

Dor: [۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۲۵۱۸۷۳۸,۱۴۰۰,۱۱,۲۱,۳,۱](https://doi.org/10.1001/1.22518738.1400.11.21.3.1)

بررسی نقش ریزرخساره‌ها، شرایط ته نشینی و دیاژنز بر کیفیت بخش مخزنی، سازند ایلام (سانتونین-کامپانین) در یکی از میداین جنوب باختری ایران، فروبوم دزفول

سیده اکرم جویباری^۱، پیمان رضائی^{۲*}، مجید مهدی پور^۳

۱-دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲-دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳-کارشناس ارشد زمین شناسی نفت شرکت توسعه مهندسی نفت، تهران، ایران

*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

دریافت مهرماه ۱۴۰۱، پذیرش آبان ۱۴۰۱

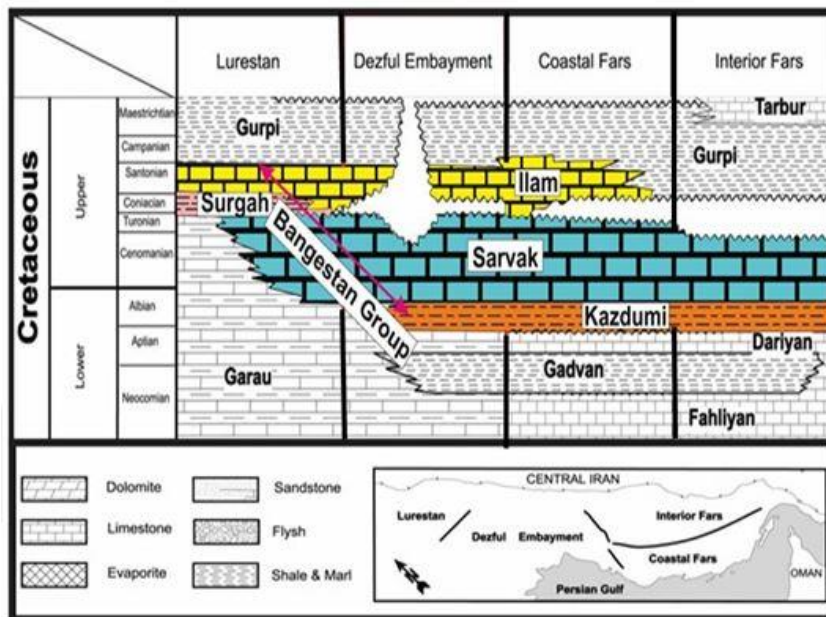
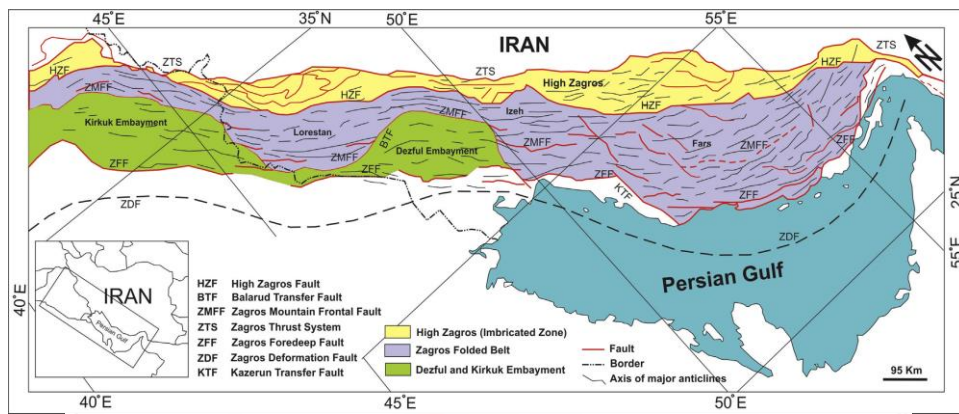
چکیده

سازند ایلام یکی از مخازن نفتی کربناتی مهم حوضه زاگرس و فروبوم دزفول است. به منظور شناسایی ریزرخساره و شرایط ته نشینی و فرآیندهای دیاژنزی تعداد ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی از یک چاه این مخزن در یکی از میداین نفتی فروبوم دزفول مورد ارزیابی قرار گرفت. از داده‌های تخلخل و تراوی برای بررسی کیفیت مخزنی استفاده شد. مطالعه پتروگرافی منجر به شناسایی ۹ ریز رخساره متعلق به کمربندهای رخساره‌ای لاگون، پشته کربناته، رمپ میانی و رمپ خارجی گردید که در محیط رمپ کربناته تک شیب نهشته شده‌اند. مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی شناسایی شده مخزن ایلام شامل سیمان‌شدگی، انحلال، شکستگی، میکرایتی شدن، استیلولیت‌زایی و دولومیتی شدن هستند. بر مبنای طبقه‌بندی کیفی مخزن و نمودارهای پتروفیزیکی لوسیا رخساره‌های لاگون و رمپ میانی وضعیت مخزنی متوسط و رخساره‌های پشته کربناته و رمپ خارجی وضعیت مخزنی ضعیفی دارند. کیفیت مخزنی رخساره‌های لاگون و رمپ میانی در ارتباط با وجود تخلخل‌های بهم مرتبط و کانالی می‌باشد. رخساره‌های پشته کربناته نیز به دلیل سیمانی شدن شدید و وجود تخلخل‌های غیرمرتبط مانند تخلخل قالبی، دارای تراوایی پایینی است و وضعیت مخزنی ضعیفی دارد. به طور کلی سازند ایلام در میدان مورد مطالعه به لحاظ مخزنی در وضعیت ضعیفی قرار دارد که این مهم می‌تواند علاوه بر کنترل کننده‌های رخساره‌ای در ارتباط با عدم گسترش شکستگی و دولومیتی شدن و گسترش بیش از حد سیمانی شدن در این رخساره‌ها باشد. از این رو سازند ایلام در میدان مورد مطالعه با وجود توالی کم عمق رسوبی به دلیل فرآیندهای دیاژنتیکی از عملکرد مخزنی ضعیفی برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: کیفیت مخزنی، محیط رسوبی، سازند ایلام، فروبوم دزفول

۱- مقدمه

بررسی کیفیت مخزنی مخازن نفتی یکی از مهمترین مراحل برای بهره برداری از میادین نفتی می باشد. مهمترین مرحله مباحث مخزنی، شناخت ارتباط بین ویژگی های رسوب شناسی با خواص مخزنی، مطالعات پتروگرافی و مقایسه نتایج حاصل از آن با داده های تخلخل و تراوایی مغزه می باشد [۲۰، ۲۲، ۳۰]. توزیع سه بعدی خواص مخزنی در مخازن هیدروکربوری با توزیع فرایندهای زمین شناسی کنترل می شود. این فرایندها خود به دو بخش رسوبی و دیاژنزی تفکیک می شوند [۴۳]. اگرچه توزیع سه بعدی خواص پتروفیزیکی، بطور اولیه، با الگوی توزیع بافت ها و رخساره های رسوبی کنترل می شود، اما مطالعات مخزن حاکی از این است که خواص پتروفیزیکی موجود در مخازن کربناته تا حد زیادی با آنچه در رسوبات کربناته جدید مشاهده می شود، متفاوت است [۹، ۱۱، ۲۶، ۳۸]. بخش زیادی از کیفیت مخزنی می تواند توسط سنگ شناسی، بافت و رخساره رسوبی کنترل شود اما ویژگی های دیاژنزی ثانویه نیز می تواند تاثیر قابل توجهی در بهبود یا کاهش کیفیت مخزنی داشته باشد [۱۳، ۲۷، ۳۱]. مطالعه ریزرخساره ها و تعیین محیط رسوبی در کنار بررسی فرایندهای دیاژنزی به ارائه الگویی کاربردی برای بررسی های مخزنی و اکتشاف ذخایر هیدروکربونی منجر می شود [۸، ۲۹].



شکل ۱- موقعیت فروبوم دزفول و تقسیمات ساختاری پهنه زاگرس [۶] و جایگاه چینه شناسی سازند ایلام در این پهنه [۲۱].

بنابراین برای بررسی توزیع خواص مخزنی، مطالعات رخصاره‌ای و دیاژنزی و مقایسه این نتایج با داده‌های تخلخل و تراوایی امری مناسب و ضروری می‌باشد. از جمله پژوهش‌های مشابه فارسی که بر روی مخازن نفتی ایران انجام شده است می‌توان به پژوهش‌های سلیمانی و همکاران [۴]، حسینی و همکاران [۳]، عباس پور و همکاران [۵] و جویباری و همکاران [۱] اشاره نمود. نمونه پژوهش‌های لاتین را می‌توان به مطالعات روانشاد و همکاران [۳۵]، جویباری و همکاران [۲۲]، خدائی و همکاران [۲۴] و سلیمانی و همکاران [۴۲] نام برد. تجمع ستبر و عظیم رسوبات به سن کرتاسه در حوضه زاگرس و فروبوم دزفول در برگیرنده ذخایر هیدروکربنی بسیار بزرگ و مهم از نظر اقتصادی می‌باشد [۱۰، ۲۴، ۳۸]. سازند ایلام یکی از مهمترین مخازن کربناتی کرتاسه، زون زاگرس می‌باشد. این تحقیق تلاش دارد ریزرخساره‌های رسوبی، شرایط ته نشینی و کیفیت مخزنی بخش مخزنی سازند ایلام را در یکی از میداین نفتی واقع در زون فروبوم دزفول، مورد بررسی قرار دهد.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

میدان مورد مطالعه در جنوب غرب ایران، استان خوزستان و در زون ساختاری فروبوم دزفول قرار دارد. کمربند چین خورده زاگرس در قسمت میانی کمربند کوهزایی زاگرس با روند شمال باختری- جنوب خاوری یکی از مهمترین کمربندهای هیدروکربوری خاورمیانه می‌باشد. توالی کرتاسه خاورمیانه و زاگرس دارای دو ناپیوستگی مهم آپتین پسین و تورونین میانی می‌باشند [۱۰، ۴۱]. توالی آلبین - سانتونین حوضه زاگرس شامل سازندهای کژدمی، سروک، سورگه و ایلام می‌باشد [۲۱]. سازند ایلام به سن سانتونین تا کامپانین در میدان مورد مطالعه با ستبرای ۱۸۵ متر عمدتاً متشکل از سنگ آهک به رنگ‌های کرم، سفید متمایل به خاکستری و گاهی قهوه‌ای روشن می‌باشد. مرز بالایی سازند ایلام با سازند گورپی همشیب است و مرز پایین آن با یک ناپیوستگی که همان ناپیوستگی بعد از تورونین می‌باشد، بر روی سازند سروک قرار دارد. سازند ایلام در میدان مورد مطالعه به زون های A، B و C تقسیم می‌شود که زون های A و B زون های مخزنی نیستند و مغزه‌ای از آنها تهیه نشده است و این مطالعه بر بخش مخزنی سازند ایلام یعنی زون C متمرکز می‌باشد.

۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی از مغزه‌های یک چاه از سازند ایلام به منظور تعیین ریزرخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی مورد بررسی قرار گرفت. نامگذاری ریزرخساره‌ها بر اساس طبقه بندی دانهام [۱۴] و تفسیر شرایط ته نشینی با کمک رخصاره‌ها و مدل‌های رسوبی استاندارد فلوگل [۱۵] و ویلسون [۴۴] انجام شد. به منظور ارزیابی خواص مخزنی از تخلخل و تراوایی پلاگ های ۱۰۹متر مغزه یک چاه استفاده گردید. به منظور بررسی کیفیت مخزنی از کلاس بندی پتروفیزیکی لوسیا [۲۶] و طبقه بندی کیفی اهر [۹] استفاده گردید. لازم به توضیح است که کلیه تصاویر میکروسکوپی برگرفته از آرشیو و گزارش‌های داخلی میدان مورد مطالعه می‌باشد.

۴- بحث و بررسی

۴-۱- محیط رسوبی

تعیین ریزرخساره‌ها و شرایط ته‌نشینی به منظور آشنایی و شناخت ویژگی‌های مخزنی در میدان‌های نفتی امری متداول و رایج می‌باشد [۱۰]. نخستین گام در مطالعه ریزرخساره، شناسایی و نام‌گذاری اجزای تشکیل دهنده آن است. بر اساس مطالعه‌های انجام شده روی مقاطع نازک تهیه شده ۹ ریزرخساره آهکی در قالب ۵ گروه A، B، C، D و E شناسایی شده‌اند که در ادامه این ریزرخساره‌ها و ویژگی های آنها شرح داده می‌شود:

ریزرخساره‌های گروه A

MF^۱: ریزرخساره مادستون- وکستون میلیولیدی

بافت این ریزرخساره عمدتاً مادستون می‌باشد. آلوکم‌های تشکیل دهنده این ریز رخساره عمدتاً فرامینفرهای پورسلانوز (میلیولید) می‌باشد، پلوئید و بیوکلست‌های میکرایتی شده از دیگر آلوکم‌های تشکیل دهنده این ریزرخساره می‌باشند. اکینوئید و خرده‌های دو کفه‌ای از اجزای فرعی این رخساره می‌باشند (شکل ۲- A). تنوع کم مجموعه فسیلی این ریزرخساره می‌تواند بیانگر چرخش محدود آب یا احتمالاً شرایط ویژه حرارت و تأمین مواد غذایی باشد. فراوانی میلیولیدها، نشانگر لاگون‌های محدود شده و یا محیط‌های پشت ریف نسبتاً غنی از مواد غذایی می‌باشد، همچنین با توجه به فراوانی میلیولیدها و فقدان فوناهای دریای باز، محیط تشکیل این رخساره، مربوط به لاگون می‌باشد [۱۶، ۱۹]. این ریز رخساره مشابه ریزرخساره RMF^{۱۶} فلوگل [۱۵] محیط لاگون متعلق به رمپ داخلی می‌باشد.

MF^۲: ریزرخساره وکستون-پکستون فرامینفردار

این ریزرخساره دارای بافت وکستون تا پکستون و فرامینفرهای بتتیک با تنوع بالا (Miliolids, Nezzazata, Alveolinids) به عنوان اجزا اصلی می‌باشد. اجزای فرعی نیز شامل خرده‌های رودیست، اکینوئید و برخی دوکفه‌ای‌ها می‌باشد (شکل ۲- B). وجود فرامینفرهای بتتیک مانند میلیولیدا و نزازتا و همچنین زمینه میکرایتی موید محیط رسوبی با چرخش محدود آب همچون لاگون هستند [۱۶]. این ریزرخساره معادل RMF^{۱۳} فلوگل [۱۵] و در محیط لاگون متعلق به رمپ داخلی قرار دارد.

MF^۳: ریزرخساره وکستون-پکستون رودیستی فرامینفردار

بافت این ریزرخساره وکستون تا پکستون می‌باشد. رودیست و فرامینفرهای بتتیک اجزای اصلی و پلوئید به مقدار بسیار کم، اکینوئید، دوکفه‌ای نیز اجزای فرعی این رخساره می‌باشند. عمده فرامینفرهای بتتیک این ریزرخساره شامل Miliolid, Nezzazata, Alveolinids, Orbitolinids می‌باشند (شکل ۲- C). حضور این قطعات رودیست به همراه آلوکم‌هایی که در بالا ذکر شد نشان دهنده نهشت این ریزرخساره در بخش‌های کم عمق لاگون در مجاورت سد می‌باشد [۱۶، ۱۸، ۱۹]. این ریزرخساره معادل RMF^{۲۰} فلوگل [۱۵] در لاگون از زیر محیط رمپ داخلی می‌باشد.

ریزرخساره‌های گروه B

MF^۴: ریزرخساره گرینستون بیوکلست‌دار

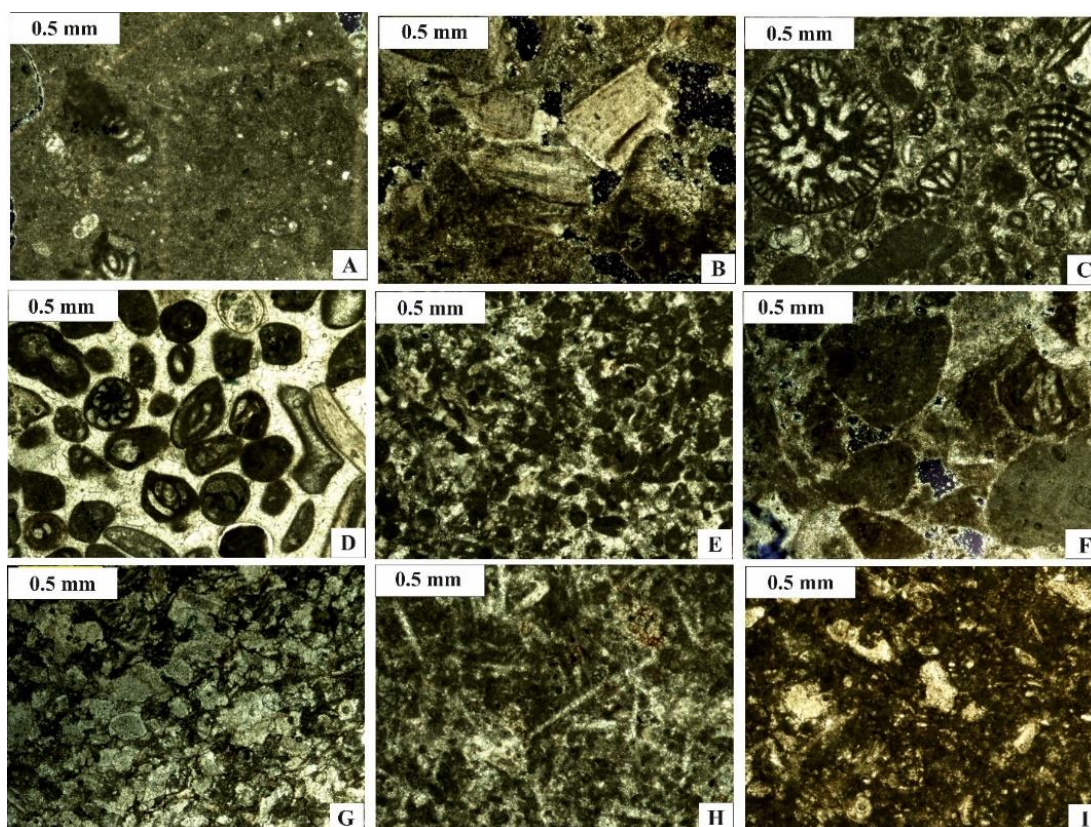
بافت این ریزرخساره گرینستون است و اجزای اصلی این ریزرخساره شامل فرامینفرهایی نظیر میلیولید می‌باشد که در زمینه‌ای از سیمان اسپارایتی قرار گرفته‌اند. در برخی از مقاطع نازک، میکرایت نیز به مقدار بسیار کم قابل مشاهده است. اجزای فرعی نیز شامل خرده‌های رودیست و ایتراکلست به مقدار کم، می‌باشد (شکل ۲- D). وجود بافت گرینستونی، ناچیز بودن گل آهکی و همچنین جورشدگی و گردش‌دگی نسبتاً خوب دانه‌ها مؤید تشکیل این ریزرخساره در یک محیط پر انرژی می‌باشد [۱۸]. این ریزرخساره معادل RMF^{۲۷} فلوگل [۱۵] مربوط به پشته کربناته از زیر محیط رمپ داخلی می‌باشد.

