

رخساره‌ها، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازند سروک در میدان نفتی کوپال، در جنوب غرب ایران

مجتبی ذاکری

کارشناس ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

سید رضا موسوی حرمی

استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

محمد خانه‌باد

استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

اسداله محبوبی

استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

امیر صابری

کارشناس ارشد، مناطق نفت خیز جنوب

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۳۱

moussavi@um.ac.ir

چکیده

مطالعه سازند سروک در میدان نفتی کوپال منجر به شناسایی ۸ رخساره رسوبی شده که در محیط‌های لاگونی، سدی و دریای باز در یک رمپ کربناته با شیب ملایم نهشته شده است. کیفیت مخزنی سازند سروک ارتباط نزدیکی با فرآیندهای دیاژنزی دارد. فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن مهمترین فرآیندهای دیاژنزی کنترل کننده خواص مخزنی هستند. دو عامل نخست باعث کاهش کیفیت مخزنی و سه عامل بعدی افزایش دهنده آن بوده است. اغلب رخساره‌های دانه‌پشتیبان به دلیل تاثیر سیمانی شدن و فشردگی از تخلخل و تراوایی پایینی برخوردارند. رخساره‌های گل‌پشتیبان بخش لاگون به دلیل تاثیر انحلال و شکستگی در آنها، دارای کیفیت مخزنی بهتری هستند. بررسی عملکرد فرآیندهای دیاژنزی بر روی سنگ‌های مخزنی می‌تواند کمک شایانی به تفکیک زون‌های دارای کیفیت مخزنی از زون‌های فاقد کیفیت مخزنی در سازند سروک میدان کوپال نماید. این امر منجر به بهره‌برداری هر چه بهتر از سازند سروک در میدان کوپال می‌شود.

کلمات کلیدی: رخساره، دیاژنز، کیفیت مخزنی، سروک، کوپال

مقدمه

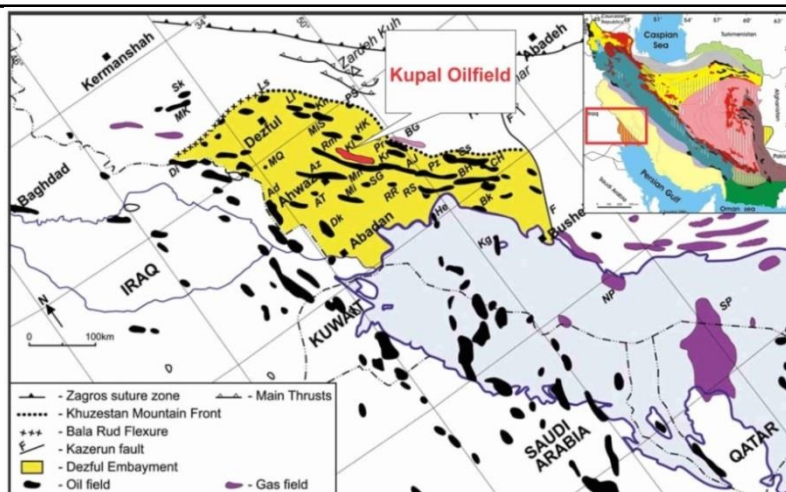
به مرز فرسایشی میان آنها اشاره نمود به طوری که سازند سورگاه در این میدان رسوبگذاری نکرده است (قلاوند، ۱۳۸۱). لازم به ذکر است با توجه به خصوصیات پتروفیزیکی و نیز شواهد و اطلاعات نموداری و تولید، هرزروی، شکستگی‌ها و آزمایش‌های بعمل آمده، مخزن بنگستان در میدان کوپال به ۸ زون مخزنی تقسیم گردید که زون‌های ۱ و ۲ در سازند ایلام و زون‌های ۳ تا ۸ در سازند سروک قرار دارند (قلاوند، ۱۳۸۱). هدف از این مطالعه، بررسی رخساره‌های رسوبی، شناخت ارتباط بین رخساره‌ها با گسترش فرآیندهای دیاژنزی و بررسی کیفیت مخزنی زون‌های ۳، ۴، ۶ و ۷ سازند سروک در میدان کوپال است.

