

## تأثیر فرآیندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در یکی از میادین دشت آبادان، جنوب غرب ایران

علی اسعدی، دانشجوی دکتری زمین‌شناسی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت تهران، ایران\*

جواد هنرمند، استادیار، پژوهشگاه صنعت نفت تهران، ایران

علی معلمی، استادیار، پژوهشگاه صنعت نفت تهران، ایران

ایرج عبداللهی فرد، استادیار، مدیریت اکتشاف نفت، ایران

### چکیده

در طی زمان نهشت سازند سروک، تأثیر آب و هوا، تکتونیک و نوسانات سطح آب دریا به شکل‌گیری محازن پر بارده در حوضه‌های زاگرس و خلیج فارس منجر شده است. کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک به میزان قابل توجهی تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنزی قرار گرفته است. بر اساس مطالعه مغزه‌ها، آنالیز پتروگرافی، نمودارهای چاه پیمایی و داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه از دو چاه کلیدی در یکی از میادین بزرگ ناحیه دشت آبادان، توالی دیاژنزی بازسازی و تأثیر فرآیندهای اصلی دیاژنزی بر کیفیت مخزنی بحث شده است. این مطالعه نشان داد که کیفیت مخزنی سازند سروک در میادین ناحیه دشت آبادان به میزان زیادی تحت تأثیر دیاژنزی قرار گرفته است. سه محیط دیاژنزی عمده شامل ۱ دیاژنزی دریایی (میکریتی شدن، زیست آشفتنگی و سیمانی شدن دریایی)، ۲ دیاژنزی متوریک (بایداری کانی شناسی، تبلور مجدد، سیمانی شدن متوریک، دولومیتی شدن زون مخلوط، دولومیتی شدن و انحلال‌های انتخابی و غیر انتخابی توسط فابریک)، و سرانجام دیاژنزی تدفینی (تراکم فیزیکی و شیمیایی، دولومیتی شدن تدفینی، شکستگی، سیمانی شدن تدفینی، سیلیسی شدن و پیریتی شدن و برخی از انحلال‌های غیر انتخاب کننده فابریک) بخش بالایی سازند سروک را تحت تأثیر قرار داده‌اند. انحلال ماتریکس و دانه‌ها، به‌ویژه پوسته‌های آراگونیتی، عامل مهم ایجاد تخلخل بوده و عمدتاً در محیط دیاژنزی متوریک رخ داده است. مطالعات دیاژنزی نشان داد که دیاژنزی متوریک به میزان قابل توجهی کیفیت مخزنی این سازند را تحت تأثیر قرار داده است. سیمانی شدن و تراکم عوامل اصلی کاهش تخلخل و تراوایی بوده، در حالی که انحلال و شکستگی کیفیت مخزنی را افزایش داده‌اند. این مطالعه نشان داد که توزیع فرآیندهای دیاژنزی، سیستم مناخ و کیفیت مخزنی را کنترل کرده است.

کلیدواژه‌ها: دشت آبادان، بخش بالایی سازند سروک، فرآیندهای دیاژنزی، توالی دیاژنزی، کیفیت مخزنی

Email: assadi.ali89@gmail.com

\* نویسنده مسؤول: ۰۹۱۲۹۳۴۵۱۱۸

## مقدمه

کربنات‌ها از نظر کانی‌شناسی ناپایدار بوده و می‌توانند تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنزی مختلف، پس از رسوب‌گذاری قرار گیرند (Tucker and Wright 1990; Moore and Wade 2013). تأثیر دیاژنز بر کیفیت مخزنی می‌تواند شدید و سبب محور شدن ویژگی‌های رسوبی و تغییر عمده در سیستم منافذ گردد. در طی فرآیندهای دیاژنزی اولیه<sup>۱</sup> معمولاً فرآیندهای میکربایتی شدن، زیست آشفستگی، سیمانی شدن، انحلال و دولومیتی شدن و در طی دیاژنز تدفینی<sup>۲</sup> اغلب فرآیندهای تراکم فیزیکی و شیمیایی (تشکیل استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی)، سیمانی شدن، انحلال تدفینی و دولومیتی شدن رخ می‌دهد. تحلیل و بررسی دقیق دیاژنز به منظور آگاهی از توالی وقوع فرآیندهای دیاژنزی برای پیش‌بینی صحیح کیفیت مخزنی ضروری است. این فرآیندها می‌تواند در توزیع خواص پتروفیزیکی سنگ از قبیل تخلخل، تراوایی، آب اشباع‌شدگی و سیستم منافذ سنگ، نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد. بنابراین نقش دیاژنز بر کیفیت مخزنی نسبت به شرایط اولیه رسوب‌گذاری، می‌تواند مثبت، منفی و یا بدون تأثیر قابل ملاحظه باشد. کربنات‌های گروه بنگستان شامل سازندهای سروک و ایلام که پس از سازند آسماری دومین سنگ مخزن مهم ایران هستند از جنبه‌های مختلف تغییرات رخساره‌ای و محیط رسوبی، چینه‌شناسی سکانسی، تغییرات دیاژنزی، وجود سطوح رخنمون دیرینه، واحدهای جریان‌ی و کیفیت مخزنی، در بخش‌های مختلف زاگرس و خلیج فارس مطالعه شده‌اند (Setudehnia, 1978; Taghavi et al. 2006, 2007; Beiranvand et al. 2007; Ghabeishavi et al. 2009, 2010; Razin et al. 2010; Hajikazemi et al. 2010, 2012; van Buchem et al. 2011; Rahimpour-Bonab et al. 2012, 2013; Mehrabi and Rahimpour-Bonab, 2014; Mehrabi et al. 2015; Vincent et al. 2015; Esrafil-Dizaji et al. 2015). با توجه به توزیع تخلخل در سازند سروک، مشاهده می‌شود که عمده منافذ تحت تأثیر دیاژنز تشکیل شده‌اند. این پدیده نشان می‌دهد که اهمیت

دیاژنز بر کیفیت مخزنی در توالی مورد بررسی مهم و بدون در نظر گرفتن تأثیر آن، ارزیابی کیفیت مخزنی غیرممکن می‌باشد. در طی زمان کرتاسه به‌ویژه در کرتاسه میانی آب و هوای گرم و مرطوب بر نوع رخساره و دیاژنز و مورفولوژی حوضه تأثیر عمده‌ای داشته است (Murris 1980; Mehrabi et al. 2015). در طی این زمان، شرایط آب و هوایی، نوسانات سطح آب دریا، آغاز بسته شدن نئوتتیس، فعالیت گسل‌های پی‌سنگی و حرکات توده‌های نمکی هرگز سبب ایجاد بلندی‌های قدیمی<sup>۲</sup> و ناپوستگی‌های ناحیه‌ای و منطقه‌ای در توالی سازند سروک و هم‌ارزهای آن در صفحه عربی گردیده است (Rahimpour-Bonab et al. 2012, 2013). ناپوستگی مهم مرز بالایی سازند سروک و سایر ناپوستگی‌های درون سازندی سبب فرسایش رسوبات در برخی نواحی زاگرس و صفحه عربی شده است (Setudehnia 1978). این ناپوستگی‌ها تأثیر عمده در گسترش فرآیندهای دیاژنزی به‌ویژه کارستی شدن، برشی شدن، تشکیل خاک قدیمه و غیره داشته‌اند (Hajikazemi et al. 2010). تأثیر تمام این ویژگی‌ها سبب پیچیده شدن فرآیندهای دیاژنزی در توالی سازند سروک شده است.

اگرچه تأثیر دیاژنز بر ویژگی‌های مخزنی سازند سروک و معادل‌های آن در مناطق مختلف صفحه عربی به صورت گسترده بررسی گردیده است (Taghavi et al. 2006; Hajikazemi et al. 2010, 2012; Aqravi et al. 1998, 2010; Hollis 2011; Rahimpour-Bonab et al. 2012, 2013) وجود تأثیر آن در میدین ناحیه دشت آبادان به عنوان یک منطقه اکتشافی مهم کمتر منتشر شده است. هنرمند و مداحی (۱۳۹۰) در یکی از مطالعات منتشر شده در میدان آزادگان در این ناحیه، ارتباط توزیع رخساره‌ها با تغییرات دیاژنزی و کیفیت مخزنی را در مغزه‌های در دسترس از بخش بالایی سازند سروک بررسی نمودند. در این مطالعه بخش بالایی سازند سروک در دو چاه، در یکی از میدین این ناحیه بررسی

<sup>1</sup> Eodiagenetic<sup>2</sup> Mezodiagenetic<sup>3</sup> Paleohighs

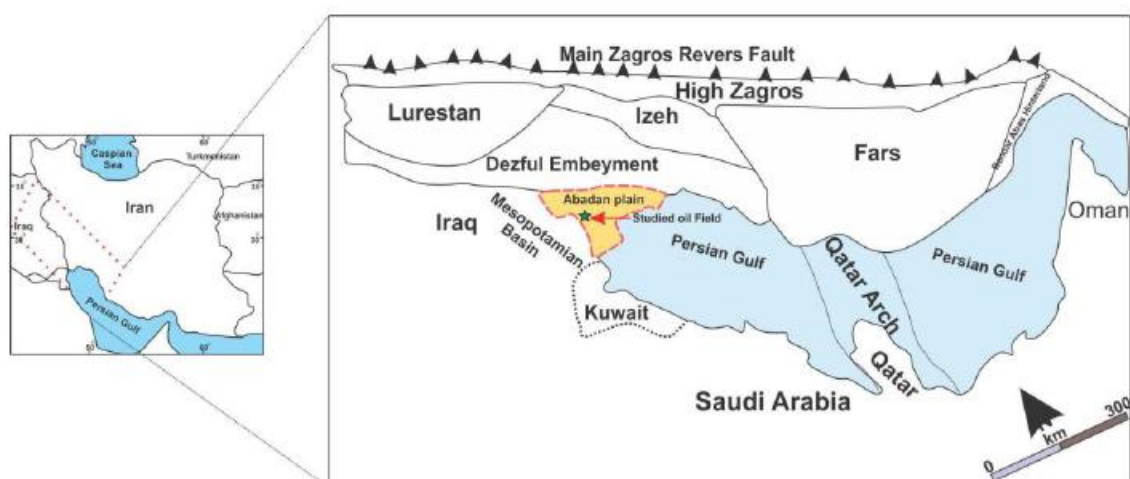
سازند سروک به عنوان یکی از سازندهای گروه بنگستان با سن سنومانین-تورونین، سنگ مخزن مهمی در بسیاری از میدین هیدروکربنی دزفول فروفاتاده، دشت آبادان و خلیج فارس می‌باشد. برش نمونه این سازند در تنگ سروک واقع در کوه بنگستان قرار دارد. در این محل مرز زیرین آن با سازند کزدمی به صورت پیوسته و مرز بالایی آن با سازند گورپی به صورت ناپیوسته با یک زون هوازده است (مطبعی ۱۳۷۲). سازند سروک در دو رخساره عمده شامل آهک‌های توده‌ای نهشته شده در محیط نریتیک و شامل رودیست، گاستروپود-پلسی پود و فونای زیستی غنی و دیگری رخساره عمیق نازک لایه الیگوست جین دار و ریزدانه با فونای پلاژیک توسعه یافته است (James and Wynd 1965). بر خلاف برش الگو، در بیشتر میدین هیدروکربنی مرز بالایی سازند سروک با سازند ایلام و به صورت ناپیوسته می‌باشد. در ناحیه دشت آبادان در بسیاری از میدین در بین دو سازند سازند سروک و ایلام یک توالی شیلی نازک لایه با ضخامت حدود ۱۰ متر این دو سازند کریناته را از هم تفکیک می‌کند و بر خلاف بسیاری از میدین دزفول فروفاتاده تفکیک دو سازند از طریق این لایه نازک به راحتی صورت می‌گیرد. چینه‌شناسی کرتاسه این ناحیه، همانند بسیاری از مناطق صفحه عربی، نشان‌دهنده دو ناپیوستگی ناحیه‌ای به سن آپتین بالایی و پس از تورونین (تورونین میانی) است (شکل ۲). بخش مخزنی سازند سروک در این ناحیه در حدود ۲۰۰ متر بوده که در بخش بالایی این سازند قرار دارد.

شده است. این مطالعه دو هدف اصلی را دنبال می‌کند ۱- شناسایی و بازسازی تاریخچه دیاژنزی و ۲- بررسی تأثیر فرآیندهای دیاژنزی افزایش و کاهش کیفیت مخزنی و ارزیابی این تغییرات در چاه‌ها می‌باشد.

