

## ارتباط توزیع ویژگی‌های مخزنی سازند ایلام با ریزرخساره‌های رسوبی و فرایندهای دیاژنتیکی تأثیرگذار در یکی از میادین دشت آبادان، جنوب غرب ایران

یوسف عابدی<sup>۱</sup>، حسین مصدق<sup>۲\*</sup> و محمدعلی کاوسی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی نفت، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

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

نویسنده مسئول: mosaddegh@khu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۳ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۶

نوع مقاله: پژوهشی

### چکیده

بخش بزرگی از هیدروکربن ناحیه دشت آبادان در گروه بنگستان از جمله سازند ایلام جای گرفته است. سازند ایلام به سن سانتونین از مخازن نفتی مهم دشت آبادان محسوب می‌شود که مرز بالایی آن با سازند گورپی و مرز زیرین آن با سازند لافان به صورت همساز است و به طور عمده از سنگ‌آهک با لایه‌بندی منظم و میان لایه‌های نازک شیل تشکیل شده است. هدف از این مطالعه، تعیین و نقش مجموعه میکروفاسیس‌ها و فرایندهای دیاژنتیکی تأثیرگذار در بخش مخزنی سازند ایلام است. مطالعات پتروگرافی بر روی تعداد ۱۴۲ نمونه مقطع نازک مربوط به خرده‌های حفاری، به شناسایی ۷ ریزرخساره مربوط به سه کمر بند رخساره‌های لاگون، تپه زیرآبی و دریای باز منجر گردید. از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنتیکی سازند ایلام می‌توان به سیمانی شدن، میکرایتی شدن، تراکم، دولومیتی شدن، آهن‌دار شدن، گلوکونیتی شدن، پیریتی شدن، انحلال و انواع تخلخل اشاره کرد. به طور کلی نتایج ارتباط توزیع ویژگی‌های مخزنی سازند ایلام با مطالعه ریزرخساره‌های رسوبی و فرایندهای دیاژنتیکی تأثیرگذار نشان می‌دهد که بهترین ریزرخساره‌های مستعد مخزن، وکستون تا پکستون بایوکستی و وکستون حاوی روزن‌بران پلانکتونی می‌باشد. همچنین از فرایندهای دیاژنتیکی اثرگذار در بخش مخزنی می‌توان به انحلال و تخلخل ناشی از آن (تخلخل حفره‌ای)، تخلخل حاصل از شکستگی، تبلور مجدد (ناشی از تخلخل‌های میکروسکوپی) و دولومیتی شدن اشاره نمود.

واژگان کلیدی: دشت آبادان، سازند ایلام، ریزرخساره، محیط رسوبی، دیاژنز

### ۱- پیشگفتار

بیشترین ذخایر نفت و گاز در جهان است. بخش شمال خاوری صفحه عربی شامل کمر بند چین‌خورده-رانده‌ی زاگرس<sup>۱</sup>، اروندان، خلیج فارس و بخش‌های داخلی‌تر صفحه عربی شامل ساختمان‌های میزبان هیدروکربوری در جهان است (بوردانو و هگر، ۲۰۰۵). دشت آبادان یکی از مهم‌ترین نواحی هیدروکربوری ایران به شمار رفته که در کمر بند چین‌خورده-رانده‌ی زاگرس قرار گرفته است و به علت ارتباط ساختاری- زمین‌شناسی فراوان با حوضه اروندان عراق بخشی از آن محسوب شده و پایانه شمالی سکوی عربی به شمار می‌آید. عمق پی‌سنگ به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد و در جنوب غربی‌ترین بخش سپر عربی به سطح می‌رسد (عبداللهی فرد و همکاران، ۲۰۰۶). بخش بزرگی از هیدروکربور ناحیه دشت آبادان در گروه بنگستان

برنامه‌های اکتشاف، توسعه و تولید از میادین هیدروکربوری غالباً با پیچیدگی‌های زیاد و هزینه هنگفت همراه است. تعیین وضعیت زمین‌شناسی و ویژگی‌های مخزنی میادین و تلفیق اطلاعات آن‌ها با یکدیگر از اهمیت بالایی در کاهش ریسک و هزینه‌ها دارد. تغییرات زیاد تخلخل و تراوایی در خصوصیات مخزنی کربنات‌های کم عمق امری متداول است. این تنوع مبین تأثیر فرایندهای مختلف رسوبی، شرایط محیطی و فرایندهای دیاژنتیکی است (مور، ۲۰۰۱). بنابراین انجام مطالعه بر روی ریزرخساره‌ها و دیاژنز که از عوامل اصلی موثر بر ویژگی مخزنی است، امری ضروری در شناخت دقیق مخازن کربنات محسوب می‌شود (لوسیا، ۱۹۹۵). خاورمیانه و به ویژه صفحه عربی میزبان

<sup>1</sup> Zagros fold and thrust belt (FTB)

عربی، بخش‌های مجاور در زاگرس و ایران مرکزی، ترکیه و قسمت‌هایی از یونان روبرو هستیم (ریلینگر، ۲۰۰۶). سیستم تکتونیکی این ناحیه به طور واضح شناخته نشده و فرضیه‌های متنوعی وجود دارد. یک فرضیه حاکی از ساختمان‌های کششی در این ناحیه است. ساختارها نشان می‌دهد که در این ناحیه شکستگی‌ها به موازات سیستم تراستی متشکل از گسل‌های شیب‌لغز، امتدادلغز راست‌گرد و گسل‌های قاشقی هستند. در این ناحیه نیز شواهدی از کشش شامل چین‌خوردگی با گسل‌های نرمال و گرآبن‌های نامتقارن وجود دارد (عبداله‌ی فرد و همکاران، ۲۰۰۶). شواهد و مطالعات قبلی انجام شده در میادین هیدروکربوری دشت آبادان و همچنین کشور عراق نشان داده است که نفتگیرهای موجود در این منطقه از نوع تاقدیسی ساده (همچون بسیاری از مخازن فروافتادگی دزفول) نبوده بلکه ترکیبی از انواع چینه‌ای- ساختمانی هستند (هنرمند، ۱۳۹۲). سازند ایلام بخشی از گروه بنگستان محسوب می‌شود که از نظر جایگاه چینه‌شناسی مرز بالایی آن با سازند گورپی و مرز زیرین آن با سازند لافان به صورت همساز است (شکل ۱- تصویر B). همچنین شواهدی نشان می‌دهد در سازند ایلام علاوه بر ریزرخساره‌های پلاژیک و ریزرخساره‌های دریایی کم ژرفا، ریزرخساره‌های دوباره نهشته شده سنگ‌آهک قابل شناسایی می‌باشد (کاوسی و همکاران، ۱۳۸۵). موقعیت چاه مورد مطالعه در استان خوزستان و در بخش غربی رودخانه کارون حد فاصل بین شهرهای اهواز، شمال شهر دارخوین و جنوب شهرهای سوسنگرد و هویزه واقع شده است. این چاه در حاشیه شرقی دشت آبادان و در ناودیس بین میادین سپهر، جفیر و آب‌تیمور در ۸ کیلومتری چاه سپهر یک و ۱۴ کیلومتری شمال شرقی چاه سپهر جنوب غربی یک قرار دارد (شکل ۱- تصویر C).

### ۳- روش مطالعه

با توجه به این که توصیف و تفسیر دقیق محیط‌های کریناته با بررسی ریزرخساره‌های حاصل از برش‌های نازک صورت می‌گیرد، در این پژوهش علاوه بر بررسی لاگ گاما، ۱۴۲ نمونه برش نازک تهیه شده از خرده‌های حفاری مربوط به یکی از چاه‌های ناحیه دشت آبادان مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعه و بررسی نوع، اندازه، درصد دانه‌ها و

قرار گرفته است. سازند ایلام به سن سانتونین از مخازن نفتی مهم دشت آبادان محسوب می‌شود. این سازند به دو بخش ایلام اصلی و ایلام بالایی بخش‌بندی شده است. ایلام اصلی از رخساره‌های پلاژیک و ایلام بالایی از سنگ‌های نهشته شده در سکوی کریناته کم ژرفا تشکیل شده است. رخساره‌های پلاژیک و سنگ‌آهک کم ژرفای سازند ایلام، سنگ مخزن بوده و دارای تولید خوبی است. توصیف ریزرخساره‌ای سازند ایلام در برخی از مطالعات گذشته در حوضه زاگرس ارائه شده است (آدابی و اسدی‌مهماندوستی، ۲۰۰۸؛ غیبشای و همکاران، ۲۰۰۹؛ مهرابی و همکاران، ۲۰۱۴؛ آدابی و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به تأثیرپذیری زیاد توالی‌های کریناته نسبت به الگوهای رسوبی، گاهی روندهای مخزنی از این الگوها پیروی نمی‌کنند (عباسپور و همکاران، ۱۴۰۱). با این وجود، جهت تشخیص و ارزیابی الگوهای قابل پیشگویی، برقراری ارتباطی منطقی بین فرایندهای موثر در توزیع کیفیت مخزنی نظیر دیاژنز و ریزرخساره‌ها یکی از بخش‌های مهم و اولیه در مطالعه جامع زمین‌شناسی مخزن و در پژوهش مورد نظر می‌باشد.

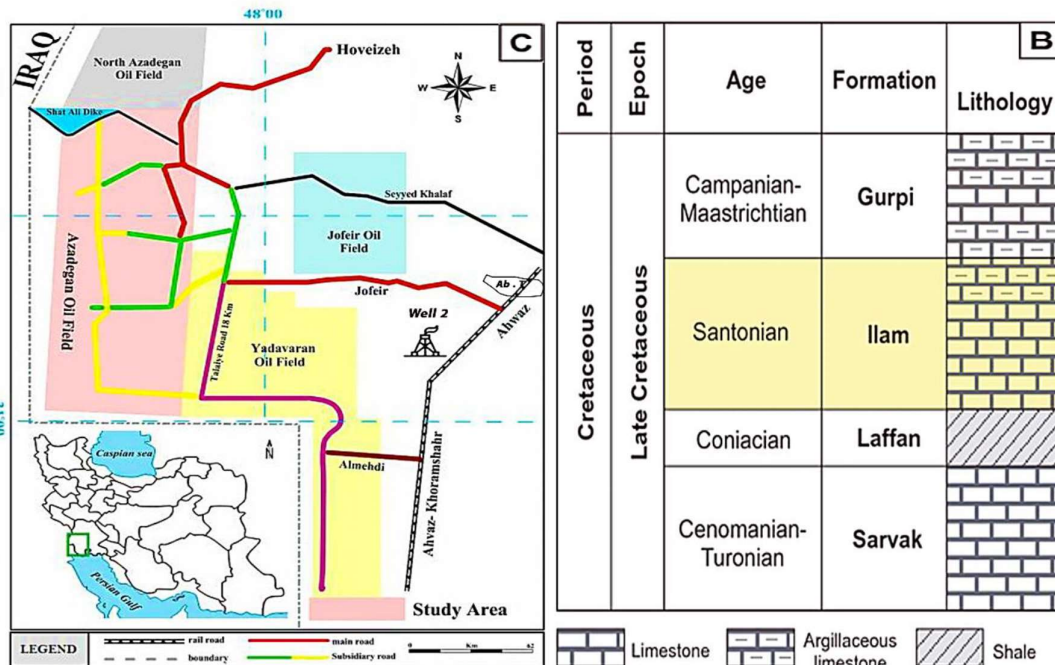
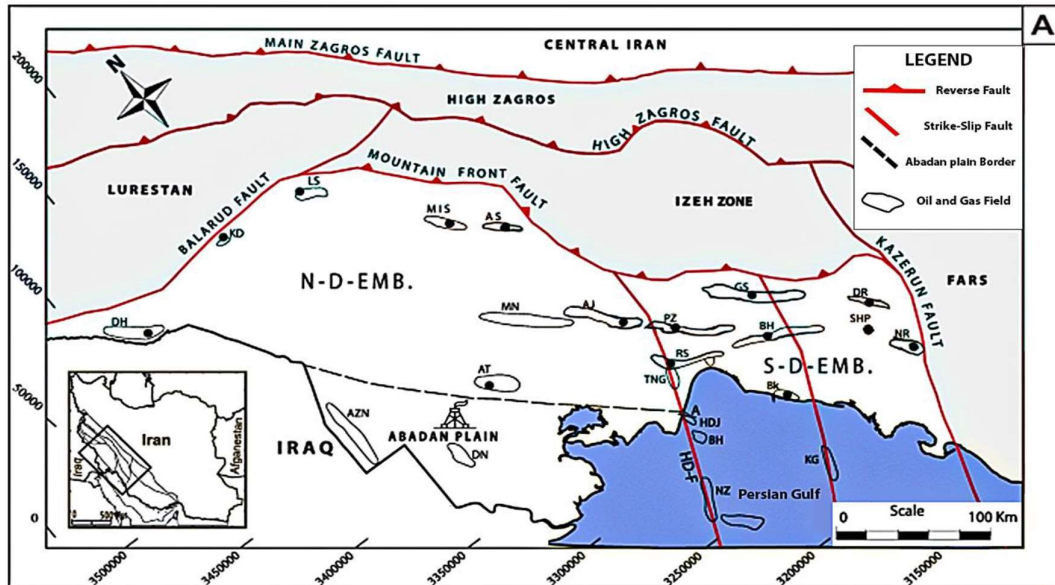
### ۲- جایگاه زمین‌شناسی و موقعیت ناحیه مورد مطالعه