موقعیت جغرافیایی

میدان نفتی کوپال یکی از میدان‌های نفتی جنوب غرب کشور است که در استان خوزستان، در ۵۰ کیلومتری شمال شرق اهواز و در بخش مرکزی فرو افتادگی دزفول شمالی قرار دارد و روندی شمال غربی- جنوب شرقی را نشان می‌دهد. این میدان در محدوده عرض جغرافیایی 31° الی 32° و طول جغرافیایی 49° الی $49^{\circ} 27'$ واقع شده است. رخنمون سطحی این میدان از سازندهای آگاجاری و بختیاری تشکیل شده است. میدان کوپال از شمال غرب به وسیله میدان رامین، در جنوب غرب به وسیله میدان مارون و از جنوب بوسیله میدان آگاجاری محدود می‌شود (سراج، ۱۳۸۴) (شکل ۱).

سازند سروک به سن آلبین تا تورونین، واحد سنگ چینه‌ای کربناته ضخیمی است که در جنوب غرب ایران و در حاشیه جنوبی نئوتیس نهشته شده است (James and Wynd, 1965). این سازند شامل سه بخش پایینی (مادود)، میانی (احمدی) و بالایی (James and Wynd, 1965) و دارای دو رخساره متفاوت است. رخساره کم‌عمق در محل برش الگو و فارس ساحلی و رخساره‌های عمیق در ناحیه لرستان گسترش دارد. رخساره کم‌عمق از سنگ آهک ضخیم لایه تا توده‌ای حاوی فسیل‌های رودیست و گاستروپودا و رخساره عمیق از سنگ آهک‌های نازک لایه حاوی فسیل الیگوستژینا تشکیل شده است (محمودی رنایی و طاهری، ۱۳۹۰).

از آنجا که این سازند یکی از مهم‌ترین افق‌های مخزنی در بسیاری از میادین هیدروکربوری جنوب غرب و غرب کشورمان محسوب می‌شود از دیرباز مورد توجه زمین شناسان بوده است (James and Wynd, 1965; Hajikazemi et al., 2010; Rahimpour-Bonab et al., 2012; Hajikazemi et al., 2012; Asghari and Adabi, 2014). در میدان نفتی کوپال، این سازند به طور کامل حفاری نشده است و با در نظر گرفتن اطلاعات حاصل از چاه‌های میادین مجاور نظیر هفتکل 61° اهواز 67° اهواز 101° ، مارون 123° ، مارون 222° و آگاجاری 141° ضخامت این واحد را می‌توان در حدود ۱۰۰۰ متر تخمین زد. مرز پایینی این سازند نامشخص است و مرز بالایی با سازند ایلام ناهمساز بوده که با توجه به محتوای فسیلی می‌توان



شکل ۱. موقعیت میدان کوپال در مجاورت میادین دیگر (اقتباس با تغییرات از Bordenave and Hegre, 2005).

روش مطالعه

در این مطالعه تعداد ۲۴۶ مقطع نازک حاصل از مغزه‌های حفاری سازند سروک در چاه‌های شماره ۴ و ۲۰ میدان کوپال مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه مقاطع نازک ویژگی‌هایی همچون دانه‌های آهکی، فراوانی دانه‌ها، فضاهای خالی موجود و فرآیندهای دیاژنزی شناسایی شده‌اند. به منظور شناسایی نوع کانی‌های کربناته (تشخیص کلسیت از دولومیت) نمونه‌ها توسط محلول آلزاین قرمز، مطابق روش دیکسون (Dickson, 1966) رنگ آمیزی شده‌اند. جهت نامگذاری رخساره‌های کربناته از روش دانه‌ام (Dunham, 1962) و امبری وکلوان (Embry and Klovan, 1971) و از طبقه بندی تخریل چوک و پری (Choquette and Pray, 1970)، جهت نامگذاری انواع تخریل مشاهده شده در مقاطع نازک استفاده شده است. به منظور تعیین کیفیت مخزنی سازند سروک در میدان کوپال از داده‌های تخریل و تراوایی حاصل از مغزه‌های حفاری و لاگ‌های چاه‌پیمایی صوتی (DT)، لاگ چگالی (RHOB) و نوترون (NPHI) استفاده گردیده است.

رخساره‌ها و محیط رسوبی

براساس مطالعات میکروسکوپی، ۸ رخساره در سازند سروک در میدان کوپال شناسایی شده که در سه محیط لاگون، سد و دریای باز نهشته شده‌اند. این رخساره‌ها از خشکی به سمت دریای باز به شرح زیر است.