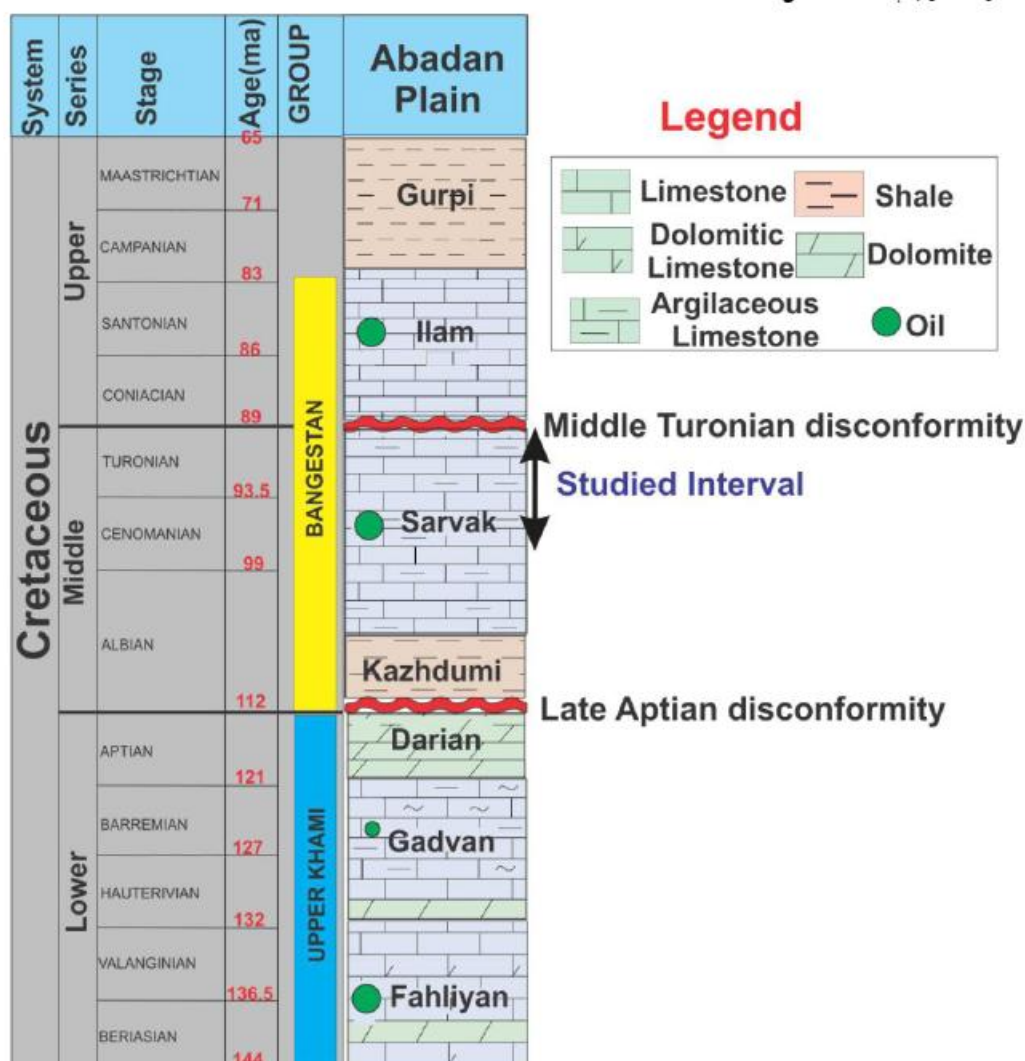
#### زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی

میدان مورد مطالعه در غرب زون ساختاری دشت آبادان، در غرب دزفول فرو افتاده و در کمربند چین خورده رورانده زاگرس<sup>۱</sup> واقع است (Alavi 1994, 2004) (شکل ۱). دشت آبادان بخش شمال شرقی صفحه عربی را تشکیل داده و ویژگی‌های زمین‌شناسی آن بیشتر شبیه صفحه عربی است. ساختارهای هیدروکربنی این ناحیه با سه روند ساختاری شمال شرقی - جنوب غربی، شمالی - جنوبی و شمال غربی - جنوب شرقی مشخص می‌شوند (Abdollahie Fard et al. 2006). میدان مورد مطالعه در این ناحیه دارای روند شمالی - جنوبی است. زایش ساختمان‌های هیدروکربنی شمالی - جنوبی در صفحه عربی، بیشتر مرتبط با گسل‌های پی‌سنگی است (Alavi 2007). به سبب پوشش آبرفتی رویی، دانسته‌ها از زمین‌شناسی این منطقه محدود به حفاری‌های نفتی و اطلاعات ژئوفیزیکی می‌باشد و سازندها رخنمون سطح الارضی ندارند. روند برخی ساختارها هم روند با ساختمان‌های جنوب عراق، کویت، شمال خلیج فارس و شمال باختری خلیج فارس می‌باشد (آقاباتی ۱۳۸۵). پتانسیل اقتصادی این ناحیه توسط کشف و شناسایی حجم عظیمی از هیدروکربن اثبات شده است. بر اساس مطالعات تکنونیک و ژئوفیزیکی تاقدیس‌های با روند شمالی - جنوبی و شمال شرقی - جنوب غربی غیرفشاری و تشکیل و روند آن‌ها مرتبط با حرکت گسل‌های پی سنگی و توده‌های نمکی هرمز به سن پرکامبرین است (Abdollahie Fard et al. 2007). در این ناحیه سه افق مخزنی مهم سازندهای فهلیان، سروک و ایلام بوده و سازند سروک مهم‌ترین افق مخزنی محسوب می‌شود.

<sup>1</sup> Zagros fold-and-thrust belt



شکل ۱- موقعیت زون‌های ساختاری مختلف جنوب و جنوب غرب ایران نشان داده شده است (تغییر یافته بر اساس (مطبعی ۱۳۷۲)). ناحیه مورد مطالعه با رنگ زرد و میدان مورد نظر با پیکان مشخص شده است.



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی کرتاسه ناحیه دشت آبادان همراه با موقعیت ناپوسنگی‌های ناحیه‌ای و توالی مورد مطالعه مشخص گردیده است (modified from Christian 2000).

## داده‌ها و روش مطالعه

در این پژوهش به منظور مطالعات پتروگرافی و شناسایی فرایندهای دیاژنزی، ۲۴۵ متر نمونه مغزه و ۸۷۹ عدد مقطع نازک تهیه شده از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور ارزیابی خواص مخزنی نمونه‌ها مقادیر تخلخل و تراوایی ۶۹۳ پلاگ تهیه شده از مغزه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). برای تعیین تخلخل و تراوایی پلاگ‌های مغزه، تخلخل هلیوم<sup>۱</sup> و تراوایی هوا<sup>۲</sup> در آزمایشگاه مغزه‌های نفتی پژوهشگاه صنعت نفت اندازه‌گیری شده است. مقادیر گامای مغزه‌ها توسط دستگاه ثبت تغییرات گاما<sup>۳</sup> اندازه‌گیری شده است. نمونه‌برداری منظم از مغزه‌ها هم جهت تهیه مقطع نازک و نیز انجام آنالیزهای مغزه انجام پذیرفت. برای بررسی تغییرات دیاژنزی، ترتیب رخداد فرایندها و تأثیر آن بر کیفیت مخزنی از تلفیق اطلاعات زمین‌شناسی و پتروفیزیکی استفاده شده است.

در توصیف مغزه‌ها، سنگ‌شناسی، بافت، نوع تخلخل، اجزای سازنده و فرایندهای دیاژنزی مورد بررسی قرار گرفت. در پتروگرافی مقاطع نازک، لیتولوژی، فرایندهای دیاژنزی، نوع منافذ، بافت، اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی و جورشدگی اجزای توصیف گردید. به منظور تعیین کانی‌شناسی (تفکیک کلسیت از دولومیت) تمام نمونه‌ها با محلول آلزارین قرمز با استفاده از روش دیکسون (Dickson 1966) رنگ‌آمیزی شده‌اند. علاوه بر این با هدف ارزیابی بهتر سیستم منافذ و تفکیک تخلخل و انواع آن، به ۴۷ نمونه چسب اپوکسی آبی رنگ<sup>۴</sup> تزریق گردید. برای درک کلی از تغییرات مقطع نازک از جنبه‌های مورد مطالعه، تمام مقاطع نازک با قدرت تفکیک بالا اسکن گردید. به منظور اسکن مقاطع نازک میکروسکوپی از دستگاه اسکن<sup>۵</sup> در پژوهشگاه صنعت نفت استفاده شده است. این دستگاه یک اسکنر قدرتمند است و می‌تواند برای تهیه تصاویر با قدرت تفکیک

بالا (تا 10000 DPI) استفاده شود.

جدول ۱ - داده‌های مورد استفاده در این مطالعه نشان داده شده است.

نام چاه	صخامت مغزه‌ها (متر)	مقاطع نازک	
		مقاطع نازک با چسب اپوکسی آبی رنگ	مقاطع نازک معمولی
A	۱۷۰	۶۰۴	۳۹
B	۷۵	۲۲۸	۱۸
مجموع داده‌ها	۲۴۵	۸۳۲	۵۷

## دیاژنزی

دیاژنزی، فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی که پس از تشکیل رسوبات (به استثنای فرایندهای دما و فشار بالا در شرایط دگرگونی) رخ می‌دهد را در بر می‌گیرد (Tucker and Wright 1990; Flugel 2010). تفسیر تغییرات دیاژنزی و بازسازی سکانس دیاژنزی می‌تواند شناخت بهتر از ویژگی‌های پتروفیزیکی را فراهم کند. در این مطالعه برای بررسی فرایندهای دیاژنزی از پتروگرافی مقاطع نازک، اسکن مقاطع نازک و توصیف مغزه‌ها استفاده شده است. فرایندهای دیاژنزی شناسایی شده در این مطالعه شامل میکرایتی شدن، زیست آشفتنگی، سیمانی شدن، دولومیتی و دولومیتی شدن، کارستی شدن انحلال، تراکم فیزیکی و شیمیایی، شکستگی، سیلیسی شدن و پیریتی شدن می‌باشد. این فرایندهای دیاژنزی در سه محیط دیاژنزی اصلی شامل دریایی، متوریک و تدفینی رخ داده‌اند. دیاژنزی متوریک و فرایندهای ناشی از آن نقش مهمی در تغییرات کیفیت مخزنی سازند سروک و معادل‌های آن در صفحه عربی داشته که در مطالعات گذشته تأکید شده است (Hollis 2011; Hajikazemi et al. 2010, 2012; Aqrabi et al. 1998, 2010; Taghavi et al. 2006; Razin et al. 2010; Rahimpour-Bonab et al. 2012, 2013; Mahdi et al. 2013; Mehrabi and Rahimpour-Bonab 2014; Mehrabi et al. 2015; Vincent et al. 2015; Esrafil-Dizaji et al. 2015). انحلال‌های ناشی از سطوح رخنمون تحت‌الجوی سبب شکل‌گیری توالی

<sup>1</sup> Helium Porosity

<sup>2</sup> Air Permeability

<sup>3</sup> IFE Spectral Core Gamma Logger

<sup>4</sup> Blue-Dyed Epoxy

<sup>5</sup> CREO-IQSMART3



رسوبات محیط‌های کم انرژی مانند لاگون و دریای باز را تحت تأثیر قراردادده و می‌تواند سبب دشواری شناسایی رخساره‌ها گردد (Hollis 2011). تأثیر حفاری در رسوبات می‌تواند بر فرآیندهای دیاژنزی متعاقب آن نقش مهمی داشته باشد. این موضوع در مطالعات قدیمی صورت گرفته در سازند سروک و هم‌ارزهای آن مورد تأکید قرار گرفته است (Taghavi et al. 2006; Hollis 2011). زیست‌آشفته‌گی‌ها می‌تواند تحت تأثیر سیمانی شدن (شکل ۳-۳c)، دولومیتی شدن (شکل ۳-۳d) و انحلال فرار گرفته و به عنوان سد یا مسیرهای عبور جریان عمل کنند. گسترش زیست‌آشفته‌گی به‌ویژه در رخساره‌های لاگون توسعه قابل ملاحظه‌ای دارد (شکل ۳-۳a). خرده‌های رودیستی غالباً تحت تأثیر فرایند حفاری<sup>۴</sup> قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۳e). ساختار و فابریک ژئوتپال عموماً در اجزای بایوکلاستی به‌ویژه گاستروپورها دیده می‌شود (شکل ۳-۳f). زیست‌آشفته‌گی نیز مانند میکرایتی‌شدن تأثیر قابل توجهی بر سیستم منافذ سنگ و کیفیت مخزنی نداشته است.

#### تبلور مجدد<sup>۵</sup>

به جایگزینی برجای یک کانی توسط ترکیب مشابه تبلور مجدد اطلاق می‌شود. تغییر ترکیبات آراگونیتی به کلسیتی و یا تغییر بافت کلسیت و دولومیت بدون تغییر کانی‌شناسی از موارد تبلور مجدد محسوب می‌شود. تبلور مجدد غالباً به صورت افزایشی رخ می‌دهد و اندازه بلورها معمولاً افزایش می‌یابد (Adams and Mackenzie 1998). در بخش بالایی سازند سروک تبلور مجدد به اشکال مختلف شامل تغییر آراگونیت به کلسیت، تشکیل ساختارهای ژئوتپال به‌ویژه در گاستروپورها (شکل ۳-۳f)، تبدیل میکرایت به میکرواسپار (شکل ۳-۳g)، تبلور در ساختار اجزای بایوکلاستی (شکل ۳-۳h) به صورت گسترده دیده می‌شود. گسترده‌ترین حالت تبلور مجدد در رخساره‌های گل-غالب و کم انرژی دیده می‌شود که می‌تواند ناشی از تأثیر دیاژنزی متوریک فریاتیکی باشد (Longman 1980). از نظر تأثیر آن بر سیستم منافذ و کیفیت مخزنی

مخزنی بسیار مناسبی به‌ویژه در زیر این سطوح گردیده است (شکل ۳-۳b-c). در مقابل برش‌های ریزشی-انحلالی در برخی موارد سبب شکل‌گیری سدهای درون مخزنی<sup>۱</sup> شده است (شکل ۳-۳d-e). بنابراین دیاژنزی متوریک گسترده ناشی از رخداد سطوح تحت‌الجزوی متعدد سبب شکل‌گیری رخساره‌های متخلخل و سیمانی شده در توالی سازند سروک شده است.

در زیر هر کدام از فرآیندهای دیاژنزی و خصوصیات آن‌ها به اختصار شرح داده شده است.

#### میکرایتی‌شدن<sup>۲</sup>

میکرایتی‌شدن می‌تواند به صورت بخشی یا کامل سبب جانشینی حاشیه یا تمام اجزای مختلف فسیلی توسط میکرایت گردد. این فرآیند اجزای مختلف اسکلتی و غیر اسکلتی را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. فرامینفرهای بتیک، خرده‌های رودیستی، دوکفه‌ای، خارپوست از مهم‌ترین اجزای اسکلتی‌اند که در برخی نمونه‌ها تحت تأثیر این فرآیند قرار گرفته‌اند (شکل ۳-۳a). در برخی موارد میکرایتی‌شدن گسترده سبب از بین رفتن ساختار قطعات اسکلتی و تبدیل آن‌ها به پلویید شده است (شکل ۳-۳b). تأثیر این فرآیند در کیفیت مخزنی می‌تواند هم به صورت بهبوددهنده (کاهش تأثیر فرآیندهای دیاژنزی تدفینی) و نیز مخرب (مسدود کردن گلرگه‌های تخلخل و کاهش تخلخل و تراوایی) باشد (Taghavi et al. 2006). با این وجود تأثیر آن بر کیفیت مخزنی چندان قابل ارزیابی و به نقشه درآوردن نیست.