زون ساختاری دشت آبادان، در انتهای جنوب غربی زاگرس با پهنای ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلومتر قرار دارد (شکل ۱- تصویر A) مرز شمالی و شمال شرقی آن محدود به جبهه زاگرس چین‌خورده (دامنه جنوبی تاقدیسی‌های سوسنگرد، آب تیمور، منصوری) بوده که پس از عبور از جنوب میدان رگ سفید، وارد خلیج فارس می‌شود (درویش‌زاده، ۱۳۸۳). همچنین دشت آبادان بخشی از حوضه میان‌رودان<sup>۲</sup> است که از نظر زمین‌شناسی پایانه شمالی سکوی عربی به شمار می‌آید. آنومالی بوگه به سمت شمال شرق منطقه کاهش می‌یابد که نشانگر افزایش ضخامت رسوبات در زاگرس چین‌خورده است. حوضه میان‌رودان، شرقی‌ترین بخش کراتون پایدار عراق است و مرز جنوب غربی این زون تحت کنترل گسل‌هایی است که در طی دگرشکلی هرسی‌نین- فرازمین ایجاد شده و از پرمین پسین به بعد فرونشسته است. بررسی اطلاعات حاصل از برداشت‌های GPS بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که در حال حاضر با چرخش ناحیه گسترده‌ای از سطح زمین شامل صفحه

<sup>2</sup> Mesopotamian Basin

میکروسکوپی برای تشخیص ریزرخساره‌ها و تعیین محیط رسوب‌گذاری کمک گرفته شد. سپس فرایندهای دیاژنتیکی تأثیرگذار بر روی نهشته‌های سازند ایلام در مقاطع میکروسکوپی مشخص و تاریخچه دیاژنتزی سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه تعیین شد.

زمینه ریزرخساره مقاطع با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان صورت گرفت. برای نام‌گذاری سنگ‌های کربناته و تعیین بافت رسوبی از رده‌بندی دانه‌ام (۱۹۶۲) و برای توصیف ریزرخساره‌ها و ارائه مدل رسوبی از روش فلوگل (۲۰۱۰) استفاده شد. همچنین از لاگ گاما در کنار مقاطع



شکل ۱. A: موقعیت جغرافیایی چاه مورد مطالعه در زیر پهنه دشت آبادان از پهنه چین خورده-رانده زاگرس (علوی، ۲۰۰۴). B: ستون سنگ‌چینه‌ای سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه (مطیعی، ۱۹۹۳) و C: نقشه راه‌های دسترسی به موقعیت ناحیه مورد مطالعه که با نماد چاه مشخص شده است (اقتباس از اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۰).

## ۴- ریزرخساره‌های رسوبی

شناسایی ریزرخساره‌ها در مطالعات زمین‌شناسی برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکansı و ارایه نقشه‌های جغرافیای گذشته استفاده می‌شود. با توجه به اینکه مشخصات سنگ‌شناسی از مهم‌ترین پارامترهای کنترل‌کننده کیفیت مخزنی می‌باشند، تغییرات رخساره‌ای باید با دقت مورد مطالعه قرار گیرد. در این خصوص با توجه به بررسی برش‌های نازک تهیه شده از سازند ایلام، منجر به شناسایی ۷ ریزرخساره در سه کمربند رخساره‌ای لاگون، تپه زیرآبی و دریای باز شده است که از بخش خشکی به سمت دریا عبارتند از:

## ۴-۱- ریزرخساره‌های کمربند رخساره‌ای لاگون

ریزرخساره شماره ۱: وکستون بایوکلستی

## MF 1: Bioclast Wackestone

توصیف: ریزرخساره‌های مورد نظر در بخش فوقانی سازند ایلام و متشکل از انواع روزن‌بران کفزی<sup>۱</sup> همانند قطعات *Rotalia*, *Textularid* با فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد در مقاطع چاه مورد مطالعاتی می‌باشد. همچنین دیگر اجزای دانه اسکلتی مانند *Algae*, *Gastropods*, *Echinoderms* و زیر مجموعه‌ای از رده سخت‌پوستان همانند *Ostracods* و یا نرم‌تنان مانند *Bivalves* با فراوانی حدود ۱۰ درصد مشاهده می‌شوند. این ریزرخساره دارای بافت گل‌پشتیبان بوده و فراوانی اجزای غیراسکلتی آن پایین و زیر ۵ درصد می‌باشد. فرایند دیاژنزی عمده‌ای که در این ریزرخساره مشاهده شده است شامل پیریتی شدن و گلوکونیتی شدن می‌باشد (شکل ۲- تصویر A).

تفسیر: با توجه به این نکته که روزن‌بران کفزی از پالئوزویک پایانی تاکنون در بخش‌هایی از دریاهای گرم و کم عمق و در داخل یا سطح رسوبات زندگی می‌کنند و بسترهای سخت را می‌پوشانند، به ندرت آثار آن‌ها در بخش‌های دریای عمیق مشاهده شده است (تاکر، ۲۰۰۱). همچنین بودن روزن‌بران کفزی با پوسته پورسلانوز، خرده‌های اسکلتی و بافت گل غالب در این ریزرخساره، نشان‌دهنده گردش محدود آب در مناطق کم انرژی لاگونی می‌باشد. این ریزرخساره مشابه با ریزرخساره استاندارد تهیه شده شماره 20 RMF فلوگل (۲۰۱۰) مرتبط به رمپ داخلی می‌باشد.

ریزرخساره شماره ۲: مادستون تا وکستون دولومیتی شده

## MF 2: Dolomitized Mudstone to Wackestone

توصیف: در این ریزرخساره، بافت از وکستون به مادستون کاهش یافته است. مجموع آلوکم‌های مشاهده شده در مقاطع چاه مورد مطالعه در بافت مادستون حدوداً ۵ درصد و در بافت وکستون بالای ۱۰ درصد می‌باشد که شامل محتوای فسیلی اعم از *Marssonella*, *Textularid*, *Echinoderms*, *oxycona* و *Rotalia* می‌باشد که به صورت پراکنده در ماتریکس قرار گرفته‌اند. از فرایندهای دیاژنزی عمده می‌توان به دولومیتی شدن و مقداری کم گلوکونیتی شدن و پیریتی شدن اشاره کرد (شکل ۲- تصویر B).

تفسیر: مطالعات انجام شده بر روی ویژگی‌های بافتی دولومیت‌های سازند ایلام در مقاطع مورد نظر منجر به تفکیک دو نوع دولومیت شده است. نوع اول دولومیت‌های ریزبلور یا دولومیکرواسپارایت می‌باشد که در گروه اسپارایت‌ها قرار دارد. این دولومیت‌ها احتمالاً در محیط تدفینی کم عمق در نتیجه تبلور مجدد دولومیکرایت‌ها تشکیل شده‌اند. دولومیت نوع دوم دولومیت متوسط بلور یا دولواسپارایت می‌باشد که این دولومیت نیز در گروه اسپارایت قرار دارد و بیانگر جانشینی دیاژنتیکی سنگ آهک‌های قبلی و یا تبلور مجدد دولومیت‌های تشکیل شده اولیه می‌باشد (اقتباس از رضایانه و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به توضیحات ارایه شده و محتوای فسیلی (روزن‌بران کفزی)، ارتباط جانبی رخساره‌ای و بافت آن‌ها، این ریزرخساره به زیر محیط رخساره‌ای لاگون تعلق دارد و معادل با ریزرخساره شماره 16 RMF فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

## ۴-۲- ریزرخساره‌های کمربند رخساره‌ای تپه زیرآبی

ریزرخساره شماره ۳: گرینستون اییدی

## MF 3: Ooid Grainstone

توصیف: اییدها به عنوان آلوکم غالب در این ریزرخساره با فراوانی ۷۵ درصد در مقاطع مورد مطالعه قابل شناسایی هستند. همچنین اجزای دانه‌های اسکلتی همانند *Echinoderms*, *Bivalves*, *Heterohelix*, *Gastropods*, *Miliolid* و *Rotalia* به صورت پراکنده و یا در هسته اییدها با فراوانی حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد مشاهده می‌شود و از دانه‌های غیراسکلتی در این ریزرخساره می‌توان به

<sup>1</sup> Benthic Foraminifera

*Marssonella oxycona* و دوکفه‌ای‌ها و همچنین حضور نداشتن فسیل‌های دریای باز و حضور اجزای غیراسکلتی نابرجا، موجب شکل‌گیری این ریزرخساره در بالای خط اثر امواج و در بخش بالایی و رو به ساحل تپه زیرآبی شده است (گیال، ۲۰۰۰). این ریزرخساره معادل با ریزرخساره استاندارد شماره 27 RMF فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

#### ریزرخساره شماره ۵: وکستون تا پکستون با یوکلستی MF 5: Bioclast Wackestone to Packstone

**توصیف:** این ریزرخساره دارای بافتی با ماهیت وکستون تا پکستونی است. اجزای اسکلتی همانند Bivalves، Ostracods، Sponge spicules و Echinoderms در این ریزرخساره با فراوانی بالای ۵۰ درصد بیشتر در بافت پکستونی قابل مشاهده هستند. فراوانی اجزای غیراسکلتی در این ریزرخساره کمتر از ۵ درصد می‌باشند. از فرایندهای دیاژنزی عمده در این ریزرخساره می‌توان به گلوکونیتی شدن و انحلالی شدن اشاره نمود. همچنین در این ریزرخساره‌ها موارد بسیار زیادی از آثار آغشتگی نفتی<sup>۲</sup> به صورت رگه‌های باریک دیده می‌شود (شکل ۲ F).

**تفسیر:** وجود مقادیر کمی از روزن‌بران پلانکتونی و آلوکم‌های اسکلتی مثل خرده‌های خارپوست، خرده‌های دوکفه‌ای و نبود رسوبات حمل شده مربوط به محیط‌های کم عمق سکوی کربناته می‌تواند بیانگر رسوب‌گذاری در زیر سطح اثر امواج عادی و نشان از قسمت عمیق رمپ میانی باشد (آگیلرا و هرناندز، ۲۰۰۱). همچنین با توجه به بافت وکستونی تا پکستونی، تنوع اجزای اسکلتی، ارتباط جانبی و عمودی رخساره‌ای، فراوانی نسبتاً زیاد پوسته استراکدها و از سویی فراوانی کم الیگوسترینیدها نشان می‌دهد این ریزرخساره در بخش‌های پشت سد کربناته نهشته شده است (روانشاد و همکاران، ۲۰۱۷) و قابل مقایسه با رخساره استاندارد شماره 8 RMF فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

#### ۳-۴ ریزرخساره‌های کمر بند رخساره‌ای دریای باز ریزرخساره شماره ۶: وکستون حاوی روزن‌بران پلانکتونیک

**MF 6: Planktonic Foraminifera Wackestone**  
**توصیف:** اجزای اسکلتی اصلی این ریزرخساره، روزن‌بران پلانکتونی نظیر *Heterohelix*، *Globigerina* و سایر اجزای اسکلتی دیگر همانند Ostracods، Sponge spicules و

Intraclasts و Peloids با فراوانی حدوداً ۵ درصد اشاره نمود. فرایندهای دیاژنزی ایجاد شده در این ریزرخساره شامل گلوکونیتی، دولومیتی و میکرایتی شدن می‌باشد (شکل ۲- تصویر C و D).

**تفسیر:** خرده‌های دوکفه‌ای زیر محیط‌های مختلفی را برای زندگی ترجیح داده و در محیط جزرومدی و زیر جزرومد با انرژی کم و همچنین در حاشیه دریا مثل حاشیه شلف دریایی با انرژی بالا زندگی می‌کنند (فلوگل، ۲۰۱۰). وجود اجزای دانه‌های اسکلتی در درون هسته دانه‌های الییدی، بافت گرینستونی، ناچیز بودن گل آهکی، جورشدگی و گردشگی نسبتاً خوب دانه‌ها می‌تواند نشان از حمل‌شدگی و جابجایی و انرژی زیاد در این محیط باشد (غیثشوی و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین به دلیل وجود خرده‌های اسکلتی و خرده‌های خارپوست خود می‌تواند نشان‌دهنده محیط تپه زیرآبی به سمت محیط حفظ شده باشد. با توجه به موارد عنوان شده این ریزرخساره قابل مقایسه با ریزرخساره استاندارد شماره 29 RMF فلوگل (۲۰۱۰) در نظر گرفته می‌شود.