مجموعه رخساره‌ای L (لاگون)

L1- وکستون / پکستون پلوئیدی بیوکلاستی

دانه اصلی این رخساره پلوئید با فراوانی ۲۰ درصد و در اندازه حدود ۰/۱ میلی‌متر است، سایر دانه‌ها شامل فرامینفرهای بنتیک از قبیل نزازاتا، تکستولاریا و میلیولید با فراوانی ۱۵ درصد و در اندازه ۰/۳ میلی‌متر، خرده رودیست با فراوانی ۵ درصد و در اندازه ۰/۵ میلی‌متر و همچنین قطعات اکینودرم با فراوانی کمتر از ۵ درصد و در اندازه ۰/۵ میلی‌متر است (شکل ۲-A، B). میکریتم زمینه را پوشانده است.

L2- وکستون میلیولیدی

میلیولید اصلی‌ترین دانه تشکیل‌دهنده این رخساره با فراوانی حدود ۸ درصد و در اندازه ۰/۲ میلی‌متر و سایر دانه‌ها شامل فرامینفرهای بنتیک از قبیل بورلیس، نزازاتا با فراوانی حدود ۵ درصد و در اندازه ۰/۴ میلی‌متر و همچنین جلبک سبز با فراوانی کمتر از ۲ درصد و در اندازه در حد ۰/۳ میلی‌متر می‌باشد. زمینه سنگ از میکریتم تشکیل شده است. مشابه این

رخساره در ناحیه خوزستان گزارش شده است (Ghabeishavi et al., 2009) (شکل ۲.C).

تفسیر

فراوانی گل و پلوئیدها (Al-Ghreri, 2013) فرامینفرهای بنتیک بدون منفذ مانند نزازاتا و تکستولاریا و حضور قطعات جلبک سبز (Razin et al., 2010) تنوع کم فونا نشان دهنده چرخش محدود آب است (Saber, 2012). وجود میلیولید به عنوان شاخص آب‌های آرام و کم‌عمق، نیمه شور تا فوق‌العاده شور از عوامل تایید کننده محیط کربناته لاگونی برای برخی از رخساره‌های این مجموعه است (محمودی زانی و طاهری، ۱۳۹۰). همچنین حضور قطعات رودیست و اکینودرم بیانگر این است که این فسیل‌ها از رخساره‌های سدی و دریای باز به محیط لاگونی حمل شده‌اند.

مجموعه رخساره‌ای B (محیط سدی)

B1- گرینستون پلوئیدی

اصلی‌ترین دانه تشکیل دهنده این رخساره پلوئید با فراوانی ۲۵ تا ۳۰ درصد و در اندازه حد ۰/۲ میلی‌متر است. دانه‌های فرعی شامل خرده‌های رودیست با فراوانی ۱۲ تا ۱۵ درصد و در اندازه ۰/۶ میلی‌متر، اکینودرم با فراوانی کمتر از ۵ درصد و در اندازه ۰/۴ میلی‌متر و فرامینفرهای بنتیک (نظیر میلیولید، تکستولاریا و نزازاتا) با فراوانی کمتر از ۳ درصد و در اندازه ۰/۴ میلی‌متر، گاستروپودا با فراوانی کمتر از ۲ درصد و در اندازه ۰/۳ میلی‌متر و همچنین اینتراکلست با فراوانی کمتر از ۳ درصد و در اندازه ۰/۷ میلی‌متر است. زمینه از اسپاریت تشکیل شده است (شکل ۲ D-E).

B2- گرینستون رودیستی بیوکلاستی

قطعات رودیست با فراوانی ۳۰ درصد و در اندازه ۱/۳ میلی‌متر از دانه اصلی این رخساره محسوب می‌شود. زمینه سنگ از اسپاریت تشکیل شده است (شکل ۲ F). دانه‌های فرعی شامل اربیتولین (شکل ۳ A) با فراوانی ۱۰ درصد و در اندازه ۰/۸ میلی‌متر، قطعات اکینودرم با اندازه ۰/۸ میلی‌متر و کمتر از ۸ درصد و همچنین سایر فرامینفرهای بنتیک با فراوانی کمتر از ۵ درصد و در اندازه ۰/۳ میلی‌متر هستند. اسپاریت زمینه را پر کرده است.