MF^۵: ریزرخساره گرینستون ایتراکلستی پلوئیدی بیوکلست‌دار

این ریزرخساره یک پکستون تا گرینستون است. اجزای اصلی این ریزرخساره شامل فرامینفرهایی نظیر میلیولید و پلوئید می‌باشد که در زمینه‌ای از سیمان اسپارایتی قرار گرفته‌اند. در برخی از مقاطع نازک، میکرایت نیز به مقدار بسیار کم قابل مشاهده است. همچنین خرده‌های رودیست و ایتراکلاست نیز به مقدار کم در آن وجود دارد. جورشدگی و گردشگی دانه‌ها نسبتاً خوب است (شکل ۲-E). وجود بافت گرینستونی و ناچیز بودن گل آهکی مؤید تشکیل این ریزرخساره در یک محیط پر انرژی می‌باشد. این ریزرخساره نیز با داشتن بافت گرینستونی و سیمان اسپارایتی به یک محیط پر انرژی نظیر پشته‌های کربناته نسبت داده می‌شود [۱۵، ۱۷]. این ریزرخساره به محیط رسوبی پشته کربناته از رمپ داخلی نسبت داده می‌شود. این ریزرخساره معادل RMF^{۲۷} فلوگل [۱۵] از پشته کربناته می‌باشد.

MF^۶: ریزرخساره گرینستون ایتراکلاستی بیوکلاست‌دار

نام این ریزرخساره گویای این است که بافت آن دانه پشتیان و گرینستونی است. همچنین اجزای اصلی تشکیل دهنده آن که شامل ایتراکلاست و خرده‌های بیوکلاستی (نظیر اکتینوئید) که میکرایتی شده می‌باشد؛ است. پلوئید نیز در برخی مقاطع به مقدار بسیار کم دیده می‌شود (شکل ۲-F). این رخساره نیز همانند ریزرخساره قبل با داشتن بافت گرینستونی و سیمان اسپارایتی به یک محیط پر انرژی نظیر پشته‌های کربناته نسبت داده می‌شود [۱۵، ۱۷، ۱۸]. این ریزرخساره معادل RMF^{۲۷} فلوگل [۱۵] از پشته کربناته در زیر محیط رمپ داخلی می‌باشد.

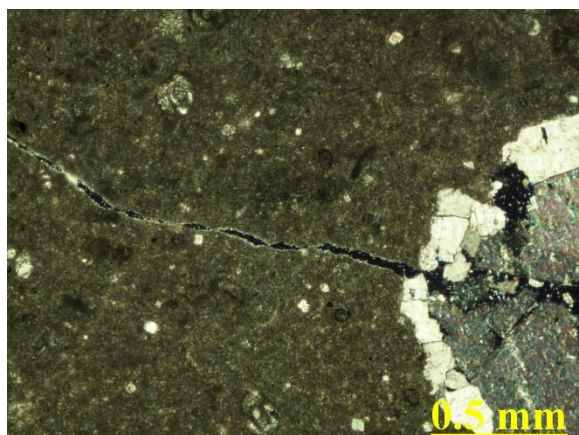


شکل ۲- A: ریزرخساره ریزرخساره وکستون میلیولیدی B: ریزرخساره پکستون فرامینفر دار C: ریزرخساره پکستون رودیستی فرامینفر دار D: ریزرخساره گرینستون بیوکلاست‌دار E: ریزرخساره گرینستون ایتراکلاستی بیوکلاست‌دار F: ریزرخساره گرینستون ایتراکلاستی پلوئیدی بیوکلاست‌دار G: پکستون میکروبیوکلاستی H: پکستون پلوئیدی حاوی سوزن اسفنج I: پکستون اکتینوئیدی

ریزرخساره‌های گروه C

MF^۷: وکستون - پکستون میکروبیوکلاستی

این ریزرخساره یک وکستون تا پکستون دانه‌ریز است و اجزای اصلی تشکیل دهنده آن به ترتیب فراوانی شامل خرده‌های بیوکلاستی رودیست و اکیئوئید و به میزان کم پلوئید و فرامنیفرهای غیرقابل شناسایی می‌باشد. ویژگی‌های آلوکم‌های این ریزرخساره به طور کامل حفظ نشده است (شکل G-۵) که بیانگر حمل و نقل از قسمت‌های بالای حوضه می‌باشد [۱۵، ۳۶]. این ریزرخساره تقریباً معادل RMF^۷ فلوگل [۱۵] در محیط رمپ میانی قرار می‌گیرد.



MF^۸: ریزرخساره وکستون - پکستون پلوئیدی حاوی سوزن اسفنج

بافت این رخساره وکستون تا پکستون در بیشتر مواقع وکستون است. اجزای اصلی این رخساره به ترتیب فراوانی شامل پلوئید و اسپیکول اسفنج می‌باشند. از تشکیل دهنده‌های فرعی این رخساره می‌توان به الیگوستژین و در موارد معدودی فرامنیفرهای بنتیک اشاره کرد (شکل H-۲). محیط رسوبی این رخساره را با توجه به تشکیل دهنده‌های فوق می‌توان قسمت‌های عمیق رمپ میانی تا اوایل رمپ خارجی در نظر گرفت [۱۶، ۱۹]. این ریزرخساره تقریباً معادل RMF^۱ فلوگل [۱۵] مربوط به قسمت انتهایی رمپ میانی و قسمت ابتدایی رمپ خارجی می‌باشد.

ریزرخساره‌های گروه D

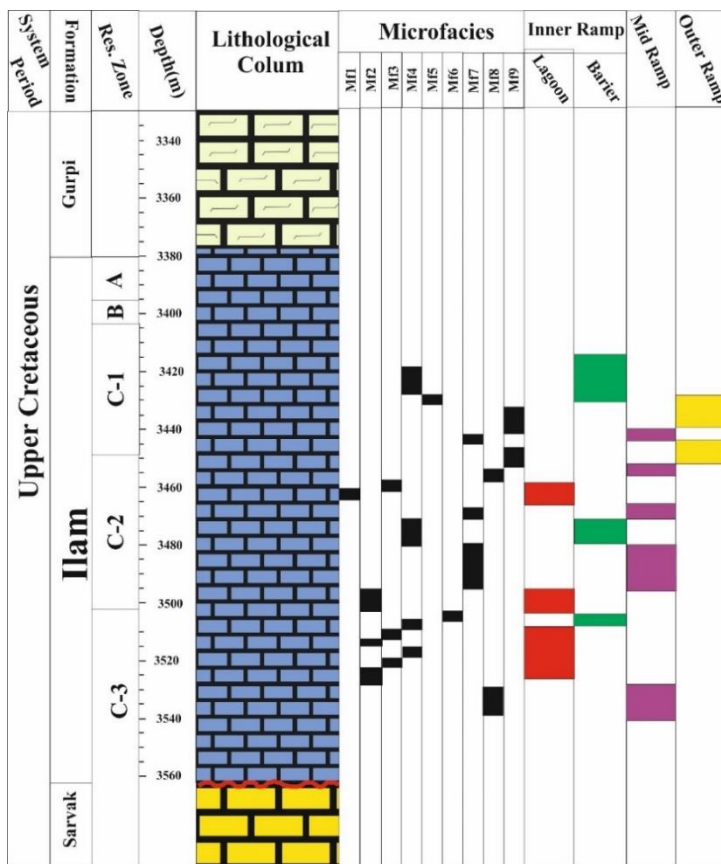
MF^۹: وکستون - پکستون اکیئوئیدی

بافت این ریز رخساره وکستون تا پکستون در بعضی از مقاطع گل پشتیبان است. آلوکم اصلی این ریز رخساره قطعات بیوکلاست از نوع اکیئودرم می‌باشد و قطعاتی از جلبک سبز، الیگوستژین و ایتراکلاست به مقدار کم اجزای فرعی آن را تشکیل می‌دهند (شکل I-۲). فراوانی موجودات استنوهالین نظیر اکیئودرم و وجود فسیل‌های دریای باز نظیر الیگوستژین در بافت گل پشتیبان نشان دهنده شرایط محیطی کم انرژی بخش‌های کم عمق دریای باز است [۱۵، ۳۶، ۴۴]. این ریزرخساره معادل RMF^۲ فلوگل [۱۵] مربوط به رمپ خارجی می‌باشد.

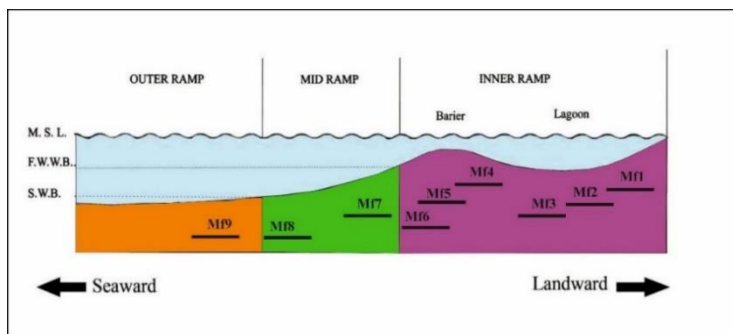
۲-۴. تفسیر محیط رسوبی

ریزرخساره‌های گروه A دارای بافت مادستونی تا پکستونی همراه با فرامنیفرهای بنتیک به زیر محیط لاگون از بخش رمپ داخلی تعلق دارند. قطعات دوکفه‌ای، رودیست و فرامنیفرهای بنتیک، آلوکم‌های شاخص این ریزرخساره‌ها هستند که نشان دهنده ته‌نشست آن‌ها در زیر محیط لاگون کم عمق و پرنور می‌باشد [۱۰، ۳۶]. مشابه این ریزرخساره‌ها برای سازند ایلام در

پژوهش حسنی گیو و ابرقانی [۲] و خدائی و همکاران [۲۳] گزارش شده است. ریزرخساره‌های گروه B دارای بافت گرینستونی با گردشگی و جورشدگی خوب آلوکم‌ها می‌باشند. آلوکم‌های این ریزرخساره‌ها نیز قطعات رودیستی و فرامیفرهای بتتیک می‌باشد. این گروه رخساره‌ای با بافت گرینستونی نشان دهنده پشته کربناته پرنرژی می‌باشند [۴۴]. مشابه این ریزرخساره‌ها برای سازند ایلام در پژوهش حسنی گیو و ابرقانی [۲] و خدائی و همکاران [۲۳] گزارش شده است. ریزرخساره‌های گروه C شامل پکستون‌های حاوی سوزن اسفنج و آلوکم‌های خرد شده می‌باشد. خرد شدگی آلوکم‌ها و وجود این ترکیب رخساره‌ای نشان دهنده شرایط موقت نسبتاً پرنرژی می‌باشد. این زیرگروه نشان دهنده رمپ میانی و بخش شیب‌دار رمپ میانی می‌باشند [۱۲]. زیرگروه D با داشتن فونای پلاژیک در نبود فرام‌های بتتیک به زیرمحیط رمپ خارجی تعلق دارند. مشابه این گروه ریزرخساره‌ای برای سازند ایلام در پژوهش حسنی گیو و ابرقانی [۲] و مهماندوستی و همکاران [۷] گزارش شده است.