#### زیست‌آشفته‌گی<sup>۳</sup>

در طی این فرآیند رسوبات و یا سنگ رسوبی تحت تأثیر ارگانسیم‌ها قرار می‌گیرد و معمولاً بافت و ساختار اولیه رسوب‌گذاری آن تغییر می‌کند (Burchette and Britton 1985; Flugel 2010; Hollis 2011). این فرآیند دیاژنزی معمولاً

<sup>۴</sup> Boiling  
<sup>۵</sup> Recrystallization

<sup>۱</sup> Intra barrier reservoir zone  
<sup>۲</sup> Micritization  
<sup>۳</sup> Bioturbation

فسیلی از قبیل دوکفه‌ای‌ها، رودیست‌ها و سایر اجزای اسکلتی که در طی انحلال تبعیت کننده از فابریک تشکیل شده‌اند را پر می‌کنند (شکل ۳-۱، j, k, l). سیمانی شدن در برخی موارد رخساره‌های دانه غالب اولیه را به شدت سیمانی کرده است (شکل ۴-۱). سیمانی شدن متئوریک گسترش قابل ملاحظه‌ای در سازند سروک دارند. سیمان‌های تدفینی که به شکل هم بعد تا بلوکی که گاهی اندازه بلور به حدود ۱ سانتی‌متر می‌رسد با رخ مشخص و برخی بدون رخ و گاهی با خاموشی موجی شناسایی می‌شوند (شکل ۴-۲، b, c, d). این سیمان‌های تدفینی معمولاً منافذ حفره‌ای بزرگ و گاهی شکستگی‌ها را پر می‌کنند. در حالت کلی سیمانی شدن (سیمان‌های متئوریک و تدفینی) مهم‌ترین فرآیند کاهش دهنده کیفیت مخزنی در سازند سروک می‌باشد (شکل ۶-۱g).

#### انحلال<sup>۸</sup>

انحلال مهم‌ترین فرآیند بهبود دهنده کیفیت مخزنی و عامل تشکیل منافذ دیاژنزی، شامل تخلخل‌های قالبی، حفره‌ای و تخلخل‌های بزرگ شده در سنگ می‌باشد. چندین مرحله انحلال به دلیل دیاژنز گسترده و پیچیدگی در رخداد فرایندها، توالی سازند سروک را تحت تأثیر قرار داده است. این انحلال‌ها می‌تواند در طی دیاژنز متئوریک و تدفینی رخ داده باشد. برخی از انحلال‌ها حتی پس از فرآیند سیمانی شدن رخ داده‌اند. اجزای اسکلتی از قبیل رودیست‌ها و دوکفه‌ای‌ها نسبت به فرامینفرها و خارپوستها به دلیل آراگونیتی بودن بیشتر اجزای صدف، تحت تأثیر انحلال گسترده‌تری قرار گرفته‌اند. به طور کلی با توجه به شواهد پتروگرافی و تبعیت و یا عدم تبعیت از فابریک سنگ، انحلال به دو گروه عمده شامل انحلال‌های تبعیت کننده از فابریک و انحلال‌های غیر تبعیت کننده از فابریک تقسیم شده‌اند (شکل ۴-۳، e, f, g, h). تخلخل‌های قالبی و درون فسیلی در گروه تبعیت کننده از فابریک و تخلخل‌های حفره‌ای، غاری، کانالی در گروه غیر تبعیت کننده از فابریک قرار داده شده‌اند. همان‌گونه که در

می‌توان گفت که در برخی نمونه‌ها سبب تشکیل ساختار متراکم و از بین رفتن تخلخل‌های ریز شده است.

#### سیمانی شدن<sup>۱</sup>

سیمانی شدن یکی از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی است و در زمانی که سیال‌های منفذی از فاز سیمان فوق اشباع هستند تشکیل می‌شود. ترکیب و مورفولوژی سیمان در تفسیر منشأ آن و بازسازی تاریخچه دیاژنزی ارزشمند می‌باشد (Moore and Wade 2013). سیمانی شدن مهم‌ترین فرآیند کاهش کیفیت مخزنی در توالی سروک بالایی در میدان مورد مطالعه می‌باشد. سیمان‌های دریایی، که معمولاً منافذ و گلوگاه‌های تخلخل را کاهش نمی‌دهند و نقش مثبت در کاهش تراکم ایفا می‌کنند گسترش کمی دارند. سیمان‌های کربناته‌ای که در توالی سازند سروک شناسایی و سیستم منافذ را تغییر داده‌اند شامل هم‌ضخامت<sup>۲</sup>، تیغه‌ای<sup>۳</sup>، هم‌بعد<sup>۴</sup>، هم‌محور<sup>۵</sup>، دروزی<sup>۶</sup> و بلوکی<sup>۷</sup> بلوکی<sup>۷</sup> هستند.

سیمان‌های دریایی یا متئوریک فریاتیکی که به شکل سیمان هم‌ضخامت دیده می‌شوند، معمولاً توسط سایر سیمان‌هایی که در مراحل دیاژنز متئوریک و تدفینی تشکیل شده‌اند جانشین شده و یا شکل آن‌ها مبهم گردیده است. این سیمان‌های نسبتاً اولیه در رخساره‌های پراثری از قبیل گرینستون‌ها و رودستون‌ها می‌تواند دیده شود (شکل ۳-۱، j, k). سیمان هم‌محور به‌ویژه در رخساره‌های اکتودرم‌دار گسترش داشته و به صورت بخشی منافذ اولیه و بین دانه‌ای را مسدود کرده است (شکل ۴-۱a). این سیمان می‌تواند در محیط دیاژنز متئوریک فریاتیکی و یا در طی دیاژنز تدفینی تشکیل شده باشد (Longman 1980; Tucker and Wright 1990). سیمان‌های متئوریک وادوز و فریاتیکی که به صورت بلوکی شفاف، دروزی و هم‌محورگسترش دارند معمولاً قالب‌های

<sup>1</sup> Cementation

<sup>2</sup> Isopachous

<sup>3</sup> Bladed

<sup>4</sup> Equant

<sup>5</sup> Syntaxial

<sup>6</sup> Drusy

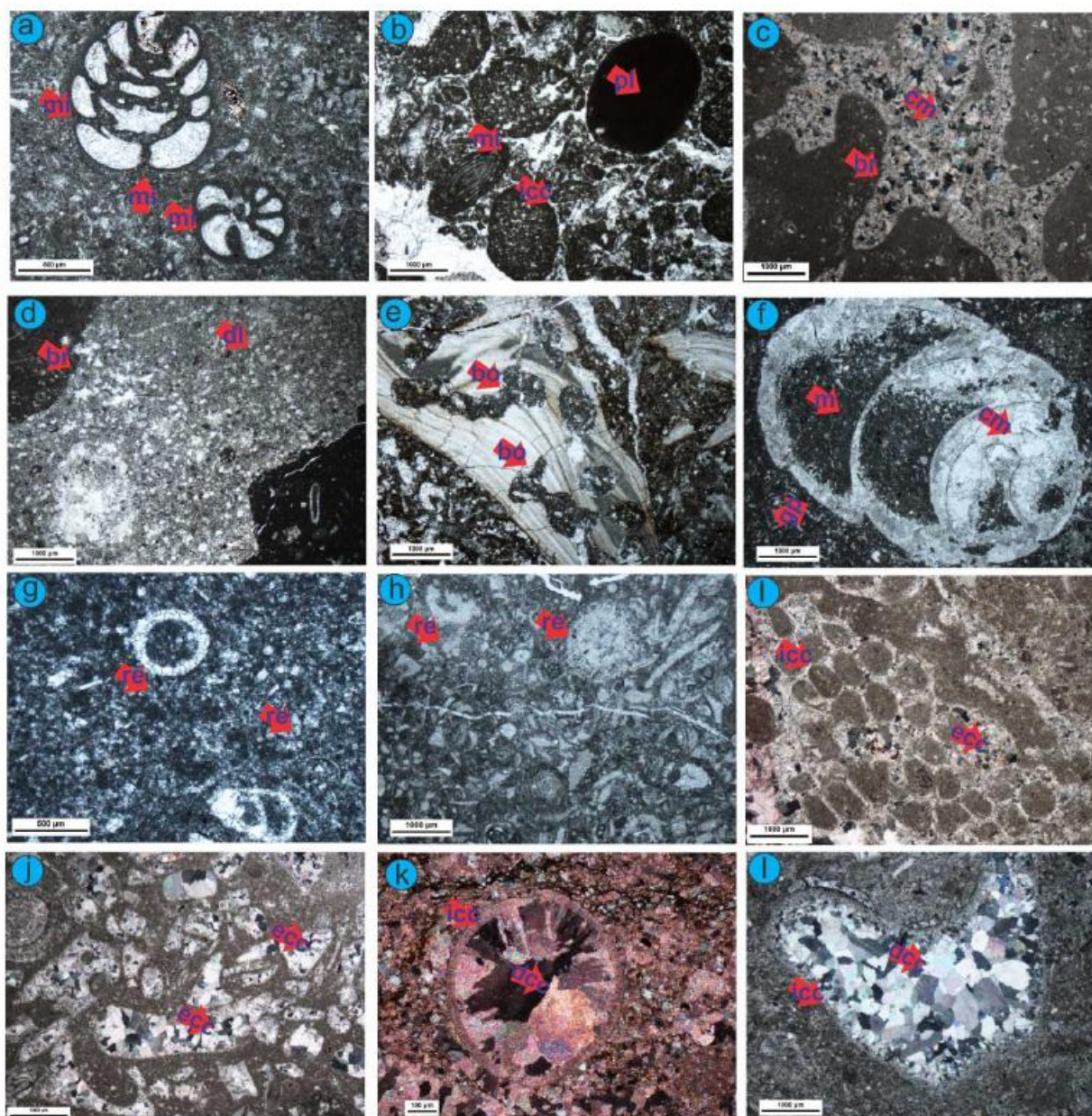
<sup>7</sup> Blocky

<sup>8</sup> Dissolution



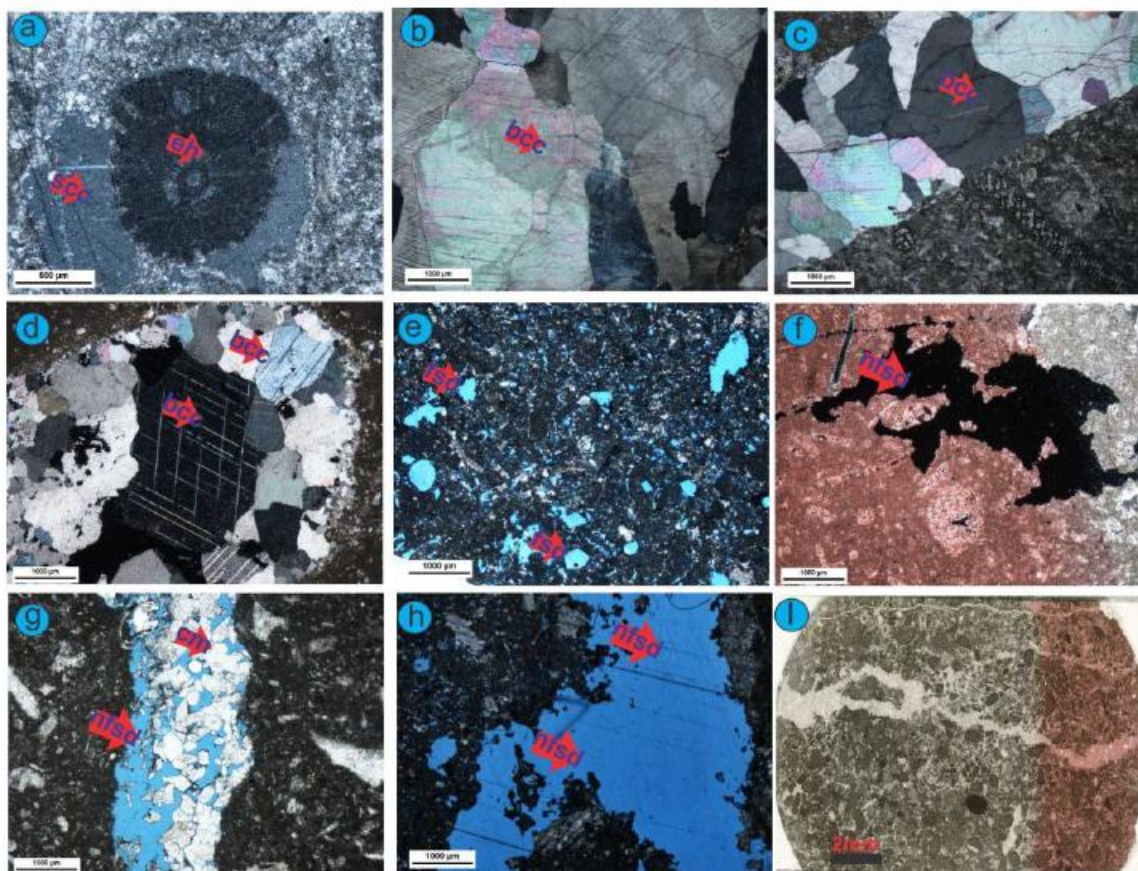
برخی از انحلال‌ها که سیمان‌های تدفینی را تحت تأثیر قرار داده‌اند مربوط به دیاژنز تدفینی هستند (شکل ۴- g). عموماً زون‌های با انحلال گسترده و سیمانی شدن ناچیز کیفیت مخزنی بالایی را نشان می‌دهند.

مطالعات گذشته در توالی سازند سروک بر آن تأکید شده است عمده انحلال‌های مشاهده شده مربوط به رخنمون‌های تحت‌الجری و تحت تأثیر دیاژنز متوریک می‌باشند (Taghavi et al. 2006; Hajikazemi et al. 2010, 2012; Hollis 2011; Rahimpour-Bonab et al. 2012, 2013; Mahdi et al. 2013).



