER, P.L., and SHEETS, B.A., 2010, Significance of channel-belt clustering in alluvial basins: *Geology*, **38**, 535–38.
- [36] HALLENBERGER, M., REUNING, L., BACK, S., GALLAGHER, S.J., IWATANI, H., and LINDHORST, K., 2021, Climate and sea-level controlling internal architecture of a Quaternary carbonate ramp (Northwest Shelf of Australia): *Sedimentology*, **69**, 1276–1300.
- [37] HAQ, B.U., 2014, Cretaceous eustasy revisited: *Global and Planetary Change*, **113**, 44–58.
- [38] HEYDARI, E., 2008, Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran: *Tectonophysics*, **451**, 56–70.
- [40] HOSSEINPOUR, M., ARIAN, M., MALEKI, Z., and QORASHI, M., 2022, Investigating for hydrocarbon potential in the Sarvak and Ilam Formations using Fuzzy logic in the Fars region, Iran: *Episodes*, **46**, 361–374.
- [41] HUNT, D. and TUCKER, M., 1992, Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall: *Sedimentary Geology*, **81**, 1–9.
- [42] 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: *Carbonate and Evaporites*, **36**, 19.
- [43] 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.
- [44] KOTAKE, N., 2014, Changes in lifestyle and habitat of Zoophycos-producing animals related to evolution of phytoplankton during the Late Mesozoic, geological evidence for the benthic-pelagic coupling model: *Lethaia*, **47**, 165–175.
- [45] LARGE, R.R., HALPIN, J.A., DANYUSHEVSKY, L.V., MASLENNIKOV, V.V., BULL, S.W., LONG, J.A., GREGORY, D.D., LOUNEJEVA, E., LYONS, T.W., SACK, P.J., MCGOLDRICK, P.J., and CALVER, C.R., 2014, Trace element content of sedimentary pyrite as a new proxy for deep-time ocean–atmosphere evolution: *Earth and Planetary Science Letters*, **389**, 209–220.
- [46] MEHRABI, H., NAVIDTALAB, A., ENAYATI, A., and BAGHERPOUR, B., 2022: Age, duration, and geochemical signatures of paleo-exposure events in Cenomanian-Santonian sequences (Sarvak and Ilam formations) in SW Iran: Insights from carbon and strontium isotopes chemo-stratigraphy: *Sedimentary Geology*, **434**, 106136.
- [47] PIPER, D.J.W., and NORMARK, W.R., 2009, Processes That Initiate Turbidity Currents and Their Influence on Turbidites: A Marine Geology Perspective: *Journal of Sedimentary Research*, **79**, 347–362.
- [48] READ, J.F., 1985, Carbonate Platform Facies Models: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **69**, 1–21.
- [49] REIJMER, J.J.G., MULDER, T., and BORGOMANO, J., 2015, Carbonate slope and gravity deposits: *Sedimentary Geology*, **317**, 1–15.

- [50] SCHLAGINWEIT, F., OMIDVAR, M., SARAFI, A., YAZDI-MOGHADAM, M., and RASHIDI, K., 2024, Dasycladales (green algae) and some benthic foraminifera from the upper cretaceous ilam formation (late coniacian–santonian), sw iran (onshore and offshore): *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **130**, 487-506.
- [51] SCHMUKER, B., 2000, The influence of shelf vicinity on the distribution of planktic foraminifera south of Puerto Rico: *Marine Geology*, **166**, 125–143.
- [52] SEPEHER, M., and COSGROVE, J.W., 2004, Structural framework of the Zagros fold-thrust belt, Iran: *Marine and Petroleum Geology*, **21**, 829-843.
- [53] SHANMUGAM, G., 2018, Bioturbation and trace fossils in deep-water contourites, turbidites, and hyperpynites: A cautionary note: *Journal of Indian Association of Sedimentologists*, **35**, 13-32.
- [54] SHERKATI, S., and LETOUZEY, J., 2004, Variation of structural style and basin evolution in the Central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran: *Marine and Petroleum Geology*, **21**, 535-554.
- [55] STÖCKLIN, J., 1968, Structural history and tectonics of Iran; a review: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, **52**, 1229-1258.



# Reconstruction of depositional environment and sea-level changes in the Ilam Formation (Late Cretaceous) in the Lorestan subzone, Zagros

Atefeh Yeganeh Moghadam<sup>1</sup>, Asadollah Mahboubi<sup>1\*</sup>, Mohammad Hosein Mahmoudi Gharaie<sup>1</sup>, Reza Mousavi Harami<sup>1</sup>, Arsalan Bakhshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

[\\*Mahboubi@um.ac.ir](mailto:*Mahboubi@um.ac.ir)

Received: September 2024, Accepted: October 2024

## Abstract

The Ilam Formation is considered one of the most important reservoir formations in Iran due to its significant extent in the Late Cretaceous of the sedimentary-structural Zagros Zone. The changes in facies, lithology, and depositional environment from shallow to deep marine settings have played a considerable role in enhancing the reservoir characteristics of this formation. This study focuses on the Ilam Formation in the well No.1 of Babaghir oilfield (thickness of 153 meter) and two surface sections of Tange-Hamam (thickness of 107 meter) and Azgeleh (thickness of 218 meter) in the Lorestan subzone for reconstruction of the depositional environment and sea-level changes during the Upper Cretaceous. The Ilam Formation primarily composed of limestone and shaly limestone. After studying 270 thin sections, four microfacies were identified in the study area. These include mudstone to mudstone with planktonic foraminifera, wackestone with planktonic foraminifera, wackestone-packstone with planktonic foraminifera and oligosteginids, and wackestone-packstone with planktonic foraminifera and skeletal fragments. Based on textural characteristics and evidence of gravity currents, it is believed that the Ilam Formation in the study area was formed in a carbonate shelf. Sequence stratigraphy analysis in the study area has revealed a third-order depositional sequence with transgressive-regressive system tracts. The evolution of carbonate platform of the Ilam Formation in the study area has been significantly influenced by global sea level fluctuations, dominant warm climate, and palaeogeographic conditions during the Upper Cretaceous.

**Keywords:** Ilam Formation, Zagros, carbonate platform, Late Cretaceous, sequence stratigraphy