شکل ۳- ستون سنگ چینه نگاری و موقعیت ریزرخساره‌های سازند ایلام در توالی مورد مطالعه

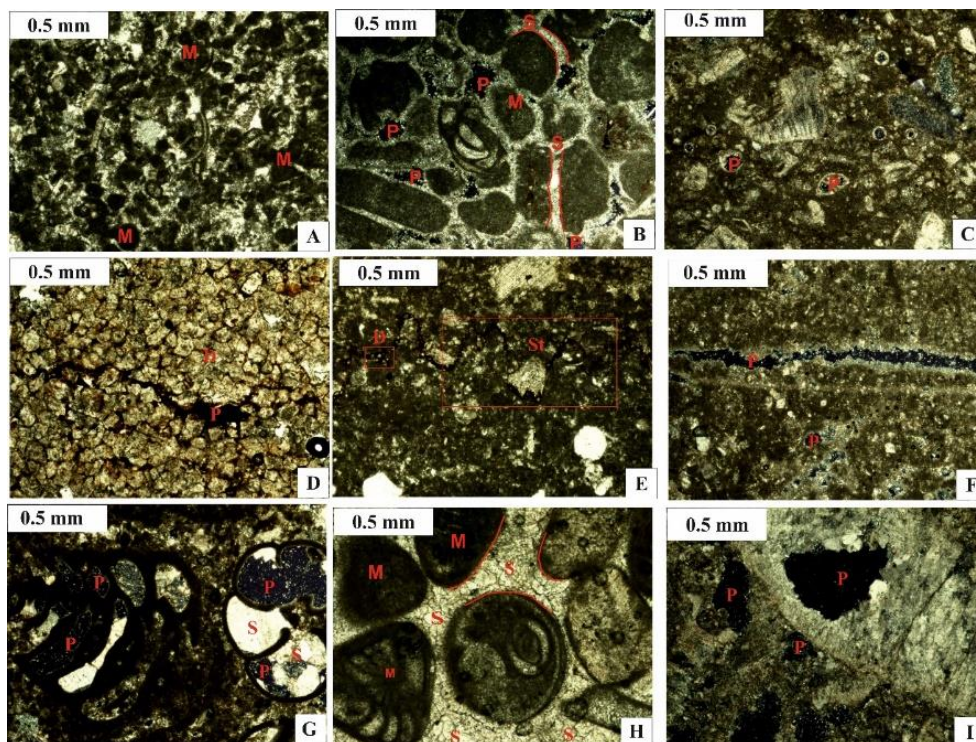


شکل ۴- مدل رسوبی سازند ایلام در گستره مورد مطالعه

بررسی ستون چینه‌شناسی سازند ایلام در میدان مورد مطالعه (شکل ۳) نشان می‌دهد که کمربند رمپ میانی و لاگون نسبت به دیگر کمربندها گسترش بیشتری دارد و این مهم نشان دهنده بخش کم عمق تا نیمه عمیق حوضه رسوبی در محدوده مورد مطالعه می‌باشد هرچند این کم ژرفا بودن در حدی نبوده که رخساره‌های جزر و مدی نهشته شوند. در زمان کرتاسه بالایی آب و هوای حاره‌ای مرطوب برقرار بوده و شرایط برای گسترش رودیست‌ها فراهم شده بود اما این موجودات به دلیل عدم توانایی اتصالات سه بعدی امکان تشکیل ریف‌های سدی مشابه مرجان‌ها را نداشته‌اند [۳۳، ۳۶]. با توجه به این مهم یعنی غیبت ریف‌های سدی بزرگ و در کنار آن بررسی مجموعه ریزرخساره‌های سازند ایلام و مقایسه آن با کمربندهای ریز رخساره‌های استاندارد ویلسون [۴۴] و فلوگل [۱۵]، مشخص گردید که سازند ایلام در محدوده مورد مطالعه تحت شرایط محیط یک رمپ کربناته تک شیب یا هموکلینال نهشته شده است (شکل ۴). مشابه این محیط برای سازند ایلام زاگرس، توسط پژوهشگران دیگری از جمله حسنی گویو ابرقانی [۲] و مهماندوستی و همکاران [۶] برای سازند ایلام گزارش شده است.

۴-۳. فرآیندهای دیاژنزی

فرآیندهای دیاژنتیکی، کنترل کننده اختصاصات مخزن هستند و با استفاده از مطالعه فرآیندهای دیاژنتیکی کیفیت مخازن را می‌توان پیش‌بینی نمود [۳۴، ۴۶]. فرآیندهای دیاژنزی متنوع، می‌توانند با شدت‌های مختلف بر روی ویژگی‌های پتروفیزیکی مانند تخلخل کل و مؤثر، تراوایی و اندازه حفرات گلوگاهی و توزیع آن‌ها، تأثیر گذاشته و زون‌هایی با ویژگی‌های پتروفیزیکی متفاوت پدید آورند [۱۷، ۳۴]. بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی نشان داد مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی سازند ایلام شامل سیمان‌شدگی، دولومیت‌زایی، انحلال، شکستگی، فشردگی شیمیایی و میکرایتی شدن می‌باشد. هم‌زمان یا کمی پس از رسوب‌گذاری نهشته‌های سازند ایلام، پوشش‌های میکرایتی در اطراف برخی از خرده‌های اسکلتی و فرامنیفرهای بنتیک ایجاد گردید (شکل H-۵). این فرآیند، از اولین رخدادهای دیاژنتیکی است که دقیقاً در داخل محیط فریاتیکی دریایی در نزدیکی سطح تماس آب و رسوب اتفاق می‌افتد [۲۸]. این فرآیند از جمله فرآیندهای دیاژنزی معمول در سازند ایلام است که در محیط‌های آرام و حفاظت‌شده مانند لاگون و پشته کربناته به سمت لاگون گسترش دارد. این فرآیند با گسترش در رخساره گریستون دارای بایوکلاست، بیشتر آلوکم‌ها از جمله فرامنیفرها را تحت تأثیر قرار داده و باعث از بین رفتن ساختمان داخلی آن‌ها شده است (شکل H-A ۵). در ادامه با شروع فرایند تراکم فیزیکی در این مرحله آب سیمان‌های دریایی نوع حاشیه‌ای هم‌ضخامت را اطراف قطعات اسکلتی و غیراسکلتی بویژه فرامنیفرها تشکیل داده که تا اندازه‌ای از تراکم بیشتر رسوبات در مراحل بعدی دیاژنز جلوگیری کرده است (شکل B-۵). سیمان هم‌ضخامت از اولین نسل سیمان است که عمدتاً رخساره‌های گریستونی و پکستونی دانه‌غالب را تحت تأثیر قرار داده است [۴۵]. این سیمان در تقابل با فشردگی فیزیکی با ایجاد چهارچوبی محکمی مانع از فشردگی بیشتر شده و باعث حفظ‌شدگی تخلخل‌های اولیه شده است [۲۸]. در ادامه سیمان‌های هم‌بعد بخش زیادی از فضاهای بین‌دانه‌ای و درون دانه‌ای موجود در بافت‌های دانه‌پشتیبان را فرا گرفته است (شکل H-۵). این سیمان باعث پرکردن فضاهای بین‌دانه‌ای شده است که این تغییر نوع تخلخل منجر به کاهش شدید تراوایی می‌گردد. هم‌زمان با وقوع پدیده‌های دیاژنزی مذکور، در محیط فریاتیکی دریایی تا عمق تدفین کم، تراکم به عنوان پدیده دیاژنزی مستمر رسوبات را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش بیشتر حجم فضای بین‌دانه‌ای گردیده است. این نهشته‌ها در محیط متئوریک متأثر از نفوذ آب‌های متئوریکی و تحت اشباع نسبت به کربنات کلسیم گردیده و بخشی از اجزای اسکلتی موجود در آن‌ها حل می‌شود. مهم‌ترین پدیده‌ی دیاژنزی در این محیط، انحلال و ایجاد انواع تخلخل و تشکیل سیمان دروزی دیگر فرایند محیط تدفینی کم عمق و حتی متئوریک است که در نهشته‌های سازند ایلام مشاهده می‌گردد (شکل H-۵).