#### ریزرخساره شماره ۴: پکستون تا گرینستون پلوییدی MF 4: Peloidal Packstone to Grainstone

**توصیف:** این ریزرخساره دارای بافت دانه غالب با ماهیت پکستونی تا گرینستونی است. پلویید به عنوان عضو دانه غیراسکلتی نابرجا به صورت نیمه زاویه‌دار تا گردشده با فراوانی حدود ۶۰ درصد تشکیل‌دهنده اصلی این ریزرخساره است. از دیگر اجزای غیراسکلتی می‌توان به Ooid و Intraclasts اشاره کرد که با فراوانی حدوداً ۱۵ تا ۲۰ درصد وجود دارند. از اجزای دانه‌های اسکلتی نیز می‌توان به *Textularid*، *Marssonella oxycona* و Bivalves اشاره کرد که با فراوانی کمتر از ۵ درصد به صورت پراکنده و یا در هسته الییدها وجود دارند. همچنین از فرایندهای دیاژنزی متداول در این ریزرخساره می‌توان به دولومیتی و میکرایتی شدن اشاره نمود (شکل ۲ E).

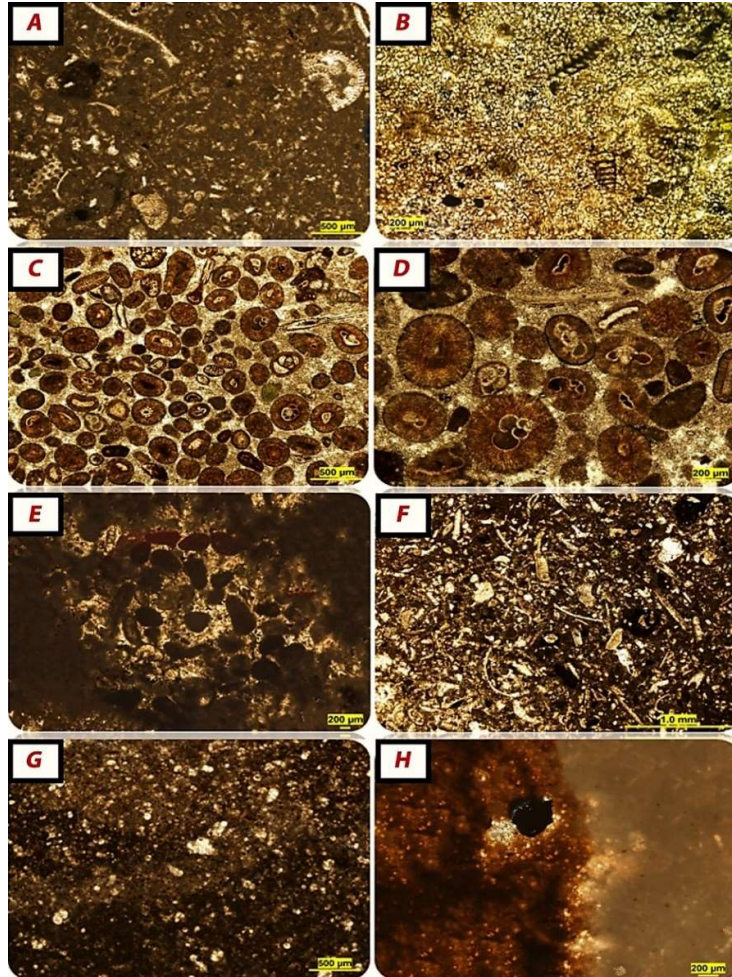
**تفسیر:** با توجه به اینکه پلویید با فابریک دانه‌پشتیبان نشان‌دهنده محیط‌های کم انرژی است اما بعضاً وجود سیمان در بین دانه‌ها و لیتوکلست‌های گردشده می‌تواند نشانه‌ای از جابجایی و حمل آن‌ها از طریق کانال‌ها به یک محیط پر انرژی نیز باشد (تاکر و رایت، ۱۹۹۰). حضور فسیل‌های روزن‌بران کفزی نظیر *Textularid*،

<sup>2</sup> Oil stained



انرژی کم می‌باشد. به طور کلی روزن‌بران پلانکتونی با افزایش ژرفا افزایش می‌یابد که دلایل آن می‌تواند کاهش آشفستگی یا افزایش فاصله از خط ساحلی باشد. رنگ تیره و خاکستری زمینه نیز احتمالاً به دلیل وجود مواد آلی و شرایط احیایی پس از ته‌نشست می‌باشد. با توجه به دلایل توضیح داده شده، این ریزرخساره قابل مقایسه با ریزرخساره استاندارد شماره 4 RMF فلوگل (۲۰۱۰) از یک محیط رمپ خارجی می‌باشد.

Echinoderms با فراوانی حدوداً ۱۵ تا ۲۵ درصد دیده می‌شوند. از دانه‌های غیراسکلتی مشاهده شده در این ریزرخساره می‌توان به Peloids اشاره کرد. فرایندهای دیاژنزی عمده در این ریزرخساره نیز شامل دولومیتی شدن، انحلال و میکرایتی شدن می‌باشد (شکل ۲ G). تفسیر: دلایلی نظیر عدم وجود آثار و شواهد توفانی، فراوانی گل و محتوای فسیلی بیانگر تشکیل این ریزرخساره در زیر سطح اثر امواج توفانی و رژیم هیدرودینامیکی با



شکل ۲. تصاویر مقاطع نازک از ریزرخساره‌های شناسایی شده در سازند ایلام: A: ریزرخساره شماره ۱ (وکستون بایوکستی)، B: ریزرخساره شماره ۲ (مادستون تا وکستون دولومیتی شده)، C و D: ریزرخساره شماره ۳ (گرینستون آبی‌دی)، E: ریزرخساره شماره ۴ (پکستون تا گرینستون پلوییدی)، F: ریزرخساره شماره ۵ (وکستون تا پکستون بایوکستی)، G: ریزرخساره شماره ۶ (وکستون حاوی روزن‌بران پلانکتونیک) و H: ریزرخساره شماره ۷ (مادستون تا وکستون حاوی الیگوستژینید).

فراوانی بیش از ۳۵ درصد فراوان‌ترین اجزای پلانکتونیک این ریزرخساره را تشکیل می‌دهند. از دیگر اجزای اسکلتی مشاهده شده می‌توان به Echinoderms و *Heterohelix* اشاره کرد که فراوانی آن‌ها در مقاطع مورد مطالعه به کمتر از ۵ درصد می‌رسد. بلورهای خود شکل دولومیت و

ریزرخساره شماره ۷: مادستون تا وکستون حاوی الیگوستژینید

#### MF 7: Oligosteginid Mudstone to Wackestone

توصیف: این ریزرخساره عمیق‌ترین ریزرخساره سازند ایلام در میان مقاطع مورد مطالعه است. الیگوستژینیدها با

بررسی و مطالعه انجام شده در سازند ایلام، عدم وجود ساختارهای ریزشی همانند کلسی‌توربیدیت‌های آهکی و ریفی و همچنین تبدیل تدریجی ریزرخساره‌ها به یکدیگر می‌توان نتیجه گرفت توالی رسوبی سازند ایلام در منطقه دشت آبادان در یک محیط رسوب‌گذاری از نوع رمپ نهشته شده‌اند. نوع سکوی رمپ کربناته در سازند ایلام از نوع رمپ‌هایی با شیب یکنواخت تشخیص داده شد (شکل ۳).

#### ۶- دیاژنز

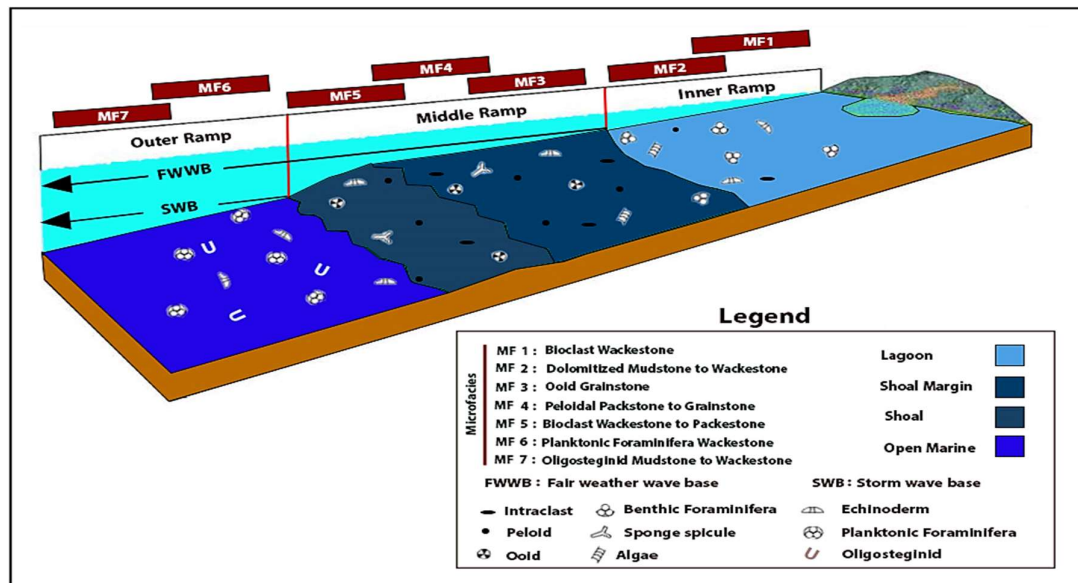
دیاژنز شامل کلیه تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که بعد از عمل رسوب‌گذاری و قبل از دگرگون شدن بر سنگ‌ها اعمال می‌شود (تاکر و رایت، ۱۹۹۰). مطالعه فرایندهای دیاژنتیکی در حوضه‌های رسوبی نقش مهمی در پیش‌بینی کیفیت مخازن و ارزیابی مکان‌های ذخیره‌ساز هیدروکربوری دارد (زوهو و همکاران، ۲۰۲۳). بر اساس مطالعات پتروگرافی، از مهم‌ترین عوارض دیاژنتیکی سازند ایلام می‌توان به شرحی از موارد زیر اشاره کرد:

همچنین پیریتی شدن به صورت پراکنده در متن سنگ از آثار دیاژنزی متداول در این ریزرخساره است (شکل ۲- تصویر H).

تفسیر: با توجه به غالب بودن گروه‌های پلانکتونی می‌توان عنوان کرد محیط ته‌نشست این ریزرخساره، محیطی نسبتاً کم انرژی در دریای باز می‌باشد (کلر و همکاران، ۲۰۰۲؛ وانگ، ۲۰۲۲). همچنین ویژگی‌های بافتی و نوع موجودات تشکیل دهنده این ریزرخساره نشان‌دهنده نهشته شدن آن در محیط دریای باز ژرف و در زیر سطح اثر امواج توفانی است که در مقاطع چاه مورد مطالعه دیده می‌شود. این ریزرخساره معادل با رخساره استاندارد شماره 2 RMF فلوگل (۲۰۱۰) محیط رمپ خارجی در نظر گرفته می‌شود.

#### ۵- محیط رسوبی

آنالیز محیط‌های رسوبی بهترین روش در تعیین چگونگی شرایط محیطی در هنگام ته‌نشست رسوبات است. در این راستا با استفاده از یافته‌ها و اطلاعات حاصل از مطالعات پتروگرافی و پتروفیزیکی به منظور درک ساده‌تر محیط رسوب‌گذاری، مدل رسوب‌گذاری ارائه می‌شود. با توجه به



شکل ۳. مدل رسوب‌گذاری پیشنهادی سازند ایلام در منطقه مورد مطالعه

بعد، سیمان کلسیت دروزی، سیمان پرکننده رگه و سیمان سین‌تکسیال می‌شود.

الف) سیمان کلسیت هم‌بعد: این سیمان به صورت بلورهای هم‌اندازه، عموماً فضاهای خالی یا شکستگی‌های

سیمانی شدن: فرایند اصلی دیاژنزی است که یک رسوب کربناته سست را تبدیل به سنگ‌آهک سخت می‌کند. با توجه به مطالعات حاصل از مقاطع نازک انواع فرایند سیمانی شدن در سازند ایلام شامل سیمان کلسیت هم

**میکرایتی شدن:** این فرایند توسط فعالیت‌های بیولوژیکی موجوداتی نظیر سیانوباکتری‌ها، اسفنج‌ها، دوکفه‌ای‌ها و کرم‌ها هم‌زمان با رسوب‌گذاری معمولاً در پوسته قطعات فسیلی و در محیط فریاتیک دریایی روی می‌دهد و سبب از بین رفتن بافت‌های ریز می‌شود (لی و فریدمن، ۱۹۸۷). در سازند ایلام میکرایتی شدن بیشتر در میکروفاسیس‌های مربوط به رمپ داخلی مشاهده می‌شوند که همراه با افزایش عمق و آرامش محیط از میزان آن‌ها تا حدود زیادی کاسته می‌شود. همچنین پوشش میکرایتی در نمونه‌های مورد نظر در اطراف برخی از دانه‌های اسکلتی به وجود آمده و در برخی از مقاطع، دانه‌های اییدی به طور کامل میکرایتی شده‌اند (شکل ۴- تصویر E).

