

بازسازی محیط رسوبی، تاریخچه دیاژنزی و کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میادین نفتی ناحیه لرستان، باختر ایران

المیرا عباسپور^۱، حمزه مهرابی^{۲*}، حسین رحیم‌پوربناب^۳ و اکبر زمان‌نژاد^۴

۱- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: mehrabi.hamze@ut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۰

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

سازند ایلام یکی از سازندهای مخزنی مهم در حوضه زاگرس به شمار می‌رود. مطالعات رسوب‌شناسی و ارزیابی پتروفیزیکی با هدف بازسازی تاریخچه رسوب‌گذاری، تحولات دیاژنزی و ایجاد یک چارچوب سکانسی و در نهایت، ارزیابی کیفیت مخزنی این سازند در یکی از میادین نفتی ناحیه لرستان انجام گرفته است. مطالعات رخساره‌ای منجر به شناسایی ۴ ریزرخساره رسوبی شامل مادستون/ مارن پلاژیک، مادستون تا وکستون حاوی فرامینفرای پلانکتونیک، وکستون تا پکستون حاوی خرده‌های ریز اسکلتی و فرامینفرای و وکستون تا پکستون حاوی الیگوستژین و فرامینفرای پلانکتونیک گردید. این مجموعه رخساره‌ای حاکی از تنه‌نشست سازند ایلام در بخش‌های بیرونی و حوضه‌ای پلاتفرم کرناته می‌باشد. فرایندهای دیاژنزی مهم در این سازند شامل فشردگی (فیزیکی و شیمیایی)، سیمانی شدن، انحلال در مقیاس میکروسکوپی، جان‌نشینی و کانی‌زایی درجا (پیریتی شدن، فسفات‌ی شدن، گلوکونیتی شدن) و شکستگی می‌باشند. بررسی توالی رخدادهای دیاژنزی حاکی از غلبه فرایندهای دیاژنزی دفنی در سازند ایلام می‌باشد. انواع حفرات موجود در این سازند شامل حفرات اولیه (بین‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای) و با فراوانی بیشتر، حفرات ثانویه (حفره‌ای، قالبی و شکستگی) می‌باشند. دو سکانس رسوبی بر مبنای تلفیق نتایج رسوب‌شناسی و پتروفیزیکی در سازند ایلام شناسایی گردیده و با نواحی مجاور تطابق داده شده است. از داده‌های لاگ به منظور ارزیابی کیفیت مخزنی این سازند استفاده شده است. تعداد ۵ رخساره الکتریکی و ۶ زون مخزنی در سازند ایلام تفکیک گردیده و ویژگی‌های زمین‌شناسی آن‌ها در چارچوب سکانس مورد بحث قرار گرفته است. در یک نگاه کلی، کیفیت مخزنی سازند ایلام در نیمه بالایی خود (سکانس رسوبی شماره ۲) بیشتر از بخش پایینی است که دلیل اصلی آن غلبه رخساره‌های دانه غالب تر در این بخش به همراه اثراتی از انحلال‌های ثانویه در مقیاس میکروسکوپی است که منجر به ایجاد تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای در رخساره‌های سازند ایلام گردیده است. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که تغییرات کیفیت مخزنی سازند ایلام در میدان مورد مطالعه، در درجه اول تحت کنترل فرایندهای دیاژنزی بوده و البته بسیاری از این فرایندها تابع ویژگی‌های رخساره‌ای بوده‌اند.

واژگان کلیدی: سازند ایلام، کیفیت مخزنی، رخساره رسوبی، رخساره الکتریکی، زون مخزنی، لرستان

۱- پیشگفتار

مدل‌های مخزنی شباهت زیادی به مدل‌های رخساره‌ای نشان می‌دهند (فلوگل، ۲۰۱۰). گاهی روندهای مخزنی از الگوهای رسوبی پیروی نمی‌کنند. با این وجود، جهت تشخیص و آرایه الگوهای قابل پیشگویی برای خواص پتروفیزیکی در مخزن، برقراری ارتباطی منطقی بین زون‌های تولیدی و رخساره‌های رسوبی در کنار بررسی فرایندهای موثر در توزیع کیفیت مخزنی نظیر دیاژنزی سنگ مخزن مفید می‌باشد. تحلیل رخساره‌های رسوبی چارچوب

فرایندهای رسوبی، دیاژنزی و تکتونیک اصلی‌ترین فرایندهای زمین‌شناسی در شکل‌گیری مخازن کرناته به شمار می‌روند (آر، ۲۰۰۸). تاثیر این فرایندها می‌تواند تا حد زیادی تابع خصوصیات محیط‌رسوبی و تغییرات رخساره‌ای در فضای سه‌بعدی سنگ مخزن باشد (لوسیا، ۲۰۰۷). در چنین شرایطی، مرزهای مخزنی انطباق خوبی با مرزهای رخساره‌های رسوبی و لایه‌بندی خواهد داشت و

تاریخچه رسوب‌گذاری، تحولات دیاژنزی و چارچوب سکانسی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی واقع در ناحیه لرستان بپردازد. همچنین، انواع حفرات موجود در این سازند در مقیاس میکروسکوپی بر اساس داده‌های مغزه، برش‌های نازک و تصاویر میکروسکوپ الکترونی تعیین شده و به همراه رخساره‌های الکتریکی برای ارزیابی کیفیت مخزنی این سازند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در نهایت، زون‌های مخزنی و غیرمخزنی سازند ایلام تعیین گردیده و در چارچوب سکانس‌های رسوبی مطابقت داده شده‌اند.

۲- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی

میدان مورد مطالعه در بخش کمر بند چین‌خورده - تراستی زاگرس با روند ساختاری شمال‌باختر - جنوب‌خاور در بخش میانی - خاوری پهنه ساختاری لرستان و در شمال‌خاور شهر چغابیل قرار دارد (شکل ۱). چاه B، در یال جنوبی ناودیس و چاه A در محور ناودیس معلق آسماری - شهبازان حفر گردیده است. در حقیقت، وجود سطوح گسیختگی میانی سازند امیران و سازند گورپی باعث تفاوت هندسه چین‌خوردگی سطحی با هندسه چین‌خوردگی عمیق شده است. چینه‌شناسی ناحیه لرستان دربردارنده توالی ضخیمی (۱۰-۱۲ کیلومتر) از رسوبات پالئوزوییک و مزوزوییک نهشته شده در حاشیه واگرای صفحه عربی است که با رسوبات پرکننده‌ی حوضه پیش‌بوم^۱ سنوزوییک تداوم جانبی یافته است. حرکات کششی با امتداد شمال‌خاوری - جنوب‌باختری در ارتباط با بازشدگی نئوتتیس که در پرمین پسین - تریاس پیشین روی داد، حاشیه واگرای پایداری را در منطقه شمال‌خاوری صفحه عربی به وجود آورد که تا مزوزوییک پسین ادامه داشت (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ حسینی، ۱۹۸۸). سازند ایلام با رخساره پلاژیک در لرستان گسترش دارد و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل شیل و مارن و آهک‌های رسی حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک محیط عمیق می‌باشد. این سازند به طرف خوزستان و فارس به رخساره محیط کم عمق (نریتیک) تبدیل می‌شود و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل سنگ‌آهک حاوی فرامینیفرهای بنتیک بوده که زیر سازند گورپی و روی سازند لافان، و یا با وجود یک نبود چینه‌شناسی روی سازند سروک قرار می‌گیرد (مطیعی، ۱۳۷۲). به همین جهت در روی زمین، تشخیص شیل و مارن‌های سازند گورپی از

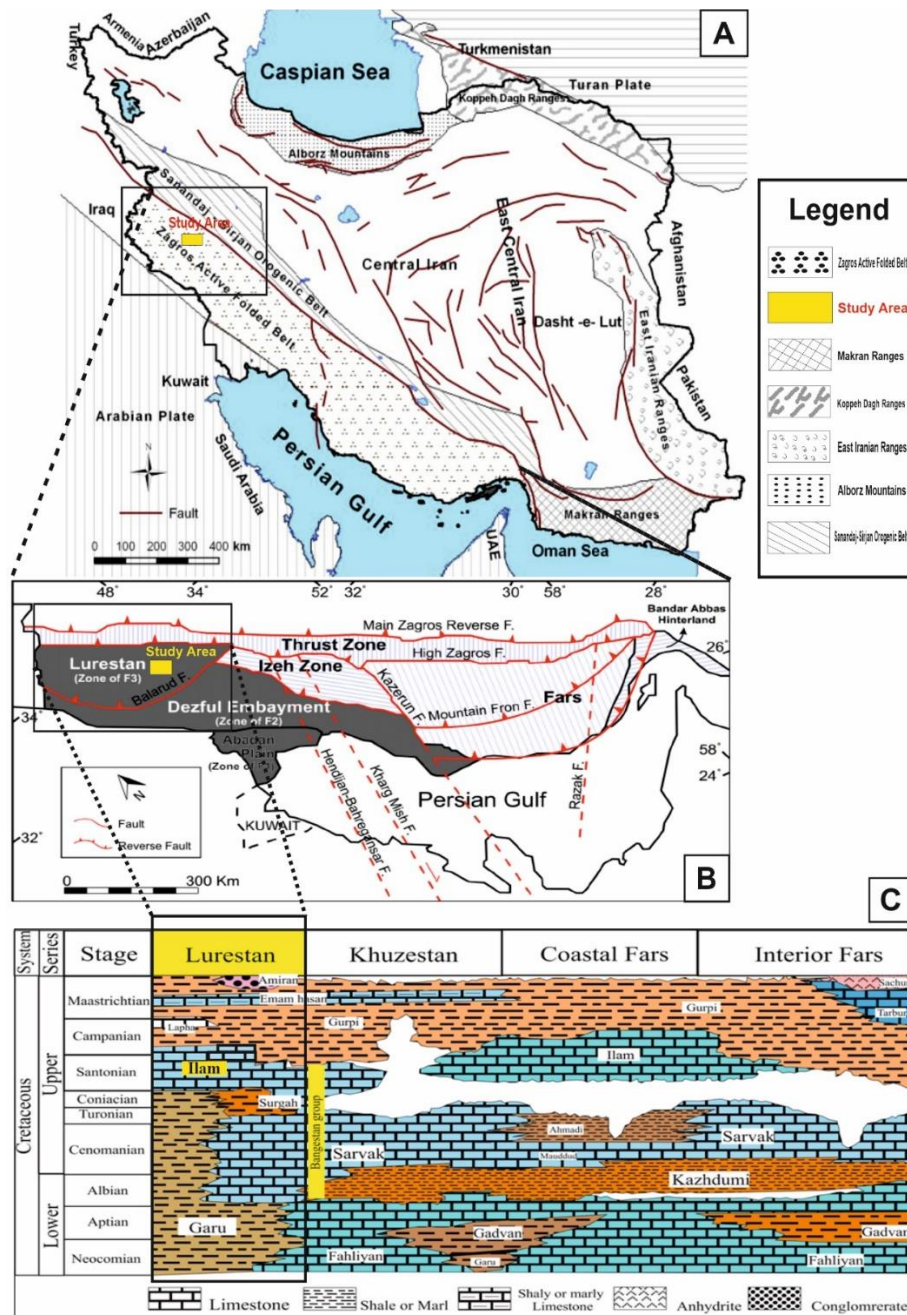
لازم برای مطالعه فرایندهای ثانویه مرتبط با ایجاد و از بین رفتن تخلخل را نیز فراهم می‌آورد. چنانچه این مطالعات توصیفی با داده‌های کمی پتروفیزیکی کالیبره شوند و از روش‌های لازم برای معنی‌دار کردن این روابط استفاده گردد، الگوهای کلی ارتباط بین محیط‌رسوبی، دیاژنز و کیفیت مخزنی روشن خواهد شد (لوسیا، ۲۰۰۷).

سنگ‌های کربناته، بیشترین فراوانی را در بین مخازن هیدروکربنی به سن کرتاسه در خاورمیانه و ایران به خود اختصاص داده‌اند (اهرنبرگ و همکاران، ۲۰۰۹). سازند ایلام به سن کنیاسین تا کامپانین زیرین از سنگ‌آهک‌های تمیز تا سنگ‌آهک‌های رسی تشکیل شده است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). این سازند در ناحیه لرستان دارای رخساره‌های عمیق (پلاژیک) است، اما به سمت جنوب خاور، به سنگ‌آهک‌های کم‌عمق تغییر می‌یابد (مطیعی، ۱۳۷۲؛ اسدی‌مهماندوستی و همکاران، ۱۳۹۶؛ معینی و همکاران، ۱۳۹۳). مرز زیرین سازند ایلام با سازند سورگاه در ناحیه لرستان پیوسته است و مرز فوقانی آن با سازند گورپی در بیشتر نواحی، هم‌شیب و مشخص است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). تاکنون مطالعات اندکی در زمینه تلفیق داده‌های پتروگرافی و پتروفیزیکی بر روی سازند ایلام در لرستان صورت گرفته است. منطقه لرستان توسط پژوهشگران مختلفی از جنبه‌های جغرافیایی، چینه‌شناسی، تاریخچه زمین‌شناسی، زمین‌ساختی و تعیین اهداف هیدروکربوری مورد بررسی قرار گرفته است (نظیر وایند، ۱۹۶۵؛ بوردنیو و سحابی، ۱۹۷۱؛ ویلیامز، ۱۹۷۷؛ پلیر و همکاران، ۱۹۶۶). آدابی و اسدی‌مهماندوستی (۲۰۰۸) ریزرخساره‌ها و ژئوشیمی سازند ایلام را در منطقه تنگه رشید (زون ایذه) مورد مطالعه قرار دادند. غیثشاهی و همکاران (۲۰۰۹) توزیع رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکانسی سازند ایلام را در تاق‌دیس بنگستان مورد بررسی قرار دادند. مهرایی و همکاران (۲۰۱۴) محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند ایلام را در فروافتادگی دزفول مورد ارزیابی قرار دادند. باقرپور و همکاران (۲۰۲۱) تاثیر عوامل تکتونیکی و تغییرات سطح آب دریا در مقیاس جهانی را بر روی سکانس‌های کنیاسین - سانتونین در ناحیه فارس مورد ارزیابی قرار دادند. مقاله حاضر در نظر دارد تا با تلفیق نمودن نتایج بدست آمده از مطالعات رسوب‌شناسی با ارزیابی پتروفیزیکی (لاگ‌های چاه‌پیمایی)، به بازسازی

¹ Foreland

در لرستان گسترش دارد و عمدتاً حاوی مجموعه فسیل‌های جانوری روزن‌داران پلانکتونیک می‌باشد. از لرستان به طرف نواحی جنوب‌خاوری، سازند سورگانه از بین می‌رود و سازند ایلام به صورت ناهمساز بر روی سازند سروک قرار می‌گیرد (بهرامی‌زاده سجادی، ۱۳۹۰). سنگ‌شناسی سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه شامل سنگ‌آهک‌های آرژیلی تا تمیز و مارن (در چاه A) می‌باشد. ضخامت این سازند در چاه A، ۴۶۹ متر و در چاه B، ۳۶۲ متر می‌باشد.