شکل ۵- A: فرآیند میکریتی شدن (M) در ریزرخساره گریستون اینتراکستی پلوئیدی بیوکلست دار B: فرآیند میکریتی شدن (M)، سیمان هم‌ضخامت (S) و تخلخل بین دانه‌ای (P) در ریزرخساره گریستون اینتراکستی بیوکلست دار C: تخلخل قالبی (P) در ریزرخساره وکستون فرامنیفردار D: دولومیتی شدن (D)، تخلخل کانالی (P) در ریزرخساره پکستون فرامنیفردار E: دولومیت های متمرکز در استیلولیت (D) و استیلولیت (St) در ریزرخساره وکستون میلیولیدی F: تخلخل شکستگی (P) در ریزرخساره مادستون میلیولیدی G: تخلخل قالبی (P) و پر شدن تخلخل‌ها با سیمانی شدن (S) در ریزرخساره گریستون اینتراکستی بیوکلست دار H: میکریتی شدن (M) و سیمانی شدن (S) در ریزرخساره گریستون بیوکلست دار I: تخلخل حفره‌ای در ریزرخساره پکستون رودیستی فرامنیفردار

این سیمان با پرکردن فضای بین‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای باعث کاهش شدید تخلخل و تراوایی در ریزرخساره‌های دانه‌غالب شده است. با ادامه تدفین در نهشته‌های این سازند سیالات غنی از منیزیم افزایش یافته و دولومیت‌های شکل‌دار پراکنده در زمینه را در مرحله تدفین کم‌عمق تشکیل گردید. فرآیند دولومیتی شدن می‌تواند نقش مهمی را در یک سازند مخزنی داشته باشد. بدین صورت که به وسیله افزایش اندازه حفرات، می‌تواند باعث بهبود یک مخزن شود و یا به وسیله دولومیتی شدن پیشرفته که با افزایش وزن و اتصال فابریک بلورها به یکدیگر همراه است باعث از بین رفتن تخلخل شود. در سازند ایلام دولومیتی شدن به مرحله پیشرفته نرسیده است و این پدیده عموماً در سنگ آهک‌های با بافت مادستون تا وکستون دیده می‌شود (شکل ۵-D). ظهور اشکال تراکم شیمیایی همچون استیلولیت‌ها در سازند ایلام نشان‌دهنده‌ی دیاژنز محیط تدفینی عمیق می‌باشد [۳۹، ۴۰]. تمرکز بلورهای دولومیت در مجاری استیلولیت نشان‌دهنده این است که آن‌ها از سیالات ناشی از انحلال فشاری در آخرین مراحل تدفینی بوجود آمده و در واقع انحلال فشاری منجر به افزایش تمرکز منیزیم و تحرک این سیالات در این نقاط شده است (شکل ۵-E). شکستگی‌ها، که تمام اجزاء تشکیل دهنده سنگ اعم از ماتریکس، دانه‌ها، سیمان و دیگر اشکال دیاژنزی همچون دانه‌های مترام شده و استیلولیت‌ها را قطع می‌کنند به همراه سیمان‌های کلسیتی پر کننده این شکستگی‌ها و تخلخل‌ها (شکل ۵-G) جزء آخرین پدیده‌های محیط دیاژنزی تدفینی عمیق و مرحله مزوزن می‌باشند. فرایندهای دیاژنز مرحله تلوزن سازند ایلام شامل شکستگی و ایجاد تخلخل‌های کانالی و گاهی انحلال می‌باشد (شکل ۵-F). فرآیندهای انحلال و شکستگی باعث تشکیل انواع تخلخل‌های ثانویه بین‌دانه‌ای، درون‌دانه‌ای، قالبی و حفره‌ای می‌شوند. تخلخل قالبی انتخاب شده به وسیله فابریک سنگ است و به طور ثانویه (عموماً در طی دیاژنز جوی و تدفینی)

حاصل می شود [۱۱]. این تخلخل در ریزرخساره های آلوکم دار به وضوح مشاهده می شود (شکل ۵-G). تخلخل درون دانه ای ممکن است اولیه باشد و یا بعدها در طی دیاژنز آغازین بر اثر تجزیه مواد آلی پر کننده فضاهای اسکلتی موجودات آهک ساز حاصل شود (شکل ۵-C). تخلخل بین دانه ای دیگر تخلخل موجود در ریزرخساره های سازند ایلام می باشد که به دلیل سیمانی شدن اولیه زیر دریایی که نقش چارچوب را برای سنگ دارد و آن را تا حدودی در برابر تراکم حفظ می کند و مقداری از تخلخل بین دانه ای باقی می ماند (شکل ۵-B). تخلخل حفره ای حاصل از انحلال ممکن است در ابتدا از نوع تخلخل های انتخاب شده به وسیله فابریک (همانند تخلخل قالبی) بوده باشد که بر اثر انحلال، شکل اولیه آن ها تغییر کرده و بزرگتر شده است [۴۰] (شکل ۵-I). تخلخل شکستگی در سنگ های کربناته بسیار معمول بوده و پدیده ای است که بعد از تدفین رسوبات روی می دهد [۴۵] (شکل ۵-F). فرآیندهای دیاژنزی سازند ایلام عمدتاً در ارتباط با بالا آمدگی ناحیه ای و سطح ناپیوستگی دونین می باشند و توالی دیاژنتیکی این سازند در شکل ۶ ارائه شده است.

تخلخل	مزوزنز		اتوزنز		فرآیندهای دیاژنزی
	تولوژنز	تدفینی	متئوریک	دریایی	
بی تاثیر				—————	میکریتی شدن
مثبت				—————	سیمات هم ضخامت
منفی			—————		سیمان هم بعد
منفی		—————	—————		سیمان دروزی
مثبت/منفی		—————			تراکم شیمیایی
مثبت	—————	—————	انحلال
مثبت		—————			دولومیتی شدن
مثبت	—————			شکستگی

شکل ۶- توالی پاراژنزی فرایندهای دیاژنزی در سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه

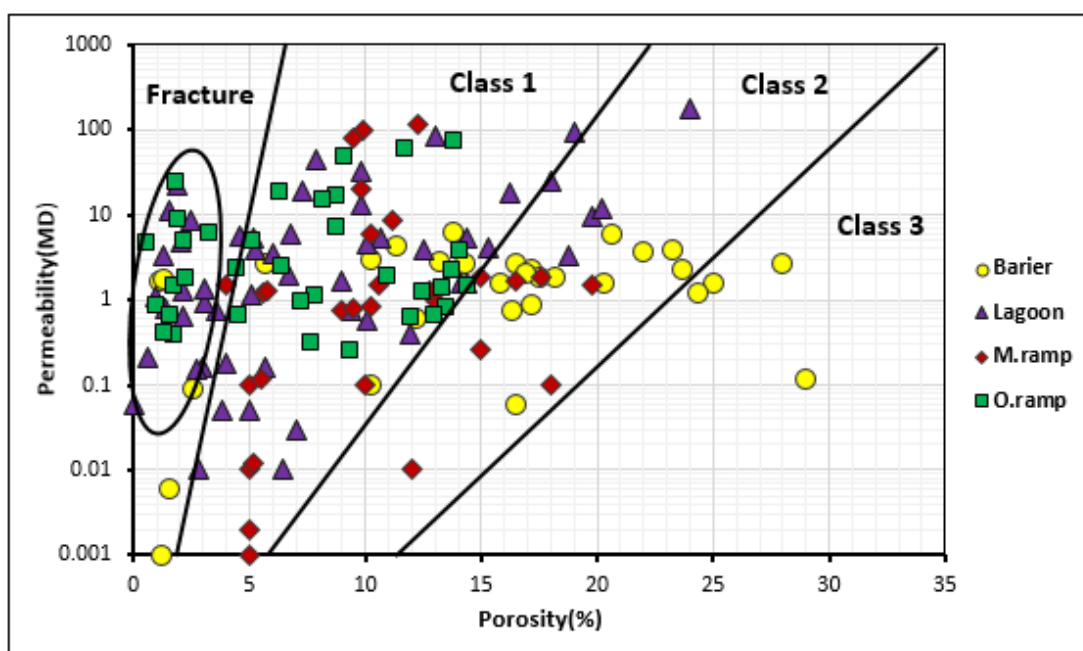
۴-۴. کیفیت مخزنی

تخلخل و تراوایی دو پارامتر کنترل کننده کیفیت مخزنی می باشند. در این بخش از نمودار پتروفیزیکی لوسیا برای تحلیل مخزنی استفاده شد و سپس بر مبنای طبقه بندی اهر [۹] (جدول ۱) وضعیت مخزنی سازند ایلام توصیف گردید. تخلخل و تراوایی دو ویژگی مهم سنگ های رسوبی و مخازن نفتی می باشند [۴۳]. گونه های سنگی زمین شناسی لوسیا [۲۶] رفتارهای مخزنی رخساره های رسوبی را تجزیه تحلیل می کند. پلات داده های تخلخل و تراوایی سازند ایلام بر روی این نمودار (شکل ۷) نشان داد که عمده ریزرخساره های مورد بررسی در کلاس ۱ و ۲ قرار دارند. پلات این داده ها در کلاس های مذکور نشان دهنده ارتباط خوب تخلخل و تراوایی می باشد. از سویی دیگر پدیده سیمانی شدن باعث جابه جایی قسمت های زیادی از داده ها به سمت راست نمودار و خارج شدن از وضعیت مخزنی شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی توصیفی شاخص‌های مخزنی [۹]

تراوایی (میلی داری)	توصیف وضعیت مخزنی	تخلخل (درصد)	توصیف وضعیت مخزنی
کمتر از ۰/۱	بسیار ضعیف	۵ درصد و کمتر	بدون کیفیت مخزنی
۰/۱ تا ۱۰	ضعیف	۵ تا ۱۰	ضعیف
۱۰ تا ۵۰	متوسط	۱۰ تا ۲۰	متوسط
۵۰ تا ۲۵۰	خوب	۲۰ تا ۳۰	خوب
۲۵۰ تا ۱۰۰۰ و بالاتر	عالی	-	عالی

ریزرخساره‌های لاگون عمدتاً باید در کلاس ۲ پتروفیزیکی لوسیا پلات شوند، قرارگیری این ریزرخساره‌ها در کلاس ۱ نشان دهنده وجود انحلال و تخلخل‌های بهم مرتبط، دولومیتی شدن و یا وجود استیلولیت است که مانند معبری برای عبور سیالات عمل می‌نماید. ریزرخساره‌های رمپ میانی و رمپ خارجی تقریباً به طور کامل در کلاس ۱ قرار گرفته‌اند و دارای بهترین وضعیت مخزنی می‌باشند. ریزرخساره رمپ میانی با آلوم غالب رودیست و وجود فرآیندهای انحلال، استیلولیت و شکستگی در زمره زیرمحیط‌های با وضعیت مخزنی مناسب سازند ایلام می‌باشد. ریزرخساره‌های پشته کربناته در کلاس ۲ و گاهی ۳ پتروفیزیکی قرار دارند. این وضعیت مخزنی در ارتباط با وجود تخلخل‌های غیرمرتبط مانند قالبی و سیمانی شدن شدید این ریزرخساره‌ها و کاهش تراوایی می‌باشد.