B3- باندستون رودیستی

تنها دانه تشکیل دهنده این رخساره رودیست می‌باشد. که به طور کامل مقاطع نازک را در بر گرفته است (شکل ۳ B) و هیچ فسیل دیگری در این رخساره مشاهده نشده است. فراوانی و اندازه این رودیست‌ها به ترتیب در حدود ۹۰ درصد و بیش از ۲ میلی‌متر است.

B4- پکستون رودیستی

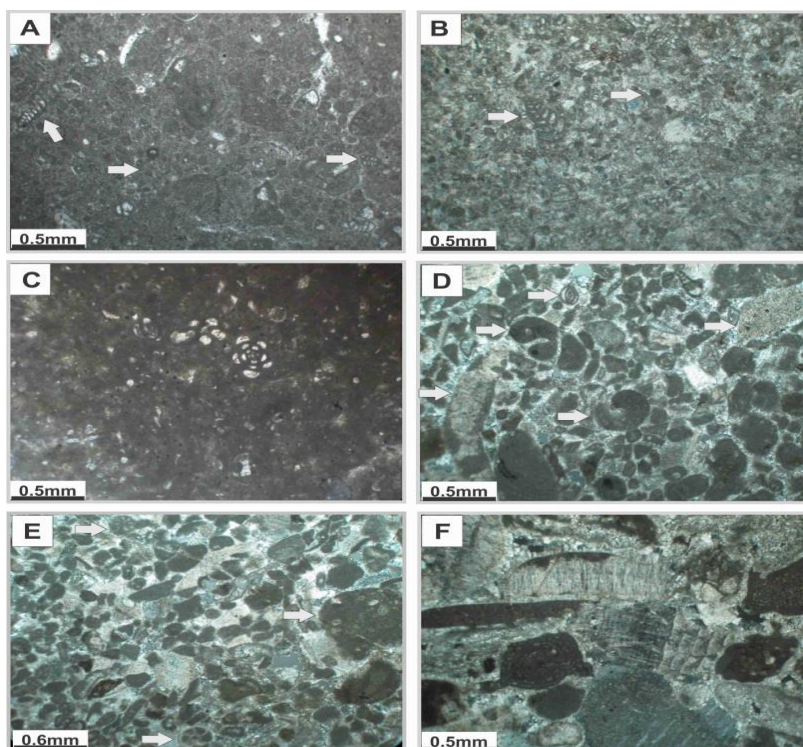
اصلی ترین دانه این رخساره خرده های رودیست با فراوانی ۳۰ تا ۳۵ درصد و در اندازه حدود ۰/۸ میلیمتر و به مقدار کمتر قطعات اकिनودرم با فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد و در اندازه حدود ۰/۶ میلیمتر است. در نمونه های مورد مطالعه زمینه سنگ از میکريت و اسپاريت تشكيل شده است (شكل ۳C).

تفسير

در رخساره گرينستون پلوتيدي، حضور فرامينيفرهای بنتيك نظير (ميليوليد و نزازاتا) و حضور پلوتيد و اينتراكلستهای زاويه دار با جورشدگی ضعيف و عدم حضور گل، بيانگر اين است که رخساره مورد ذکر شده در بخش هایی از محيط سد که در مجاورت لاگون است تشكيل شده است و ذرات کربناته غيراسکلتی به اين رخساره انتقال یافته اند. روديست فراوانترين اجزای اسکلتی است که در رخساره های مربوط به محيط سدی شناسایی شده و همچنين در ساير رخساره ها مشاهده شده است. روديست ها معمولا ساختمان های زیستی وسیعی ايجاد نمی کنند و بصورت توده هایی با برجستگی های کم دیده می شوند. بنابر اين ريف های که توسط روديست ها ايجاد می شود امکان تغيير نيم رخ توپوگرافي حوضه از رمپ به شلف را ندارند (عباسی، ۱۳۹۱). پس رخساره روديست باندستونی فقط به صورت ريف های پچ مانند محدود تشكيل شده، و سد بيوکلاستی را تشكيل داده گسترش زیادی نداشته است. با توجه به نبود گل آهکی در زمینه اکثر رخساره های شناسایی شده و فراوانی دانه های مانند روديست می تواند بيانگر بخش جلویی سد (رو به دریای باز) باشد (Flügel, 2010).