آهک‌های سازند ایلام بنتیک به راحتی ممکن می‌باشد. بر خلاف این، در ناحیه لرستان، تفکیک شیل و مارن‌های سازند گورپی از مارن‌های سازند ایلام چه در رخنمون‌های صحرایی و چه در چاه‌ها مشکل می‌باشد (آقناباتی، ۱۳۸۳). سازند ایلام در منطقه‌ی مورد مطالعه بر روی سازند سورگانه قرار گرفته است و خود نیز توسط سازند گورپی پوشیده شده است. در لرستان، سازند گورپی از سانتونین تا پالئوسن زیرین گسترش دارد (بهرامی‌زاده سجادی، ۱۳۹۰). سازند سورگانه به سن تورونین - سانتونین پایینی



شکل ۱. (A) واحدهای ساختاری و زمین‌شناسی ایران (اشتوکلین، ۱۹۶۸)، (B) بخش‌های مختلف زاگرس چین‌خورده (شرکتی و لتوزی، ۲۰۰۴)، (C) ستون چینه‌شناسی کرتاسه در نواحی مختلف زاگرس (جیمز و وایند، ۱۹۶۵)

۳- داده‌ها و روش مطالعه

به منظور پتروگرافی دقیق سازند ایلام در میدان مورد مطالعه، تعداد ۸۵۷ برش نازک میکروسکوپی تهیه شده از خرده‌های حفاری و تعداد ۹۲ برش نازک تهیه شده از مغزه (به طول ۱۸/۷۹ متر در چاه A) با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مورد بررسی قرار گرفتند. نام‌گذاری بافتی سنگ‌های کربناته و رده‌بندی ریزرخساره‌ها و نیز بررسی محیط‌رسوبی با استفاده از روش ارایه شده توسط دانام (دانام، ۱۹۶۲) و مدل رخساره‌ای استاندارد فلوگل (فلوگل، ۲۰۰۴) انجام شده است. در این مقاله ابتدا به بررسی و تعیین ریزرخساره‌های رسوبی و فرایندهای دیاژنزی اثرگذار بر سازند ایلام پرداخته شده است. سپس با بهره‌گیری از نگاره‌های چاه‌پیمایی شامل DT, RHOB, NPHI, PHIE و به کارگیری نرم‌افزار پتروفیزیکی ژئولاگ، با بارگزاری داده‌ها و تصحیح آن‌ها، سنگ‌شناسی و تخلخل در دو چاه A و B تعیین گردید. در ادامه، با استفاده از روش خوشه‌بندی چند تفکیکی گرافیکی (MRGC)، یک مدل ۵ رخساره‌ای برای سازند ایلام معرفی گردید. با بهره‌گیری از این نمودارها، رخساره‌های الکتریکی در سازند ایلام تعیین گردیدند و در نهایت، کیفیت مخزنی این سازند در ناحیه مورد مطالعه ارزیابی شد. همچنین با بهره‌گیری از نمودارهای دوتایی نوترون-چگالی، نوترون-صوتی و همچنین نمودارهای چگالی-صوتی-نوترون و هم‌بستگی آن با نمودارهای استاندارد شلمبرژه، سنگ‌شناسی غالب در هر یک از چاه‌ها شناسایی گردید. انواع زایشی حفرات از تلفیق نتایج مطالعات برش‌های نازک با تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) مشخص گردیده است. مطالعات میکروسکوپ الکترونی بر روی ۱۰ نمونه و در شرکت رازی صورت گرفته است. به‌منظور تعیین سکانس‌های سازند ایلام، روش سکانس‌های پیشرونده-پسرونده^۱ (امری و یوهانسن، ۱۹۹۲) استفاده شده است. جهت تعیین سن نسبی سکانس‌ها از نتایج مطالعات زیست‌چینه‌نگاری انجام شده توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران استفاده شده است (نفریه، ۲۰۱۶).

۴- نتایج

۴-۱- ریزرخساره‌های رسوبی

براساس مطالعات پتروگرافی، ۴ ریزرخساره رسوبی در

سازند ایلام شناسایی شده و بصورت اختصاری IMF (Ilam microfacies) نام‌گذاری گردیده‌اند. این ریزرخساره‌ها در زیرمحیط‌های رمپ بیرونی (outer ramp) و حوضه (basin) نهشته شده‌اند.

ریزرخساره ۱ (IMF-1): پلاژیک مادستون-مارن: این ریزرخساره یک سنگ‌آهک با بافت مادستونی و متشکل از یک‌سری خرده‌های فرامینیفرای پلانکتونیک در یک زمینه گلی می‌باشد که دارای جورشدگی بسیار ضعیف می‌باشند و ویژگی‌های حمل و نقل و نابرجا بودن را نشان می‌دهند (شکل ۲a). بر اساس تفاسیر پتروفیزیکی و داده‌های مغزه، این رخساره با سنگ‌شناسی غالب سنگ‌آهک آرژیلی و مارن مشخص می‌باشد که حاکی از درصد بالای کانی‌های رسی در آن است (شکل ۲e,f). براساس شواهد موجود، محیط تشکیل این ریزرخساره را می‌توان به حوضه (basin) نسبت داد. این رخساره قابل مقایسه با RMF5 و SMF3 فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

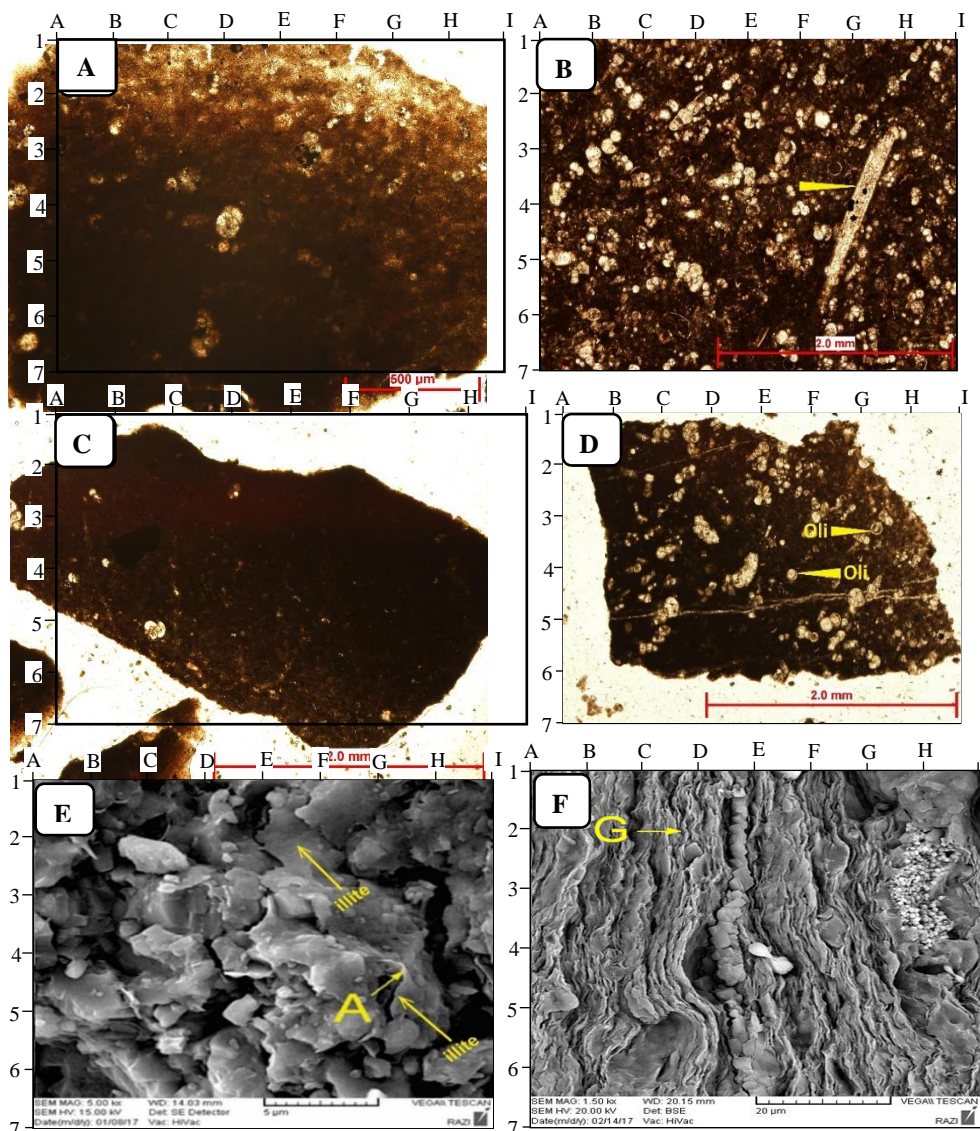
ریزرخساره ۲ (IMF-2): پلانکتونیک فرامینیفرا مادستون تا وکستون: این ریزرخساره یک سنگ‌آهک با بافت مادستون تا وکستون است. اجزای اصلی اسکلتی تشکیل‌دهنده آن شامل فرامینیفرای پلانکتونیک (نظیر *Archaeoglobigerina* cf. *cretacea*, *Globigerinelloides bolli*, *Globotruncana* cf. *ventricose*) می‌باشد. زمینه سنگ اغلب از میکرایت بوده، که درون حجرات فرامینیفرها توسط سیمان کلسیتی پر شده است. حضور پیریت به صورت دانه‌ها و بلورهای کوبیک تا بی‌شکل بطور پراکنده و یا در اثر جانشینی خرده‌های اسکلتی مشهود است. به لحاظ بافتی، ذرات تشکیل‌دهنده دارای جورشدگی متوسط تا خوب می‌باشند. اندازه میکروبايوکلاست‌ها حاکی از کم شدن انرژی محیط است و تنوع موجودات تشکیل‌دهنده اندک است (شکل ۲b). محیط تشکیل این ریزرخساره، حوضه می‌باشد. این رخساره قابل مقایسه با RMF2 و SMF3 فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

ریزرخساره ۳ (IMF-3): میکروبايوکلست پلانکتونیک فرامینیفرا وکستون تا پکستون: این ریزرخساره یک سنگ آهک با بافت وکستون تا پکستون است. اجزای اصلی اسکلتی آن شامل فرامینیفرای پلانکتونیک به مقادیر فراوان و فرامینیفرهای بنتیک به مقادیر بسیار محدود،

¹Transgressive-Regressive sequences: T-R sequences

ریزرخساره ۴ (IMF-4): الیگوستژین - پلانکتونیک فرامینیفر اوکستون تا پکستون: این ریزرخساره یک سنگ آهک با بافت وکستون تا پکستون است. اجزای اصلی اسکلتی آن عمدتاً فرامینفرای پلانکتون می‌باشند. البته پراکندگی محدود الیگوستژین و پوسته‌های نازک دوکفه‌ای نیز مشهود است. این رخساره نیز همچون رخساره‌های نام‌برده شده در بخش‌های قبلی قابل مقایسه با RMF3 است (۲۰۱۰) و به بخش‌های بیرونی پلاتفرم کربناته (نظیر رمپ بیرونی) اختصاص دارد. حضور پیریت، موادآلی و فسفات‌ها نیز در این ریزرخساره قابل توجه است (شکل ۲د).

قطعات کرینویید و بخشی از پوسته‌های دوکفه‌ای می‌باشد و اجزا غیراسکلتی شامل پیریت، گلوکونیت و فسفات می‌باشد. این رخساره قابل مقایسه با RMF3 فلوگل می‌باشد (۲۰۱۰) می‌باشد (شکل ۲c) و به بخش بیرونی پلاتفرم کربناته نسبت داده می‌شود. در این ریزرخساره حضور میکروبیوکلاست‌های ریز، اجزای پلاژیک و ماتریکس بالا و گستردگی در ظهور پیریت حاکی از عمیق شدن آب دریا و شرایط آرام و دور از سطح تأثیر امواج می‌باشد. حضور موادآلی، فسفات و گلوکونیت به صورت پراکنده در این ریزرخساره مشهود است.