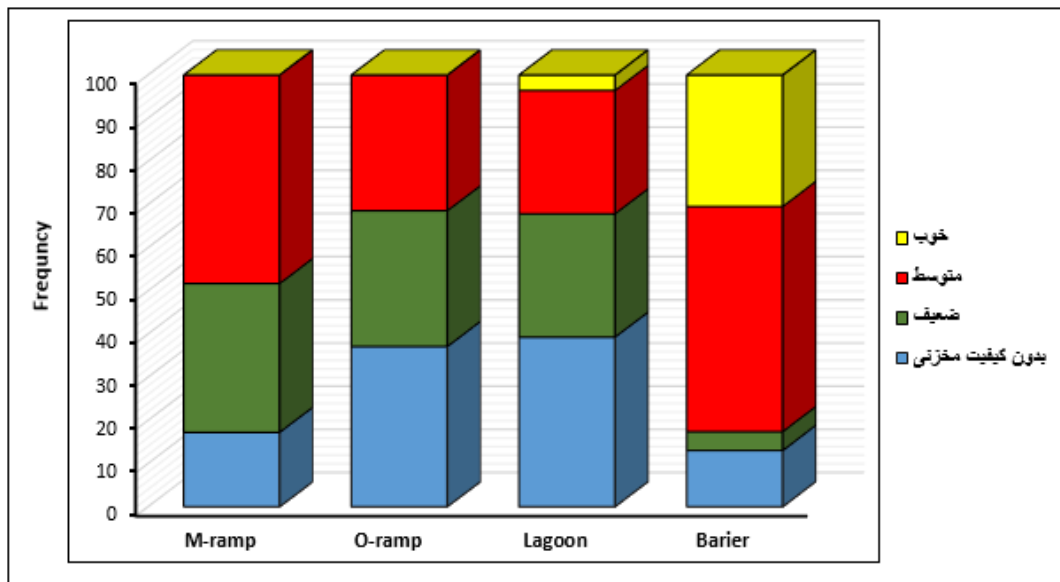
شکل ۷- کلاس‌بندی پتروفیزیکی لوسیا [۲۶] برای داده‌های سازند سروک در میدان مورد مطالعه

میانگین بیشترین تخلخل در زیرمحیط‌های مورد مطالعه به ترتیب متعلق به ریزرخساره‌های پشته، رمپ میانی، لاگون و رمپ خارجی می‌باشند. بر مبنای طبقه‌بندی توصیفی اهر [۹] و بر اساس میزان تخلخل، وضعیت مخزنی ریزرخساره‌های پشته و رمپ میانی متوسط و وضعیت مخزنی لاگون و رمپ خارجی ضعیف می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی زیرمحوط‌های رسوبی سازند ایلام بر مبنای کلاس‌بندی اهر [۹]

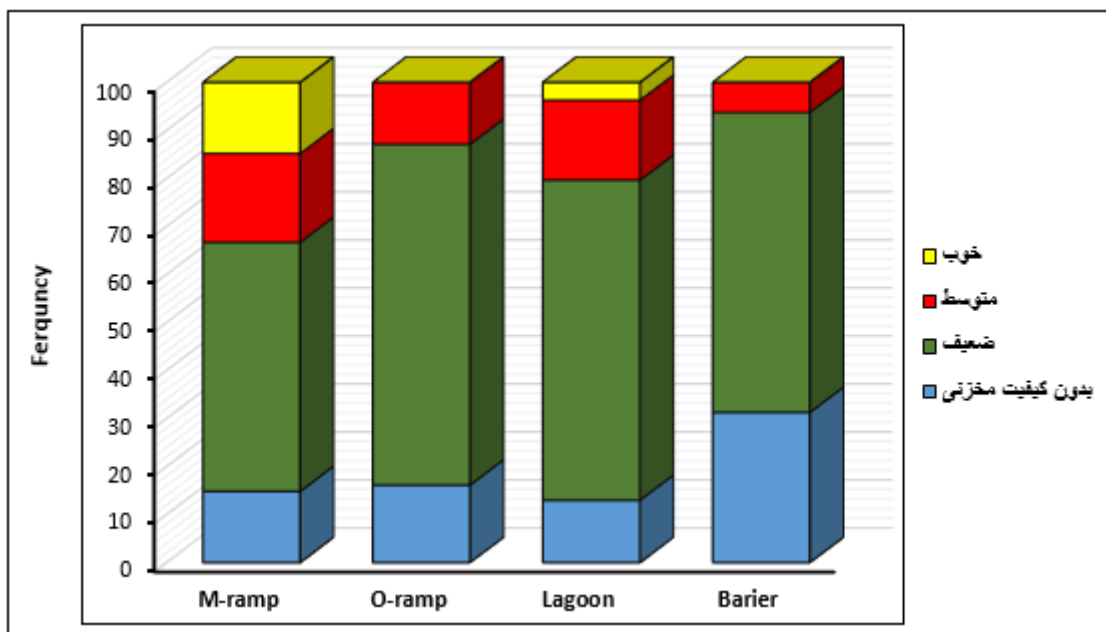
	porosity		Permibility	
	Average	Description	Average	Description
M-ramp	۱۰.۲۷	متوسط	۱۱.۶۸	متوسط
O-ramp	۷.۳۶	ضعیف	۸.۸۳	ضعیف
Lagoon	۷.۸	ضعیف	۱۱.۶۵	متوسط
Barier	۱۵.۰۶	متوسط	۲.۰۲	ضعیف

بر مبنای تخلخل در شکل (۸) در ریزرخساره‌های لاگون و رمپ خارجی بیش از ۳۵ درصد نمونه‌ها فاقد کیفیت مخزن بوده‌اند و از سویی دیگر بیش از ۸۰ درصد نهشته‌های پشته کربناته و حدود ۷۰ درصد نهشته‌های رمپ میانی در کلاس متوسط تا عالی قرار دارند. بر مبنای میزان تراوایی و شکل (۹) نیز بیشترین درصد نمونه‌های فاقد کیفیت مخزنی متعلق به نهشته‌های پشته کربناته با حدود ۳۰ درصد می‌باشد. حدود ۲۰ درصد نمونه‌های رمپ میانی به لحاظ تراوایی در کلاس خوب قرار دارند و حدود ۹۰ درصد نمونه‌ها نیز به لحاظ تراوایی در کلاس ضعیف تا خوب قرار دارند. ریزرخساره‌های لاگون نیز به لحاظ تراوایی دارای رفتاری مشابه نهشته‌های متعلق به رمپ میانی می‌باشند. در مجموع در بین زیرمحوط‌های مورد مطالعه بهترین وضعیت مخزنی متعلق به ریزرخساره‌های لاگون و رمپ میانی و ضعیف‌ترین وضعیت مخزنی را ریزرخساره‌های پشته کربناته دارند که با نتایج پتروگرافی و طبقه‌بندی پتروفیزیکی لوسیا [۲۶] همخوانی و مشابهت دارند. در ریزرخساره‌های رمپ میانی و لاگون و گاهی رمپ خارجی، وجود تخلخل و سیمانی شدن کم و از سویی دیگر فرآیند شکستگی، دولومیتی شدن و حتی گاهی استیلولیتی شدن باعث ایجاد یک معبر برای عبور سیالات هیدروکربوری شده و تراوایی را افزایش و کیفیت مخزنی را بهبود بخشیده است و وجود این فرآیندهای دیاژنزی به خصوص فرآیند شکستگی نشان از نقش دیاژنز تاخیری در تعیین کیفیت مخزنی توالی‌های کربناته دارد.



شکل ۸- درصد کلاس‌های کیفی نمونه‌های سازند ایلام بر مبنای تخلخل برگرفته از طبقه‌بندی اهر [۹]

هرچند شکستگی در مخزن ایلام بسیار کم توسعه یافته و بر مبنای تراوایی این مخزن که عموماً در کلاس متوسط تا ضعیف است نمی‌توان مخزن ایلام را مخزن شکسته در نظر گرفت. ریزرخساره‌های پشته کربناته که ریزرخساره‌های دانه پشتیبان هستند و انتظار توان مخزنی خوبی از آن‌ها وجود دارد اما سیمانی شدن شدید باعث کاهش تراوایی این ریزرخساره‌ها شده و تخلخل‌های موجود در این ریزرخساره‌ها عموماً قالبی و غیرمرتبط است که در افزایش کیفیت مخزنی نقشی ندارند. اما در ریزرخساره‌های لاگون و رمپ میانی تخلخل‌های قالبی توسعه یافته و عموماً به حالت حفره‌ای تغییر شکل داده‌اند و از سویی دیگر تخلخل بین‌دانه‌ای به خصوص در ریزرخساره‌های حاوی رودیست سبب افزایش تراوایی شده و کیفیت مخزنی این ریزرخساره‌ها را بهبود داده است.



شکل ۹- درصد کلاس‌های کیفی نمونه‌های سازند ایلام بر مبنای تراوایی برگرفته از طبقه‌بندی اهر [۹]

در مجموع توالی سازند ایلام در میدان مورد مطالعه دارای میانگین تخلخل ۱۰/۲ درصد و تراوایی ۸/۵۴ میلی داری است که به لحاظ مخزنی ضعیف می‌باشد، از این رو توان مخزنی سازند ایلام ضعیف ارزیابی می‌شود که این مهم به دلیل تاثیر توام، فرآیندهای دیازنزی و رسوبی این سازند می‌باشد.