مجموعه رخساره ای O (دریای باز)

O1- پکستون اकिनوتیدی بيوکلاستی



شكل ۲. تصاویر میکروسکوپی رخساره های رسوبی محیط لاگون و سدی سازند سروک. (A) وکستون / پکستون پلوتیدی بایوکلاستی. فرامينيفر بنتيك و پلوتيد با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۵۹۳ متری چاه شماره ۲۰، (B) وکستون / پکستون پلوتیدی بایوکلاستی. فرامينيفر بنتيك و پلوتيد با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۰۹ متری چاه شماره ۲۰، (C) وکستون ميليولیدی. XPL، عمق ۶۶۲۵ متری چاه شماره ۲۰، (D) گرينستون پلوتیدی. پلوتيد ها، ميليوليد، گاستروپودا، دوکفه ای (روديست) و اकिनودرم با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۰۸ متری چاه شماره ۲۰، (E) گرينستون پلوتیدی. اينتراكلست و نزازاتا با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۰۸ متری چاه شماره ۲۰، (F) گرينستون رودیستی بایوکلاستی. XPL، عمق ۴۶۷۵ متری چاه شماره ۲۰.

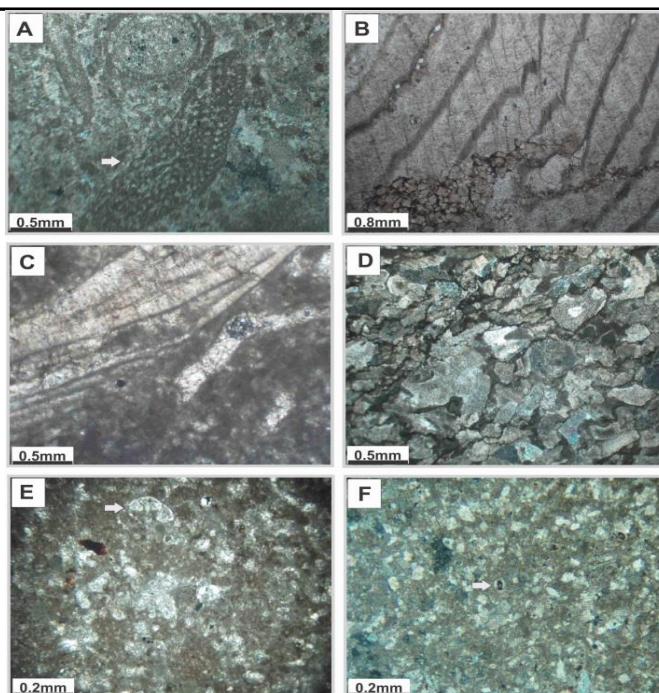
اصلی ترین دانه تشكيل دهنده اين رخساره قطعات اकिनودرم با فراوانی ۶۰ تا ۷۰ درصد و در اندازه حدود ۱ میلیمتر است. از دانه های فرعی می توان به خرده های روديست با فراوانی در حد ۸ درصد و در اندازه حدود ۰/۸ میلیمتر و خرده های براکيوپودا با فراوانی کمتر از ۵ درصد و در اندازه ۱ میلیمتر و همچنين فرامينيفرهای بنتيك (ميليوليد و نزازاتا) با فراوانی کمتر از ۵ درصد و در اندازه ۰/۲ میلیمتر اشاره کرد. زمینه تشكيل دهنده سنگ میکريت است (شكل ۳D).

O2- وکستون حاوی فرامينيفر پلاژيك

دانه های اصلی تشكيل دهنده اين رخساره شامل فرامينيفرهای پلاژيك مانند گلوبوزرینا و گلوبوترانکا با فراوانی در حد ۷ درصد و در اندازه ۰/۸ میلیمتر و الگوستینا با فراوانی در حدود ۵ درصد و در اندازه ۰/۳ میلیمتر هستند. میکريت تشكيل دهنده زمینه سنگ می باشد (شكل ۳E-F).

تفسير

وجود قطعات استنوهالين نظير اकिनودرم بيانگر شرايط رسوبگذاری در دریای باز می باشد (Heckel, 1972). بنظر می رسد خرده های روديست در اين رخساره از محيط های پرانرژی شکسته شده و به محيط های کم انرژی تر دریای باز حمل شده است. اليگوستین ها مربوط به محيط عمیق دریای باز با شوری معمولی و دمای ۲۰-۲۵ درجه و شرايط اوتروفیک هستند (Hart, 1991). وجود فرامينيفرهای پلانکتون نشان دهنده یک محيط آرام و عمیق با درجه خط امواج نرمال (FWWB) می باشد بنابر اين رسوبگذاری در یک محيط کم انرژی صورت گرفته است (Asadi Mehandoosti et al., 2013).