شکل ۲. (A) رخساره پلاژیک مادستون - مارن، نور (PPL)، (عمق: ۱۶۱۸، چاه A)، (B) یک رخساره پلاژیک وکستون - پکستون، نور (PPL)، (عمق: ۱۹۴۶، چاه A)، برخی قسمت‌های کرینویید موجود در مختصات G4 حاوی پیریت می‌باشد، (C) رخساره مارن - پلاژیک مادستون، نور (PPL)، (عمق: ۱۸۴۳، چاه B)، (D) رخساره الیگوستژین - پلانکتونیک فرامینیفر اوکستون تا پکستون، رگچه‌ای انحلالی که توسط سیمان کلسیتی پر شده است، نور (PPL)، (عمق: ۱۹۳۲، چاه B)، (E) تصویر SEM از حضور کانی رسی ایلیت در نقاط E2 و G5، (F) تصویر SEM از حضور کانی‌های رسی شامل ترکیب ایلیت و مونتموریلونیت

۴-۲- فرایندهای دیاژنزی

براساس مطالعات پتروگرافی، فرایندهای دیاژنزی زیر در سازند ایلام شناسایی شد:

تراکم فیزیکی و شیمیایی: اثرات فشردگی مکانیکی در سازند ایلام به دلیل گل‌پشتیبان بودن رخساره‌ها چندان مشخص نیست. هر چند که پرشدگی حجره‌های فسیلی توسط سیمان کلسیتی نیز مانع از شکسته شدن فسیل‌ها در طی تدفین کم‌عمق شده است، ولی در بعضی موارد که پوسته‌های فسیلی در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند، فشردگی مکانیکی منجر به خمیدگی و شکستگی آن‌ها شده است. خصوصاً در رخساره‌های با بافت پکستون شاهد حضور اثرات فشردگی مکانیکی هستیم (شکل ۳a). فشردگی شیمیایی منجر به ایجاد تماس محدب-مقعر و مژرس بین دانه‌ها و همچنین باعث ایجاد رگچه‌های انحلالی و استیلولیت در رخساره‌های سازند ایلام شده است (شکل ۳a,b,h). یکی از دلایل اصلی گسترش شدید رگچه‌های انحلالی، ریزدانه و غنی از رس بودن سنگ آهک‌های سازند ایلام است. رگچه‌های انحلالی عمدتاً توسط پیریت و مواد آلی پر شده‌اند. عبور سیالات خورنده از مجاری و حواشی استیلولیت‌ها موجب تشکیل تخلخل استیلولیتی شده است (اهرنبرگ، ۲۰۰۶). در رخساره‌های با بافت وکستون-مادستون رگچه‌های انحلالی و در رخساره‌های پکستونی استیلولیت‌ها رایج می‌باشند (شکل ۳b,h).

فرایندهای جانیشینی (پیریتی شدن، گلوکونیتی شدن، فسفاتی شدن): در اغلب رخساره‌های سازند ایلام خصوصاً در رخساره‌های پلاژیک وکستون شاهد حضور گسترده پیریت به دو صورت هستیم: ۱- به صورت پراکنده در زمینه سنگ که عموماً معرف پیریت‌های اولیه (رسوبی) می‌باشند (تاگر و ورایت، ۱۹۹۰)، ۲- به صورت انتخاب‌کننده فابریک (درون حجات فرامینفرا یا حفرات ریز انحلالی) که معرف پیریت ثانویه (دیاژنزی) می‌باشند (بترست، ۱۹۷۵). البته اظهار نظر دقیق‌تر در این خصوص به مطالعات بیشتر نظیر آنالیزهای ژئوشیمیایی نیاز دارد. (شکل ۳c). گلوکونیت در سازند ایلام عمدتاً به مقدار محدود در برخی رخساره‌های وکستون-پکستون قابل مشاهده است (شکل ۳e). در این رخساره‌ها، ذرات شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار کلوگونیت در بین سایر اجزاء سنگ مشاهده می‌شود که حاکی از تخریبی بودن آن‌هاست (آمروسی و همکاران، ۲۰۰۷). در سازند

ایلام فسفات‌ها عمدتاً قطعات (استخوان) مهره‌داران به‌ویژه ماهی‌ها هستند و به مقدار محدود در برخی رخساره‌های وکستون-پکستون قابل مشاهده می‌باشند (شکل ۳d).

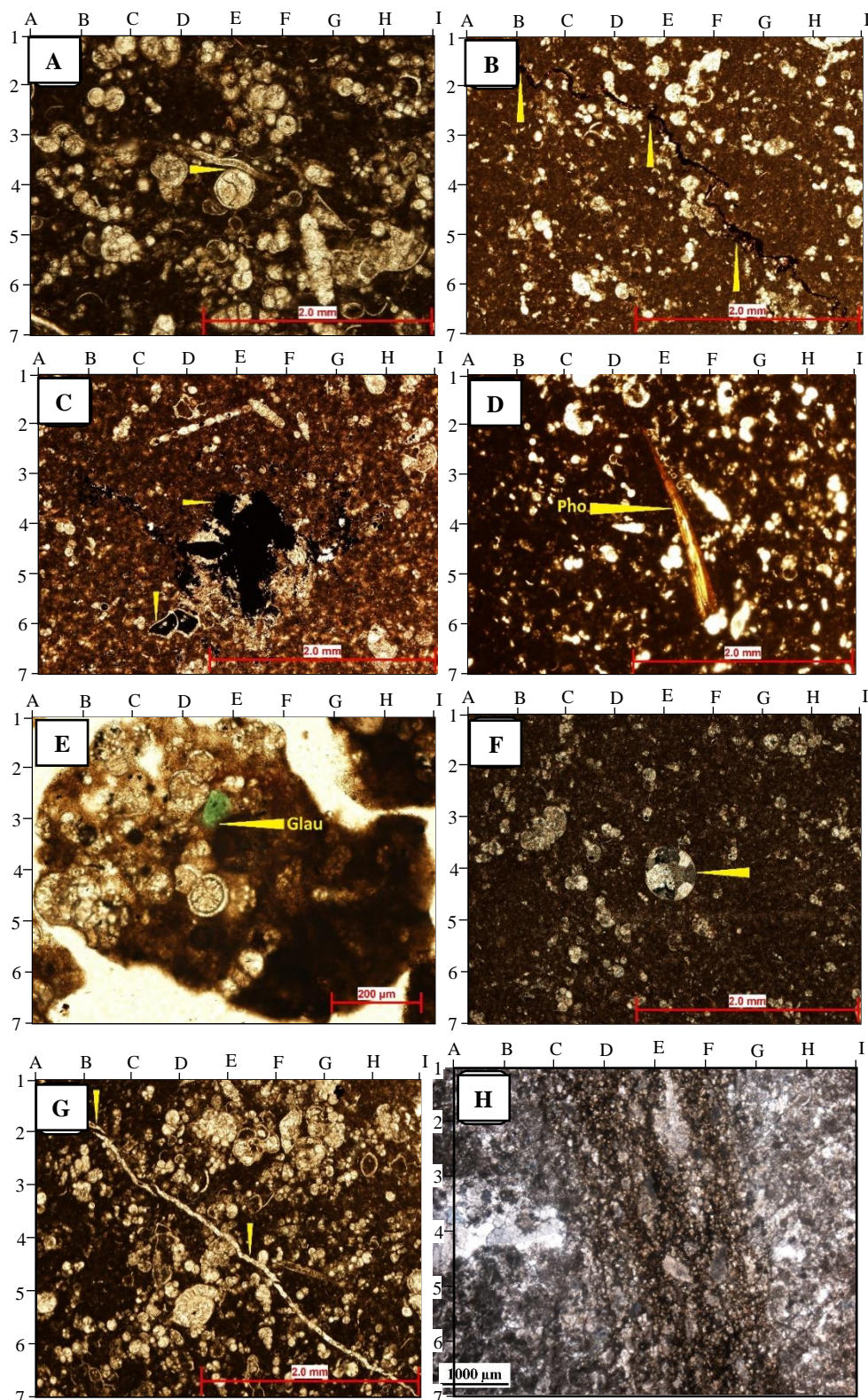
سیمانی شدن: دو نوع اصلی سیمان کلسیتی مشاهده شده در سازند ایلام عبارتند از:

سیمان موزاییک هم‌بعد: سیمان موزاییک هم‌بعد معمولاً پس از سنگ‌شدگی و فشرده شدن رسوبات در محیط‌های دفنی تشکیل شده و از این رو به‌عنوان سیمان نسل دوم در نظر گرفته می‌شود (فلوگل، ۲۰۰۴). در نمونه‌های مورد مطالعه این نوع سیمان فضای حجره‌های فسیلی و انحلالی و ریزشکستگی‌ها را پر کرده است (شکل ۳f,g).

سیمان بلوکی: به‌صورت بلورهایی با اندازه متوسط تا درشت (از چند ده میکرون تا چند میلی‌متر)، بدون جهت‌گیری خاص، اغلب دارای مرزهای بلوری مشخص و فابریک‌های بلوری بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شوند (فلوگل، ۲۰۰۴). در نمونه‌های مورد مطالعه این نوع سیمان با پر کردن منافذ و شکستگی‌ها موجب کاهش تخلخل و تراوایی شده است (شکل ۳g).

شکستگی: در سازند ایلام براساس مطالعات پتروگرافی یک نسل از شکستگی‌ها شناسایی شده است. این شکستگی‌ها در شرایط تدفینی رخ داده و توسط کلسیت اسپاری هم‌بعد پر شده‌اند. آن‌ها اغلب با قطع کردن استیلولیت‌های با دامنه کوچک و حجره‌های فسیلی پر شده توسط کلسیت اسپاری شناخته می‌شوند (شکل ۳g).

انحلال: از آن‌جایی که رسوبات پلاژیک و نیمه‌پلاژیک (سازند ایلام، سورگه و گورپی) بندرت در معرض هوازدهی جوی قرار می‌گیرند، بنابراین به نظر می‌رسد که فرایندهای دیاژنزی متئوریک اهمیت چندانی در تشکیل تخلخل انحلالی در این سازندها نداشته‌اند. از طرفی همراهی تخلخل قالبی با تخلخل استیلولیتی، می‌تواند انحلال در شرایط تدفینی عمیق را اثبات نماید. حضور تخلخل‌های انحلالی در مقیاس میکروسکوپی و نیز در تصاویر SEM حاکی از وقوع انحلال در محیط دفنی و در مقیاس میکروسکوپی در رخساره‌های سازند ایلام می‌باشد (مهرابی و همکاران، ۲۰۲۰). تعیین عوامل انحلال تدفینی در رخساره‌های سازند ایلام با مطالعات پتروگرافی امکان‌پذیر نبوده و نیاز به مطالعات تکمیلی از جمله مطالعات ژئوشیمیایی دارد.



شکل ۳. (A) فشردگی مکانیکی که در مختصات E₄ موجب تماس محذب- مقعر بین یک قطعه پوسته دوکفه‌ای و یک حجره فرامینیفر پلانکتونیک و در مختصات F₅ و G₆ موجب تماس مضرس بین فرامینیفرها در زمینه یک رخساره پلاژیک وکستون- پکستون شده است، نور (PPL)، عمق: ۱۹۴۷، چاه مختصات (B) فشردگی شیمیایی که موجب گسترش میکرواستیلولیت در زمینه یک رخساره پلاژیک مادستون- وکستون شده است، نور (PPL)، عمق: ۱۸۶۳، چاه (A)، (C) پیریت پرکننده حجرات فسیل در زمینه یک رخساره پلاژیک وکستون- پکستون، نور (PPL)، عمق: ۱۶۸۷، چاه (A)، در مختصات E₄ حضور فسفات در زمینه یک رخساره وکستون- پکستون، نور (PPL)، عمق: ۱۶۸۷، چاه (A)، (E) گلوکونیت، نور (PPL)، عمق: ۲۰۴۲، چاه (A)، (F) سیمان بلوکی پرکننده حجرات فسیل فرامینیفر پلانکتونیک در مختصات E₄، نور (XPL)، عمق: ۱۸۵۷، چاه (A)، (G) سیمان کلسیتی پرکننده شکستگی‌ها، نور (PPL)، عمق: ۱۹۴۰، چاه (A)، (H) دولومیتی شدن در مسیر رگچه انحلالی، نور (XPL).

تصاویر میکروسکوپ الکترونی به شکل فضاهای خالی مابین ذرات میکرایت (ریز تخلخل) قابل شناسایی می‌باشند. در واقع این نوع تخلخل بسیار ریز بوده و مجاری گلوگاه‌ها نیز توسط کانی‌های رسی نظیر اپلیت پوشیده شده است. این نوع تخلخل، تخلخل اولیه رسوبی بین ذرات سازنده سنگ می‌باشد. هندسه این نوع تخلخل توسط اندازه، جورشدگی و آرایش ذرات کنترل می‌شود (لوسیا، ۱۹۹۵).

تخلخل بین‌بلوری: این نوع تخلخل از نوع ثانویه محسوب می‌گردد و در بین بلورهای دولومیت قابل مشاهده است (شکل ۴d). اندازه فضاهای خالی این‌ها حدود ۱۰ میکرون تا ۰/۱ میلی‌متر است. تراوایی در این نوع تخلخل با افزایش قطر بلورها افزوده می‌گردد. همچنین وجود مرزهای سازشی بین بلورها، موجب کاهش تخلخل می‌گردد (رحیم‌پوربناب، ۱۳۸۹). فراوانی این نوع تخلخل در سازند ایلام بسیار اندک می‌باشد.

تخلخل‌های بدون انتخاب فابریک

تخلخل استیلولیتی: تخلخل‌های ناشی از انحلال توسط سیالات عبوری از مسیر استیلولیت‌ها به شکل حفرات بزرگ تا کوچک مقیاس در اطراف استیلولیت‌های سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه شناسایی شده‌اند (شکل ۴c). البته این نوع تخلخل‌ها از فراوانی بسیار کمی در سازند ایلام برخوردارند. تخلخل استیلولیتی از انواع تخلخل‌های ثانویه بوده و در محیط‌های تدفینی تشکیل می‌گردد. این نوع تخلخل معمولاً در اثر انحلال توسط سیال‌های مهاجرت کننده از مسیر استیلولیت‌ها، در اطراف آن‌ها تشکیل می‌شوند و به طور معمول با مواد غیرقابل حل پر می‌شوند. اما در برخی موارد این عوارض بصورت فضاهای خالی باقی مانده و موجب افزایش تخلخل سنگ میزبان خود می‌شوند (رحیم‌پوربناب، ۱۳۸۹).