۵- نتیجه گیری

پتروگرافی و بررسی‌های داده‌های تحت الارضی حاصل از سازند ایلام منجر به شناسایی ۹ ریزرخساره آهکی گردید. این ریزرخساره‌ها در چهار کمربند رخساره‌ای لاگون، پشته کربناته، رمپ میانی و رمپ خارجی متعلق به یک رمپ کربناته تک شیب نهشته شده‌اند. مهم‌ترین فرآیندهای دیازنزی شناسایی شده در این سازند عبارتند از: سیمانی‌شدن، انحلال، میکریتی-شدن، تراکم شیمیایی، دولومیتی‌شدن و شکستگی. در این میان انحلال، دولومیتی‌شدن، شکستگی و گاه استیلولیت زایی بر روند مخزنی این سازند تاثیر مثبت داشته است. بررسی فرآیندهای دیازنتیکی نشان از وجود سه محیط دیازنر دریایی، جوی و تدفینی دارد که نقش و اثرناپیوستگی بالایی سازند ایلام به خوبی قابل اثبات می‌باشد. بررسی‌ها نشان از وجود دو عامل مهم در تعیین کنترل پارامترهای مخزنی سازند ایلام دارند، این دو شامل انحلال و شکستگی است که مهمترین عوامل در

افزایش تخلخل و تراوایی می‌باشند. معمولاً شکستگی‌ها در ریزرخساره‌های با کیفیت مخزنی پایین از قبیل وکستون‌ها و مادستون‌ها می‌تواند باعث بهبود کیفیت مخزنی از طریق افزایش تراوایی شده است و انحلال باعث ایجاد تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای می‌شود. شواهد پتروگرافی و داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه‌ها نشان می‌دهد که در سازند ایلام، علیرغم وجود شکستگی و انحلال، به دلیل پر شدن برخی حفرات و شکستگی‌ها در طی فرایند سیمانی شدن، کیفیت مخزنی کاهش یافته است. بررسی وضعیت مخزنی این سازند با استفاده از نمودار پتروفیزیکی لوسیا نشان داد که این ریزرخساره‌ها عمدتاً در کلاس ۱ و ۲ پتروفیزیکی پلات شده‌اند که نشان دهنده ارتباط مستقیم و مثبت تخلخل و تراوایی در مخزن می‌باشد. به نظر می‌رسد فرآیندهای سیمانی شدن، انحلال و شکستگی مهم‌ترین شاخص‌های کنترل کننده پلات این ریزرخساره‌ها بر روی نمودار پتروفیزیکی لوسیا هستند. بر مبنای این نمودار کمربند ریزرخساره‌ای رمپ میانی و لاگون بهترین وضعیت مخزنی را دارد که این مهم در ارتباط وجود تخلخل‌های بهم مرتبط و کانالی در ریزرخساره‌های این کمربند است. ریزرخساره‌های پشته کربناته نیز به دلیل تراوایی کم، ضعیف‌ترین وضعیت مخزنی را دارند که این مهم به دلیل سیمانی شدن شدید و وجود تخلخل‌های غیرمرتبط مانند تخلخل قالبی می‌باشد. بر مبنای طبقه‌بندی کیفی نیز ریزرخساره‌های لاگون و رمپ میانی وضعیت مخزنی متوسط و ریزرخساره‌های پشته کربناته و رمپ خارجی وضعیت مخزنی ضعیفی دارند. از سویی دیگر در یک روند کلی سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه به لحاظ مخزنی در وضعیت ضعیفی قرار دارد که این مهم می‌تواند علاوه بر کنترل کننده‌های ریزرخساره‌ای در ارتباط با عدم گسترش شکستگی و دولومیتی شدن و گسترش بیش از حد سیمانی شدن در این ریزرخساره‌ها باشد. از این رو سازند ایلام در میدان مورد مطالعه علی‌رغم داشتن نهشته شدن در بخش نیمه عمیق حوضه، به دلیل فرآیندهای دیاژنتیکی از عملکرد مخزنی ضعیفی برخوردار می‌باشد.

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقای دکتر محمود برگریزان (رئیس اسبق زمین شناسی اکتشافی شرکت نفت فلات قاره) و خانم دکتر الهه ستاری (مدیر اجرایی مجله زمین شناسی نفت ایران) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] جویباری، س.ا، رضائی، پ.، مهدی پور، م. ۱۴۰۱. بررسی توان مخزنی سازند سروک (سنومانین-تورونین) با تاکید بر واحدهای جریان و تعیین ارتباط آن با ریزرخساره‌های رسوبی این مخزن در یکی از میداین نفتی استان خوزستان، زاگرس چین خورده زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱۲، شماره ۴، آنالین
- [۲] حسنی گیو، م.، ابرقانی، آ. ۱۳۸۸. بررسی نقش ریزرخساره‌ها و نوع تخلخل در کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی ناحیه دزفول شمالی، دشت آبادان. مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۵، شماره ۳، ص ۵۳ تا ۶۲
- [۳] حسینی، ک.، رضائی، پ.، کاظم شیرودی، س.، معینی، م. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط ریزریزریزرخساره‌ها، محیط رسوبی، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازند میشریف (سنومانین آغازین- تورونین) در میدان نفتی اسفند، شمال خاوری خلیج فارس. نشریه پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، دوره ۳۵، شماره ۲، ص ۱۰۹ تا ۱۳۴.
- [۴] سلیمانی، ب. روانشاد، م.، لرکی، ا. ۱۳۹۷. تأثیر تغییرات سنگ‌شناسی و پارامترهای پتروفیزیکی بر پتانسیل نفتی مخزن ایلام (کرتاسه بالایی)، در میدان نفتی اهواز، جنوب غرب ایران. فصلنامه علمی علوم زمین، دوره ۲۸، شماره ۱۰۹، ص ۱۲۱ تا ۱۳۲.
- [۵] عباسپور، ا.، مهربانی، ح.، رحیم پوریناب، ح.، زمان نژاد، ا. ۱۴۰۱. بازسازی محیط رسوبی، تاریخچه دیاژنزی و کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی ناحیه لرستان، غرب ایران، دوفصلنامه رسوب شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۱۹، ص ۱۳ تا ۳۴.

- [۶] قنواتی، ک، رضائی، پ، شب افروز، ر. ۱۴۰۱. نقش بخش تبخیری کلهر سازند آسماری در تکامل ساختاری میداین نفتی پارسى، شمال فروفادگى دزفول، منطقه زاگرس، جنوب غرب ایران. زمین شناسی کاربردی پیشرفته، (۱)، ۱۲۸-۱۴۳.
- [۷] مهماندوستی، ا، عبدالملکی، س.، قلاوند، ه. ۱۳۹۶. ریزرخساره ها، محیط رسوبی و دیاژنز سازند ایلام در یکی از میدان های نفتی دشت آبادان، دوفصلنامه رسوب شناسی کاربردی، دوره ۵، شماره ۹، ص ۲۱ تا ۳۹.
- [۸] ABEDPOUR, M., AFGHAH, M., AHMADI, V., & DEGHANIAN, M. S., ۲۰۱۸, Microfacies, Sequence stratigraphy, Facies analysis and Sedimentary environment of Neocomian in Kuh-e-Siah section (Arsenjan area, SW of Iran). Iranian Journal of Earth Sciences, ۱۰(۲), ۱۴۲-۱۵۷.
- [۹] AHR W.M., ۲۰۰۸, Geology of Carbonate Reservoir. *John Wiley and Sons, Inc.*, ۲۷۷p
- [۱۰] ALSHARHAN, A.S., NAIRN, A.E.M. AND MOHAMMED, A.A., ۱۹۹۳, Late Palaeozoic Glacial Sediments of the Southern Arabian Peninsula: Their Lithofacies and Hydrocarbon Potential. *Marine and Petroleum Geology*, ۱۰, ۷۱-۷۸.
- [۱۱] BASSO, M., BELILA, A. M. P., CHINELATTO, G. F., SOUZA, J. P. D. P., and VIDAL, A. C., ۲۰۲۱, Sedimentology and petrophysical analysis of pre-salt lacustrine carbonate reservoir from the Santos Basin, southeast Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, ۱۱۰(۷), ۲۵۷۳-۲۵۹۵.
- [۱۲] BATHURST, R.G.C., ۱۹۷۵, Carbonate sediment and their diagenesis: Development in *Sedimentology* ۱۲, Elsevier, Amsterdam, ۶۵۸ p.
- [۱۳] CANTRELL, D. L., SHAH, R. A., OU, J., XU, C., PHILLIPS, C., LI, X. L., & HU, T. M., ۲۰۲۰, Depositional and diagenetic controls on reservoir quality: Example from the upper Cretaceous Mishrif Formation of Iraq. *Marine and Petroleum Geology*, ۱۱۸, ۱۰۴۴۱۵.
- [۱۴] D. L., SHAH, R. A., OU, J., XU, C., PHILLIPS, C., LI, X. L., & HU, T. M., ۲۰۲۰, Depositional and diagenetic controls on reservoir quality: Example from the upper Cretaceous Mishrif Formation of Iraq. *Marine and Petroleum Geology*, ۱۱۸, ۱۰۴۴۱۵.
- [۱۵] DUNHAM, R.J., ۱۹۶۲. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham WE (ed) *Classification of carbonate*.
- [۱۶] FLUGEL, E., ۲۰۱۰, Microfacies of carbonate rocks. *Springer-Verlag, Berlin*, ۹۷۶ p.
- [۱۷] GEEL, T., ۲۰۰۰, Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, ۱۵۵, ۲۱۱-۲۳۸.
- [۱۸] GHABEISHAVI, A., VAZIRI-MOGHADDAM, H., & TAHERI, A., ۲۰۰۹, Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian-Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran. *Facies*, ۵۵(۲), ۲۴۳-۲۵۷.
- [۱۹] GHABEISHAVI, A., VAZIRI-MOGHADDAM, H., TAHERI, A., TAATI, F., ۲۰۱۰, Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran. *J Asian Earth Sci* ۳۷, ۲۷۵-۲۸۵
- [۲۰] HOTTINGER, L., ۱۹۹۷. Shallow benthic foraminiferal assemblages as signal for depth of their deposition and their limitation: *Society Geology France Bulletin*, ۱۶۸, ۴۹۱-۵۰۵.
- [۲۱] IBRAHEM, Y., MOROZOV, V. P., SUDAKOV, V., IDRISOV, I., & KOLCHUGIN, A. N., ۲۰۲۲, Sedimentary diagenesis and pore characteristics for the reservoir evaluation of Domanik formations (Semiluksk and Mendymk) in the central part of Volga-Ural petroleum province. *Petroleum Research*, ۷(۱), ۳۲-۴۶
- [۲۲] JAMES, G.A., WYND, J.G., ۱۹۶۵. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil- *Journal of Science*, ۳۰۷, ۱۰۶۴-۱۰۹۵.
- [۲۳] JOOYBARI, A., REZAIE, P., ۲۰۱۷, Petrophysical evaluation of the Sarvak formation based on well logs in Dezful Embayment, Zagros Fold Zone, south west of Iran. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, ۷(۱), ۱۳۵۸-۱۳۶۲
- [۲۴] KHODAEI, N., REZAEE, P., HONARMAND, J., & ABDOLLAHI-FARD, I., ۲۰۲۱, Controls of depositional facies and diagenetic processes on reservoir quality of the Santonian carbonate sequences (Ilam Formation) in the Abadan Plain, Iran. *Carbonates and Evaporites*, ۳۶(۲), ۱-۲۴.
- [۲۵] KHODAEI, N., REZAEE, P., HONARMAND, J., ABDOLLAHI-FARD, I., ۲۰۲۱, Controls of depositional facies and diagenetic processes on reservoir quality of the Santonian carbonate sequences (Ilam Formation) in the Abadan Plain, Iran. *Carbonates and Evaporites*, ۳۶(۲), ۱-۲۴.