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی رخساره های رسوبی محیط دریای باز سازند سروک. (A) گریستن رودیستی بایوکلستی. اریبتولین با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۱۴ متری چاه شماره ۲۰، (B) باندستون رودیستی. PPI، عمق ۴۵۹۲ متری چاه شماره ۲۰، (C) پکستون رودیستی. XPL، عمق ۴۴۵۷ متری چاه شماره ۴، (D) پکستون اکیونیدی بایوکلستی. XPL، عمق ۴۶۹۳ متری چاه شماره ۲۰، (E) وکستون/پکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک. فرامینیفر پلاژیک با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۴۱۲ متری چاه شماره ۴، (F) وکستون/پکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک. الیگوستینا با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۴۰۱ متری چاه شماره ۴.

محیط رسوبی

با توجه به مطالعات مقاطع نازک میکروسکوپی و تعیین رخساره ها و ارتباط عمودی این رخساره ها مدل رسوبگذاری سازند سروک در میدان نفتی کوپال تعیین گردیده است. فراوانی فرامینفرهای بنتیک بدون منفذ (میلیولید، نزازاتا، بورلیس و تکستولاریا) و جلبک سبز در رخساره های وکستون/پکستون پلیویدی بایوکلستی و وکستون میلیولیدی بیانگر رسوبگذاری در محیط لاگونی است. بر اساس نوع تجمع فونا محیط لاگونی قابل تقسیم به لاگون محصور و نیمه محصور است. لاگون نیمه محصور با فرامینفرهای بنتیک، جلبک سبز و رودیست مشخص می گردد (Zhicheng et al., 1997). رخساره های گریستنونی و باندستونی در محدوده سطح اساس امواج نهشته شده اند. همچنین حضور سیمان کربناته حاکی از افزایش انرژی محیط و شسته شدن گل کربناته از محیط می باشد (Carannanate et al., 2000). همانطور که در بالا ذکر شد رودیست ها به صورت ریف های پیچمانند محدود تشکیل شده و سد بایوکلستی سازند سروک را در میدان مورد مطالعه تشکیل داده است. در رخساره پکستون رودیستی، فسیل های اکیوندرم در کنار خرده های رودیستی دیده می شود و بیانگر این است که این رخساره در قسمت های جلویی سد (رو به دریا) نهشته شده است. بخش های کم عمق تر دریای باز با رخساره پکستون اکیونیدی بایوکلستی حاوی فسیل های اکیوندرم، براکیوپودا و فرامینفرهای بنتیک و خرده های رودیست که در اثر انرژی بالا امواج دریا خرد شده و از محیط های کم عمق تر به این محیط حمل شده، مشخص می شود (Carannanate et al., 2000) و حضور گل بیانگر نهشته شدن این رخساره در محیط با انرژی کم است.

حضور فرامینفرهای پلاژیک گلوبوزرینا و گلوبوترانکا، الیگوستین ها و گل نشان دهنده این است که رخساره وکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک در یک محیط کم انرژی در زیر خط امواج نرمال (FWWB) در بخش های با عمق بیشتر دریای باز نهشته شده است. با توجه به این که موجودات ریف ساز

(رودیست) در سازند سروک، سدهای بیوکلستی پیوسته و گسترده ایجاد نکرده اند و همچنین تغییرات تدریجی رخساره ها به یکدیگر حاکی از ته نشینی در یک رمپ با شیب ملایم است (صفدری ادیمی و همکاران، ۱۳۸۹). که این رمپ از سه بخش لاگون، سدی و دریای باز تشکیل شده است (شکل ۴).