شکل ۳- تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی از پدیده‌های دیاژنزی میکرایتی شدن (a)، پلوییدی شدن و تشکیل سیمان‌های دریایی (b)، حفاری در رسوبات و سیمانی شدن (c)، حفاری در رسوبات و دولومیتی شدن (d)، حفاری در خرده‌های رودیستی (e)، ساختار ژئوپنال (f)، تبلور مجدد میکرایت به میکرواسپار (g)، تبلور مجدد اجزای اسکلتی (h). تشکیل سیمان‌های دریایی و هم ضخامت (i)، سیمان هم بعد (j)، سیمان دروزی (k-l). تصاویر b-f-g-h تصاویر b-f-g-h در نور PPL و a-c-d-e-i-j-k-l در نور XPL. علائم اختصاری شکل: mi میکرایتی شدن، pl پلوییدی شدن، br حفاری در رسوبات، cm سیمانی شدن، dl دولومیت، bo حفاری در اجزای اسکلتی، m میکرایت، re تبلور مجدد، dcc سیمان هم ضخامت، ecc سیمان هم بعد، dcc سیمان دروزی.





شکل ۴- تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی از فرایندهای دیاژنزی سیمانی شدن و انحلال، تشکیل سیمان هم محور (a)، سیمان‌های تدفینی بلوکی باخاموشی موجی (b)، سیمان پرکننده شکستگی (c)، سیمان تدفینی با رخ مشخص (d)، انحلال تبعیت کننده از فابریک (e)، انحلال‌های غیر تبعیت کننده از فابریک (f-g-h) تصویر اسکن مقطع نازک که سیمانی شدن گسترده یک رخساره دانه غالب را نشان می‌دهد (i). تصاویر q-s-t و PPL و m-n-o در نور XPPL، علائم اختصاری شکل: scc: سیمان هم محور، bcc: سیمان بلوکی، fsc: انحلال تبعیت کننده از فابریک، nfsd: سیمان غیر تبعیت کننده از فابریک.

ساز، بافت و رخساره رسوبی اولیه، شکل، اندازه بلورها و زمان وابسته است (Mazzullo and Harris 1992; Machel 2004; Lucia 2004). دولومیتی شدن یک فرآیند دیاژنزی خیلی رایج در توالی مورد مطالعه نیست. اکثراً نمونه‌ها به میزان کمتر از ۳۰ درصد دولومیتی شده و این شرایط سبب گردیده که در بسیاری موارد تأثیر این فرآیند بر سیستم منافذ تقریباً قابل چشم‌پوشی باشد. بافت گل-غالب اولیه سبب عدم تشکیل شبکه‌ای از بلورهای دولومیت با تخلخل بین بلورین گردیده است. بر اساس مطالعات پتروگرافی و سایر مطالعات صورت گرفته در این زمینه در نواحی مجاور (Taghavi et al. 2006;

### دولومیتی شدن<sup>۱</sup>

دولومیتی شدن می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش کیفیت مخزنی شده و یا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آن نداشته باشد (Sun 1995; Warren 2000). برای توصیف دولومیت‌ها، می‌توان بر اساس اندازه بلورها، شکل بلوری، فراگیر یا بخشی بودن، انتخابی یا غیر انتخابی بودن، مکانیسم تشکیل و سایر ویژگی‌ها دولومیت‌ها را طبقه‌بندی کرد (Sibley and Gregg 1987; Adams and Mackenzie 1998; Warren 2000). دولومیتی شدن بر تخلخل و تراوایی، به سیالات دولومیت

<sup>1</sup> Dolomitization

در طی پایین آمدن سطح آب دریا بوده است (Taghavi et al. 2011; Hollis 2011; Sharp et al. 2010; 2006). در مجموع هر دو نوع مدل دولومیتی شدن تدفینی و زون مخلوط در رخساره‌های گل غالب نسبت به دانه غالب گسترش بیشتری دارند که تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی، اسکن مقطع نازک و تصویر مغزه از این دو مدل دولومیتی شدن نشان داده شده است (شکل ۵-k-j). بنابراین دولومیتی شدن با وجود ایجاد تخلخل بین بلوری در برخی نمونه‌ها، عموماً کیفیت مخزنی را به دلیل عدم گسترش قابل ملاحظه و نیز گل غالب بودن اکثر رخساره‌های اولیه به میزان زیادی افزایش نداده است.

#### دولومیت‌زدایی<sup>۲</sup>

دولومیت‌زدایی فرآیند دیاژنزی جانشینی کلسیت یا انحلال دولومیت است، که معمولاً تحت تأثیر دیاژنز متئوریک و یا تدفینی، تحت تأثیر آب‌هایی با ترکیب شیمیایی مختلف روی می‌دهد (Warren 2000). در سازند سروک برخی از بلورهای دولومیت حل شده و معمولاً با کلسیت پر و یا به صورت تخلخل درون بلوری<sup>۳</sup> باقی مانده است. حل شدن انتخابی هسته بلورهای دولومیت، به این دلیل می‌تواند باشد که هسته دولومیت‌ها معمولاً غنی از کلسیت و ناپایداری نسبت به حاشیه آن‌ها است. معمولاً تخلخل قالبی حاصل از این فرآیند عموماً به صورت غیرمؤثر است. در مطالعات گذشته بر اهمیت این فرآیند در شناسایی سطوح رخنمون تحت‌الجزی و یا ناپیوستگی‌ها تأکید شده است (Hurley et al. 1995; Morad et al. 2012). بر اساس شواهد موجود و مطالعات گذشته این فرآیند دیاژنزی می‌تواند تحت تأثیر ناپیوستگی ناحیه‌ای مرز بالایی سازند سروک و یا ناپیوستگی‌های درون سازندی رخ داده باشد (معرایی و مسکاران ۱۳۹۱). تصویر مقطع نازک از فرآیند دولومیتی شدن نشان داده شده است (شکل ۵-d).

(Lapponi et al. 2011; Hollis 2011; Mahdi et al. 2013). دولومیت‌های بخش بالایی سروک می‌تواند بر اساس دو مدل تدفینی (مرتبط با استیلولیت‌ها و انحلال‌های فشاری و به صورت پراکنده دولومیت‌های زمین‌اسبی) و زون اختلاط (دولومیت‌های تشکیل شده در زیست‌آشفته‌گی‌ها و حفاری در رسوبات) (شکل ۵-k-j) تفسیر گردد. معرفی این دو مدل دولومیتی شدن تنها بر اساس شواهد پتروگرافی صورت گرفته است و بررسی دقیق انواع دولومیت‌ها نیازمند ابزارهای دقیق‌تر از قبیل داده‌های ایزوتوپ کربن-اکسیژن و کاتودولومینسانس می‌باشد. هر دو نوع معمولاً به صورت لوزی و وجهی خود شکل و نیمه‌شکل‌دار و عموماً دارای هسته ادخال‌دار هستند. دولومیت‌ها از نظر اندازه عموماً ریز بلور هستند. بر اساس اندازه، دولومیت‌ها به سه گروه عمده شامل کمتر از ۲۰ میکرون، بین ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون و بیشتر از ۱۰۰ میکرون تقسیم شده‌اند. غالب دولومیت‌ها اندازه ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون دارند. دولومیت‌های سازند سروک شامل دولومیت‌های مرتبط با مدل تدفینی و دولومیت‌های زون اختلاط در رخساره‌های گل غالب گسترش دارند. عموماً در این رخساره‌ها توسعه استیلولیت‌ها-انحلال فشاری و نیز زیست‌آشفته‌گی‌ها فراوان می‌باشد. دولومیت‌های مرتبط با استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی معمولاً کیفیت مخزنی را افزایش نداده‌اند (شکل ۴-d). دولومیت‌های زمین‌اسبی انواع دیگری از دولومیت‌های تدفینی بوده که در برخی نمونه‌ها به صورت سیمان، شکستگی‌ها و تخلخل‌های حفره‌ای را پر و سبب کاهش کیفیت مخزنی شده‌اند (شکل ۵-c). تشکیل دولومیت‌های زون مخلوط در محل حفاری در رسوبات نرم<sup>۱</sup> معمولاً رایج می‌باشد (شکل ۵-b). این محل‌ها به عنوان مسیری برای مهاجرت سیال دولومیت‌ساز، نقش مهمی در تشکیل دولومیت داشته است. با توجه به گسترش فرآیند حفاری در رسوبات کم انرژی لاگون، این کمربند رخساره‌ای یکی از مناطق مستعد برای تشکیل دولومیت‌های زون مخلوط

<sup>2</sup> Dedolomitization

<sup>3</sup> Intracrystalline

<sup>1</sup> Burrowing

تراکم<sup>۱</sup>

دو فاز تراکم در بخش بالایی سازند سروک مشاهده می‌شود. ۱- تراکم فیزیکی، با خردشدگی مکانیکی ذرات و دگرشکلی اجزای بایوکلاستی به‌ویژه فرامینفرها، اجزای رودیستی و دوکفه‌ای‌ها و واریزه‌های اکتیو درمی شناسایی می‌شود ۲- تراکم شیمیایی به صورت انحلال فشاری در مرز دانه‌ها (میکرواستیلولیت‌ها) و انحلال در سطوح معین و شکل‌گیری استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی می‌باشد (شکل ۶-f). معمولاً تراکم در رخساره‌های دانه غالب با تخلخل‌های بین دانه‌ای گسترده، نقش مهمی در کاهش اندازه منافذ و کیفیت مخزنی دارد. تراکم فیزیکی از طریق خرد شدن اجزای اسکلتی به‌ویژه رودیست‌ها رایج می‌باشد (شکل ۵-e). تراکم شیمیایی تأثیر بیشتری بر توالی سازند سروک به دلیل ماهیت گل غالب رخساره‌ها و گسترش رخساره‌های مادستونی و وکستونی داشته است (شکل ۵-f). استیلولیت‌ها به صورت افقی، موازی با لایه‌بندی با دامنه خیلی کمتر از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر دیده می‌شوند. عموماً فرایند تراکم تأثیر منفی بر کیفیت مخزنی داشته است و دولومیت‌های مرتبط با این مرحله از دیاژنز کیفیت مخزنی را بهبود نداده‌اند.

شکستگی<sup>۲</sup>

شکستگی یکی از فرآیندهای دیاژنزی مهم در مخازن کربناته هستند (Lucia 2007; Ahr 2008). شکستگی‌ها به صورت مستقیم و غیر مستقیم از طریق داده‌های لرزه‌ای، نمودارهای پتروفیزیکی، داده‌های آزمایش چاه، گل حفاری و توصیف مغزه می‌تواند توصیف و شناسایی گردد. شکستگی‌ها در سازند سروک از طریق داده‌های مغزه با شیب متفاوت، به صورت افقی و عمودی، باز، پرشده، نیمه پر شده و با میزان باز شدگی مختلف قابل شناسایی هستند. معمولاً شکستگی‌ها در رخساره‌های با کیفیت مخزنی پایین از قبیل وکستون‌ها،

مادستون‌ها و پکستون‌ها می‌تواند به عنوان یک عامل مؤثر باعث بهبود کیفیت مخزنی از طریق افزایش تراوایی گردد. تعدادی از شکستگی‌ها در توالی مورد مطالعه پر شده هستند و برخی از ریز شکستگی‌ها باز بوده و سبب افزایش تراوایی گردیده‌اند (شکل ۵-g). کانی کلسیت غالباً شکستگی‌ها را پر کرده است. برخی از شکستگی‌ها از طریق انحلال، میزان باز شدگی دهانه آن‌ها افزایش یافته و در صورتی که با کلسیت پر نشده باشند، می‌توانند تراوایی بالایی ایجاد کنند. سیمان‌های تدفینی درشت بلور عمیق مهم‌ترین نقش را در پر کردن شکستگی‌ها داشته‌اند. شکستگی‌ها عموماً مرتبط با فرآیندهای دیاژنزی تدفینی هستند (Moore and Wade 2013). در مجموع شکستگی می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در افزایش تراوایی و تولید از سازند سروک در میدان مورد مطالعه محسوب شود.

سیلیسی شدن<sup>۳</sup>

سیلیسی شدن بخشی برخی بایوکلاست‌ها، جانشینی به جای سیمان کلسیتی و پر کردن بخشی از تخلخل در رخساره‌های مختلف سازند سروک، اگرچه با فراوانی کم اما فرآیندی نسبتاً رایج است (شکل ۵-h). این اشکال سیلیس، بیشتر به صورت بخشی و جانشینی در قطعات رودیستی و یا دوکفه‌ای‌ها به‌ویژه اویسترها دیده می‌شود. برخی از شکستگی‌ها و استیلولیت‌ها به صورت بخشی با سیلیس پر شده است یا برخی از رگچه‌های انحلالی توسط اشکال مختلف سیلیس قطع شده است. این ارتباط‌ها نشان می‌دهد که سیلیس در طی فرآیندهای دیاژنزی تدفینی تشکیل شده است. با این وجود این فرآیند به دلیل عدم گسترش و پراکندگی، بر ویژگی‌های مخزنی تأثیر منفی ناچیز یا کمی داشته است.