- [۲۶] LAPPONI, F., CASINI, G., SHARP, I., BLENDINGER, W, FERNÁNDEZ, N., ROMAIRE, I., HUNT D., ۲۰۱۱, From outcrop to 3D modelling: a case study of a dolomitized carbonate reservoir, Zagros Mountains, Iran. *Petroleum Geoscience* ۱۷, ۱۴۵-۱۵۸.
- [۲۷] LUCIA, F.J., ۲۰۰۷. Carbonate reservoir characterization: An integrated approach. *Springer Berlin*, ۳۶۶ p.
- [۲۸] MEHRABI, H., BAGHERPOUR, B., & HONARMAND, J, ۲۰۲۰, Reservoir quality and micrite textures of microporous intervals in the Upper Cretaceous successions in the Zagros area, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, ۱۹۲, ۱۰۷۲۹۲.
- [۲۹] MESSADI, A. M., MARDASSI, B., OUALI, J. A., & TOUIR, J, ۲۰۱۹, Diagenetic process as tool to diagnose paleo-environment conditions, bathymetry and oxygenation during Late Paleocene-Early Eocene in the Gafsa Basin. *Carbonates and Evaporites*, ۳۴(۳), ۸۹۳-۹۰۸.
- [۳۰] MOHAJER, M. D., AFGHAH, M., DEHGHANIAN, M., & ZAKARIAII, S. J. S, ۲۰۲۲, Biozonation, microfacies analysis and depositional environment of the Cenomanian sediments (Sarvak Formation) in South Zagros Basin (SW Iran). *Carbonates and Evaporites*, ۳۷(۳), ۱-۲۱.
- [۳۱] NAZEMI, M., TAVAKOLI, V., RAHIMPOUR-BONAB, H., & SHARIFI-YAZDI, M., ۲۰۲۱, Integrating petrophysical attributes with saturation data in a geological framework, Permian-Triassic reservoirs of the central Persian Gulf. *Journal of African Earth Sciences*, ۱۷۹, ۱۰۴۲۰۳.
- [۳۲] OMIDPOUR, A., MAHBOUBI, A., MOUSSAVI-HARAMI, R., & RAHIMPOUR-BONAB, H., ۲۰۲۲, Effects of dolomitization on porosity-Permeability distribution in depositional sequences and its effects on reservoir quality, a case from Asmari Formation, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, ۲۰۸, ۱۰۹۳۴۸.
- [۳۳] POMAR, L., ۲۰۰۱, Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin research*, ۱۳(۳), ۳۱۳-۳۳۴.
- [۳۴] POMAR, L., ۱۹۹۱, Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, ۳۸(۲), ۲۴۳-۲۶۹.
- [۳۵] QI, M., HAN, C., MA, C., LIU, G., HE, X., LI, G., ... & CHENG, X, ۲۰۲۲, Identification of Diagenetic Facies Logging of Tight Oil Reservoirs Based on Deep Learning—A Case Study in the Permian Lucaogou Formation of the Jimsar Sag, Junggar Basin. *Minerals*, ۱۲(۷), ۹۱۳.
- [۳۶] RAVANSHAD, M. S., SOLEIMANI, B., LARKEE, E., & SOLEIMANI, M. , ۲۰۱۷, petrophysical evaluation and reservoir quality of ilam formation (late cretaceous), ahvaz oil field, dezful embayment, sw iran. *Petroleum & Coal*, ۵۹(۲), ۱۲۵-۱۳۲.
- [۳۷] READ, J.F., ۱۹۸۵, Carbonate platform facies models. *Am Assoc Pet Geol Bull*, ۶۹, ۱-۲۱.
- [۳۸] REBELLE, M., UMBHAUER, F., POLI, E., ۲۰۰۹, Pore to Grid Carbonate Rock-Typing. *International Petroleum Technology Conference, International Petroleum Technology Conference*.
- [۳۹] REZAEI, P., JOOYBARI, A., POUR, M. M., GORBANI, M., ۲۰۱۶, Factor Controlling Reservoir Properties and Flow Unit Determination in the Ilam Formation of Dezfol Embayment at Zagros Fold-Thrust Belt, Southwest of Iran. *Open Journal of Geology*, ۶(۰۷), ۶۶۰.
- [۴۰] SABOUI, M., MOUSSAVI-HARAMI, R., KADKHODAIE, A., REZAEI, P., and JALALI, M., ۲۰۲۲, A qualitative-quantitative approach for studying the impact of facies and diagenesis control on the rudist biostrome of the Sarvak formation, Abadan plain, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, ۲۱۲, ۱۱۰۲۴۵.
- [۴۱] SALIFOU, I. A. M., ZHANG, H., BOUKARI, I. O., HAROUNA, M., & CAI, Z, ۲۰۲۱, New vuggy porosity models-based interpretation methodology for reliable pore system characterization, Ordovician carbonate reservoirs in Tahe Oilfield, North Tarim Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, ۱۹۶, ۱۰۷۷۰۰.
- [۴۲] SHARLAND, P. R., ARCHER, R., CASEY, D. M., DAVIES, R. B., HALL, S. H., HEWARD, A. P., HORBURY A. D., SIMMONS, M. D., ۲۰۰۱, Arabian plate sequence stratigraphy. *Geo-Arabia Special Publication*, ۲, ۳۷۱.
- [۴۳] SOLEIMANI, B., AHMADI NABI, M., & JAHANI, D., ۲۰۲۲, Microfacies, Sedimentary Environment and Diagenetic Processes Analysis of Ilam Formation in Gachsaran Oil Field, Zagross Basin. *Journal of Petroleum Research*, ۲(۵)-۱۲۰-۱۳۰.
- [۴۴] WANG, L., ۲۰۲۲, Three Dimensional Geological Modeling for Mixed Reservoir of F Oilfield in Middle East. In *International Field Exploration and Development Conference* (pp. ۱۶۵۹-۱۶۷۱). Springer, Singapore.

- [۴۵] WILSON, J., ۱۹۷۵, Carbonate Facies in Geological History. *Springer, Berlin*, ۴۷۱ p.
- [۴۶] YADAV, P. K., DAS, M., & RAY, S., ۲۰۲۲, Geology, petrology, and geochemistry of the Mesoproterozoic Kaimur Group of rocks of the Vindhyan Supergroup, Eastern India: implications for depositional environment and sequence stratigraphy. *Journal of Sedimentary Environments*, ۱-۲۷.
- [۷] YANG, J., WANG, E., JI, Y., WU, H., HE, Z., ZHANG, J., ... & FENG, Y., ۲۰۲۱, Diagenetic facies and reservoir porosity evaluation of deep high-quality clastic reservoirs: A case study of the Paleogene Shahejie Formation, Nanpu Sag, Bohai Bay Basin, China. *Energy Exploration & Exploitation*, ۳۹(۴), ۱۰۹۷-۱۱۲۲.

Investigating the role of microfacies, depositional conditions and diagenesis on the quality of the reservoir section, Ilam Formation (Santonian-Campanian) in one of the fields in southwestern Iran, Dezful embayment

Seyedeh Akram Jooybari^۱, Payman Rezaee*^۲, Majid Mehdipour^۳

^۱-PhD in Sedimentology and sedimentary petrology, University of Hormozgan, Iran

^۲-Associate Professor, Department of Geology, University of Hormozgan, Iran

^۳-Master of Petroleum Geology, Petroleum Engineering Development Company, Tehran, Iran

*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

Received: October ۲۰۲۲, Accepted: November ۲۰۲۲

Abstract

The Ilam formation is one of the important carbonate oil reservoirs of the Zagros and Dezful embayment basins. In order to identify the microfacies and depositional conditions and diagenesis processes, ۱۰۰ microscopic thin sections from one well of this reservoir in one of the Dezful embayment oil fields were evaluated. Porosity and permeability data were used to check reservoir quality. The petrographic study led to the identification of ۹ microfacies belonging to the facies belts of lagoon, barrier, middle ramp and outer ramp, which were deposited in the homoclinal ramp environment. The most important diagenesis processes identified in Ilam reservoir include cementation, dissolution, fracture, micriteization, stylolitization, and dolomitization. Based on the qualitative classification of the reservoir and Lucia's petrophysical diagrams, the lagoon facies and the middle ramp have an average reservoir status, and the carbonate barrier facies and the outer ramp have a weak reservoir status. The reservoir quality of the lagoon and middle ramp facies is related to the existence of interconnected and channel porosities. Due to strong cementation and the presence of unrelated porosity such as mold porosity, the carbonate barrier facies has low permeability and has a poor reservoir status. In general, the Ilam Formation in the studied field is in a weak state in terms of reservoir, which can be important in addition to the facies controllers in relation to the lack of expansion of fracture and dolomitization and the excessive expansion of cementation in these facies. Therefore, the Ilam Formation in the studied field has a weak reservoir performance due to diagenetic processes, despite having more shallow sequences than deep ones.

Keywords: Reservoir quality, Sedimentary environment, Ilam Formation, Dezful embayment