**تراکم:** از فرایندهای مهم دیاژنز که در طی تدفین رسوبات می‌تواند تأثیر زیادی بر کیفیت سنگ مخزن بگذارد. وقتی رسوبات زیر فشار طبقات رویی دفن شوند، اگر هنوز سیمانی حد فاصل ذرات را پر کرده باشد خرد شدن، انحلال و تغییر آرایش ذرات شروع شده و منجر به کاهش تخلخل و کم شدن حجم توده سنگ می‌شود در نتیجه به دو حالت مکانیکی و شیمیایی قابل تقسیم‌بندی هستند.

**الف) تراکم فیزیکی:** این نوع فشردگی معمولاً بلافاصله پس از رسوب‌گذاری و منجر به آب‌زدایی و آرایش نزدیک‌تر دانه‌ها می‌گردد. فشردگی مکانیکی و از دست دادن آب، در رسوبات گل‌پشتیبان اهمیت بیشتری دارند. در رسوبات دانه‌پشتیبان همانند ماسه‌های کربناته، عمل تراکم با رسوبات گل‌پشتیبان متفاوت است و کاهش تخلخل در ابتدا باعث نظم مجدد دانه‌ها به سمت آرایش پایدارتر خواهد شد (مور و بیبوت، ۱۹۸۹). مطالعه مقاطع مربوطه نشان داد، تراکم فیزیکی در موارد زیادی باعث فشردگی شدن بایوکلست‌ها و شکسته شدن اجزاء اسکلتی موجود در سنگ شده است (شکل ۴- تصویر F).

**ب) تراکم شیمیایی:** تراکم شیمیایی یا انحلال فشاری دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای در دیاژنز سنگ‌های آهکی است. تراکم شیمیایی سبب تشکیل سه نوع بافت شامل استیلولیت، رگچه‌های انحلالی و فابریک درهم می‌شود. در مطالعه مقاطع مورد نظر در سازند ایلام موارد اول و دوم قابل شناسایی بودند (شکل ۴- تصویر G و H).

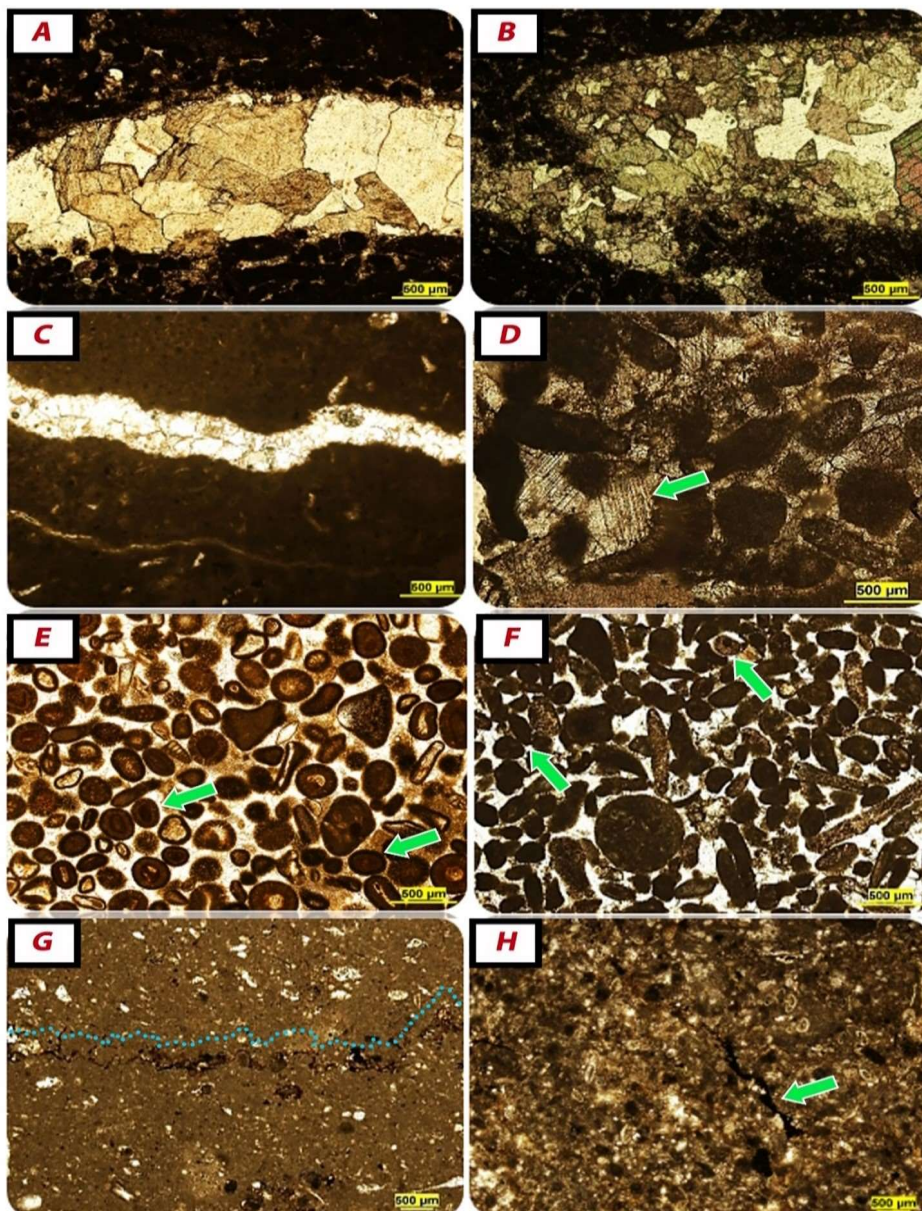
موجود در نمونه‌ها را اشغال کرده است. سیمان هم‌بعد در محیط‌های دیاژنزی متائوریک و تدفینی معمول بوده و حاصل نرخ رشد آهسته می‌باشد (تاگر، ۲۰۰۱). در محیط متائوریک به دلیل میزان پایین  $Mg^{+2}$  رسوب‌گذاری سیمان کلسیت هم‌بعد را آسان می‌کند. همچنین در گزارش‌هایی به وجود این سیمان‌ها در محیط‌های دریایی نیز اشاره نموده‌اند (آدامز و همکاران، ۱۹۸۴). در مقاطع میکروسکوپی مطالعه شده این سیمان به صورت موزائیک‌های نسبتاً هم‌بعد و بی‌شکل قابل مشاهده هستند (شکل ۴- تصویر A).

**ب) سیمان کلسیت دروزی:** در این سیمان اندازه بلورها از حاشیه حفره به سمت مرکز حفره افزایش می‌یابد. اندازه بلورها معمولاً بزرگ‌تر از ۱۰ میکرون می‌باشند و عمدتاً این نوع سیمان را از ویژگی‌های محیط فریاتیک آب شیرین می‌دانند، ولی در محیط تدفینی عمیق نیز تشکیل می‌شوند (چوکت و جمیز، ۱۹۸۷). در نمونه‌های مورد مطالعه سازند ایلام این سیمان با فراوانی کم در رخساره‌های رمپ داخلی تا رمپ میانی مشاهده می‌شوند (شکل ۴- تصویر B).

**پ) سیمان پرکننده رگه:** این سیمان در مراحل مختلف دیاژنز تشکیل می‌شود و اغلب به صورت سیمان‌های هم‌بعد و دروزی شکستگی‌ها را پر می‌کند. گسترش شکستگی‌ها تابع عواملی مانند خصوصیات سنگ‌شناسی، اندازه دانه‌ها، ضخامت لایه‌ها و ویژگی‌های چینه‌شناسی مانند رخساره‌ها، سیکل‌های رسوبی و دیاژنز است (تاگر، ۲۰۰۱). در مقاطع مورد مطالعاتی انواع شکستگی‌ها در مقیاس‌های مختلف وجود دارد که به وسیله سیمان هم‌بعد و دروزی پر شده است (شکل ۴- تصویر C).

**ت) سیمان سین تکسیال:** سیمان هم‌محور یا رورشدی اغلب به عنوان سیمان‌های آب شیرین و محیط جوی به شمار می‌آیند (لانگمن، ۱۹۸۰) اما در شرایط دریایی و تدفینی نیز دیده می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۰۶). این سیمان اغلب به صورت شفاف تا نیمه‌شفاف می‌باشد. سیمان هم‌محور دارای ترکیب کانی‌شناسی کلسیت پر منیزیم (HMC) و پیوستگی نوری با دانه در برگیرنده است (فلوگل، ۲۰۱۰). این سیمان در سازند ایلام به صورت پراکنده در ریزرخساره‌های رمپ میانی تا خارجی مشاهده می‌شوند (شکل ۴- تصویر D).





شکل ۴. تصاویر مقاطع نازک از فرایندهای دیازنزی شناسایی شده در سازند ایلام؛ A: سیمان کلسیت هم‌بعد، نور معمولی، B: سیمان کلسیت دروزی، نور پلاریزان، C: سیمان پرکننده رگه که حاصل از شکستگی به وجود آمده است، نور معمولی، D: سیمان سین تکسیال، نور معمولی، E: فرایند میکرایتی شدن که باعث از بین رفتن ساختار آئیده‌ها شده است، F: تماس نقطه‌ای و مماسی دانه‌ها که ناشی از تراکم فیزیکی به وجود آمده است، G: استیلولیت با دامنه نوسان کوتاه که با پرشدگی مواد آلی همراه می‌باشد و H: رگچه انحلالی که در اثر تراکم شیمیایی به وجود آمده است.

تقسیم‌بندی‌هایی که برای بیان انواع تخلخل در سنگ‌های کربناته مورد استفاده قرار می‌گیرد طبقه‌بندی چوکت و پری (۱۹۷۰) است. در نتیجه بر اساس این طبقه‌بندی انواع تخلخل مشاهده شده در مقاطع مزبور عبارتند از:

الف) **تخلخل حفره‌ای:** این تخلخل به صورت حفراتی نامنظم و بزرگ در سنگ مشاهده می‌شود که معمولاً با

**تخلخل:** یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی مخازن نفت و گاز موجود در سنگ‌های کربناته تخلخل می‌باشد. تخلخل در سنگ‌های کربناته بسیار متنوع‌تر از سایر انواع سنگ‌ها با توان مخزنی است. تخلخل‌های موجود در سنگ‌های کربناته و فهم آن‌ها ارتباط کاملاً مستقیم با فرایندهای دیازنزی تأثیرگذار بر روی سنگ‌ها دارد. یکی از کامل‌ترین

پیریت یا سایر کانی‌های سولفید آهن ایجاد می‌شود (شول، ۲۰۰۶). این فرایند در مقاطع سازند ایلام با فراوانی نسبتاً زیاد به صورت پرکننده رگه و حجرات فسیلی و یا در امتداد استیلولیت‌ها قابل مشاهده هستند (شکل ۵- G).

**گلوکونیتی شدن:** مطالعه رسوب‌گذاری گلوکونیت در رسوبات عهد حاضر روشن نمود که گلوکونیت‌ها در آب‌های عمیق بیش از ۵۰ متر تشکیل می‌شود (رائو و همکاران، ۱۹۹۳؛ دیاس و نیتروئر، ۱۹۸۴). همچنین عده‌ای محیط خیلی کم عمق حدود ۱۰ متر و منطقه جزرومدی را در بعضی نواحی برای تشکیل آن پیشنهاد نموده‌اند (چافز و رید، ۲۰۰۰). معمولاً تشکیل گلوکونیت با رسوب‌گذاری در فضاهای ۱۰-۵ میکرومتر، همراه با انحلال کانی میزبان اتفاق می‌افتد (اودین و مدر، ۱۹۸۱). در ابتدا اسمکتیت اولیه گلوکونیتی غنی از آهن و پتاسیم عمود بر زمینه رشد می‌کند و در اثر جمع شدن و یکپارچه شدن بصورت بافت شبکه‌ای شکل در می‌آید. بخش اولیه تحت تأثیر دیاژنز مچور شده و مقدار آهن افزایش بیشتری می‌یابد. ولی افزایش مقدار پتاسیم بسیار ناچیز است. با پیشرفت دیاژنز، اسمکتیت گلوکونیتی به میکای گلوکونیتی با بیشترین مقدار اکسید پتاسیم ( $K_2O$ ) تبدیل می‌شود. عناصر مورد نیاز برای تشکیل گلوکونیت مانند پتاسیم و آهن می‌تواند از دگرسانی و جانشینی فلدسپار پتاسیم، میکا، کوارتز (منشأ سیلیس) و از آب دریای موجود در منافذ رسوبات تأمین گردد (مک‌کراکن و همکاران، ۱۹۹۶؛ وارول و همکاران، ۲۰۰۰؛ چانگ و همکاران، ۲۰۰۸).