پیریتی شدن<sup>۴</sup>

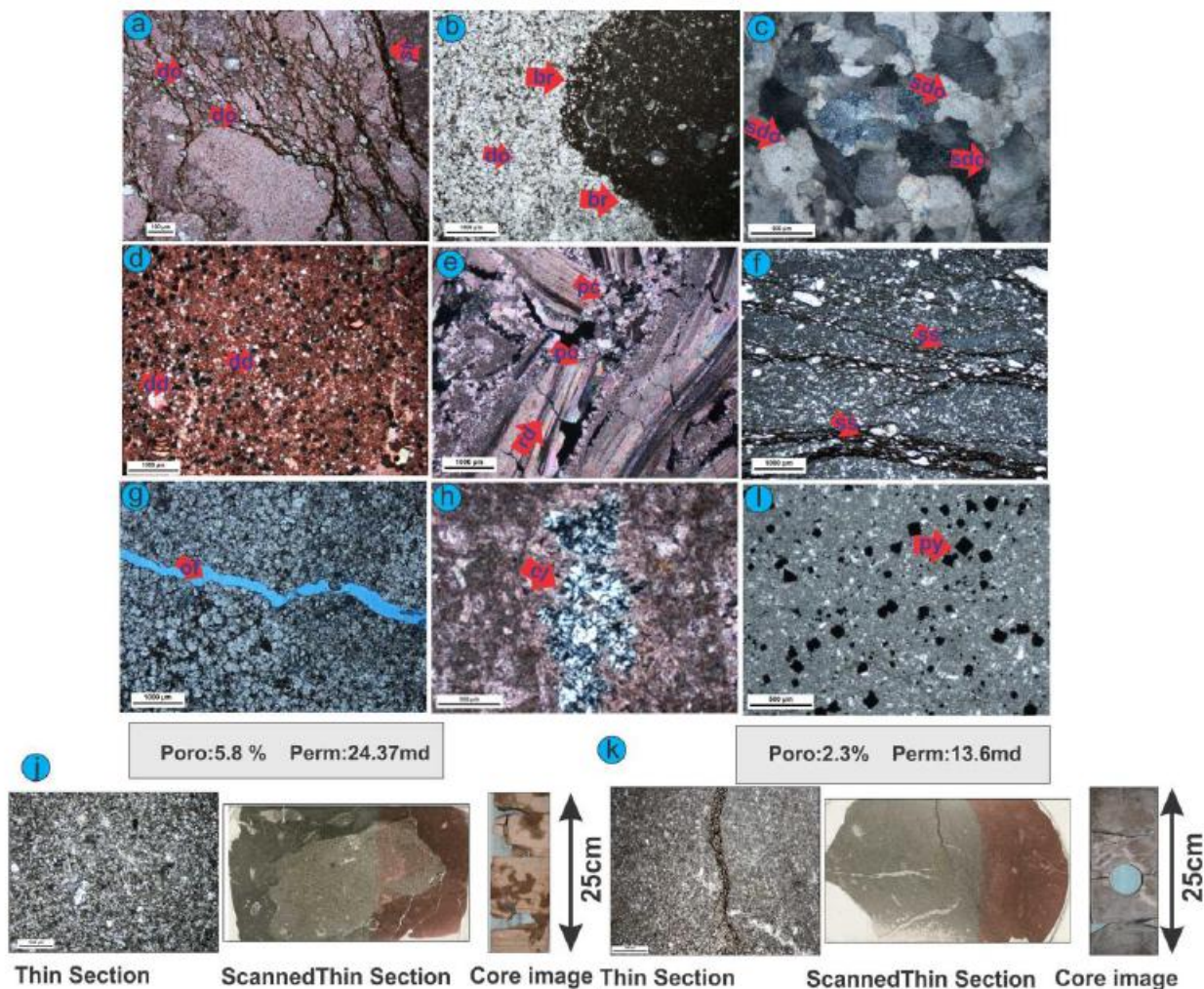
پیریت به اشکال و مورفولوژی‌های مختلف در رخساره‌های

<sup>۳</sup> Silification<sup>۴</sup> Pyrite<sup>۱</sup> Compaction<sup>۲</sup> Fracturing



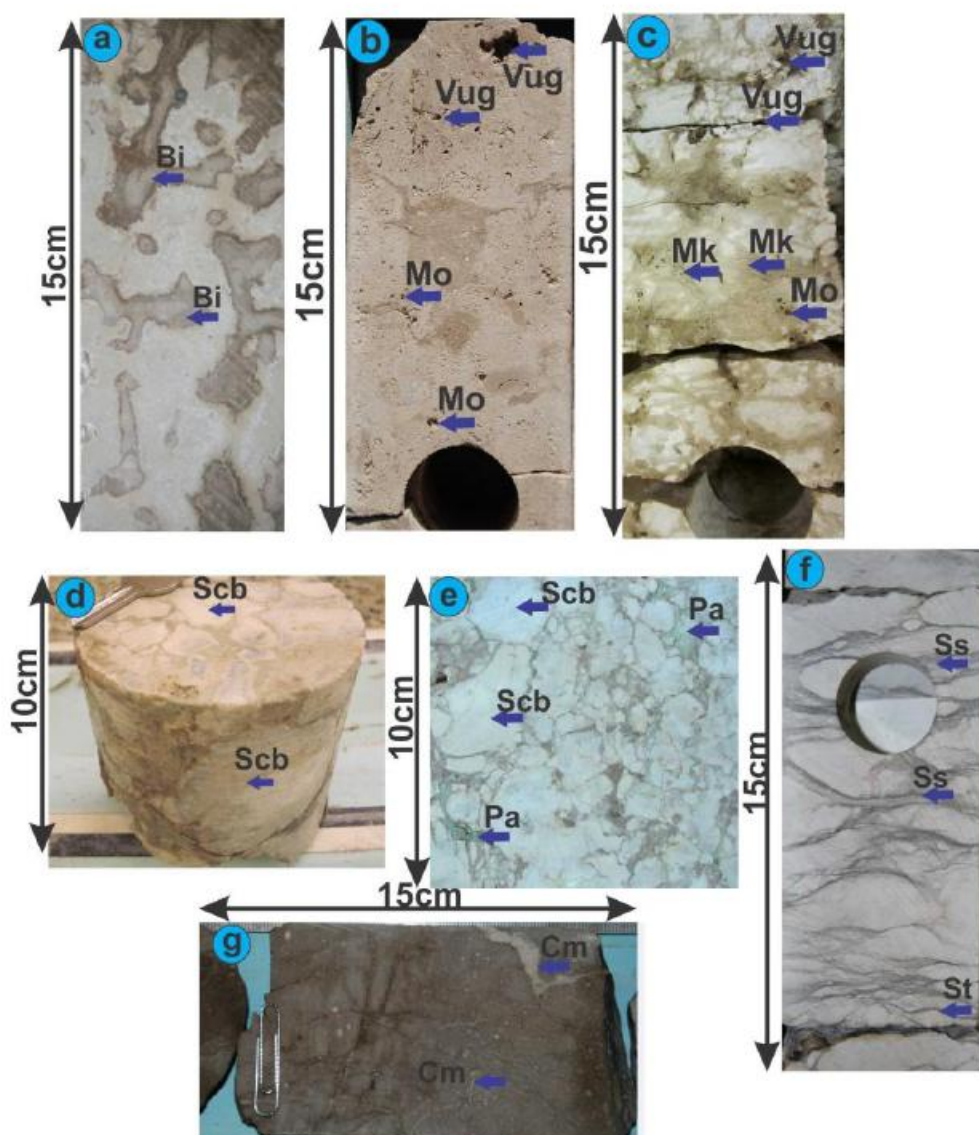
(شکل ۵-۱). هرچند که پرشدن بخشی منافذ و گلوگاه‌های تخلخل توسط پیریت می‌تواند به کاهش تخلخل و کیفیت مخزنی منجر شود اما اثر این پدیده بخشی و پراکنده بوده و نمی‌تواند عامل مهمی در کاهش کیفیت مخزنی محسوب شود.

متفاوت بخش بالایی سرود دیده می‌شود. با این وجود در رخساره‌های مادستونی و وکستونی کم انرژی (گل- غالب) که مربوط به زیر محیط‌های لاگون و یا حوضه هستند فراوان‌تر می‌باشد. پیریت معمولاً به صورت بخشی جانشین سیمان کلسیتی، زمینه سنگ، قطعات بایوکلاستی و سیلیس می‌شود



شکل ۵- تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی، اسکن مقاطع نازک و مغزه از فرآیندهای دیانزنی دولومیتی شدن، ددولومیتی شدن، تراکم فیزیکی و شیمیایی، شکستگی، سیلیسی شدن و پیریتی شدن. دولومیت‌های مرتبط با استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی (a)، دولومیت‌های گسترش یافته در محل حفاری موجودات در رسوب (b)، دولومیت‌های زین آسیبی (c)، ددولومیتی شدن و تشکیل تخلخل درون بلوری (d)، تراکم فیزیکی و خورد شدن اجزای رودبستی (e)، انحلال فشاری و استیلولیت (f)، شکستگی باز (g)، سیلیسی شدن (h)، پیریتی شدن (i). تصویر مقطع نازک، اسکن مقاطع و مغزه از دولومیت‌های مرتبط با زون مخلوط و سیال متوریک (j) و دولومیت‌های مرتبط با زون تدفین (k). تصاویر a-b-f-g، PPL، و c-d-e-h-i در نور XPL، علام اختصاری: (do) دولومیتی شدن، (br) زیست آشفته‌گی، (sdo) دولومیت‌های زین آسیبی، (dd) دولومیتی شدن، (pc) تراکم فیزیکی، (rd) خرده رودبستی، (ss) رگچه‌های انحلالی، (sf) شکستگی باز، (si) سیلیس، (py) پیریت)





شکل ۶- تصاویر مغزه از انواع فرآیندهای دیاژنزی دریایی، متوریک و تدفینی، زیست آشفستگی (a)، انحلال‌های گسترده ناشی از تأثیر دیاژنز متوریک (b)، تشکیل خاک قدیمه، برشی شدن و سیمانی شدن ناشی از دیاژنز متوریک (d-e)، توسعه انحلال‌ها فشاری و رگچه‌های انحلالی تحت تأثیر دیاژنز تدفینی (f)، سیمانی شدن تدفینی و متوریک (g). علائم اختصاری: Bi: زیست آشفستگی، Vug: تخلخل حفره‌ای، Mo: تخلخل قالبی، Mk: کارست‌های ریز، Scb: برش‌های ریزشی انحلالی، Pa: خاک قدیمه، Ss: رگچه‌های انحلالی، St: استیلولیت، Cm: سیمانی شدن

### توالی دیاژنزی

خلاصه‌ای از فرآیندهای دیاژنزی و تأثیر آن‌ها بر تخلخل، در دو چاه کلیدی نشان داده شده است (شکل ۷). این شکل ترتیب نسبی رخداد فرآیندهای دیاژنزی را نشان می‌دهد. توالی دیاژنزی شامل دیاژنز دریایی، متوریک و تدفینی می‌باشد. در طی دیاژنزدریایی فرآیندهای میکرایتی شدن،

زیست آشفستگی و تشکیل سیمان‌های دریایی رخ داده است. در طی دیاژنز متوریک انحلال و سیمانی شدن فراوان همراه با فرآیندهای کارستی و برشی شدن، گسترش قابل ملاحظه‌ای داشته است. تشکیل دولومیت‌های وابسته به زون مخلوط و دولومیتی شدن و تبلور مجدد میکرایت به میکرواسپار و اسپار دروغین در طی دیاژنز متوریک رخ داده است. انحلال

شکستگی‌ها، دولومیت‌های وابسته به استیلولیت‌ها و نوع زمین آسبی، سیمان‌های درشت بلور بلوکی، سیلیسی شدن و پیریتی شدن در طی دیاژنز تدفینی رخ داده است. توزیع فرآیندهای دیاژنزی همراه با سایر ویژگی‌های رخساره‌ای و پتروفیزیکی در مغزه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است (شکل ۱۲).

اجزای اسکلتی و زمینه سنگ، سبب تشکیل تخلخل‌های تبعیت کننده و غیر تبعیت کننده از فابریک گردیده است. تخلخل‌ها توسط سیمان‌های متوریک و تدفینی به‌ویژه سیمان‌های هم بعد، دروزی و بلوکی در برخی بخش‌ها پر شده است. توسعه رگچه‌های انحلالی، استیلولیت‌ها،

فرآیندهای دیاژنزی	محیط‌های دیاژنزی			
	دربایی	متوریک		تدفینی
		انوزتیک	تلوزتیک	
میکریتی شدن	—			
زیست آشفستگی	—			
سیمان هم ضخامت	—	—		
تراکم فیزیکی		—		—
پایداری کانی شناسی		—	—	
تبلور مجدد		—		—
انحلال تبعیت کننده از فابریک		—		
ددولومیتی شدن			—	—
انحلال غیر تبعیت کننده از فابریک			—	—
سیمان دروزی - تیغه‌ای - هم محور		—	—	
سیمان بلوکی و هم بعد			—	—
دولومیت‌های تدفینی				—
سیلیسی شدن				—
پیریتی شدن				—
تراکم شیمیایی (تشکیل استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی)				—
شکستگی				—

— فرآیندهای بی‌تأثیر بر تخلخل      — فرآیندهای افزایش دهنده تخلخل      — فرآیندهای کاهش دهنده تخلخل

شکل ۷- تاریخچه دیاژنزی بخش بالایی سازند سروک همراه با تأثیر آن‌ها بر تخلخل

دیاژنزی است، می‌تواند به صورت تحت کنترل رخساره یا تحت کنترل دیاژنزی یا هر دو تقسیم شود. در سازند سروک به دلیل تأثیر عمده فرآیندهای دیاژنزی ناشی از سطوح رخنمون تحت‌الجبوی مکرر کیفیت مخزنی و توزیع سیستم منافذ عمدتاً تحت تأثیر فرآیندهای دیاژنزی بوده است هر چند که رخساره‌های اولیه نیز نقش عمده در شکل‌گیری زون‌های متخلخل و متراکم داشته‌اند. از آن‌جا که هدف این مطالعه بررسی تأثیر عمده فرآیندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی است توصیف رخساره‌ها و بحث در زمینه خصوصیات هر رخساره

### کیفیت مخزنی

کیفیت مخزنی مخازن کربناته به صورت عمده تحت تأثیر ویژگی‌های رخساره‌ای به صورت اولیه و فرآیندهای دیاژنزی به صورت ثانویه است (Lucia 2007; Ahr 2008; Moore and Wade 2013). تلفیق تأثیر این پارامترها در نهایت سبب شکل‌گیری سیستم منافذ و هندسه آن در مخزن می‌شود که کنترل کننده خصوصیات پتروفیزیکی سنگ است (Bliefnick and Kaldi 1996; Lønøy 2006). با توجه به این‌که یک مخزن کربناته بیشتر تحت تأثیر فرآیندهای رسوبی و یا فرآیندهای

و تخلخل ماتریکس بوده، اما نقش کمتری نسبت به تخلخل‌های حفره‌ای در سازند سروک دارند. هرچند که در برخی رخساره‌های دانه غالب گریستونی و رودستونی تخلخل بین دانه‌ای سبب ایجاد تراوایی بالا در نمونه‌ها گردیده است. تخلخل‌های بین بلوری<sup>۱</sup> به دلیل عدم تشکیل شبکه‌ای پیوسته از دولومیت، با وجود لوزی وجهی و خودشکل بودن، سیستم منفذی عمده‌ای محسوب نمی‌شوند. بنابراین تخلخل‌های حفره‌ای مرتبط شامل شکستگی‌ها، تخلخل‌های کانالی، تخلخل‌های غاری، برشی<sup>۲</sup> سیستم منفذی مهم در تولید از میدان محسوب می‌شوند. شکستگی‌های باز یا به صورت بخشی سیمانی شده همراه با برشی شدن حاصل از ناپیوستگی اصلی و ناپیوستگی‌های درون سازندی احتمالی نقش مهمی در بهبود تراوایی به‌ویژه در رخساره‌های گل غالب داشته‌اند.