تخلخل شکستگی: شکستگی‌های مشاهده شده در سازند ایلام عمدتاً به مقدار محدود و به صورت شکستگی ریز و نازک، و پر شده توسط سیمان کلسیتی در برش‌های نازک بوده‌اند (شکل ۳g). شکستگی‌های باز تا نیمه باز با فراوانی کم در برخی برش‌های نازک تهیه شده مشاهده گردیده‌اند. این نوع تخلخل فابریک سنگ را قطع می‌کند و عموماً حاصل نیروهای جهت‌دار (تکتونیک)، فروریزش و یا انحلال در آهک‌ها هستند. عمدتاً به علت تاثیر فرایندهای

دولومیتی شدن: دولومیت با فراوانی اندک در برخی رخساره‌های سازند ایلام مشاهده شده است. آن‌ها اغلب بصورت بلورهای منفرد خودشکل در اطراف رگچه‌های انحلالی و استیلولیت‌ها متمرکز می‌باشند (شکل ۳h). همین مسئله حاکی از تشکیل آن‌ها در محیط دیاژنزی تدفینی می‌باشد.

۴-۳- انواع تخلخل

آرچی (۱۹۵۲) فضاهای خالی را به تخلخل ماتریکس (تخلخلی که با بزرگ‌نمایی ۱۰ توسط میکروسکوپ قابل رویت نیست) و تخلخل قابل رویت تقسیم‌بندی کرد. عمده‌ی تخلخل سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه به صورت ریزتخلخل‌ها و در ابعاد میکروسکوپی می‌باشند. همچنین بر مبنای طبقه‌بندی چوکت و پری (۱۹۷۰)، تخلخل‌های موجود در سازند ایلام را می‌توان به دو گروه انتخاب کننده فابریک (درون‌دانه‌ای و قالبی) و بدون انتخاب فابریک (استیلولیتی و شکستگی) تقسیم کرد (شکل ۴).

تخلخل‌های انتخاب شده توسط فابریک

تخلخل درون‌دانه‌ای: براساس مطالعات انجام شده، اغلب حجره‌های فسیلی روزن‌داران توسط سیمان کلسیتی و پیریت پر شده‌اند و این نوع تخلخل تنها در موارد محدودی در درون حفرات فرامینیفرها دیده می‌شود (شکل ۴a,b,f). این نوع از تخلخل به دلیل ایزوله (مجزا) بودن و نداشتن ارتباط با حفرات مجاور، اغلب تراوایی بسیار کمی دارند.

تخلخل قالبی: این حفره‌های ثانویه در اثر انحلال انتخابی دانه‌ها (روزن‌داران و الیگوستژین‌ها) تشکیل شده که خود دانه حل می‌شود و قالب آن برجای می‌ماند. تخلخل‌های قالبی در سازند ایلام به علت گل‌پشتیبان بودن رخساره‌ها به صورت جدا و مستقل‌اند و هیچ‌گونه ارتباطی با یکدیگر ندارند. البته در برخی موارد، ریزشکستگی‌ها سبب اتصال این حفرات به یکدیگر شده‌اند. این حفره‌ها بدون هرگونه پرشدگی توسط سیمان کلسیتی است اما در مواردی تخلخل قالبی توسط پیریت پر شده است (شکل ۴e).

ریز تخلخل موجود بین ذرات میکرایت: در سازند ایلام، به دلیل کم‌انرژی بودن محیط تشکیل رخساره‌ها، عمل جورشدگی ذرات ضعیف بوده و بنابراین فضای بین ذرات به طور غالب با گل پر شده است. لذا تخلخل‌های بین‌دانه‌ای در مقیاس بزرگ در سازند ایلام مشاهده نشده‌اند و تنها در

است. این سیستم تراکت در سیستم‌های کربناته به صورت عمیق شونده به سمت بالا می‌باشد. در واقع در مرز بیشینه غرقایی (MFS)، حداکثر عمیق‌شدگی محیط‌رسوبی را می‌توان در نظر داشت (شکل ۵).

سیستم تراکت تراز پسرونده (RST) به ضخامت تقریبی ۱۵۰ متر در چاه A و ۷۰ متر در چاه B مشاهده می‌شود. این سیستم تراکت در هر دو چاه A و B با ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی آغاز شده و در هر دو چاه A و B نیز به ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی ختم می‌شود. براساس داده‌های چاه‌پیمایی و تغییرات لاگ گاما، مقادیر پایین API پرتو گاما و مقادیر پایین شیل نیز در توالی‌های رسوبی قابل مشاهده است. شواهد مرز سکansı (SB) در بالای این سیستم تراکت با کمترین مقدار لاگ گاما، کاهش میزان پیریت و مواد آلی مشاهده می‌شود. این سیستم تراکت در سیستم‌های کربناته به صورت کم‌عمق شونده به سمت بالا می‌باشد. در واقع مرز سکansı (SB) را به‌عنوان حداکثر کم‌عمق‌شدگی محیط رسوبی می‌توان در نظر داشت (شکل ۵).

سکانس دوم: این سکانس به سن سانتونین- کامپاین با سیستم تراکت پیشرونده (TST+LST) به ضخامت تقریبی ۳۰ متر در چاه A و ۲۰ متر در چاه B شروع می‌شود. این سیستم تراکت در هر دو چاه A و B با ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی آغاز شده و در چاه A به ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی و در چاه B به ریزرخساره میکروبايوکلاست پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی ختم می‌شود.

مقادیر پایین API پرتو گاما در این سکانس رسوبی نسبت به سکانس اول کاملاً مشهود است (شکل ۵). ضخامت کمتر سیستم تراکت پیشرونده سکانس دوم در مقایسه با سایر سیستم تراکت‌های تعیین شده در سازند ایلام را می‌توان به تغییرات فضای انباشت و یا نرخ رسوبگذاری در زمان نهشته شدن آن نسبت داد. بالا آمدن سریع آب دریا و نرخ رسوبگذاری آهسته می‌تواند منجر به چنین پدیده‌ای گردد.

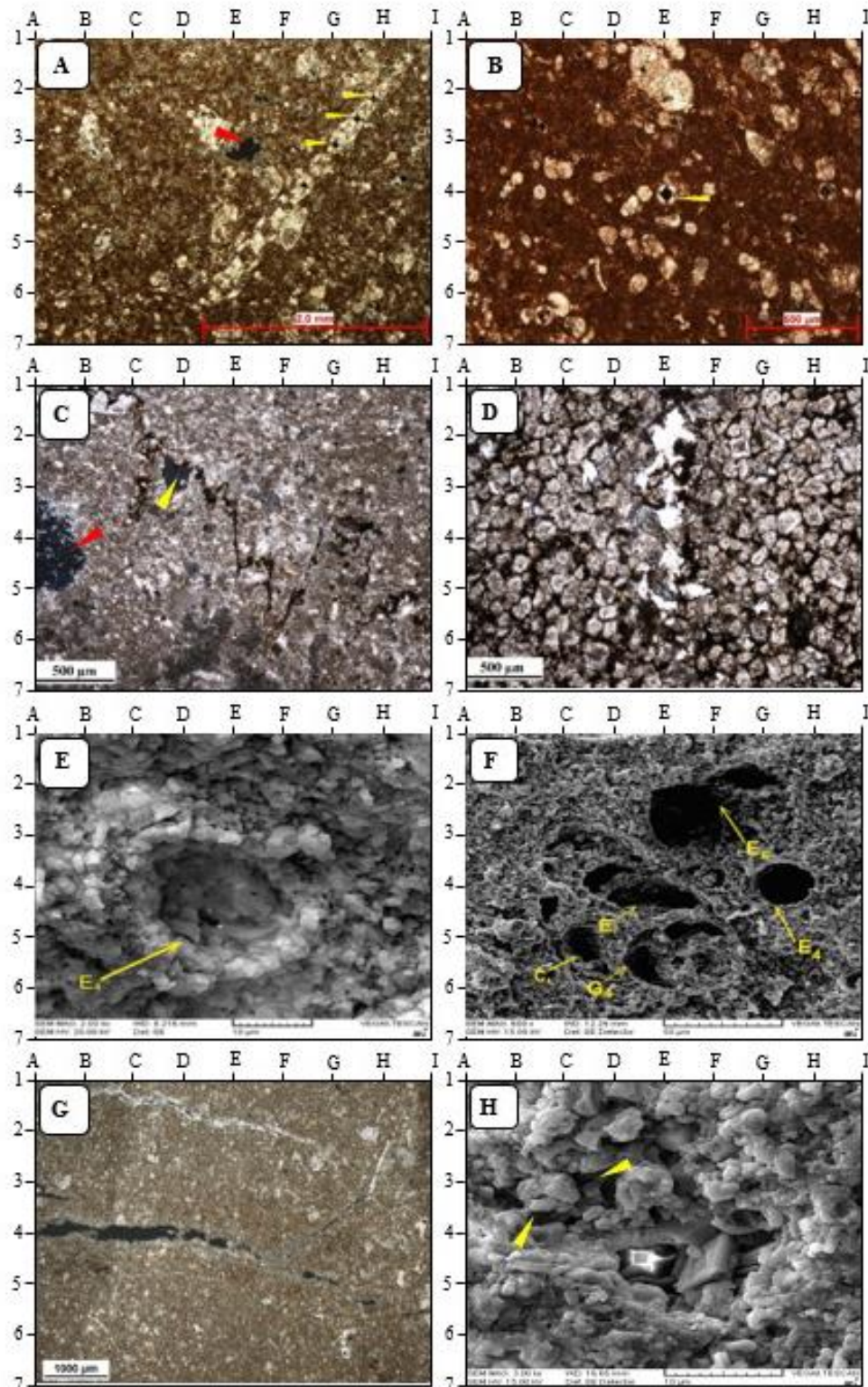
دیاژنزی این شکستگی‌ها توسط سیمان پر می‌شوند. شکستگی و گسل‌خوردگی و به تبع آن افت فشار باعث خروج گاز CO₂ و فوق‌اشباع شدن محیط نسبت به سیمان کربناته و رسوب‌گذاری سیمان کلسیتی در امتداد این شکستگی‌ها می‌شود.

تخلخل حفره‌ای: این نوع از تخلخل با فراوانی بسیار کم و به شکل حفرات نامنظم و اغلب غیرمرتبط در مقیاس میکروسکوپی در برخی از رخساره‌های سازند ایلام مشاهده شده است (شکل ۴a,c). با توجه به نبود شواهد مربوط به رخنمون‌یافتگی و عوارض دیاژنزی جوی در رخساره‌های مطالعه شده از سازند ایلام در میدان مورد مطالعه، به نظر می‌رسد که این حفرات طی یک فاز انحلالی محدود در محیط دیاژنزی دفنی ایجاد شده‌اند. اظهار نظر قطعی در خصوص مکانیسم انحلال در توالی‌های مورد مطالعه از سازند ایلام نیازمند انجام مطالعات تکمیلی نظیر آنالیزهای ژئوشیمیایی است که می‌تواند موضوع مطالعات پیش‌رو باشد.

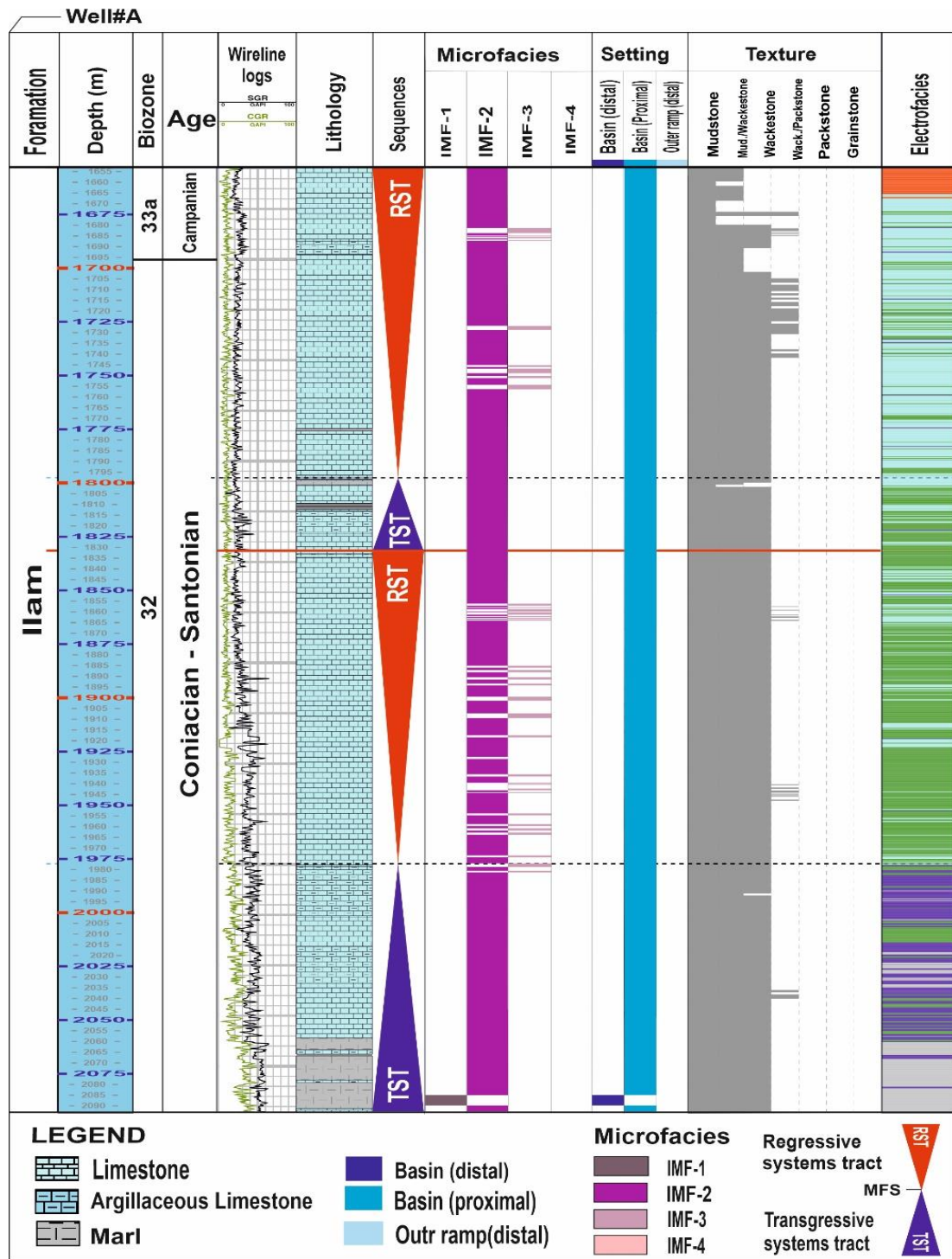
۴-۴- سکانس‌های رسوبی

براساس تلفیق داده‌های پتروگرافی و پتروفیزیکی، دو سکانس رسوبی برای سازند ایلام شناسایی شده است (شکل ۵). لازم به ذکر است که جهت تعیین سن نسبی سکانس‌ها از نتایج مطالعات زیست‌چینه‌نگاری انجام شده توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران استفاده شده است (نفریه، ۲۰۱۶).