همچنین توزیع نسبتاً وسیع سیمان کلسیتی و حالت پراکنده ذرات نشان‌دهنده گردش مناسب سیالات دیاژنتیکی در زمان ته‌نشست اولیه رسوبات بوده است. این شرایط عاملی مساعد برای دگرسانی هم زمان فلدسپات و میکاهای موجود توسط این سیالات و تأمین‌کننده یون‌های مورد نیاز برای فرایند گلوکونیتی شدن بوده است که حاصل از عملکرد فرآیندهای دیاژنتیکی ایجاد شده‌اند. لذا حضور گلوکونیت‌های با رسیدگی بالاتر و فراوانی بیشتر در طبقات ترجیحاً سیمانی شده قابل انتظار خواهد بود. با توجه با مطالعه مقاطع مورد نظر در سازند ایلام، ذرات گلوکونیت با فراوانی نسبتاً بالا در محیط‌های رمپ داخلی مشاهده شدند (شکل ۵- H).

فابریک سنگ ارتباط ندارند و اکثراً در اثر انحلال بیشتر به صورت فضاهای خالی دیده می‌شوند (فلوگل، ۲۰۱۰). این تخلخل در بخش زون مخزنی اصلی سازند ایلام با فراوانی زیاد در مقاطع مطالعاتی مشاهده شدند (شکل ۵- A).

**ب) تخلخل قالبی:** انحلال به صورت انتخابی در دانه‌های آراگونیتی سنگ‌های آهکی موجب ایجاد فضای خالی در محل این دانه‌ها می‌گردد که کاملاً با دانه اولیه شباهت دارد (مور، ۱۹۸۹) این تخلخل انتخاب شده به وسیله فابریک سنگ است و به طور ثانویه (در طی دیاژنز جوی و تدفینی) حاصل می‌شود (باترست، ۱۹۷۵). مطالعه مقاطع حاصل از سازند ایلام نشان داد، این تخلخل با فراوانی کم بر اثر حل شدن ساختار درونی دانه‌های الیید شکل گرفته‌اند. در برخی از نمونه‌ها نیز این تخلخل توسط سیمان کلسیتی پر شده‌اند (شکل ۵- B).

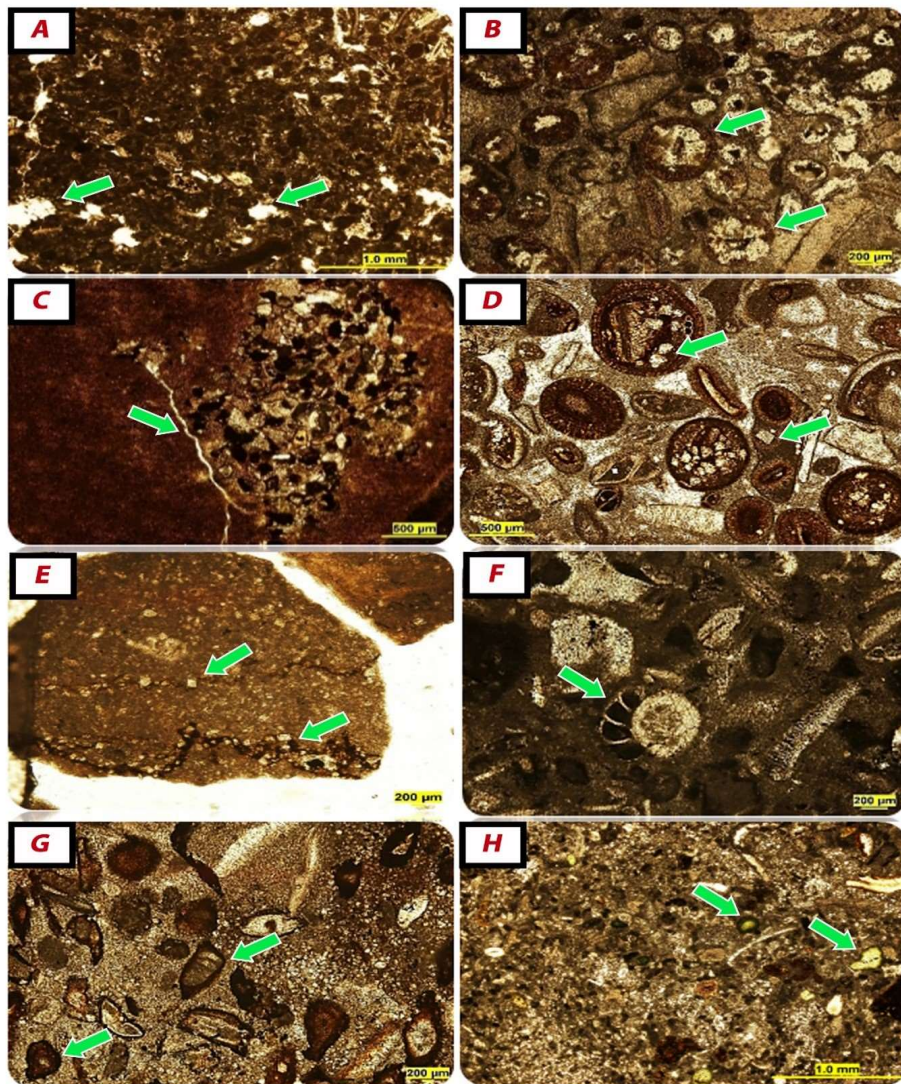
**پ) تخلخل حاصل از شکستگی:** این تخلخل ثانویه بوده و فابریک سنگ را قطع می‌کند. شکستگی در مخازن کربناته متداول است و به دلیل خاصیت شکنندگی کربنات‌ها نسبت به طبیعت انعطاف‌پذیرتر سنگ‌های دانه ریز آواری در بعضی مواقع به صورت میان لایه در بین آن‌ها دیده می‌شوند (لانگمن، ۱۹۸۵). این تخلخل در سازند ایلام با فراوانی زیاد مشاهده می‌شوند که بعضی از آن‌ها در یک زمینه میکرایتی و یا توسط سیمان پر شده‌اند (شکل ۵- C).

**دولومیتی شدن:** در سازند ایلام با توجه به مطالعه و شواهد موجود در بعضی از مقاطع فرایند دولومیتی شدن به دو صورت یوهدرال (دولومیت در سطح استیلولیت و سکانس‌های انحلالی ناشی از فشار تمرکز دارد) و انتخابی مشاهده می‌شود (شکل ۵- D و E).

**پیریتی شدن:** پیریت کانی سولفات آهن است. تشکیل پیریت به عواملی از جمله میزان باکتری‌های احیاکننده سولفات و مقدار واکنش نسبت به سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) در موارد تخریبی تغذیه‌کننده رسوبات و به میزان سولفات حل نشده در آب بستگی دارد (فلوگل، ۲۰۱۰). در سازند ایلام فرایند پیریتی شدن با فراوانی زیاد به صورت دانه‌های پراکنده و یا پرکننده حجرات اجزای اسکلتی دیده می‌شود (شکل ۵- F).

**آهن‌دار شدن:** ترکیبات آهن‌دار معمولاً به صورت هماتیت هستند. هماتیت معمولاً در طی هوازدگی و اکسیداسیون





شکل ۵. تصاویر مقاطع نازک از فرایندهای دیاژنزی شناسایی شده در سازند ایلام؛ A: تخلخل حفره‌ای در زمینه‌ای از بافت وکستون، B: تخلخل قالبی که باعث ایجاد فضای خالی شبیه به دانه اولیه شده است، C: تخلخل حاصل از شکستگی که فضای خالی آن با پرشدگی سیمان کلسیتی همراه می‌باشد، D: وجود دولومیت‌های انتخابی در مرکز هسته و اطراف دانه‌های آئید، E: وجود دولومیت یوهدرال که دولومیت در سطح استیلولیت تمرکز یافته است، F: پیریتی شدن که به صورت پرکننده حجرات یک اجزای اسکلتی دیده می‌شود، G: فرایند آهن‌دار شدن که به صورت در برگیرنده پیرامون اجزای اسکلتی مشاهده می‌شود و H: فرایند گلوکونیتی شدن که با رنگ سبز کم رنگ قابل شناسایی می‌باشد.

## ۷- توالی پاراژنتیکی

تفسیر پاراژنتیکی، زمان نسبی تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی را در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد. توالی حوادث دیاژنزی در یک سیستم کربناته به فاکتورهایی نظیر اندازه، بافت دانه، کانی‌شناسی، سیال منفذی و غیره بستگی دارد (تاگر و رایت، ۱۹۹۰؛ لویز و همکاران ۲۰۱۶). مجموعه فرایندهای دیاژنزی سازند ایلام تحت تأثیر محیط‌های دیاژنز کم عمق، متائوریک (جوی) و دفنی قرار گرفته است

و یا به عبارتی دیگر در طی دو مرحله ائوژنز و مزوژنز تحت تأثیر واقع شده است (شکل ۷).

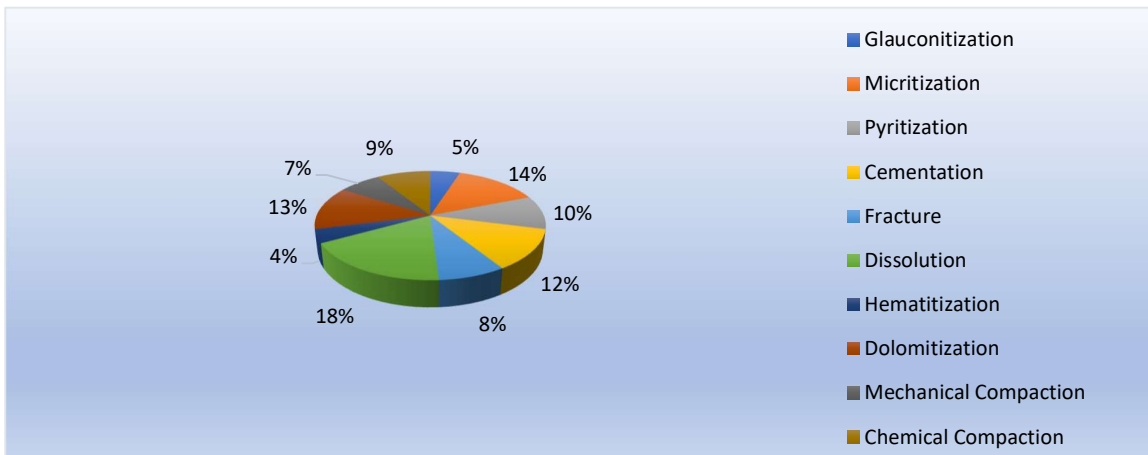
**الف) مرحله ائوژنز:** منطقه ائوژنتیک محیط دفن کم عمق بین حد فاصل سطح رسوب‌گذاری و محیط تدفینی عمیق است. حد بالایی منطقه ائوژنتیک ممکن است خارج از آب یا زیر آب باشد. حد زیرین منطقه ائوژنتیک جایی در نظر گرفته می‌شود که آب‌های جوی یا دریایی نمی‌توانند به صورت فعال توسط نیروی ثقل<sup>۱</sup> و همرفتی<sup>۲</sup> در آنجا جریان

<sup>2</sup> Convection

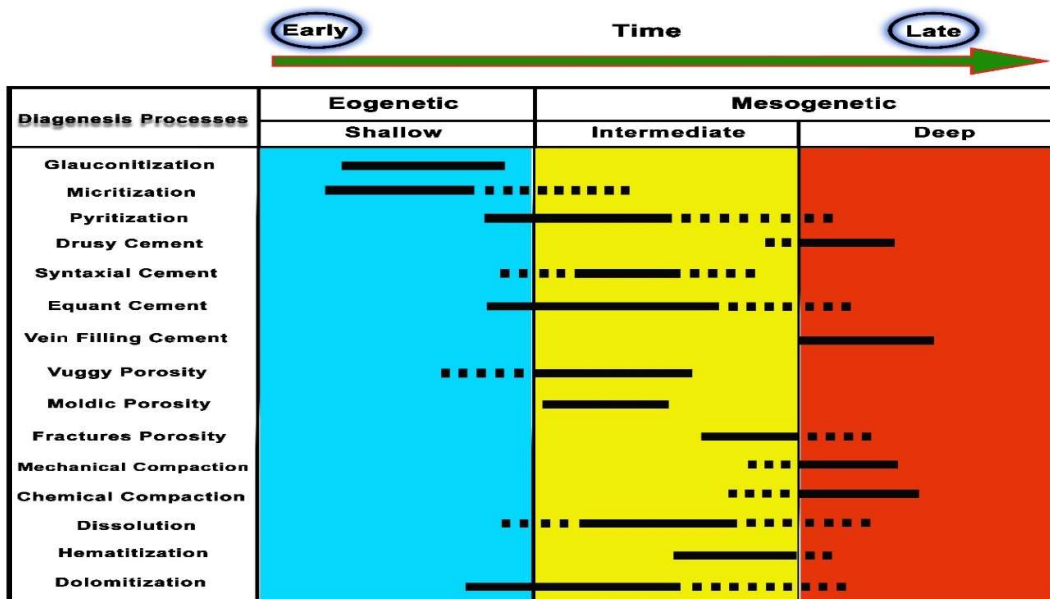
<sup>1</sup> Gravity

گلوکونیته شدن و پیریت در جازا مشخص می‌شود (توکلی و همکاران، ۲۰۱۰؛ رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۰). محیط دیاژنز جوی با توجه به شواهدی چون انحلال و تشکیل تخلخل‌های قالبی و آثار انواع سیمان‌های مربوط به محیط جوی همانند سیمان هم‌بعد قابل شناسایی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه پس از طی محیط دیاژنز کم عمق مستقیماً وارد محیط دفنی نشده‌اند، بلکه بخشی از محیط دیاژنز جوی را تحمل کرده و سپس وارد محیط دیاژنز دفنی شده‌اند.