خارج از هدف این مطالعه است. تنها به منظور درک بهتر تغییرات رخساره‌ای در قالب این رخساره‌ها و تغییرات دیازنتری در آن‌ها در یک جدول ارائه شده است (جدول ۲). در این مطالعه به منظور ارزیابی بهتر کیفیت مخزنی ابتدا تغییرات سیستم منافذ در سازند سروک بررسی و سپس ویژگی‌های دیازنتری و بافت سنگ تأثیر آن‌ها بر کیفیت مخزنی بحث شده است.

### سیستم منافذ<sup>۱</sup>

نوع منافذ رایج در سازند سروک تخلخل‌های حفره‌ای (عمده‌ترین تخلخل ثانویه) به دلیل دیازنتری متوریک و تخلخل‌های ماتریکس (عمده‌ترین تخلخل اولیه) به دلیل گل غالب بودن بیشتر رخساره‌ها است. چندین نوع تخلخل در توالی سروک بالایی شناسایی شده‌اند (شکل ۷). لوسیا تخلخل‌ها را در سه گروه عمده تخلخل‌های بین دانه‌ای، حفره‌ای غیر مرتبط و حفره‌ای مرتبط تقسیم‌بندی کرد (Lucia 2007). تخلخل‌های حفره‌ای (تخلخل‌های حفره‌ای مرتبط و غیرمرتبط) نوع منفذی غالب در سازند سروک هستند. تخلخل‌های قالبی<sup>۲</sup> موجود غالباً حاصل انحلال اجزای آراگونیتی پوسته نرم‌تان، فرامینفرها و رودست‌ها هستند. تخلخل‌های قالبی عموماً به صورت غیر موثر بوده و نقشی در انتقال سیال ندارند. ریز تخلخل‌ها<sup>۳</sup> یا تخلخل ماتریکس، به دلیل گل غالب بودن رخساره اولیه گسترش زیادی در سازند سروک دارند. خیلی از نمونه‌هایی که تخلخل آن‌ها از طریق آزمایشات مغزه محاسبه می‌شود اما تخلخل قابل روئیتی را نشان نمی‌دهند دارای ریز تخلخل هستند. این تخلخل‌ها جزء تخلخل‌های بین دانه‌ای محسوب شده اما به دلیل کوچک بودن تراوایی چندانی ایجاد نمی‌کنند (Lucia 2007). تخلخل‌های اولیه عمدتاً به صورت بین دانه‌ای<sup>۴</sup>، درون دانه‌ای<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> Pore System

<sup>۲</sup> biogenic

<sup>۳</sup> Microporosity

<sup>۴</sup> interparticle

<sup>۵</sup> intraparticle

<sup>۶</sup> intercrystalline

<sup>۷</sup> Breccia

جدول ۲- رخساره‌های رسوبی شناسایی شده همراه با برخی از خصوصیات مهم هر کدام شامل سنگ‌شناسی، اندازه ذرات، فرآیندهای رسوبی، فرآیندهای دیاژنزی، اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی، سطح انرژی و محیط رسوبی.

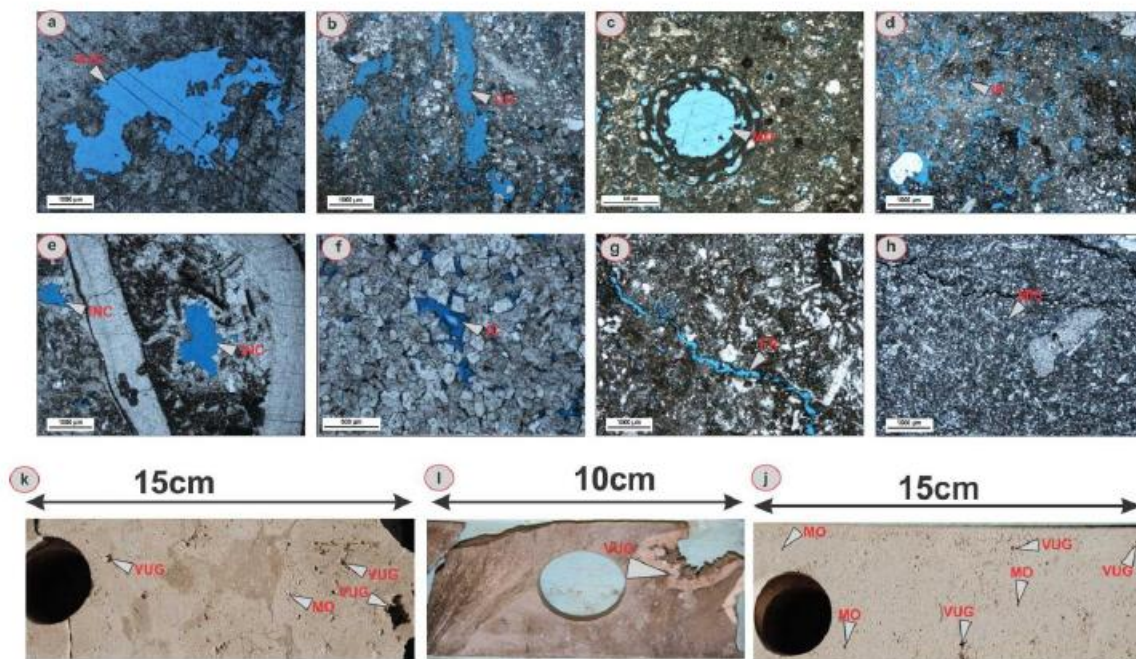
شماره رخساره	عنوان	لیتولوژی	اندازه ذرات	فرآیندهای رسوبی	فرآیندهای دیاژنزی	اجزاء		سطح انرژی	محیط رسوب‌گذاری
						اسکلتی	غیراسکلتی		
۱	مادستون-وکتون با فرامینیفرهای پلاژیک	آهک	سیلت -رس	زیست‌آشننگی (ر)، بافت نودولار (ر)	تبلور مجدد (ر)، انحلال فشاری و استیلولیت (ف) - دولومیتی شدن وابسته به استیلولیت (ر)	فرامینیفرهای پلانکتونیک مختلف (ف) - اسپیکول استنچ (ف) - خرده‌های اکتودرم (ن) - خرده‌های رودیست (ن)	—	خیلی پایین	دریای باز عمیق
۲	وکتون دارای فرامینیفرهای بنتیک و پلاژیک	آهک	سیلت	زیست آشننگی (ن)،	بافت آشننگی (ف)، انحلال فشاری و استیلولیت (ر) - دولومیتی شدن (ن)، جهت یافتگی اکتودرم‌ها در امتداد استیلولیت‌ها (ف)، انحلال (ر)	ایگوستیزین (ر) - روتالیا (ر)، دایسیکلینا (ر)، نزلاتا (ن) - خرده‌های اکتودرم (ف) - خرده‌های رودیست و دوکلهای (ر)، اسپیکول استنچ (ن)	(ر)	متوسط- پایین	دریای باز کم عمق
۳	پکستون-وکتون دارای اکتودرم و رودیست	آهک	سیلت- ماسه	زیست‌آشننگی (ن)،	بافت آشننگی (ف)، انحلال فشاری و استیلولیت (ر) - دولومیتی شدن (ن)، جهت یافتگی اکتودرم‌ها در امتداد استیلولیت‌ها (ف)، انحلال (ر)	اکتودرم (ف) - پروژونرها (ر)، آلولین (ن) اکتودرم (ر) - خرده‌های رودیست و دوکلهای (ر)، اسپیکول استنچ (ن)	(ن)	متوسط- پایین	دریای باز کم عمق
۴	رودستون-فلوتستن دارای واریزه رودیستی	آهک	سیلت- ماسه- گراول	حمل شدگی (ف)،	بافت آشننگی (ف)، انحلال فشاری و استیلولیت (ر) - دولومیتی شدن (ن) ، انحلال (ف)، سیمانی شدن (ن)	خرده‌های رودیست (ف) - اکتودرم (ف) ، دوکلهای (ر) پروژونرها (ر)	—	متوسط -بالا	تالوس
۵	گرینستون با یوکلاستی اکتودرم‌دار	آهک	ماسه	—	انحلال (ف)، سیمانی شدن (ر)، میکرانی شدن (ر)	اکتودرم (ف)، خرده رودیست و دوکلهای (ر)، فرامینیفرهای بنتیک (ر)	(ر)	بالا	شول- پایوستروم
۶	رودیست رودستون- گرینستون	آهک	ماسه- گراول	—	سیمانی شدن (ر)، انحلال (ف)، تراکم فیزیکی (ر)	رودیست (ف)، فرامینیفرهای بنتیک (ر)، اکتودرم (ر)،	(ن)	بالا	شول- پایوستروم
۷	گرینستون-پکستون با فرامینیفرهای بنتیک کوچک	آهک	سیلت	زیست‌آشننگی (ن)	سیمانی شدن (ف)، تبلور مجدد (ر) استیلولیت (ن)	میلولید (ف) - فرامینیفرهای بنتیک کوچک (ف)، فرامینیفرهای بنتیک بزرگ (ن)، جلبک (ن)، مرجان (ن) خرده‌های رودیست و دوکلهای (ن)،	(ر) انگشت (ر)	بالا	لاگون دریای باز
۸	پکستون با یوکلاستی آلولین دار	آهک	ماسه	زیست‌آشننگی (ر)	سیمانی شدن (ر) - انحلال (ر)، تراکم (ر)	آلولین‌ها (ف)، گریزآلیدین (ر) - اوربیتولین (ر)، میلولید (ر)، گامتروپود (ر)، دایسیکلینا (ر)، جلبک (ر)، خرده‌های رودیست و دوکلهای (ر)، نزلاتا (ن)	(ن)	متوسط- بالا	لاگون دریای باز
۹	وکتون-فلوتستن با یوکلاستی دارای فرامینیفرهای بنتیک	آهک- دولومیتی	ماسه- گراول	زیست‌آشننگی (ف)، فابریک ژئوپتال (ر)	فابریک ژئوپتال (ر) - انحلال (ن) میکرانی شدن (ر)، دولومیتی شدن (ن)	فرامینیفرهای بنتیک کوچک (ف)، گامتروپود (ف)، مرجان (ر) ، خرده‌های رودیست و دوکلهای (ر) - فرامینیفرهای بنتیک بزرگ (ر)	—	متوسط	لاگون دریای باز
۱۰	وکتون-وکتون دارای فرامینیفرهای بنتیک کوچک	آهک- دولومیتی- آهکی	سیلت	زیست‌آشننگی (ف)، بافت چشم پرندهای (ر)	دولومیتی شدن (ر)، انحلال فشاری و استیلولیت‌ها (ر)، برشی شدن (ر)، میکرانی شدن (ر)، انحلال (ن)	میلولید (ف) - تکستولاریا (ر) - گامتروپود (ر)، دایسیکلینا (ر)، فرامینیفرهای بنتیک بزرگ (ر)، خرده‌های رودیست (ر)، دوکلهای (ن)	—	پایین	لاگون محدوده شده

(ف): فراوان، (ر): رایج، (ن): نادر، لیتولوژی: آهک (بیش از ۹۰٪ آهک، آهک دولومیتی (۱۰-۵۰٪ دولومیت)، دولومیت آهکی (۵۰-۹۰٪ دولومیت))

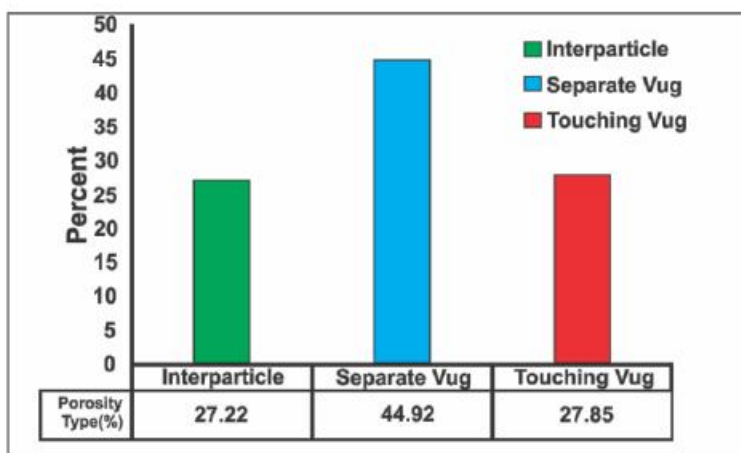
تفکیک شده در دو چاه است. توزیع تخلخل در بخش بالایی سازند سروک نشان می‌دهد که تخلخل‌های حفره‌ای نوع منفذی غالب هستند. از نظر فراوانی توزیع تخلخل، گروه بین دانه‌ای ۲۷،۲۲٪، گروه حفره‌ای مرتبط ۲۷،۸۵٪ و گروه حفره‌ای غیرمرتبط ۴۴،۹۲٪ کل تخلخل را شامل می‌شوند (شکل ۹).

تفکیک تخلخل بر مبنای رفتار پتروفیزیکی، می‌تواند در ارزیابی نمونه‌ها بر مبنای سیستم منافذ استفاده گردد (Lucia 2007). تخلخل‌های بین دانه‌ای (شامل بین دانه‌ای، بین بلوری و تخلخل‌های ماتریکس افزایش دهنده تراوانی)، حفره‌ای غیر مرتبط (قالبی، درون دانه‌ای، درون بلوری، ریزتخلخل‌های درون دانه‌ای - درون فسیلی، حفره‌ای غیرمرتبط) و حفره‌ای مرتبط (شکستگی، غاری، برشی، حفره‌ای مرتبط) انواع منفذی





شکل ۸- تصاویر مقطع نازک و مغزه از انواع تخلخل در بخش بالایی سازند سروک. (a) تخلخل حفره‌ای، (b) تخلخل کانالی، (c) تخلخل قالبی، (d) تخلخل بین دانه‌ای، (e) تخلخل درون بلوری، (f) تخلخل بین بلوری، (g) تخلخل شکستگی، (h) ریز تخلخل، (i-k) تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای در تصاویر مغزه.