سکانس اول: این سکانس به سن کنیاسین- سانتونین با سیستم تراکت پیشرونده (TST+LST) به ضخامت تقریبی ۱۲۰ متر در چاه‌های A و B شروع می‌شود. این سیستم تراکت در چاه A با ریزرخساره‌های پلاژیک مادستون- مارن مربوط به عمیق‌ترین بخش حوضه رسوبی و در چاه B با ریزرخساره پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی آغاز شده و در هر دو چاه A و B به ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی ختم می‌شود. براساس داده‌های چاه‌پیمایی و تغییرات لاگ گاما، مقادیر API پرتو گاما (CGR) کاهش یافته است، و مقادیر شیل (محتوای رس) نیز در توالی‌های رسوبی کاهش یافته است. سطح بیشینه غرقایی (MFS) در محل و کستون‌های حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک پیریتی شده و حاوی مواد آلی



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی از انواع تخلخل در سازند ایلام. (A) تخلخل‌های درون‌دانه‌ای (فلش‌های زرد) و حفره‌ای (فلش قرمز) میکروسکوپی در یک رخساره وکستون، نور (XPL)، (عمق: ۱۶۸۱، چاه A). (B) تخلخل درون اسکلتی در بخش مرکزی الیگوستژین، نور (XPL)، (عمق: ۱۹۴۱، چاه A). (C) تخلخل انحلالی در مسیر استیلولیت (فلش زرد) و تخلخل حفره‌ای (فلش قرمز)، نور (XPL). (D) تخلخل بین‌بلوری در بین بلورهای دولومیت، نور (PPL). (E) تصویر SEM از تخلخل قالبی در مختصات E₄ در نتیجه انحلال در بخش مرکزی الیگوستژین، (F) تصویر SEM از تخلخل درون‌دانه‌ای خصوصاً از نوع فضای خالی درون قطعات اسکلتی در مختصات C₅، E₂ و C₄، تخلخل قالبی در مختصات E₆ و E₄. (G) تصویر میکروسکوپی از تخلخل شکستگی (نور XPL). (H) تصویر SEM از ریزتخلخل‌های بین ذرات میکرایت (فلش‌های زرد).



شکل ۳. سکناس‌های رسوبی شناسایی شده در چاه A همراه با خصوصیات رخساره‌ای و بایوزون‌های موجود در سازند ایلام

داده‌های چاه‌پیمایی و تغییرات لاگ گاما، مقادیر پایین API پرتو گاما و مقادیر پایین شیل نیز در توالی‌های رسوبی قابل مشاهده است (شکل ۵). تغییرات ضخامت این سکناس‌ها به تغییرات عمق حوضه در بخش‌های مختلف محیط‌رسوبی در زمان نوسانات سطح آب دریا نسبت داده شده است.

سیستم تراکت تراز پسرونده (RST) به ضخامت تقریبی ۱۴۵ متر در چاه A و ۱۲۵ متر در چاه B شناسایی می‌شود. این سیستم تراکت در هر دو چاه A و B باریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی آغاز شده و در هر دو چاه A و B نیز به ریزرخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر و کستون بخش ابتدایی حوضه عمیق رسوبی ختم می‌شود. براساس

۴-۵- رخساره‌های الکتریکی

در این مطالعه با بهره‌گیری از داده‌های لاگ‌های چاه‌پیمایی (گامای طبیعی (GR) و گامای طبیعی اصلاح شده (CGR)، تخلخل نوترون (NPHI)، چگالی کلی سازند (RHOB, DRHO)، زمان گذر امواج صوتی (DT) و وارد نمودن آن‌ها در نرم‌افزار ژئولاگ با استفاده از روش MRGC، رخساره‌های الکتریکی سازند ایلام تعیین شد. همچنین، برای تعیین لیتولوژی و ارایه تفاسیر پتروفیزیکی، نمودارهای متقاطع نوترون-چگالی، نوترون-صوتی، چگالی-صوتی-نوترون و اشباع شدگی آب سازند مدنظر بوده است (شکل ۶). به علت محدودیت و عدم کیفیت بالای برش‌های نازک تهیه شده در میدان مورد مطالعه و همچنین شباهت رخساره‌ها، رخساره‌های وکستون-پکستون براساس تخلخل و داده‌های چاه‌پیمایی بررسی شده و به سه دسته شامل رخساره‌های وکستون-پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪، تخلخل ۷٪-۱۵ و تخلخل بیش از ۱۵٪ تقسیم شده‌اند. حدود ۷ و ۱۵ درصد برای تخلخل به پیشنهاد کارشناسان شرکت ملی نفت (مدیریت اکتشاف) در نظر گرفته شده‌اند. در نهایت براساس یک مدل پنج رخساره‌ای کراس‌پلات‌های نوترون-چگالی، نوترون-صوتی و چگالی-صوتی-نوترون تهیه شده و مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۶). کراس‌پلات‌های ترسیم شده حاکی از تفکیک خوب رخساره‌های الکتریکی در چاه‌های مورد مطالعه می‌باشند (شکل ۶). خلاصه‌ای از مهم‌ترین خصوصیات رخساره‌های الکتریکی تعیین شده در سازند ایلام در جدول شماره ۱ آورده شده است.

رخساره الکتریکی شماره ۱ (EF-1): این رخساره الکتریکی با وجود مقادیر بالای لاگ نوترون (< 0.4) و مقادیر متوسط لاگ گاما (SGR: ۶۰-۲۰) مشخص می‌باشد (شکل ۶). مقایسه داده‌های مغزه و لاگ حاکی از تطابق این رخساره الکتریکی با رخساره پلانکتونیک فرامینیفر مادستون/وکستون می‌باشد که در شکل ۶ به رنگ آبی تیره نمایش داده شده است (جدول ۱).

رخساره الکتریکی شماره ۲ (EF-2): این رخساره الکتریکی با مقادیر بالای لاگ گاما (SGR: ۷۰-۲۰) و مقادیر بالای لاگ نوترون (< 0.35) مشخص می‌باشد (شکل ۶). از دیدگاه رخساره‌ای، این الکتروفاسیس بیشترین تطابق را با رخساره رسوبی پلانکتونیک فرامینیفر مادستون/وکستون و رخساره پلاژیک مادستون/مارن دارا

می‌باشد (جدول ۱). این رخساره الکتریکی بر روی نمودارهای پتروفیزیکی (شکل ۶) با رنگ خاکستری مشخص می‌باشد.

رخساره الکتریکی شماره ۳ (EF-3): این رخساره الکتریکی با مقادیر پایین لاگ نوترون (< 0.25) و مقادیر بالای لاگ گاما (SGR: ۷۰-۲۰) بر روی نمودارهای پتروفیزیکی مشخص می‌باشد (شکل ۶). بر اساس حد برش‌های تعریف شده برای تخلخل، این رخساره الکتریکی اغلب با رخساره‌های پلانکتونیک فرامینیفر میکروباویوکلست وکستون با تخلخل کمتر از ۷ درصد همراه است (جدول ۱). این رخساره الکتریکی بر روی نمودارهای پتروفیزیکی (شکل ۶) با رنگ سبز مشخص می‌باشد.

رخساره الکتریکی شماره ۴ (EF-4): این رخساره الکتریکی با مقادیر متوسط لاگ نوترون (> 0.25) و مقادیر متوسط تا پایین لاگ گاما (SGR: ۵۰-۱۰) بر روی نمودارهای پتروفیزیکی با رنگ آبی روشن مشخص می‌باشد (شکل ۶). بر اساس حد برش‌های تعریف شده برای تخلخل، این رخساره الکتریکی اغلب با رخساره پلانکتونیک فرامینیفر وکستون/پکستون با تخلخل ۷ تا ۱۵ درصد همراه است (جدول ۱).

رخساره الکتریکی شماره ۵ (EF-5): این رخساره الکتریکی با مقادیر بالای لاگ نوترون (> 0.4) و مقادیر پایین لاگ گاما (SGR: ۳۰-۱۰) بر روی نمودارهای پتروفیزیکی با رنگ قرمز مشخص می‌باشد (شکل ۶). بر اساس حد برش‌های تعریف شده برای تخلخل، این رخساره الکتریکی اغلب با رخساره الیگوسترینا-پلانکتونیک فرامینیفر وکستون/پکستون با تخلخل بیش از ۱۵ درصد همراه است (جدول ۱).

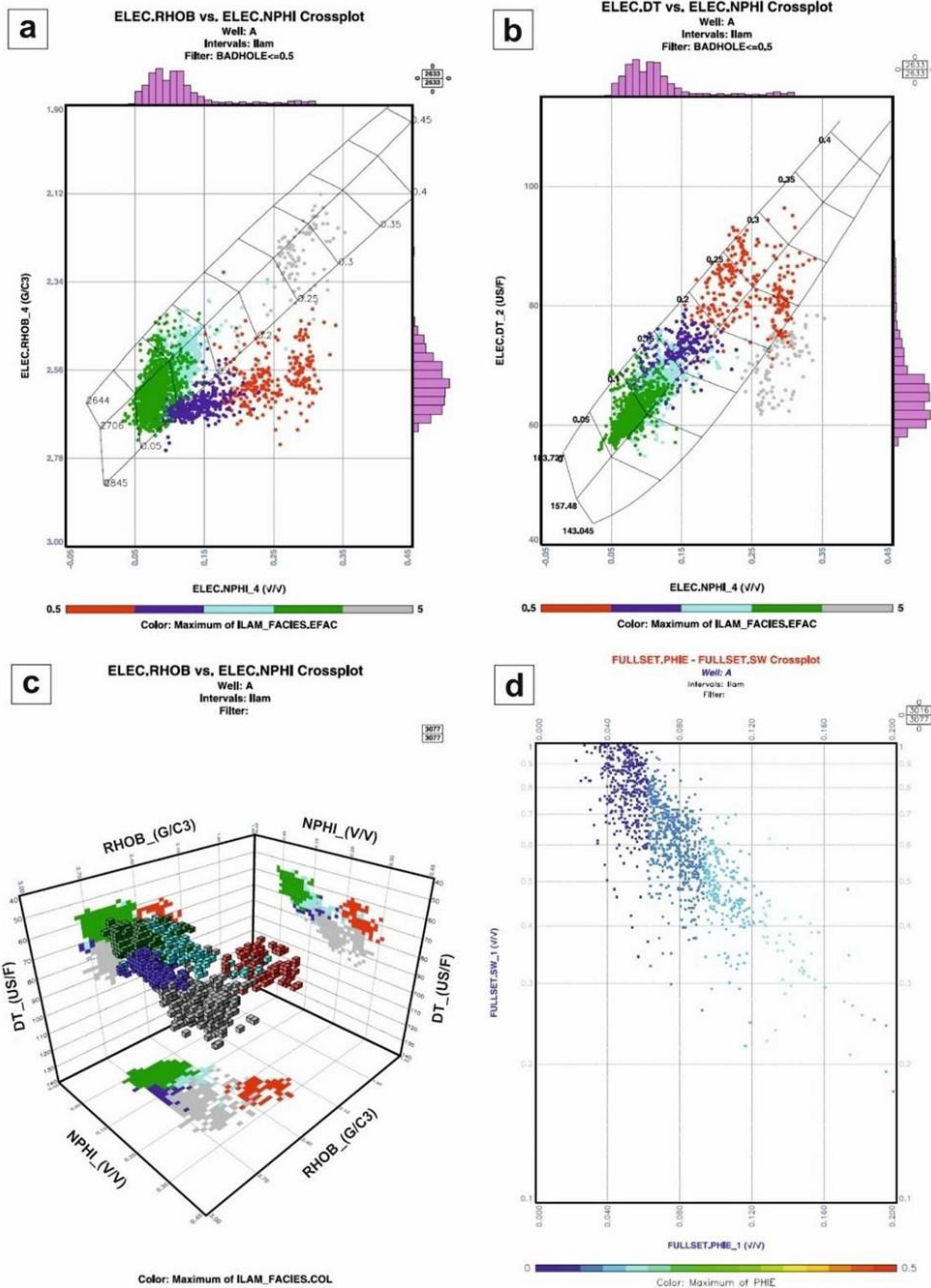
۵- تفسیر نتایج

۵-۱- مدل رسوبی

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که سازند ایلام در حوضه زاگرس شامل هر دو نوع رخساره کم‌عمق (نریتیک) و عمیق (پلاژیک) است (مطیعی، ۱۹۹۳؛ مهربانی و همکاران، ۲۰۱۴). در لرستان، رخساره‌های عمیق در سازند ایلام غلبه بیشتری دارند (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷). در فرواتادگی دزفول و ناحیه فارس، سازند ایلام ممکن است یک یا هر دو نوع رخساره‌ها را شامل شود (باقی‌پور و همکاران، ۲۰۲۱). محیط تشکیل سازند ایلام در زاگرس یک پلاتفرم

تغییرات ریزرخساره‌ای بسیار ناچیزی را نشان می‌دهند. اجزای فرعی این ریزرخساره‌ها شامل روزن‌داران بنتیک کوچک، خرده‌هایی از پوسته نازک دوکفه‌ای‌ها و پوسته‌های اینوسراموس و کرینویید می‌باشند. همچنین اجزای غیراسکلتی موجود در این رخصاره‌ها شامل پیریت، گلوکونیت و فسفات می‌باشند.