یابند (مور و واید، ۲۰۱۳). در این مرحله تأثیر فرایندهای دیاژنزی بر رسوبات پس از ته‌نشست و گاه در هنگام ته‌نشست و پیش از مرحله دفن ژرف در نزدیکی سطح زمین می‌باشد (مراد و همکاران، ۲۰۰۰؛ منصوربگ و همکاران، ۲۰۰۷) و به دو صورت دیاژنز در محیط دریایی و جوی صورت گرفته است. تأثیر دیاژنز دریایی در سنگ‌های آهکی سازند ایلام در ناحیه مورد مطالعه، با شناسایی فرایندهای میکرایتی شدن، سیمان هم‌محور (احمد و همکاران، ۲۰۰۶) و رشد سیمان‌های هم‌ستبر در پیرامون آلوکم‌ها در رخساره‌های گرینستون الییدی و بکستون بایوکستی و وجود دولومیت‌های ریز بلور،



شکل ۶. درصد فراوانی فرایندهای دیاژنتیکی سازند ایلام



شکل ۷. مجموعه توالی پارازنتیکی مطالعه شده در سازند ایلام

است که مکانیسم‌های تشکیل این مخازن هیدروکربوری ممکن است در واحدهای تکتونیکی مختلف و انواع حوضه‌های نفتی تغییراتی را نشان دهند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳). تلفیق تأثیر این پارامترها در نهایت سبب شکل‌گیری سیستم منافذ و هندسه آن در مخزن می‌شود که کنترل‌کننده خصوصیات پتروفیزیکی سنگ است (بلیفینیک و کالدی، ۱۹۹۶؛ لونوی، ۲۰۰۶). تخلخل، مقدار ظرفیت ذخیره‌سازی سیالات و تراوایی، قابلیت عبور و مرور سیالات را نشان می‌دهد که هر دو پارامتر نقش بسیار حائز اهمیتی در تعیین و ارزیابی کیفیت مخزنی دارند (آر، ۲۰۰۸). عوامل بسیار زیادی همانند رخساره‌های رسوبی، تاریخچه دیاژنتیکی، شیب زمین‌گرایی و غیره در مقدار تخلخل تأثیر دارند. با افزایش عمق و سن رخساره که همراه با افزایش تدفین و دماست، میزان تأثیر فرایندهای دیاژنتزی افزایش یافته و تخلخل بیشتر کاهش می‌یابد (ارنبرگ و همکاران، ۲۰۰۹). دلیل تأثیر عمده فرایندهای دیاژنتزی ناشی از سطوح رخنمون تحت‌الجوی مکرر کیفیت مخزنی و توزیع سیستم منافذ عمدتاً تحت تأثیر فرایندهای دیاژنتزی بوده است هرچند که رخساره‌های اولیه نیز نقش عمده در شکل‌گیری زون‌های متخلخل و متراکم داشته‌اند. در دیدگاه کلی بیشتر ریزرخساره‌های سازند ایلام گل پشتیبان هستند و تخلخل اولیه بسیار ناچیزی دارند. علاوه بر این، رسوبات گل‌پشتیبان به دلیل سیستم حفره‌های ریز (تراوایی بسیار کم) نسبت به رسوبات دانه‌پشتیبان کیفیت مخزنی کمتری را نشان می‌دهند. با این حال مطالعات نشان می‌دهد که رسوبات گل‌پشتیبان نیز می‌توانند در اثر فرایندهای دیاژنتیکی همانند انحلال، شکستگی و غیره کیفیت مخزنی بهتری کسب کرده و مخازن خوبی را تشکیل دهند (بیوینگتون و همکاران، ۲۰۰۸). از آنجایی که ریزرخساره‌های سازند ایلام در چاه مورد مطالعه عمدتاً دانه‌ریز و گل‌پشتیبان هستند، فشردگی مکانیکی و آب‌زدایی در آن‌ها می‌تواند نقش بسیار زیادی داشته باشد. فشردگی مکانیکی منجر به آب‌زدایی، آرایش نزدیک‌تر دانه‌ها، ایجاد شکستگی‌های موضعی و خمش در دانه‌های ضعیف شده و در نهایت منجر به کاهش زیاد تخلخل اولیه در این نوع رخساره‌ها شده است. علاوه بر این، فشردگی شیمیایی نیز از طریق انحلال فشاری در محل تماس دانه‌ها موجب کاهش تخلخل نسبت به عمق و زمان می‌شوند (لوسیا، ۲۰۰۷). انحلال فشاری علاوه بر تأمین یون‌های

(ب) **مرحله مزوژنز:** در مرحله مزوژنز عمق تدفین کربنات‌ها به حدی رسیده است که دیگر فرایندهای دیاژنتزی سطحی بی‌تأثیر هستند به طور کلی دیاژنز در منطقه مزوژنتیک با تغییرات کم تخلخل همراه است و غالباً در ارتباط با تراکم و فرایندهای مرتبط است. در حالی که نرخ فرایندهای مزوژنتیک آرام است اما زمان تأثیر فرایندهای دیاژنتزی که در این مرحله موثرند می‌تواند بسیار طولانی باشد که در نتیجه تغییرات این مرحله ممکن است تخلخل به خوبی تا مرحله نهایی پیش روند (هالی و شول، ۱۹۸۵؛ مور و واید، ۲۰۱۳). از فرایندهای مهم دیاژنتزی مرتبط به سازند ایلام در این مرحله می‌توان به انواع تخلخل حفره‌ای، تخلخل قالبی، سیمان دروزی و همچنین استیلولیت و رگچه‌های انحلالی اشاره کرد. به طوری که با افزایش عمق تدفین در اثر انحلال فشاری میکرواستیلولیت‌ها، رگچه‌های انحلالی و استیلولیت‌ها تشکیل و ورود سیالات خورنده به مخزن سبب انحلال شده و انواع تخلخل‌های حفره‌ای، تخلخل‌های قالبی و استیلولیت تشکیل شده‌اند. جریان سیالات از مجاری استیلولیت‌ها منجر به تشکیل دولومیت و سیمان در مجاری و حواشی استیلولیت‌ها شده که در مجموع در مقادیر تخلخل نقش بازدارنده‌ای را ایجاد نموده‌اند. در ادامه با ورود مواد هیدروکربنی به مخزن، سیمانی شدن و انحلال فشاری متوقف شده و آثاری از فرایند پیریتی شدن به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. در بخش‌های عمیق این مرحله نیز بیشتر فرایندهای شکستگی حاصل از تنش‌های موجود را نشان می‌دهد. این شکستگی‌ها در بعضی از نمونه‌های مورد مطالعاتی توسط سیمان کلسیتی پر شده است.

#### ۸- ارزیابی پتانسیل نفتی سازند ایلام

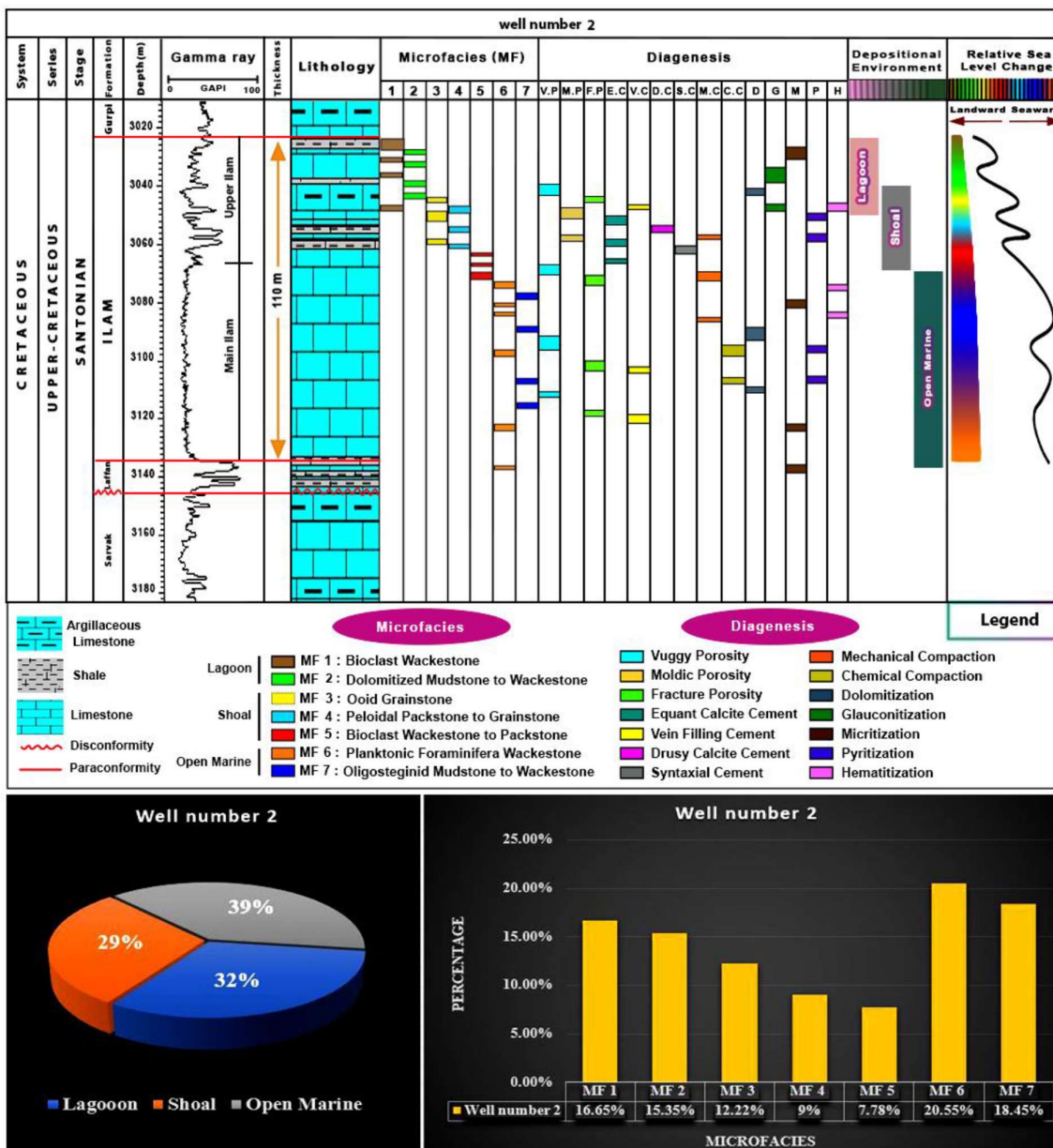
پتانسیل و کیفیت مخازن کربناته به صورت عمده تحت تأثیر ویژگی‌های رخساره‌ای به صورت اولیه و فرایندهای دیاژنتزی به صورت ثانویه است (لوسیا، ۲۰۰۷؛ آر، ۲۰۰۸؛ مور و واید، ۲۰۱۳). توصیف فرایندهای دیاژنتیکی در مخازن عمیق از اهداف و موضوعات مورد علاقه تحقیقاتی رو به رشد است. منابع هیدروکربوری عمیق، از جمله ماسه‌سنگ‌ها، شیل‌ها و کربنات‌ها، در انواع مختلف حوضه‌های نفت‌ساز کشف شده‌اند و به طور کلی فرایندهای دیاژنتیکی پیچیده‌ای را تجربه کرده‌اند. مشکل کلیدی این