شکل ۹- توزیع انواع تخلخل در توالی مورد مطالعه، سه گروه منفذی عمده و فراوانی آن‌ها تفکیک گردیده است. تخلخل‌های حفره‌ای غیر مرتبط بیشترین فراوانی را دارند.

موجود در مخازن کربناته به دشواری ذاتی تولید و ازدیاد برداشت از این مخازن منجر می‌گردد. این دشواری حاصل تأثیر پارامترهای مرتبط با هم شامل رخساره‌ها و محیط رسوبی، فرایندهای دیاژنزی و تحول تکتونیکی و مورفولوژی حوضه است (Esteban and Taberner 2003). زمانی که کیفیت مخزنی در چاه‌ها با توجه به میزان تخلخل و تراوایی بررسی

تأثیر دیاژنزی بر کیفیت مخزنی

تخلخل و تراوایی در سازند سروک به ترتیب در محدوده ۳ تا ۳۱ درصد و کمتر از ۰.۰۱ تا بیشتر از ۴۰۰ میلی داری تغییر می‌کند. این تغییرات در تخلخل و تراوایی شدیداً وابسته به تغییرات رخساره‌ای و به میزان بیشتر فرایندهای دیاژنزی است. تغییرات گسترده کیفیت مخزنی و ناهمگنی فراوان

است. کیفیت مخزنی می‌تواند به سه گروه عمده بر مبنای تأثیر دیاژنز تفکیک شود:

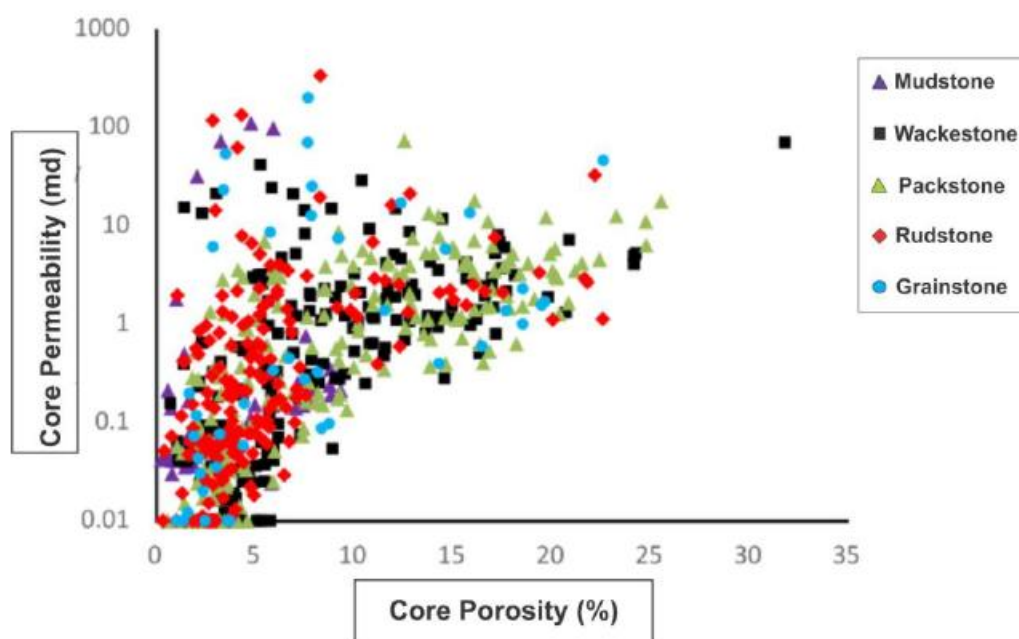
۱- کیفیت مخزنی بالا: شکستگی و انحلال غالب و تأثیر سیمانی شدن و تراکم ناچیز و یا اثر آن‌ها توسط عوامل بهبود دهنده تقلیل یابد.

۲- کیفیت مخزنی متوسط: هیچ کدام از فرآیندهای دیاژنزی بهبود دهنده یا تخریب کننده نتوانند اثر دیگری را تقلیل دهند و توازن بین تأثیر این فرآیندها برقرار است.

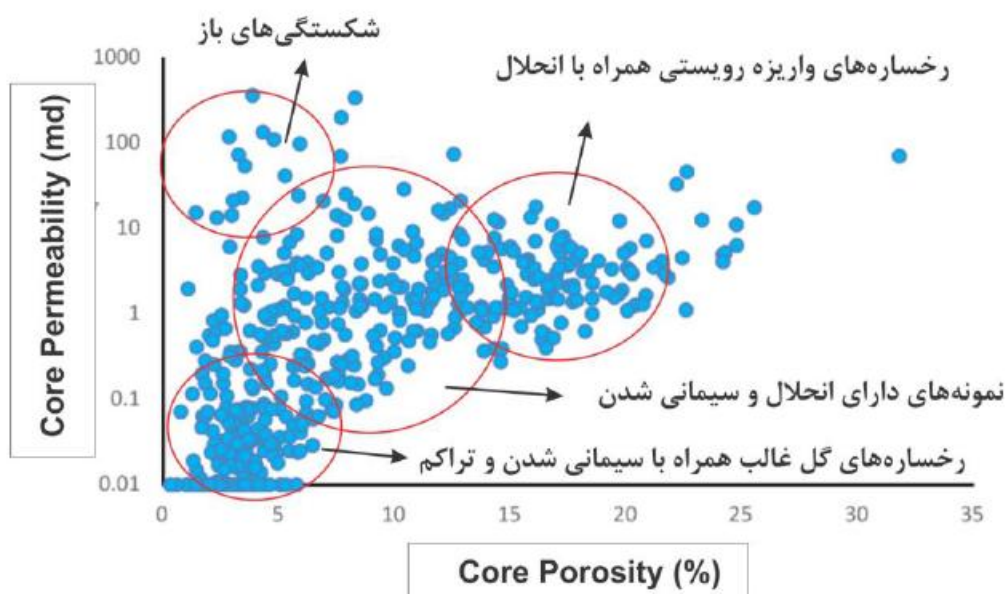
۳- کیفیت مخزنی پایین: تراکم و سیمانی شدن غالب است. از طریق شناسایی توزیع فرآیندهای دیاژنزی می‌توان زون‌های مختلف دیاژنزی را تفکیک و از طریق مرتبط کردن آن‌ها به سایر داده‌های پتروفیزیکی به‌ویژه نمودارهای چاه پیمایی آن‌ها را در سایر چاه‌ها شناسایی نمود. به عنوان مثال در چاه B در عمق ۲۹۲۲ تا ۲۹۲۸ به دلیل انحلال گسترده و برخی شکستگی‌های باز کیفیت مخزنی مناسب و در زیر آن از عمق ۲۹۳۰-۲۹۴۲ به دلیل سیمانی شدن گسترده کیفیت مخزنی پایین است.

توزیع فرآیندهای دیاژنزی، سیستم منافذ، ویژگی‌های پتروفیزیکی، بافت سنگ در دو چاه مورد مطالعه نشان داده شده است (شکل ۱۲).

می‌شود باید تأثیر توام تمام پارامترهای تأثیرگذار در نظر گرفته شود. دو پارامتر عمده تأثیرگذار رخساره اولیه و تأثیر فرآیندهای دیاژنزی است. تأثیر بافت با توجه به ماهیت گل غالب بیشتر رخساره‌ها و تأثیر عمده دیاژنز، در روند تغییرات تخلخل و تراوایی به آسانی قابل شناسایی نیست و پراکندگی زیادی نشان می‌دهد (شکل ۱۰). هرچند که کمربندهای رخساره‌ای معمولاً روندهای مشخصی از نظر کیفیت مخزنی نشان می‌دهند. در مجموع رخساره‌های رودیستی و شول-بایوسستروم کیفیت مخزنی بهتری نسبت به رخساره‌های دریای باز عمیق و لاگون نشان می‌دهند. میزان تخلخل و تراوایی که اکنون مشاهده می‌شود حاصل تأثیر تمام این فرآیندهای اولیه و ثانویه است، اما برخی غالب و تأثیر آن‌ها در سیستم منافذ عمده است. با توجه به دشواری و پیچیدگی بررسی تأثیر همزمان تمام این فرآیندها و تأثیر عمده فرآیندهای دیاژنزی انحلال، سیمانی شدن، تراکم و شکستگی بر کیفیت مخزنی سازند سروک، تنها نمودار تغییرات تخلخل و تراوایی، بدون تفکیک اولیه رخساره ترسیم شده است (شکل ۱۱). بهتر است برای هر کدام از کمربندهای رخساره‌ای به صورت جداگانه توزیع تخلخل و تراوایی رسم شود و دیاژنز بررسی گردد. این عمل به دلیل محدود بودن داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه و گستردگی بحث از انجام آن صرف نظر شده

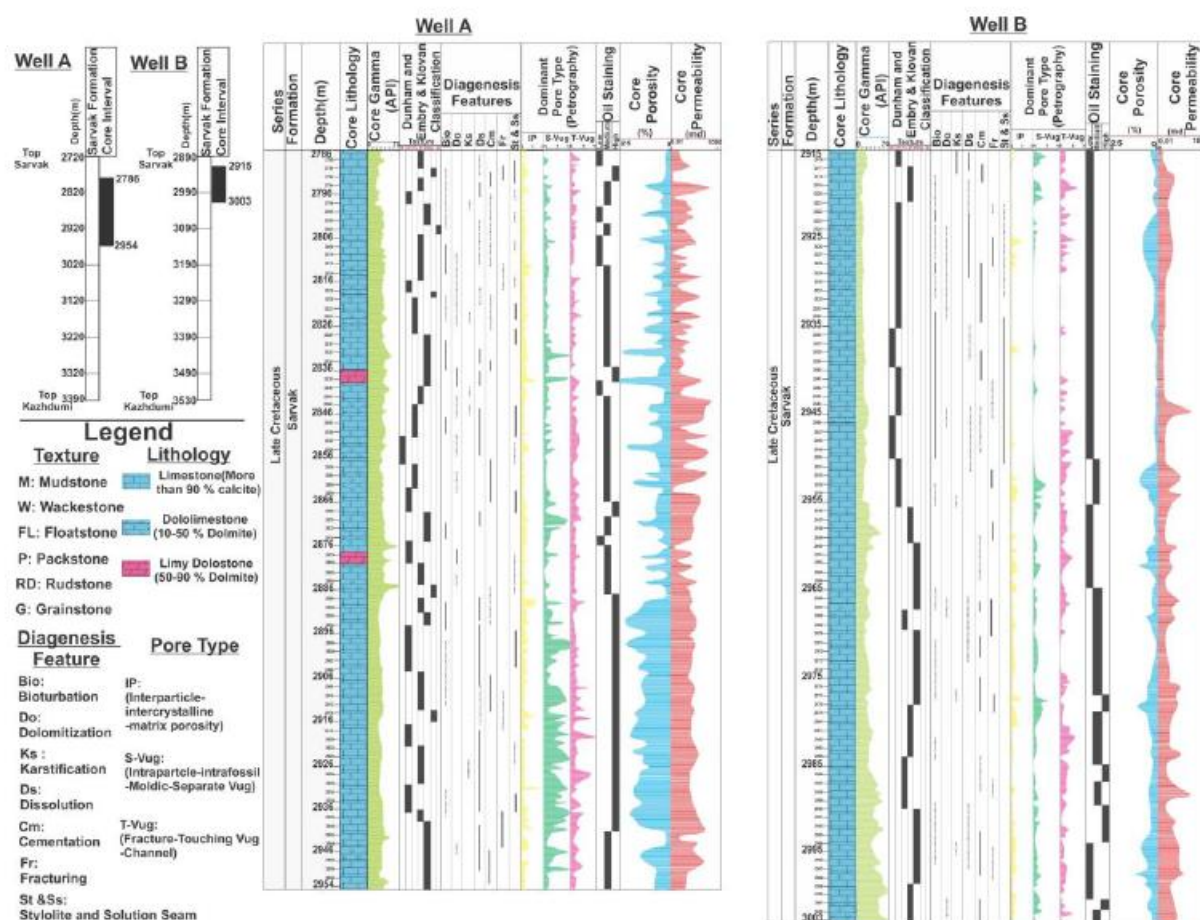


شکل ۱۰- توزیع تخلخل و تراوایی مغزه در رخساره‌های مختلف رسوبی، پراکنندگی بالایی در بین گروه‌های مختلف دیده می‌شود و روند معینی قابل شناسایی نیست.



شکل ۱۱- تأثیر فرآیندهای دیازنزی بر توزیع تخلخل و تراوایی مغزه، نمونه‌هایی که فرآیندهای انحلال و شکستگی غالب هستند کیفیت مخزنی بالا و در نمونه‌های با تراکم و سیمانی شدن غالب کیفیت مخزنی پایین است.





شکل ۱۲- توزیع فرآیندهای دیاژنزی همراه با خصوصیات سیستم منافذ و ویژگی‌های پتروفیزیکی در بخش بالایی سازند سروک در دو چاه مورد مطالعه، موقعیت مغزه‌های مورد مطالعه در توالی سازند سروک نشان داده شده است.

## نتیجه

گردیده است. دو گروه عمده از انواع تخلخل‌های وابسته و غیر وابسته به فابریک شناسایی و ملاحظه گردید که عمده تخلخل‌های مؤثر و سیمانی نشده مرتبط با انحلال‌های غیر وابسته به فابریک هستند. در مقابل سیمانی شدن بخش زیادی از تخلخل‌های حاصل از انحلال متوریک نقش مهمی در کاهش کیفیت مخزنی داشته است.