کربناته کم‌عمق بوده که رخصاره‌های عمیق (حوضه‌ای) آن در ناحیه لرستان تشکیل شده است (ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۰۶). تنه‌سخت سازند ایلام طی کرتاسه‌ی بالایی و در یک حوضه فورلندی صورت گرفته است. براساس ریزرخساره‌های بررسی شده در این سازند، تمام ریزرخساره‌ها از روزن‌داران پلانکتون تشکیل شده و



شکل ۴. (A) انواع سنگ‌های متشکله سازند مورد نظر و نحوه توزیع تخلخل در کراس پلات نوترون- چگالی برای چاه A، تصویر (B) کراس پلات نوترون- زمان گذر امواج صوتی برای چاه A، (C) کراس پلات چگالی- صوتی- نوترون برای چاه A که نشان می‌دهند سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه با توجه به تمرکز بیشتر نقاط در اطراف آهک دارای لیتولوژی غالب کربناته (آهکی) است که البته دارای مقادیری آهک‌های رسی و شیل نیز می‌باشد، (D) کراس پلات اشباع‌شدگی آب که نشان می‌دهد سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه عمدتاً شامل رخصاره‌های با تخلخل کم‌تر از ۸٪ و اشباع آب بیش‌تر از ۴۰٪ می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات رخساره‌های الکتریکی شناسایی شده در سازند ایلام

کد رخساره الکتریکی	لاگ نوترون (NPHI)			لاگ صوتی (DT)			لاگ چگالی (RHOB)			لاگ گاما (CGR)		
	بر حسب V/V			بر حسب US/F			بر حسب G/C3			بر حسب GAPI		
	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین
EF-1	۰/۳	۰/۲۳	۰/۲۹	۷۸	۶۲	۶۹	۲/۴	۲	۲/۳	۲۷	۰	۹
EF-2	۰/۳	۰/۰۷	۰/۱۲	۸۱	۵۵	۶۶	۲/۷۲	۲/۲۶	۲/۵۶	۲۱	۱	۸/۸
EF-3	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۰۷	۷۵	۵۴	۶۱	۲/۷	۲/۴	۲/۶	۲۶	۱	۱۱
EF-4	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۳	۷۹	۶۳	۷۰	۲/۷۵	۲/۴۲	۲/۶۴	۳۳/۵	۴	۱۹/۸
EF-5	۰/۳۴	۰/۱۳	۰/۲۴	۹۷	۲۷	۸۳	۲/۷	۲/۳	۲/۵	۵۰	۱۶	۳۲

ریز بودن آلوکم‌ها و فراوانی کم آن‌ها در این ریزرخساره‌ها نشان‌دهنده ته‌نشست آن‌ها در بخش‌های عمیق و کم انرژی حوضه است (فلوگل، ۲۰۱۰). نرخ انباشتگی این نوع نهشته‌های پلاژیک آهکی یکنواخت و آرام بوده و در نتیجه مجموعه رخساره‌های تشکیل شده در چنین شرایطی شامل سنگ‌آهک‌های کم انرژی، ریزدانه و تقریباً خالصی است که تغییرات رخساره‌ای خیلی کمی را نشان می‌دهند (ویلمسن، ۲۰۰۳). همچنین فراوانی روزن‌داران پلانکتون، حضور اندک روزن‌داران بنتیک کوچک و ماتریکس گلی فراوان که نشان‌دهنده رژیم هیدرودینامیکی با انرژی کم است، نهشت این رسوبات را در محیط پلاژیک و در زیر قاعده امواج نرمال تأیید می‌کنند (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از اختصاصات رخساره‌های مورد مطالعه حضور گسترده پیریت و موادالی در زمینه می‌باشد. بخش‌های غنی از مواد ارگانیکی در شرایط پیکره آبی چینه‌بندی شده و راکد در شرایط غالب احیایی کف حوضه نهشته شده‌اند (هاپف، ۲۰۰۱). وجود پیریت به صورت گسترده در زمینه و به صورت پرکننده حفرات فسیل‌ها و حفرات تشکیل‌شده حین رسوبگذاری دیده می‌شوند، شاخص سنگ‌های آهکی محیط‌های عمیق (فلوگل، ۲۰۰۴) و شرایط بی‌اکسیژنی و احیایی در هنگام تشکیل این طبقات است (شالکه و پاپ، ۲۰۰۵؛ کنفیلد و ریزول، ۱۹۹۱). با توجه به اینکه رخساره‌های شناسایی شده در سازند ایلام در میدان مورد مطالعه، اساساً رخساره‌های پلاژیک متعلق به بخش‌های عمیق پلاتفرم کربناته می‌باشند، لذا آرایه یک مدل رسوبی جامع بر مبنای مطالعه این دو چاه امکان‌پذیر نمی‌باشد. به همین سبب، مدل رسوبی جامع سازند ایلام در نواحی باختری و جنوب

باختری ایران که توسط ون‌بوخم و همکاران (۲۰۰۶) آرایه شده است بعنوان مرجع انتخاب شده و گسترش ریزرخساره‌های سازند ایلام در مطالعه حاضر بر روی آن نشان داده شده است (شکل ۷). همانگونه که در مطالعات مختلف اشاره شده است، حوضه لرستان در بخش اعظمی از کرتاسه بصورت یک حوضه رسوبی عمیق (دریاره^۱ یا حوضه درون شلفی^۲) وجود داشته است و رسوبات عمیق سازندهای گرو و ایلام در این حوضه عمیق رسوبی نهشته شده‌اند (زیگلر، ۲۰۰۱؛ ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۰۶).

۵-۲- تطابق سکانسی

با توجه به اینکه مطالعات اندکی در زمینهی آنالیز ریزرخساره‌ها و محیط‌رسوبی سازند ایلام در لرستان صورت گرفته و در مقابل مطالعات متعددی در این زمینه برای سازند ایلام در بخش‌های مختلف جنوب و جنوب‌باختری ایران (فروافتادگی دزفول) و فارس صورت گرفته است. در مطالعه حاضر سعی بر این بوده تا تطابق قابل قبولی براساس داده‌های در دسترس بین نتایج حاصل از مطالعات انجام شده بر روی سازند ایلام در لرستان (مطالعه حاضر) با مطالعات صورت گرفته بر روی این سازند در نواحی مذکور صورت پذیرد (شکل ۸). برطبق مطالعات جامع صورت گرفته، در زمان نهشت رسوبات کرتاسه خاورمیانه، رسوبات کربناته آب‌های کم‌عمق سازند ایلام در یک رمپ کم‌شیب در مقیاس ده‌ها کیلومتر و در طول سیستم تراکت تراز پیشرونده (TST) نهشته شده است (ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۰۶). براساس مطالعات مهرابی و همکاران (۲۰۱۴) سازند ایلام در ناحیه فارس در بخش شیب‌دار جلوی رمپ^۳ در حوضه فورلندی شکل گرفته است. براساس

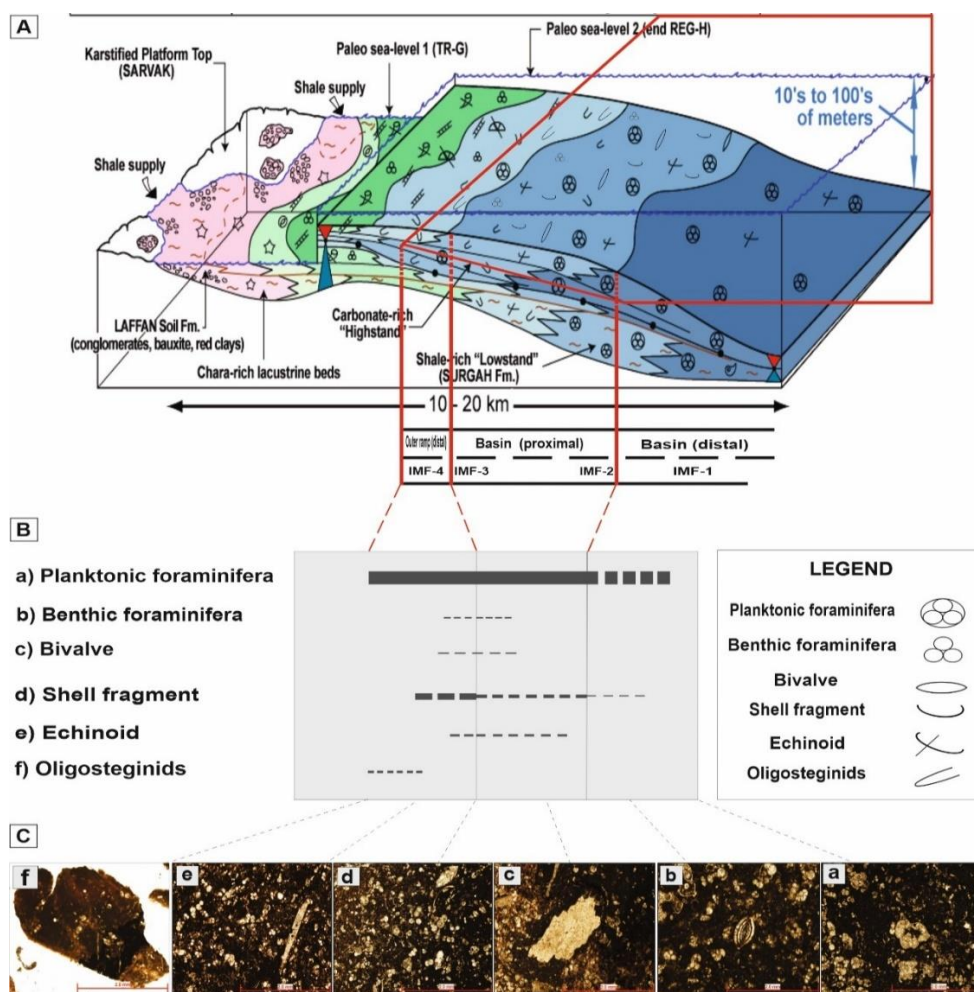
³ distally steepened ramp

¹ Sea-way

² Intraself basin

نشان‌دهنده‌ی عمیق‌ترین واحد رسوبی دریایی سازند ایلام در این ناحیه می‌باشند.

مطالعات باقرپور و همکاران (۲۰۲۱)، ضخیم‌ترین بخش سازند ایلام در بخش‌هایی از فارس داخلی با رخساره‌های پلاژیک متعلق به رمپ بیرونی و حوضه ثبت شده است، که

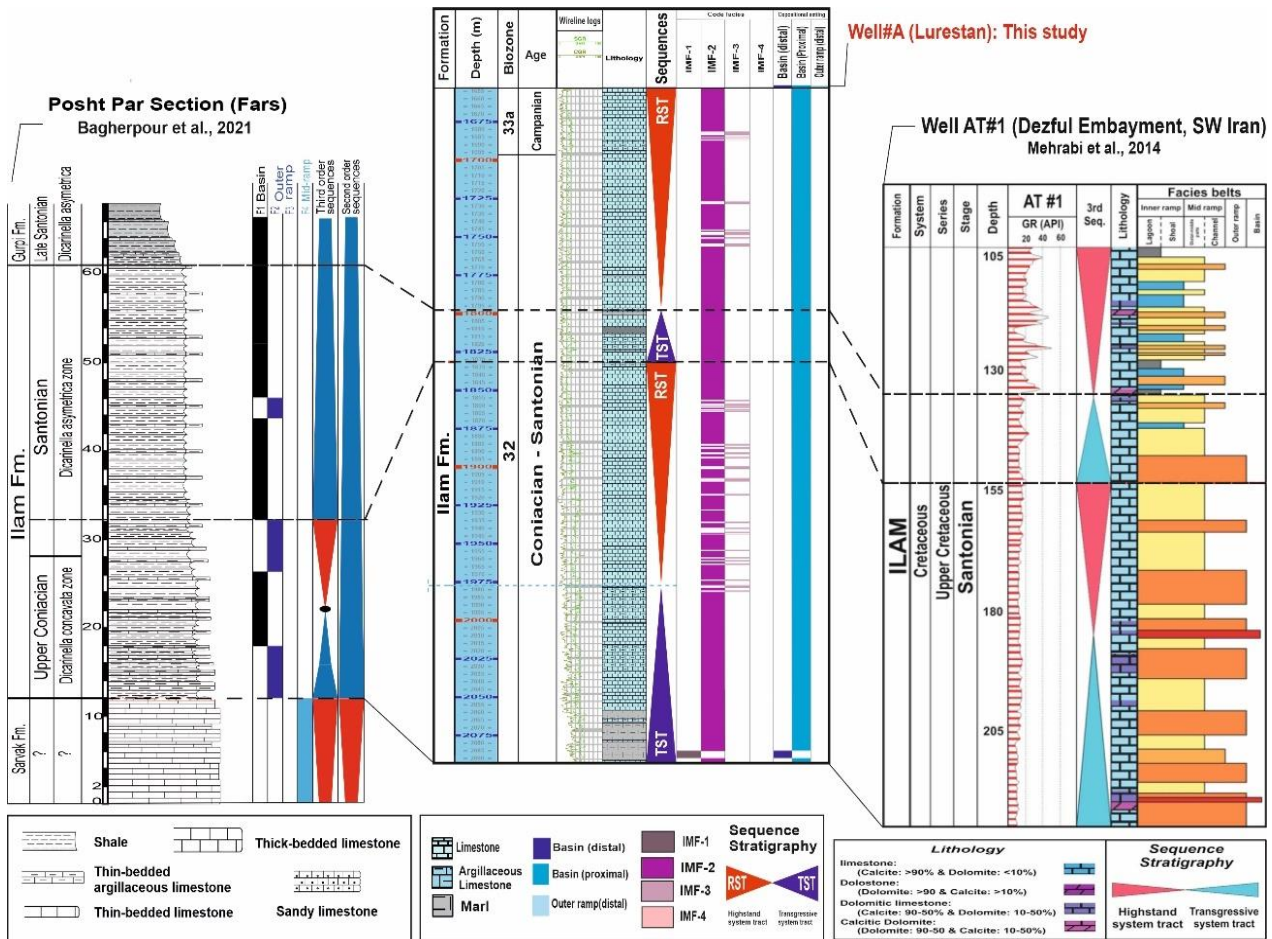


شکل ۷. a- مدل شماتیکی از یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ که رسوبگذاری سازند ایلام در عمیق‌ترین بخش آن در ناحیه لرستان انجام شده است (مدل رسوبی کلی از مطالعه ون‌بوخ و همکاران، ۲۰۰۶ اقتباس شده است). b- توزیع جانبی اجزاء مهم اسکلتی و غیراسکلتی در زیرمحیط‌های رسوبی مختلف سازند ایلام. c- تصاویر میکروسکوپی از مهم‌ترین آلوکوم‌های موجود در ریزرخساره‌های سازند ایلام در میدان مورد مطالعه (مفهوم حروف اختصاری در بخش b تصویر ارایه شده است).