دیاژنی

بطور کلی کیفیت سنگ مخزن می تواند متأثر از شرایط رسوبی یا نوع رخساره رسوبی و فرایندهای دیاژنی مؤثر بر آن باشد (Lucia, 2007). حال آنکه، در بسیاری از مخازن کربناته، به دلیل تاثیر فرایندهای دیاژنی متنوع بر کیفیت مخزنی، ارتباط مشخص و قابل پیش بینی بین مدل رخساره ای و مدل توزیع تخلخل و تراوایی در مخزن وجود ندارد (Loony, 2006). بنابراین به نظر می رسد قبل از مدل سازی ویژگی های مخزنی در گستره میداین هیدروکربوری، ارتباط بین رخساره های رسوبی و فرایندهای دیاژنی مؤثر بر آنها بررسی گردد. مطالعات پتروگرافی نشان می دهد که فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن مهمترین فرایندهای دیاژنی کنترل کننده خواص مخزنی سازند سروک هستند. دو عامل نخست باعث کاهش کیفیت مخزنی شده و سه عامل بعدی افزایش دهنده آن بوده است.

میکریتی شدن

این فرایند از جمله فرایندهای دیاژنی معمول در چاه های مورد مطالعه است که بیشتر بر سطح دانه هایی مانند فرامینفرهای بنتیک، دوکفه ای ها و سایر بیوکلست ها ایجاد شده که در اکثر رخساره ها این فرایند مشاهده شده و پوشش میکریتی در اطراف دانه های بیوکلستی ایجاد شده است. این فرایند با گسترش در رخساره گریستنون و پکستونی دارای بیوکلست، بیشتر دانه ها را تحت تاثیر قرار داده و باعث از بین رفتن ساختمان داخلی آنها شده است (شکل ۵ A).

نئومورفیزم

در مقاطع مورد مطالعه نئومورفیزم از نوع افزایشی بوده و در بیشتر در رخساره‌های محیط لاگونی قابل مشاهده است که در طی آن میکربیت به میکرواسپار تبدیل شده است و همچنین در برخی موارد فسیل‌ها و خرده‌های اسکلتی را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۵ B).

فشردگی

یکی از فرآیندهای مهم دیاژنزی که توالی رسوبی سازند سروک را تحت تاثیر قرار داده، فشردگی است. این فرآیند به دو صورت فیزیکی (شکل ۵ C) و شیمیایی در سازند سروک عمل کرده است و اثرات آن بصورت تشکیل استیلولیت (شکل ۵ D)، رگچه‌های انحلالی، شکستگی و خمیدگی دانه‌ها مشاهده شده است. فشردگی به هر یک از اشکال مکانیکی و شیمیایی نقش قابل توجهی در کاهش فضاهای خالی سنگ دارد (هنرمند و مداحی، ۱۳۹۰). تشکیل استیلولیت‌های فراوان در رخساره‌های دانه‌پشتیبان نشان دهنده فشردگی زیاد رخساره‌های سازند سروک است. فشردگی مکانیکی بصورت محدود عمل کرده و منجر به نزدیک شدن دانه‌ها به یکدیگر، تماس خطی، خمیدگی و شکستگی دانه‌ها شده است. گسترش رگچه‌های انحلالی و استیلولیت می‌تواند ناشی از نرخ بالای رسوبگذاری و نبود سیمان دریایی اولیه باشد (Lasemi, 1995) (شکل ۵ E).

سیمانی شدن

مهمترین فابریک‌های سیمان کلسیتی در چاه مورد مطالعه شامل سیمان کلسیتی پوکیکولتاپیک (شکل ۵ F)، سیمان‌های کلسیتی رورشدی هم‌محور (شکل ۶ A)، سیمان‌های بلوکی (شکل ۶ B)، سیمان کلسیتی هم‌ضخامت به مقدار بسیار اندک در سازند مورد مطالعه تشکیل شده است (شکل ۶ C)، سیمان کلسیتی گرانولار یا هم‌بعد، بیشتر در رخساره‌های سدی با بافت گرینستون و به مقدار کمتر در رخساره‌های دریایی باز گسترش دارند که موجب کاهش تخلخل در رخساره‌های سدی شده است (شکل ۶ D).