لازم برای سیمانی شدن، رگچه‌های انحلالی تشکیل شده نیز موجب مغشوش کردن جریان سیالات و تمرکز مواد نامحلول در استیلولیت‌ها موجب کاهش تراوایی عمودی در سازند می‌شوند (هسلی و همکاران، ۲۰۰۰؛ بویوکوتکو، ۲۰۰۹). سیمانی شدن نیز یکی از فرایندهای مهم دیاژنزی می‌باشد که با توجه به مطالعات انجام شده در این پژوهش، سیمان‌های کلسیتی بعضی از حجره‌های فسیلی، شکستگی‌ها را پر کرده‌اند. علاوه بر موارد فوق، مهم‌ترین عوامل در افزایش تخلخل و تراوایی، انحلال تدفینی و شکستگی است. فرایند انحلال تدفینی منجر به تشکیل انواع تخلخل قالبی، حفره‌ای و استیلولیتی می‌شود. توزیع و گسترش این نوع تخلخل‌ها بر اساس مطالعات صورت گرفته در کل سازند ایلام یکنواخت نمی‌باشد به طوری که تشکیل تخلخل‌های ثانویه در شرایط دیاژنزی تدفینی عمیق منجر به افزایش کیفیت مخزنی می‌شوند (واندگینست و همکاران، ۲۰۰۶؛ نیلسون و آگستایی، ۲۰۰۸). در دیدگاه جزئی‌تر زمین‌شناسی مخزن سازند ایلام به دو بخش ایلام بالایی و ایلام اصلی قابل تقسیم است. با توجه به مطالعات حاصل از مقاطع نازک و توصیف ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی در سازند ایلام می‌توان عنوان کرد، بخش ایلام بالایی دارای تنوع ریزرخساره‌ها بیشتر و ریزرخساره‌ها عمدتاً از نوع دانه پش‌تیبان می‌باشند که در محیط نسبتاً پر انرژی و کم عمق نهشته شده‌اند. همچنین بر خلاف وجود ریزرخساره‌های پر انرژی ائیدی و پلوئیدی که مستعد ویژگی مخزنی مناسب می‌باشند، فرایندهای دیاژنزی به صورت مخرب عمل می‌کنند که در نتیجه باعث کاهش پتانسیل و کیفیت مخزنی در بخش ایلام بالایی می‌شود. به عنوان مثال از فرایندهای دیاژنزی که به صورت مخرب عمل می‌کنند می‌توان به تراکم، سیمانی شدن و دولومیتی شدن اشاره نمود. در مقابل بخش ایلام اصلی شامل کمترین ریزرخساره در ناحیه مورد مطالعه می‌باشد. عمدتاً این ریزرخساره‌ها دارای بافت پکستون تا مادستون و لحاظ محیطی شرایط آرام، کم انرژی و عمیق حوضه رسوبی را شامل می‌شوند. ریز بودن دانه‌ها و حضور فسیل‌های پلانکتونی نشان‌دهنده ته‌نشست این ریزرخساره‌ها در بخش‌های عمیق و آرام حوضه است (جمیل‌پور و همکاران، ۲۰۲۰؛ پوپلریتر، ۲۰۰۲). بررسی تغییرات نمودار گاما در شکل ۸ تغییرات کیفیت مخزنی در

بخش‌های مختلف سازند ایلام را نشان می‌دهد، به طوری که در ایلام بالایی<sup>۱</sup> با توجه به روند افزایشی لاگ گاما میزان شیل افزایش پیدا کرده و در مقابل بخش ایلام اصلی<sup>۲</sup> با روند کاهشی مواجه است. رخساره‌های غالب در ایلام اصلی متشکل از ریزرخساره‌های وکستون تا پکستون بایوکلستی (ریزرخساره شماره ۵)، ریزرخساره‌های وکستونی دارای روزن‌بران پلانکتون (ریزرخساره شماره ۶) و وکستون/مادستون‌های دارای الیگوستزینید (ریزرخساره شماره ۷) بوده و معرف بخش‌های عمیق‌تر حوضه هستند. بررسی نمودار تغییرات سطح آب دریا این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کند. کیفیت مخزنی در چنین رخساره‌هایی معمولاً پایین بوده، اما تغییرات نمودار گاما عکس تغییرات رخساره‌ای را نشان می‌دهد و این وضعیت تحت تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی باعث ایجاد شرایط پتانسیل نفتی بهتر ایلام اصلی نسبت به ایلام بالایی شده است (شکل ۸). جهت شناخت بهتر و همچنین بررسی دقیق‌تر ارتباط عناصر زمین‌شناسی در مناطق جنوب‌غربی ایران و پارامترهای مخزنی در بخش‌های مختلف سازند ایلام نتایج این پژوهش با چند نمونه از مطالعات مشابه پیشین مقایسه می‌گردد. حسنی‌گیو و ابرقانی (۱۳۸۸) مطالعه‌ای با هدف بررسی نقش رخساره‌ها و نوع تخلخل در کنترل کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی دزفول شمالی، دشت آبادن انجام دادند. نتایج ارائه شده در پژوهش نام برده مشخص نمود که میکروفاسیس‌های مربوط به بخش ایلام بالایی بیشتر از نوع دانه پش‌تیبان بوده و در مواردی این میکروفاسیس‌ها تحت تأثیر تخلخل‌هایی همچون تخلخل قالبی، حفره‌ای و بین‌دانه‌ای ویژگی مخزنی مناسب‌تری نسبت به ایلام اصلی دارد. با توجه به مطالعات حاصل از مقاطع نازک و توصیف ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی در پژوهش حاضر، نوع دانه‌پش‌تیبان بودن عمده ریزرخساره‌ها در محیط نسبتاً پر انرژی و کم عمق ایلام بالایی مورد تأیید می‌باشد. اما بخش ایلام بالایی با توجه به تنوع ریزرخساره‌های بیشتر و دانه‌پش‌تیبان بودن، به دلیل شواهدی همچون فرایند تراکم، سیمانی شدن و دولومیتی شدن از پتانسیل و کیفیت مخزنی کمتری نسبت به ایلام اصلی برخوردار می‌باشد. به عبارت دیگر دیاژنز و فرایندهای آن نقش دوگانه‌ای در بخش‌های مختلف سازند ایلام از لحاظ کیفیت مخزنی ایفا کرده است.

<sup>2</sup> Main Ilam<sup>1</sup> Upper Ilam





شکل ۸. ستون چینه‌شناسی و زیر محیط‌های سازند ایلام همراه با فراوانی ریزرخساره‌های شناسایی شده در چاه مورد مطالعه

بزرگ شولی و نهشته‌های توربیدیتی، محیط رسوبی سازند ایلام یک سکوی کربناته از نوع رمپ‌هایی با شیب یکنواخت در نظر گرفته شد. همچنین بررسی توالی پاراژنتیکی سازند ایلام نشان‌دهنده تحت تأثیر قرار گرفتن آن طی دو مرحله اوژنز و مزوژنز می‌باشد که در آن شواهدی از مرحله تلوزنز مشاهده نمی‌شود.

جویباری و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی با عنوان بررسی نقش ریزرخساره‌ها، شرایط ته‌نشینی و دیانز بر کیفیت بخش مخزنی سازند ایلام در فروبوم دزفول پرداختند که

خانجانی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تعیین لایه‌های مخزنی سازند ایلام بر اساس مطالعات رخساره‌ای و لرزه‌ای در جنوب شرقی خلیج فارس بیان کردند که رسوبات سازند ایلام در یک رمپ کربناته هموکلینال کم عمق نهشته شده‌اند و توالی مورد مطالعه به طور عمده از رخساره‌های مربوط به دریای کم عمق باز و دریای محدود تشکیل شده است که در فواصلی از آن سطوح مربوط به خارج شدن رسوبات از آب دریا دیده می‌شود. در این پژوهش با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده میکروفاسیس‌ها و عدم ریف‌های

● فرایندهای دیاژنزی رسوبات سازند ایلام در محیط‌های کم عمق، جوی و تدفینی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. از فرایندهای دیاژنزی موثر در این سه نواحی می‌توان به انواع سیمانی شدن، انواع تخلخل، میکرایتی شدن، پیریتی شدن، گلوکونیتی شدن، آهن دار شدن، تراکم و دولومیتی شدن اشاره نمود.

● بخش ایلام بالایی با توجه به تنوع ریزرخساره‌های بیشتر و دانه‌پشتیبان بودن، اما به دلیل وجود فرایند تراکم، سیمانی شدن و دولومیتی شدن از پتانسیل و کیفیت مخزنی کمتری نسبت به ایلام اصلی برخوردار می‌باشد. در مقابل بخش ایلام اصلی با توجه به فرایندهای دیاژنزی مهم از جمله تخلخل‌های حفره‌ای ناشی از انحلال، تخلخل حاصل از شکستگی، تبلور مجدد ناشی از تخلخل‌های ریز میکروسکوپی و دولومیتی شدن مستعد پتانسیل و کیفیت مخزنی بهتری نسبت به ایلام بالایی است. به عبارت دیگر دیاژن و فرایندهای آن نقش دوگانه‌ای بر کیفیت مخزنی سازند ایلام داشته و باعث بهبود و کاهش کیفیت مخزنی در بخش‌های مختلف آن شده است.

#### منابع

- Adames, T. D., Khalili, M., & Khosravisaid, A (1984) Stratigraphic singnification of some oliigostiginid assemblages from Lurestan province, northwest Iran. *Micropalaentology*, 55-67.
- Aguilera-Franco, N., & Hernandez-Romano, U (2001) In press, Biostratigrephy and environmental change across the Cenomanian / Turonian boundary, southern Mexico; *Journal of South American Earth Sciences*, 46-56.
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy the Zagros Fold-Thrust belt of Iran and its proforeland Evolution. *American journal of science*, 304: 1-20. <http://dx.doi.org/10.2475/ajs.304.1.1>.
- Ahmad, A. H. M., Bhat, G. M., Haris Azim Khan, M (2006) Depositional environments and diagenesis of the kulldhar and keera dome carbonates (Late Bathonian-Early Callovian) of Western India. *Journal of Asian Earth Sciences.*, 27: 765-778.
- Abdollahie Fard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., Alavi, S. A (2006) Interaction of the Zagros Fold-Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran *Petroleum Geoscience*, 12: 347-362.
- Ahr, W. M (2008) *Geology of carbonate reservoir*. John Wiley and Sons, Chichester, 277p.

نتایج آن نشان داد، کمربند ریزرخساره‌های رمپ میانی و لاگون بهترین وضعیت مخزنی و کمربند ریزرخساره‌های پشته کربناته و رمپ خارجی وضعیت مخزنی ضعیفی دارند. این در حالی است که نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد، بهترین ریزرخساره‌های مستعد مخزن در دریای باز تحت تأثیر فرایندهای دیاژنزی مهم از جمله تخلخل‌های حفره‌ای ناشی از انحلال، تخلخل حاصل از شکستگی، تبلور مجدد ناشی از تخلخل‌های ریز میکروسکوپی و دولومیتی شدن مستعد پتانسیل و کیفیت مخزنی بهتری نسبت به کمربند ریزرخساره‌های لاگونی و تپه‌زیرآبی می‌باشد.

لازم به ذکر است اشاره شود، دو پارامتر تخلخل و نفوذپذیری نقش بسیار حائز اهمیت در تعیین و ارزیابی کیفیت مخزنی ایفا می‌کنند. همچنین کمک شایانی جهت صحت‌سنجی نتایج حاصله ایجاد می‌نمایند. اما در این پژوهش با توجه به محدودیت‌های موجود، دسترسی به داده‌هایی با شاخصه‌های بهتر همچون تخلخل و نفوذپذیری امکان پذیر نبود و تمام سعی و تلاش پژوهشگران حاضر بر این موضوع استوار بود که با حداقل داده‌های موجود بهترین نتایج آن ارائه گردد.

#### ۹- نتیجه‌گیری

در این پژوهش که بر اساس مطالعات تلفیقی از ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی در سازند ایلام انجام شد نتایج ذیل حاصل گردید:

● بر اساس مطالعات پتروگرافی بر روی تعداد ۱۴۲ نمونه مقطع نازک تهیه شده حاصل از خرده‌های عملیات حفاری در سازند ایلام، منجر به شناسایی ۷ ریزرخساره مربوط به سه کمربند رخساره‌ای لاگون، تپه زیرآبی و دریای باز شد. بررسی ریزرخساره‌ها به روش آماری نشان داد، بیشترین درصد ریزرخساره‌ها در کمربند رخساره‌ای دریای باز نهشته شدند که در نتیجه مطالعات این بخش، بهترین ریزرخساره‌های مستعد مخزن، وکستون تا پکستون بایوکلستی (MF5) و وکستون حاوی روزن‌بران پلانکتونی (MF6) شناسایی شد.

● با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده میکروفاسیس‌ها و عدم ریف‌های بزرگ شولی و نهشته‌های توریدایتی، محیط رسوبی سازند ایلام یک سکوی کربناته از نوع رمپ‌هایی با شیب یکنواخت در نظر گرفته شد.