معمولاً دیاژنز در زون مزوژنتیک با تغییرات خیلی آهسته در میزان تخلخل مشخص شده و فرایندهای فشردگی و فرایندهای مربوط به آن غالب می‌باشند. با وجود اینکه نرخ تغییرات خیلی آرام است اما فاصله زمانی تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی خیلی طولانی است و از این رو تغییرات تخلخل (معمولاً کاهش) کامل می‌شود (مور، ۲۰۰۱). بیشتر فرایندهای دیاژنتیزی شناسایی شده در رخساره‌های سازند ایلام در طی این مرحله رخ داده‌اند. این فرایندها شامل فشردگی فیزیکی و شیمیایی، سیمان کلسیتی پرکننده حجره‌های فسیلی و شکستگی‌ها، انحلال و پیریت‌های ثانویه است (شکل ۹).

۳-۵- توالی پاراژنتزی

براساس مطالعات صورت گرفته، توالی پاراژنتزی سازند ایلام نشان‌دهنده گذار از محیط دریایی تا دفنی کم عمق و عمیق بوده است. در سازند ایلام فرایندهای دیاژنتیزی گلوکونیتی‌شدن، تشکیل پیریت‌های اولیه و فسفات در شرایط دریایی ایجاد شده‌اند. فشردگی مکانیکی بلافاصله پس از ته‌نشینی رسوب در کف حوضه آغاز شده است. مرحله مزوژنز فاصله زمانی است که در طی آن رسوبات در اعماق (پایین‌تر از قاعده تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی سطحی)، در معرض یک‌سری تغییرات قرار می‌گیرند.



شکل ۸. تطابق سکانس‌های رسوبی سازند ایلام در میدان مورد مطالعه (لرستان) با سکانس‌های بررسی شده در فروافتادگی دزفول (مهرابی و همکاران، ۲۰۱۴) و فارس (باقرپور و همکاران، ۲۰۲۱).

	دیاژنز اولیه	دیاژنز نهایی
محیط	دریایی	تدفین کم عمق تا عمیق
فرآیندها		
پیریتی شدن	متداول	کمترا متداول
گلوکونیتی شدن	متداول	کمترا متداول
فسفاتی شدن	متداول	کمترا متداول
فشردگی مکانیکی	متداول	کمترا متداول
فشردگی شیمیایی	متداول	کمترا متداول
انحلال	متداول	کمترا متداول
دولومیتی شدن	متداول	کمترا متداول
شکستگی‌ها	متداول	کمترا متداول
سیمانی شدن	متداول	کمترا متداول

شکل ۹. توالی وقوع فرایندهای دیاژنتیکی مشاهده شده در سازند ایلام در ناحیه لرستان

۴-۵- کیفیت مخزنی

بر اساس مطالعات پتروفیزیکی صورت گرفته در چاه‌های A و B در میدان مورد نظر، سازند ایلام به ۶ زون مخزنی تقسیم شده است (شکل ۱۰). این زون‌ها بر مبنای مهم‌ترین خصوصیات پتروفیزیکی (از جمله میانگین تخلخل، میانگین اشباع آب و میانگین حجم شیل)، رخساره‌های رسوبی و فرایندهای دیاژنزی غالب تفکیک شده‌اند (جدول‌های ۲ و ۳).

زون ۱ سازند ایلام (IRZ-1): در چاه A میدان نفتی مورد نظر در محدوده‌ی عمقی ۲۰۵۹ تا ۲۰۹۶ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۲۰۶۹ تا ۲۱۸۸ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های شیل/مارن، و به مقدار محدودی رخساره‌های مادستون متراکم و مادستون- وکستون می‌باشد. در چاه B این زون عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ و به مقدار محدودی شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ می‌باشد.

زون ۲ سازند ایلام (IRZ-2): در چاه A در محدوده‌ی ۱۹۷۷ تا ۲۰۵۹ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۲۰۳۴ تا ۲۰۶۹ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های مادستون متراکم و مادستون- وکستون، و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۵٪ و شیل/مارن می‌باشد. در چاه B این زون به‌طور کامل شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ می‌باشد.

زون ۳ سازند ایلام (IRZ-3): در چاه A در محدوده‌ی ۱۸۳۰ تا ۱۹۷۴ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۲۰۰۱ تا ۲۰۴۰ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۵-۱۲٪ می‌باشد. در چاه B این زون عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ و به مقدار بسیار محدودی رخساره‌های شیل/مارن، مادستون متراکم و مادستون- وکستون می‌باشد.

زون ۴ سازند ایلام (IRZ-4): در چاه A در محدوده‌ی ۱۷۹۶ تا ۱۸۳۰ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۱ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل

کم‌تر از ۷٪ و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ و همچنین به مقدار بسیار محدودی رخساره‌های شیل/مارن، مادستون متراکم و مادستون- وکستون می‌باشد. در چاه B این زون عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ می‌باشد و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ و به مقدار بسیار محدودی رخساره‌های شیل/مارن، مادستون متراکم و مادستون- وکستون نیز در این زون حضور دارند.

زون ۵ سازند ایلام (IRZ-5): در چاه A در محدوده‌ی ۱۷۹۶ تا ۱۶۷۴ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۱۹۷۹ تا ۱۹۱۹ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ بوده و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ و شیل/مارن، مادستون متراکم و مادستون- وکستون می‌باشد. در چاه B این زون عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ می‌باشد و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ می‌باشد.

زون ۶ سازند ایلام (IRZ-6): در چاه A در محدوده‌ی ۱۶۷۴ تا ۱۶۵۴ متر و در چاه B در محدوده‌ی ۱۹۱۹ تا ۱۸۴۹ متری قرار دارد (شکل ۱۰). این زون در چاه A شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ و وکستون- پکستون با تخلخل بیش از ۱۵٪ می‌باشد. در چاه B این زون عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل کم‌تر از ۷٪ و به مقدار محدودتری رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ و به مقدار بسیار محدودتری شیل/مارن، مادستون متراکم و مادستون- وکستون می‌باشد.

با توجه به مطالعات پتروگرافی و پتروفیزیکی انجام شده، سازند ایلام در میدان مورد مطالعه از کیفیت مخزنی چندانی برخوردار نمی‌باشد. اما زون‌های ۶ و ۵ به ترتیب در چاه A عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷-۱۵٪ و با روند مقادیر پایین API پرتو گاما و مقادیر پایین شیل در توالی‌های رسوبی مشخص می‌باشند و می‌توانند بعنوان زون‌های مخزنی در نظر گرفته شوند. در چاه B به ترتیب زون ۶ عمدتاً شامل رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل بیش از ۱۵٪ و با روند مقادیر پایین API پرتو گاما و مقادیر پایین شیل و زون ۴ عمدتاً شامل

رخساره‌های وکستون- پکستون با تخلخل ۷٪- ۱۵ و با روند مقادیر پایین API پرتو گاما و مقادیر پایین شیل در توالی‌های رسوبی مشخص می‌باشند و از کیفیت مخزنی

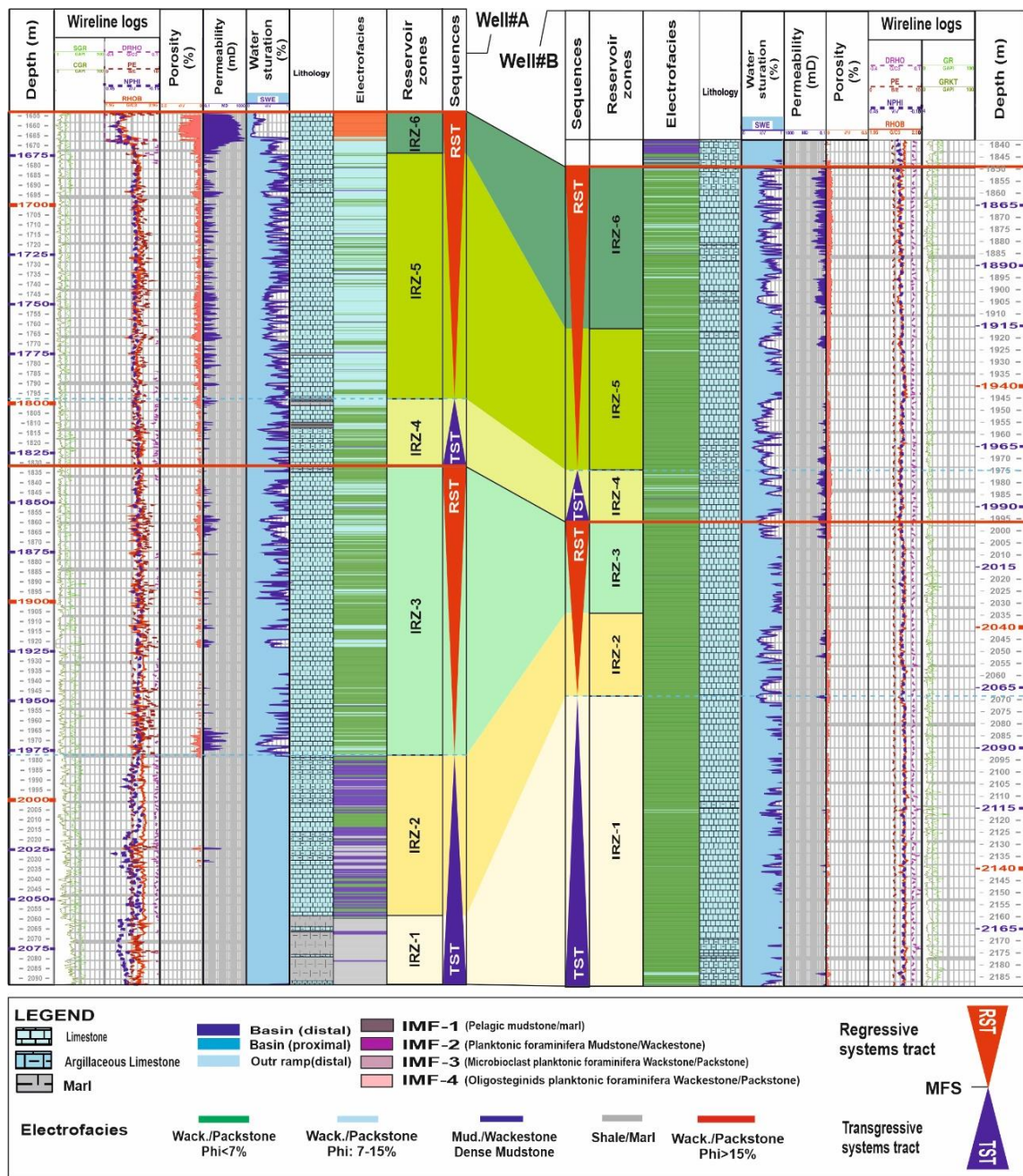
مطلوب‌تری نسبت به سایر زون‌ها برخوردار می‌باشند (جدول ۳).

جدول ۲. مقادیر میانگین اشباع آب، تخلخل و حجم شیل در زون‌های مخزنی شناسایی شده در سازند ایلام در دو چاه A و B

زون مخزنی	میانگین اشباع آب (۱-۰)	میانگین تخلخل (۱-۰)	میانگین حجم شیل (۱-۰)
چاه A			
IRZ-1	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۳۰
IRZ-2	۰/۹۳	۰/۰۲	۰/۱۸
IRZ-3	۰/۸۷	۰/۰۳	۰/۰۶
IRZ-4	۰/۸۰	۰/۰۶	۰/۰۶
IRZ-5	۰/۷۴	۰/۰۷	۰/۰۶
IRZ-6	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۰۷
چاه B			
IRZ-1	۰/۹۰	۰/۰۲	۰/۰۱
IRZ-2	۰/۸۵	۰/۰۴	۰/۱۰
IRZ-3	۰/۸۰	۰/۰۵	۰/۱۰
IRZ-4	۰/۶۰	۰/۰۵	۰/۰۸
IRZ-5	۰/۷۴	۰/۰۴	۰/۰۸
IRZ-6	۰/۷۲	۰/۰۵	۰/۱۳

جدول ۳. مشخصات زون‌های مخزنی شناسایی شده در سازند ایلام در میدان مورد مطالعه واقع در ناحیه لرستان