۳- دیاژنز تدفینی نقش عمده‌ای بر کیفیت مخزنی سازند سروک داشته است. دو عامل مهم تراکم فیزیکی و شیمیایی و سیمان‌های تدفینی مهم‌ترین عامل کاهش دهنده و گسترش شکستگی‌ها همراه با برخی از انحلال‌های سیمانی نشده مهم‌ترین عامل افزایش دهنده بوده است. دولومیت‌های مرتبط با استیلولیت‌ها به دلیل توزیع پراکنده و نیز گل غالب بودن

۱- دیاژنز و فرآیندهای آن نقش دوگانه‌ای بر کیفیت مخزنی داشته و باعث بهبود و کاهش کیفیت مخزنی گردیده‌اند. با توجه به غالب بودن سیستم منافذ حفره‌ای و توسعه اندک منافذ بین دانه‌ای می‌توان دریافت که دیاژنز نقش مهمی در ایجاد و توسعه فضاهاى خالی در سازند سروک در میدان مورد مطالعه داشته است.

۲- تأثیر دیاژنز متوریک به دلیل شرایط اقلیمی، تکنیکی و تغییرات سطح آب دریا بر توالی سازند سروک قابل ملاحظه بوده است. مهم‌ترین عوامل بهبود دهنده کیفیت مخزنی انحلال در طی دوره‌های متفاوت بوده است. انحلال سبب تشکیل افق‌های کارستی و تشکیل تخلخل‌های حفره‌ای عمده



هنرمند، ج. و ا.، مداحی، ۱۳۹۰، ارتباط رخساره‌های رسوبی با گسترش فرآیندهای دیاژنزی و کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در یکی از میدانی بزرگ نفتی جنوب غرب ایران: نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی اصفهان، ج ۴۲، ش ۱، ص ۹۷-۱۱۴.

- Abdollahie Fard, I. A., A. Braathen, M. Mokhtari, & S. A. Alavi, 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*, v. 12, no. 4, p. 347-362.
- Abdollahie Fard, I. A., M. Mokhtari and S. A. Alavi, 2007, The main structural elements of the Abadan Plain (SW Iran) and the N. Persian Gulf based on the integrated geophysical data: *Geophysical Research Abstracts*, v. 9, p. 111-146.
- Adams, A. and I. R. MacKenzie, 1998, Carbonate sediments and rocks under the microscope: a color atlas: Manson Publishing, 108 p.
- Ahr, W.M., 2008, *Geology of carbonate reservoirs*: John Wiley and Sons, Chichester, 296 p.
- Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its pro-foreland evolution: *American Journal of Sciences*, v. 304, p. 1-20.
- Alavi, M., 2007, Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran: *American Journal of Sciences*, v. 307, p. 1064-1095.
- Aqrabi, A. A. M., T. A. Mahdi, G. H. Sherwani and A. D. Horbury, 2010, Characterization of the Mid-Cretaceous Mishrif reservoir of the southern Mesopotamian Basin, Iraq. AAPG Middle East Geoscience Conference and Exhibition, Manama, Bahrain, p. 7-10.
- Aqrabi, A. A. M., Thehni, G. A., Sherwani, G. H., Kareem, B. M. A. 1998, Mid-Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Mishrif Formation: an important reservoir sequence in the Mesopotamian Basin, Iraq: *Journal of Petroleum Geology*, v. 21, no. 1, p. 57-82.
- Beiranvand, B., A. Ahmadi and M. Sharafodin, 2007, Mapping and classifying flow units in the Upper part of the Mid-Cretaceous Sarvak formation (western Dezful Embayment, SW Iran) based on a determination of reservoir rock types: *Journal of Petroleum Geology*, v. 30, no. 4, p. 357-373.
- Bliednick, D. M. and J. G. Kaldi, 1996, Pore geometry: control on reservoir properties, Walker Creek

اکثر رخساره‌های اولیه نتوانسته است کیفیت مخزنی را بهبود دهد.

۴- برهم کنش مجموعه‌ای از فرآیندهای دیاژنزی مختلف می‌تواند تأثیر مثبت، منفی و یا عدم تأثیر قابل ملاحظه دیاژنزی بر کیفیت مخزنی را نشان دهد. در بخش‌هایی از سازند سروک که تأثیر انحلال و شکستگی غالب بوده و سیمانی شدن و تراکم ناچیز یا اثر آن‌ها به‌ویژه توسط انحلال تقلیل یافته است کیفیت مخزنی بالا، زون‌هایی که سیمانی شدن و تراکم غالب و انحلال ناچیز بوده است کیفیت مخزنی پایین و سرانجام در زون‌ها و بخش‌هایی که توازن نسبی بین اثر عوامل بهبود دهنده و کاهش دهنده دیده می‌شود کیفیت مخزنی متوسط است.

#### تشکر و قدردانی

از واحد زمین‌شناسی نفت پژوهشگاه صنعت نفت به جهت همکاری مناسب در اسکن مقاطع نازک میکروسکوپی، مطالعات پتروگرافی، توصیف مغزه‌ها و از واحد مغزه‌های نفتی به جهت انجام آنالیزهای رایج مغزه بر روی نمونه‌ها کمال تشکر و سپاس‌گذاری را داریم.

#### منابع

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ص ۷۰۸.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی نفت زاگرس-۱، سازمان زمین‌شناسی کشور. ص ۵۷۲.
- محرابی، ح. ح. رحیم‌پور بناب، م. امیدوار و ح. حاجی مشهدی، ۱۳۹۱، مطالعه محیط رسوبی، دیاژنزی و چینه‌نگاری سکانسی سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور در بخش غربی ناحیه فروفاندگی دزفول: نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی اصفهان، ج ۴۷، ش ۲، ص ۲۵-۵۰.

- Petroleum Geoscience, v. 17, no. 3, p. 223-241.
- Hurley, N.F., H.C. Tanner and C.Barcat, 1995, Unconformity-Related Porosity Development in the Quintuco Formation (Lower Cretaceous), Neuquén Basin, Argentina, Unconformities and Porosity in Carbonate Strata: American Association Petroleum Geologists, Special Publication v. 63, p. 159-175.
- James, G.A., and J.G. Wynd, 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area: American Association Petroleum Geologists, v. 49, no.12, p. 2182-2245.
- Lapponi, F., G. Casini, I. Sharp, W. Blendinger, N. Fernández and D. Hunt, 2011. From outcrop to 3D modelling: a case study of a dolomitized carbonate reservoir, Zagros Mountains, Iran: Petroleum Geoscience, v. 17, no. 3, p. 283-307.
- Longman, M. W. (1980). Carbonate diagenetic textures from near surface diagenetic environments: American Association of Petroleum Geologists, v. 64, no. 4, p. 461-487.
- Lønøy, A. 2006, Making sense of carbonate pore systems: American Association of Petroleum Geologists, v. 90, no. 9, p. 1391-1405.
- Lucia, F. J. 2004, Origin and petrophysics of dolostone pore space: Geological Society, London, Special Publications, v. 235, no. 1, p. 141-155.
- Lucia, F.J., 2007, Carbonate Reservoir Characterization: an Integrated Approach: Springer, Berlin, New York, 336 p.
- Machel, H. G., 2004, Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal: Geological Society, London, Special Publications, v. 235, no. 1, p. 7-63.
- Mahdi, T. A., A. A. Aqrabi, A. Horbury and G. H. Sherwani, 2013, Sedimentological characterization of the mid-Cretaceous Mishrif reservoir in southern Mesopotamian Basin, Iraq: GeoArabia, v. 18, no. 1, p. 139-174.
- Mazzullo, S. J., & P. M. Harris, 1992, Mesogenetic dissolution: its role in porosity development in carbonate reservoirs: American Association of Petroleum Geologists, v. 76, no. 5, p. 607-620.
- Mehrabi, H., and H. Rahimpour-Bonab, 2014, Paleoclimate and tectonic controls on the depositional and diagenetic history of the Cenomanian-early Turonian carbonate reservoirs, Dezful Embayment, SW Iran: Facies, v. 60, no. 1, p.147-167.
- Field, Columbia and Lafayette counties, Arkansas: American Association of Petroleum Geologists, v. 80, no. 7, p. 1027-1044.
- Burchette, T. P. and S. R. Britton, 1985, Carbonate facies analysis in the exploration for hydrocarbons: a case-study from the Cretaceous of the Middle East: Geological Society, London, Special Publications, v. 18, no. 1, 311-338.
- Christian, L. 1997, Cretaceous Subsurface Geology of the Middle East Region. GeoArabia, v. 2, no. 3, 239-256.
- Dickson, J. A. D., 1966, Carbonate identification and genesis as revealed by staining: Journal of Sedimentary Research, v. 36, no. 2, p. 491-505.
- Esfarili-Dizaji, B., H. Rahimpour-Bonab, H. Mehrabi, S. Afshin, F. K. Harchegani and N. Shahverdi, 2015, Characterization of rudist-dominated units as potential reservoirs in the middle Cretaceous Sarvak Formation, SW Iran: Facies, v. 61, no. 3, p. 1-25.
- Esteban, M., & C. Taberner, 2003, Secondary porosity development during late burial in carbonate reservoirs as a result of mixing and/or cooling of brines: Journal of Geochemical Exploration, v. 78, p. 355-359.
- Flügel, E., 2010, Microfacies of carbonate rocks: Springer-Verlag, Berlin, 976 p.
- Ghabeishavi, A., H. Vaziri-Moghaddam, A. Taheri, 2009, Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian-Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran: Facies, v. 55, no. 2, p. 243-257.
- Ghabeishavi, A., H. Vaziri-Moghaddam, A. Taheri and F. Taati, 2010, Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran: Journal of Asian Earth Sciences, v. 37, no. 3, p. 275-285.
- Hajikazemi, E., I. S. Al-Aasm and M. Coniglio, 2010, Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak Formation, southwestern Iran: Geological Society, London, Special Publications, v. 330, no. 1, p. 253-272.
- Hajikazemi, E., I. S. Al-Aasm, M. Coniglio, 2012, Chemostratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonates of the Sarvak Formation, Southern Iran: Journal of Petroleum Geology, v. 35, no. 2, p. 187-205.
- Hollis, C. 2011, Diagenetic controls on reservoir properties of carbonate successions within the Albian-Turonian of the Arabian Plate:

- Setudehnia, A., 1978, The Mesozoic sequence in southwest Iran and adjacent areas: *Journal of Petroleum Geology*, v. 1, no. 1, p. 3-42.
- Sharp, I., P. Gillespie, D. Morsalnezhad, C. Taberner, R. Karpuz, J. Vergés and D. Hunt, 2010, Stratigraphic architecture and fracture-controlled dolomitization of the Cretaceous Khami and Bangestan groups: an outcrop case study, Zagros Mountains, Iran: Geological Society, London, Special Publications, v. 329, no. 1, p. 343-396.
- Sibley, D. F., and J. M. Gregg, 1987, Classification of dolomite rock textures: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 57, no. 6, p. 967-675
- Sun, S. Q. 1995, Dolomite reservoirs: porosity evolution and reservoir characteristics: *American Association of Petroleum Geologists*, v. 79, no. 2, p. 186-204.
- Taghavi, A.A., A. Mork and M.A. Emadi, 2006, Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehloran field, SW Iran: *Petroleum Geoscience*, v. 12, p. 115-126.
- Taghavi, A.A., A. Mork and E. Kazemzadeh, 2007, Flow unit classification for geological modelling of a heterogeneous carbonate reservoir: cretaceous Sarvak formation, Dehloran field, SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, v. 30, no. 2, p. 129-146.
- Tucker, M.E. and V.P., Wright, 1990. *Carbonate Sedimentology*: Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 482 p.
- Van Buchem, F. S. P., M. D. Simmons, H. J. Droste, & R. B. Davies, 2011, Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate—depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature: *Petroleum Geoscience*, v. 17, no. 3, p. 211-222.
- Vincent, B., F. S. van Buchem, L. G. Bulot, M. Jalali, R. Swennen, A. S. Hosseini, D. Baghbani, 2015, Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in coastal Fars (SW Iran): *Marine and Petroleum Geology*, v. 63, p. 46-67.
- Warren, J. 2000, Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations: *Earth-Science Reviews*, v. 52, no. 1, p. 1-81.
- Mehrabi, H., H. Rahimpour-Bonab, A. H. Enayati-Bidgoli and B. Esrafil-Dizaji, 2015, Impact of contrasting paleoclimate on carbonate reservoir architecture: Cases from arid Permo-Triassic and humid Cretaceous platforms in the south and southwestern Iran: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 126, p. 262-283.
- Moore, C. H., and W.J. Wade, 2013, Carbonate reservoirs: porosity, evolution & diagenesis in a sequence stratigraphic framework: *Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework: Second edition*, Elsevier, 369 p.
- Morad, S., I. S. Al-Aasm, F. H. Nader, A. Ceriani, M. Gasparri and H. Mansurbeg, 2012, Impact of diagenesis on the spatial and temporal distribution of reservoir quality in the Jurassic Arab D and C members, offshore Abu Dhabi oilfield, United Arab Emirates: *GeoArabia*, v. 17, no. 3, p. 17-56.
- Murris, R.J., 1980, Middle East: stratigraphic evolution and oil habitat: *American Association of Petroleum Geologists*, v. 64, no. 5, p. 597-618.
- Rahimpour-Bonab, H., H. Mehrabi, A. H. Enayati-Bidgoli and M. Omidvar, 2012, Coupled imprints of tropical climate and recurring emergence on reservoir evolution of a mid-Cretaceous carbonate ramp, Zagros Basin, southwest Iran: *Cretaceous Research*, v. 37, 15-34.
- Rahimpour-Bonab, H., H. Mehrabi, A. Navidtalab, M. Omidvar, A. H. Enayati-Bidgoli, R. Sonei and E. Izadi-Mazidi, 2013, Palaeo-exposure surfaces in Cenomanian–Santonian carbonate reservoirs in the Dezful embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, v. 36, no. 4, p. 335-362.
- Razin, P., F. Taati and F. S. P. Van Buchem, 2010, Sequence stratigraphy of Cenomanian–Turonian carbonate platform margins (Sarvak Formation) in the High Zagros, SW Iran: an outcrop reference model for the Arabian Plate: Geological Society, London, Special Publications, v. 329, no. 1, p. 187-218.
- Scholle, P. A., and D. S. Ulmer-Scholle, 2003, *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity, Diagenesis*: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 77, 448 p.