- Darvishzadeh, A. (2004) Geology of Iran: Stratigraphy, Tectonic, Metamorphism and Magatism. AmirKabir Publication, Tehran, 473p.
- Ehrenberg, S. N., Nadeau, P. H., & Stee, N. Q. (2009) Petroleum reservoir porosity versus depth: Influence of geological age. AAPG Bulletin, 1281-1296.
- Flügel, E. (2010) Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer, New York, 996p.
- Geel, T. (2000) Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoecology*, 155: 211-238.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., and 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
- Halley, R. B., & Scholle, P. A. (1985) Radial fibrous calcite as early-burial, open-system cement: isotopic evidence from Permian of China. AAPG Bulletin, 69: 261p.
- Heasley, E. C., Worden, R. H., & Hendry, J. P. (2000) Cement distribution in a carbonate reservoir: recognition of a palaeo oil-water contact and its relationship to reservoir quality in the Humbly Grove field", onshore, UK. *Marine and Petroleum Geology*, 17: 639-654.
- Hassani-giv, M., Abarghani, A. (2008) The study of facies and porosity effects on the reservoir quality in one of the oil fields in North Dezful, Abadan plateau. *Tehran University Science Journal*, 53-62 (in persian).
- Honarmand, J. (2012) Report on the integrated study of reservoir horizons in Abadan Plain. Iran National Oil Company, 58p (in persian).
- Iran roads atlas (2001) scale 1/1000000, Institute of Geography and Cartography of Gitanos. 272p (in persian).
- Keller, G., Adatte, T., Stinnesbrck, W., Luciani, V., Karouni-Yaakoub, N., & Zaghbi-Turki, D. (2002) Paleoeology of the Cretaceous-Tertiary mass extinction in planktonic foraminifera. *Elsevier*, 178: 257-297.
- Kavoosi, M. A., Faizi, A., Farzaneh, F., Javadi, F. (2006) Sequence and seismic stratigraphic study of Bangestan group in Abadan Plain. geological report GR-2152 (in persian).
- Khanjani, M., Harami, R. M., Rahimpour-Bonab, H., Kamali, M. R., Chehrazi, A. (2014) Determination of the Reservoir Layers of Ilam Formation on the Basis of Facies and Seismic Studies in the Southeastern Persian Gulf. *Oil Research Journal*, 85: 113-127 (in persian).
- Adabi, M. H., and Mehmandosti, E. A. (2008) Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 267-277. doi.org/10.1016/j.jseas.2008.01.002.
- Abbaspour, A., Mehrabi, H., Rahimpour-Banab, H., Zamannejad, A. (2022) Sedimentary environment reconstruction, diagenesis history and reservoir quality of Ilam formation in one of the oil fields of Lorestan region, western Iran. *Journal of Applied Sedimentology*, 10: 13-22. (in persian).
- Bathurst, R. G. C. (1975) Carbonate Sediment and their Diagenesis. *Development in Sedimentology*, Amsterdam (Elsevier), 12: 658p.
- Briefnick, D. M., & Kaldi, J. G. (1996) Pore geometry: control on reservoir properties, Walker Creek Field, Columbia and Lafayette counties, Arkansas: *American Association of Petroleum Geologists*, 80: 1027-1044.
- Bordenave, M. I., Hegre, J. A. (2006) The Influence of Tectonics on the Entrapment of Oil in the Dezful Embayment, Zagros Fold belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 28: 339-368
- Büyüktoku, A. G. (2009) Reservoir properties of Karaisalı formation in the Adana Basin, Southern Turkey. *Petroleum Science and Engineering*, 65: 33-44.
- Beavington-Penney, S. J., Nadin, P., Wright, V. P., Clarke, E. d., McQuilken, J., & Bailey H. W. (2008) Reservoir quality variation on an eocene carbonate ramp, El Garia Formation, offshore Tunisia: Structural control of burial corrosion and dolomitization. *Sedimentary Geology*, 42-57. doi.org/10.1016/j.sedgeo.2008.06.006.
- Choquette, P. W., & Pray, L. C. (1970) Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. AAPG bulletin, 207-250. doi.org/10.1306/5D25C98B-16C1-11D7.
- Choquette, P. W., & James, N. P. (1987) Diagenesis in Limestones-The Deep Burial Environment. *Geoscience Canada*, 14: 3-35.
- Chafetz, H. S., & Reid, A. (2000) Syndepositional shallow-water precipitation of glauconitic minerals. *Sedimentary Geology*, 29-42.
- Chang, S. S., Shau, Y. H., Wang, M. K., Ku C. T., and Chiang, P. N. (2008). Mineralogy and occurrence of glauconite in central Taiwan: *Applied Clay Science*, 42: 74-80.
- Dunham, R. J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in W. E. Ham, ed., *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 108-121.
- Dias, J. M. A., & Nittrouer, C. A. (1984) Continental shelf sediments of northern Portugal. *Shelf Res*, 3: 147-165.

- McCracken, S. R., Compton, J., and Hicks, K (1996) Sequence-stratigraphic significance of glaucony-rich lithofacies, Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results, 150: 171-187.
- Morad, S., Ketzer, J. M., & Ros, L. F (2000) Spatial and Temporal Distribution of Diagenetic Alterations in Siliciclastic Rocks: Implications for Mass Transfer in Sedimentary Basins. *Sedimentology*, 47: 95-120.
- Moore, C. H (2001) Carbonate Reservoirs: Porosity, Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework. Elsevier, Amsterdam, 444p.
- Mansurbeg, H., El-ghali, M. A. K., Morad, S., & Plink-Björklund, P (2007) The impact of meteoric water on the diagenetic alterations in deep-water, marine siliciclastic turbidites. *Journal of Geochemical Exploration*, 89: 254-258. doi.org/10.1016/j.gexplo.2006.02.001.
- Moore, C. H., & Wade, W. J (2013) Carbonate reservoirs: Porosity and diagenesis in a sequence stratigraphic framework (ed.), *Developments in Sedimentology*. Elsevier New York, 67: 347p.
- Mehrabi, H., and Rahimpour-Bonab, H (2014) Paleoclimate and tectonic controls on the depositional and diagenetic history of the Cenomanian-early Turonian carbonate reservoirs, Dezful Embayment, SW Iran. *Facies*, 60: 147-167. doi.org/10.1007/s10347-013-0374-0.
- Neilson, J. E., & Oxtoby, N. H (2008) The relationship between petroleum, exotic cements and reservoir quality in carbonates, *Marine and Petroleum Geology*, 25: 778-790.
- Odin, G. S., & Matter, A (1981) Deglauconiarum origin. *Sediment*, 28: 611-641.
- Pöppelreiter, M (2002) Facies, cyclicity and reservoir properties of the Lower Muschelkalk (Middle Triassic) in the NE Netherlands. *Facies*, 46: 119-132. doi.org/10.1007/BF02668077.
- Rao, V. P., Lamboy, M., Dupeuble, P. A (1993) Verdine and other associated authigenic (glaucony, phosphate) facies from the surficial sediments of southwestern continental margin of India. *Mar. Geol.*, 111: 133-158.
- Reilinger, R (2006) GPS constraints on continental deformation in the Africa, Arabia, Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111p.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B., & Tavakoli, V (2010) Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gasfield, offshore Iran, Controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, 33: 43-66.
- Rezapaneh, H., Moeini, M., Ranjbaran, M., Tavakoli, V (2014) description of the Khodaei, N., Rezaee, P., Honarmand, J., and Abdollahi-Fard, I (2021) Controls of depositional facies and diagenetic processes on reservoir quality of the Santonian carbonate sequences (Ilam Formation) in the Abadan Plain, Iran. *Carbonates and Evaporites*, 36: 1-24. doi.org/10.1007/s13146-021-00676-y.
- Longman, M. W (1980) Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments. *AAPG Bulletin*, 64: 461-487.
- Longman, M. W (1985) Fracture porosity in reef talus of a Miocene pinnacle-reef reservoir, Nido B Field, the Philippines. *Carbonate Petroleum Reservoirs*, 547-560.
- Lee, Y. I., & Friedman, G. M (1987) Deep burial dolomitization in the Ordovician Ellen Burger Group carbonate; West. Texas; *Jour. Sed. Pet.*, 57: 544-557. doi.org/10.1306/212F8EB3-2B24-11D7.
- Lucia, F. J (1995) Rock-fabric petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization. *AAPG Bull.*, 79: 1275-1300. doi.org/10.1306/7834D4A4-1721-11D7.
- Lønøy, A (2006) Making sense of carbonate pore systems. *AAPG*, 90: 1391-1405.
- Lucia, F. J (2007) Carbonate Reservoir Characterization. Springer, 333p.
- Lopez-Quirós, A., Barbier, M., Martín, J. M., Puga-Bernabéu, A., & Guichet, X (2016) Diagenetic evolution of Tortonian temperate carbonates Close to evaporites in the Granada Basin (SE Spain). *Sedimentary Geology*, 335: 180-196.
- Jamilpour, M., Mahboubi, A., Moussavi-harami, R., Khanehbad, M. and Hooshmand Koochi, H (2021) Distribution of reservoir electrofacies in Asmari Formation sedimentary facieses-Qale Nar oilfield. *Applied Sedimentology*, 9-18.
- Joooybari, S. A., Rezaei, P., Mehdipour, M (2022) 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. *Scientific-Research Journal of Petroleum Geology of Iran*, 21: 16-32 (in persian).
- Zhou, L., Tang, H., Li, Y., Tao, R., Yan, W., Ma, T., Pan, S., Du, Y., Tan., Z., & Yang, X (2023) Reservoir characteristics and genesis of the Lower Ordovician Tongzi Formation in central Sichuan Basin, China. *Earth Science*, 1-10.
- Moore, C. H., & Bebout, D. G (1989) Carbonate Rock Sequences from the Cretaceous of Texas. 28th Int. Geol. Cong. Field Trip Guidebook T376, American Geophysical Union, Washington, DC, 47p.
- Motiei, H (1993) Petroleum Geology of Zagros (in Persian): Geology of Iran: Tehran, Iran. Geological Survey of Iran, 536p.

- petrographic characteristics of dolomite types and determination of the dolomitization model of the Ilam formation in South Pars field. The 8th National Specialized Geological Conference of Payame Noor University, 1-7 (in persian).
- Ravanshad, M. S., Soleimani, B., Larkee, E., & Soleimani, M (2017) petrophysical evaluation and reservoir quality of ilam formation (late cretaceous), ahvaz oil Field, dezful embayment, SW Iran. *Petroleum & Coal*, 59: 125-132.
- Scholle, D. S (2006) *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*. Published by American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A, 459p.
- Tucker, M. E., & Wright, P. V (1990) *Carbonate Sedimentology*: Blackwell. Scientific Publication, London, 482p.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Blackwell Science, 262p.
- Tavakoli, V., Rahimpour-Bonab, H., & Esrafil-Dizaji, B (2010) Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach. *Comptes Rendus Geoscience*, 343: 55-71. doi.org/10.1016/j.crte.2010.10.004.
- Varol, B., Ozguer, A., Kosun, E., İmamgolu, S., Danis, M., and Karakulluku, T (2000) Depositional Environments and Sequence Stratigraphy of Glauconites of Western Black Sea region. *Mineral Research Exploration Bulletin*, 122: 1-21.
- Vandeginste, V., Swennen, R., Gleeson, S. A., Ellam, R. M., Osadetz, K., & Roure, F (2006) Development of secondary porosity in the Fairholme carbonate complex (southwest Alberta, Canada). *Journal of Geochemical Exploration*, 89: 394-397.
- Zhang, P., Tang, S., Lin, D., Chen, Y., Wang, X., Liu, Z., Han, F., Lv, P., Yang, Z., Guan, X., Hu, J., & Gao, Y (2023) Diagenesis and Diagenetic Mineral Control on Reservoir Quality of Tight Sandstones in the Permian He8 Member, Southern Ningwu Basin. *MDPI Journal*, 11: 1-13. doi.org/10.3390/pr11082374.
- Wang, L (2022) Three-dimensional Geological Modeling for Mixed Reservoir of Oil field in Middle East. In international field exploration and Development Conference. Springer, Singapore, 1671p.

## Relationship between the distribution of reservoir features of Ilam Formation with sedimentary microfacies and influential diagenetic processes in one of the fields of Abadan plain, Southwest of Iran

Y. Abedi<sup>1</sup>, H. Mossaddegh<sup>2\*</sup> and M. A. Kavosi<sup>3</sup>

1- M. Sc., student. Dept., of Petroleum Geology, College of science, kharazmi University, Tehran, Iran

2- Assoc. Prof., Dept., of Geology, faculty of Earth Sciences, kharazmi University, Tehran, Iran

3- National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

\* mosaddegh@khu.ac.ir

Received: 2023/8/4 Accepted: 2023/11/27

### Abstract

A large part of the hydrocarbons of the Abadan plain region is located in the Bangestan Group, including the Ilam Formation. Ilam Formation of Santonian age is considered as one of the important oil reservoirs of Abadan plain, whose upper boundary is conformable with Gurpi Formation and its lower boundary with Laffan Formation, and it is mainly composed of limestone with regular layering and between thin layers of shale. The purpose of this study is to determine the role of microfacies and influential diagenetic processes in the reservoir part of Ilam Formation. Petrographic studies on the number of 142 thin section samples related to the drilling debris led to the identification of 7 microfacies related to the three belts of lagoon, Shoal and open marine facies. Among the most important diagenetic processes of Ilam Formation, we can mention cementation, micriteization, compaction, dolomitization, Hematization, glauconitization, pyritization, dissolution, and various types of porosity. In general, the results relating the distribution of reservoir characteristics of Ilam Formation with the study of sedimentary microfacies and influential diagenetic processes show that the best reservoir prone microfacies are wackestone to bioclast packstone and wackestone containing planktonic foraminifera. Also, among the effective diagenetic processes in the reservoir section, we can mention the dissolution and resulting porosity (vuggy porosity), porosity resulting from fracture, recrystallization (caused by microscopic porosity) and dolomitization.

**Keywords:** Abadan plain, Ilam formation, Microfacies, Sedimentary environment, Diagenesis.