زون مخزنی	فرایند دیاژنزی غالب	سکانس رسوبی	داده چاه‌پیمایی	رخساره رسوبی غالب	رخساره الکتریکی غالب
عمدتا در زون IRZ-1 در چاه A	پیریتی شدن، آغشتگی بسیار محدود به مواد آلی	پایین‌ترین بخش سیستم تراکت TST در چاه A	مقادیر بالای API پرتو گاما (CGR) و مقادیر پایین لاگ‌های NPHI و RHOB	پلانکتونیک فرامینیفر مادستون/ وکستون و رخساره پلاژیک مادستون/ مارن	EF-2
عمدتا در زون IRZ-2 در چاه A	پیریتی شدن، فشردگی مکانیکی و شیمیایی، سیمانی شدن کلسیتی، حضور گلوکونیت و فراوانی مواد آلی	بالا‌ترین بخش سیستم تراکت TST در چاه A	مقادیر بالای API پرتو گاما (CGR) و مقادیر کم لاگ‌های NPHI و RHOB	پلانکتونیک فرامینیفر مادستون/ وکستون	EF-1
در زون IRZ-4 و IRZ-3 در چاه A، زون‌های ۳، ۲، و ۱ چاه B	پیریتی شدن، فشردگی مکانیکی و شیمیایی، سیمانی شدن کلسیتی، آغشتگی به مواد آلی	RST و TST چاه A، در طول تمامی سیستم تراکت‌های هر دو سکانس چاه B لاغله بیشتر در سکانس اول چاه B	مقادیر پایین تر API پرتو گاما (CGR) و مقادیر متوسط لاگ‌های RHOB و NPHI	پلانکتونیک فرامینیفر میکروباپوکلست وکستون	EF-3
در IRZ-5 غالب است	پیریتی شدن، فشردگی مکانیکی و شیمیایی، سیمانی شدن کلسیتی	بخش پایینی سیستم تراکت تراز پسروده RST (سکانس دوم) در چاه A	مقادیر اندک API پرتو گاما (CGR)، مقادیر متوسط تا بالای لاگ‌های RHOB و NPHI	پلانکتونیک فرامینیفر وکستون/ پکستون	EF-4
عمدتا در IRZ-6 (well A)	پیریتی شدن	بالا‌ترین بخش سیستم تراکت تراز پسروده RST (سکانس دوم) در چاه A	مقادیر اندک API پرتو گاما (CGR)، مقادیر کم لاگ RHOB و بالای لاگ NPHI	الیگوستژینا - پلانکتونیک فرامینیفر وکستون/ پکستون	EF-5



شکل ۱۰. تطابق زون‌های مخزنی سازند ایلام بین دو چاه A و B در میدان مورد مطالعه از ناحیه لرستان

غالب تر و با محتوای رس کمتر طی تشکیل سیستم تراکت پسروده باشد. از دیدگاه تاثیر فرایندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند ایلام می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فرایندهایی نظیر انحلال میکروسکوپی، دولومیتی شدن دفنی و شکستگی‌ها تا حدودی در بهبود کیفیت مخزنی رخساره‌های این سازند در برخی افق‌ها تاثیرگذار بوده‌اند. از سوی دیگر، فرایندهایی نظیر فشردگی فیزیکی و شیمایی و سیمانی شدن موجب از دست رفتن کیفیت

در یک نگاه کلی، یک روند بهبود کیفیت مخزنی از قاعده به سمت راس سازند ایلام در هر دو چاه مطالعه شده قابل تشخیص است (شکل ۱۰). این روند با کاهش مقادیر حجم شیل و آب اشباع‌شدگی و افزایش تخلخل و تراوایی همراه است. از دیدگاه چینه‌نگاری سکansı، کیفیت مخزنی در سیستم تراکت‌های پسروده (RST) هر دو سکانس رسوبی سازند ایلام بالاتر از سیستم تراکت‌های پیشرونده (TST) می‌باشد که دلیل آن هم می‌تواند تشکیل رخساره‌های دانه

شده با استفاده از نتایج مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، سن سازند ایلام در این ناحیه، کنیاسین- کامپانین پیشین تعیین گردید.

- با استفاده از لاگ‌های پتروفیزیکی مرسوم نظیر نوترون، گاما، چگالی، صوتی و لاگ آب اشباع‌شدگی بدست آمده از لاگ مقاومت، رخساره‌های الکتریکی سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه تعیین گردیدند. این رخساره‌های الکتریکی بر اساس ویژگی‌های پتروگرافیکی شان در ۵ گروه طبقه‌بندی شدند و جایگاه چینه‌شناسی آن‌ها مشخص گردید.
- در نهایت و با تلفیق نتایج مطالعات پتروگرافی و پتروفیزیکی، ۶ زون مخزنی در سازند ایلام مشخص شده و در چارچوب سکانسی در دو چاه مورد بررسی، مطابقت داده شدند. سپس ویژگی‌های رخساره‌ای، دیاژنزی، سیستم حفرات غالب و رخساره‌های الکتریکی رایج در هر یک از این زون‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

منابع

- اسدی‌مهماندوستی، ا.، عبدالملکی، س.، قلاوند، ه (۱۳۹۶) ریزرخساره‌ها، محیط‌رسوبی و دیاژنزی سازند ایلام در یکی از میدان‌های نفتی دشت آبادان. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۵، شماره ۹، ص ۲۱-۳۹.
- آقاباتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- بهرامی‌زاده سجادی، ح (۱۳۹۰) ریزرخساره‌های میکروسکوپی حوضه رسوبی زاگرس پرمین-نئوژن. انتشارات تک رنگ شرکت ملی نفت ایران، ۵۹۹ ص.
- معینی، م.، رحیم‌پوربناب، ح.، توکلی، و.، مرادپور، م.، معدنی‌پور، س.، رضایانه، ح (۱۳۹۳) زون‌بندی و تعیین گونه‌های سنگی مخزن بنگستان براساس بررسی‌های رسوب‌شناختی و پتروفیزیکی در میدان سرکان، نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۴، ص ۵۰-۷۴.
- Adabi, M. H., Asadi-Mehmandosti, E (2008) Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, SW Iran. *J Asian Earth Sci*, 33: 267-277.
- Ahr, W. M (2008) *Geology of carbonate reservoirs*. John Wiley and sons, Chichester, p296.
- Bagherpour, B., Mehrabi, H., Faghih, A., Vaziri-Moghaddam, H., Omidvar, M (2021) Tectono-eustatic controls on depositional setting and spatial facies distribution of Coniacian-Santonian sequences of the Zagros Basin in Fars area, S. Iran. *Marin and petroleum Geology* 129.

مخزنی در سازند ایلام گردیده‌اند. بهترین زون‌های مخزنی شناسایی شده در این سازند شامل زون‌های ۵ و ۶ می‌باشند که منطبق بر سیستم تراکت پسرورنده سکانس دوم سازند ایلام در چاه‌های مورد مطالعه می‌باشند. در این زون‌ها، رخساره‌های دانه غالب تر با بافت وکستون تا یکستون با مقادیر متوسط تا بالایی (۱۰ تا ۱۵ درصد) از تخلخل‌های میکروسکوپی (شامل حفرات بین‌دانه‌ای، درون اسکلتی، قالبی و حفره‌ای) گسترش دارند. تاثیر توامان ویژگی‌های بافتی و فرایندهای دیاژنزی افزاینده کیفیت مخزنی منجر به بهبود کیفیت مخزنی در این بخش از سازند ایلام گردیده است. البته تاثیر ویژگی‌های بافتی رخساره‌ها غالب تر از اثرات ثانویه (دیاژنزی) بوده و می‌تواند بعنوان عامل اصلی کنترل‌کننده کیفیت مخزنی در سازند ایلام معرفی گردد.

نتیجه‌گیری

مطالعات پتروگرافی و پتروفیزیکی انجام شده بر روی داده‌های مغزه، خرده‌های حفاری، برش‌های نازک میکروسکوپی، لاگ‌های چاه‌پیمایی و تصاویر میکروسکوپ الکترونی سازند ایلام در دو چاه از یکی از میداین نفتی ناحیه لرستان به منظور تعیین محیط رسوبگذاری دیرینه، تاریخچه فرایندهای دیاژنزی، تعیین سکانس‌های رسوبی و نهایتاً ارزیابی کیفیت مخزنی این سازند مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نتایج زیر حاصل گردید:

- مطالعات رخساره‌ای منجر به شناسایی ۴ ریزرخساره رسوبی در سازند ایلام شد که این رخساره‌ها در بخش‌های عمیق (بیرونی) پلاتفرم کریناته نهشته شده‌اند و منعکس‌کننده رخساره پلاژیک این سازند در ناحیه لرستان می‌باشند.
- مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی اثرگذار بر سازند ایلام شامل فشردگی مکانیکی و شیمیایی، انحلال میکروسکوپی، سیمانی شدن کلسیتی، دولومیتی شدن و پیریتی شدن می‌باشند که حاکی از گذر این توالی‌ها از محیط دیاژنزی دریایی تا قلمرو دفنی کم عمق و عمیق می‌باشند.
- دو سکانس رسوبی بر مبنای مشاهدات رسوب‌شناسی و پتروفیزیکی در سازند ایلام تفکیک گردید و با مطالعات مشابه بر روی این سازند در سایر نواحی زاگرس مطابقت داده شد. بر اساس سن نسبی تعیین

- Husseini, M. I (2000) The Arabian Infracambrian extensional system. *Tectonophysics*, 148: 93-103.
- Hopf, H., Thiel, V., Reitner, J (2001) An Example for Black Shale Development on a Carbonate Platform (Late Triassic, Seefeld, Austria). *Facies*, 45: 203-210.
- Jørgensen, B. B (1977) Bacterial sulfate reduction within reduced micro-niches of oxidised marine sediments. *Marine Biology*, 41: 7-17.
- James, G. A., Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, 49: 2183-2245.
- Kent, P. E (1950) Stratigraphic Exploration Surveys in southwest Persia. Forward petro. Conference. GR – 795.
- Lucia, F. J (2007) *Carbonate Reservoir Characterization*. Second Edition, Springer, 336 p.
- Motiei, H (1993) *Geology of Iran, the Stratigraphy of Zagros (in Farsi)*. Geol Survey of Iran, Tehran, p. 572.
- Mehrabi, H. Rahimpour-Bonab, H. Enayat-Bidgoli, A. Navidtalab, A (2014) Depositional environment and sequence stratigraphy of Upper Cretaceous Ilam Formation in central and southern parts of Dezful Embayment, SW Iran. *Carbonates Evaporites*, 29: 263-278.
- Motiei, H (1993) *Stratigraphy of Zagros, Treatise on the Geology of Iran*, Iranian, Ministry of Mines and Metals, Geol. Surv. of Iran with cooperation of Deputy Ministry of Project and Planning, 536p.
- Moore, C. H (2001) *Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework (Developments in Sedimentology, 55)*. New York, Elsevier, 460 p.
- Nafarieh, E (2016) *Biostratigraphy and micropaleontological study of the Baba Habib Field, Lurestan Province*. National Iranian Oil Company, Exploration Directorate, Report, No. 892.
- Neumann, N. T., Rausch, T., Leipe, O., Dellwig, Z., Berner and Buttcher, M. E (2005) Intense pyrite formation under low-sulfate conditions in the Achterwasserlagoon, SW Baltic Sea: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69(14): 3619-3630.
- O'Brein, C. A. E and Law, J (1968) A detailed stratigraphical survey of the Geology of southwest Lurestan. GR-725.
- Player, R. A., Hulstrand, R. F. and Ghashghaie, M (1966) *The central Lutestan Geological survey*, IOOC Report, No. 1103(Unpub).
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M.D (2001) Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia Spec Publ* 2, 371.
- Bathurst, R. G. C (1975) *Carbonate Sediments and their Diagenesis (2nd ed.)*: Amsterdam, Elsevier, 658 p.
- Bordanov, M., L. and Sahabi, F (1971) *Geochemical project: Appraisal of Lurestan*. Report No. 1182.
- Berberian, M., King, G. C. P (1981) Towards the paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of the Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., & Oja, P (2003) *International physical activity questionnaire: 12-country*.
- Canfield, D. E., Raiswell, R (1991) Pyrite formation and fossil preservation. In: Allison, P. A., Briggs, D. E. G., (eds.) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press, New York, 411-463.
- Choquette, P. W., Pray, L. C (1970) *Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates*. *AAPG Bulletin*, 54: 207-250.
- Dunham, R. J (1962) *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. *A.A.P.G. Memoir*, 1: 108-121.
- Embry, A. F., 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.
- Ehrenberg, S. N (2006) Porosity destruction in carbonate platforms: *Journal of Petroleum Geology*, 29: 41-52.
- Flügel, E (2004) *Microfacies Analysis of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, 984 p.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks. Analysis, Interpretation and Application*. New York, Springer Verlag, 1006 pp.
- 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.
- Glenn, C. R., & Arthur, M. A (1990) Anatomy and origin of a Cretaceous phosphorite-greensand giant, Egypt. *Sedimentology*, 37(1): 123-154.
- Glenn, C. R., Follmi, K. B., RIGGS, S., Baturin, G. N., Grimm, K. A., Trappe, J., ... & Jehl, C (1994) Phosphorous and phosphorites: Sedimentology and environments of formation *Eclogae Geologicae Helveticae*, 87: 3.
- Harrison, J. V., Falcon, N. L., & Maling, P. B (1935) *The geology of Lurestan from a reconnaissance - ALOC Report No. 490*.
- Haq, B. U., Al-Qahtani, A. M (2005) Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian platform. *GeoArabia*, 2: 127-160.

- Stocklin, J (1968) Structural history and tectonics of Iran; a review. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 52(7): 1229-1258.
- Sherkati, S., 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.
- Tucker, M. E. and Wright, V. P (1990) *Carbonate Sedimentology*. Blackwell, 482p.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology—An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks—* Blackwell. Scientific publication. London.
- van Buchem, F. S. P., Gaumet, F., Vedrenne, V., Vincent, B (2006) Middle East Cretaceous sequence stratigraphy study, part1- SW Iran. National Iranian Oil Company (NIOC) internal report (unpublished).
- Vaziri Mogaddam. H (2002) Biostratigraphic study of the Ilam and Gurpi formations based on planktonic foraminifera in SE of shiraz, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 13(4): 339-356.
- Vaziri-Moghaddam, H., Kimiagari, M., Taheri, A (2006) Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran. *Facies*, 52: 41-51.
- Wynd, J. G (1965) Biofacies of the Iranian Oil Consortium Agreement area: Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division. Report 1082., 89 p.
- Williams, G. M (1977) The Chronostratigraphy of Cenomanian to Early Campanian Formation-Lurestan and North Khuzestan, GR- 1259.
- Wilmsen, M (2003) Sequence stratigraphy and palaeoceanography of the Cenomanian stage in northern Germany. *Cretaceous Research*, 24: 525-568.
- Ziegler, M (2001) Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences. *GeoArabia*, 6: 445-504.