شکستگی

دو نسل از شکستگی در سازند سروک، در میدان کوپال شناسایی شده است. شکستگی‌های نسل اول که توسط سیمان کلسیت هم بعد پر شده اند و شکستگی نسل دوم با برش و قطع کردن شکستگی‌های نسل اول مشخص

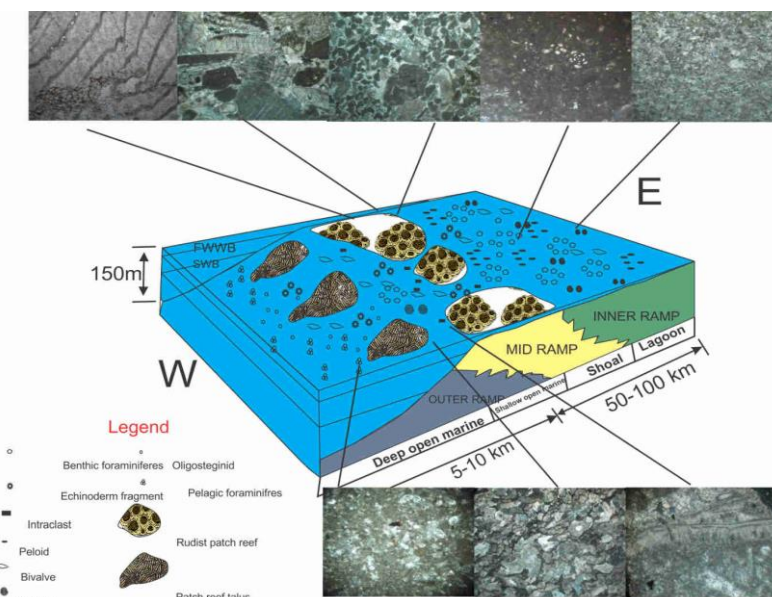
می‌شوند (شکل ۶ D)، این دو نسل از شکستگی‌ها بیشتر در رخساره‌های پکستون و وکستونی مشاهده شده اند. در مقاطع مورد مطالعه برخی از آنها توسط سیمان کلسیتی پر شده‌اند و بیشتر این شکستگی‌ها نیمه باز یا کاملاً باز هستند (شکل ۷ A).

جانشینی

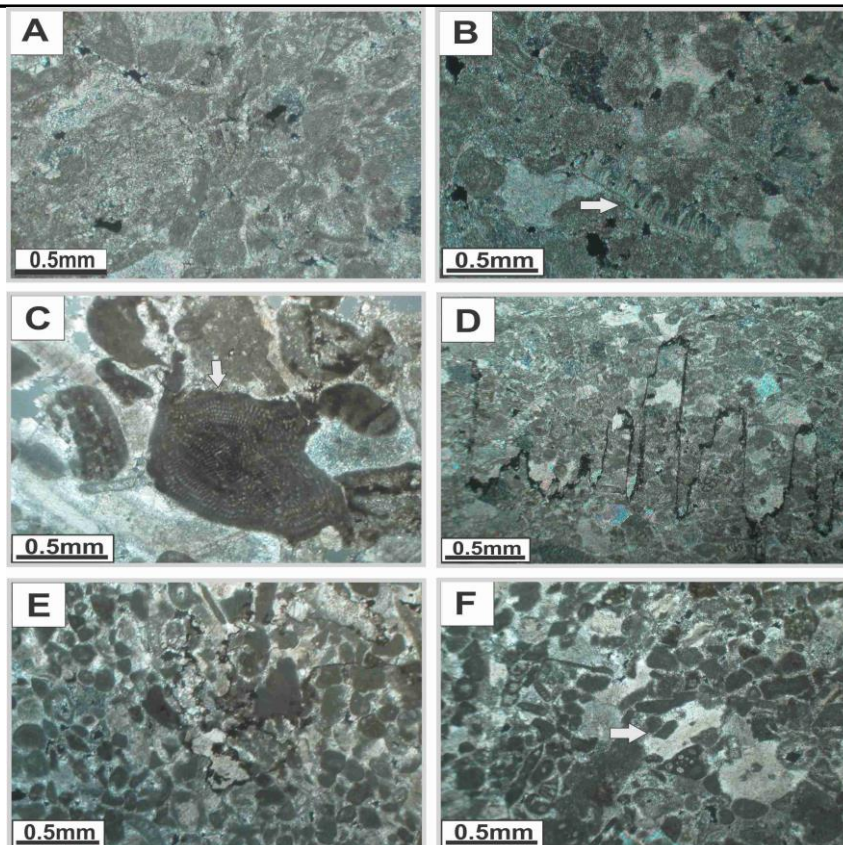
جانشینی در رخساره‌های سازند سروک شامل پیریتی شدن، هماتی- شدن، دولومیتی‌شدن و سیلیسی‌شدن است. پیریتی‌شدن بصورت محدود و برخی از رخساره‌های سازند سروک را تحت تاثیر قرار داده است. پیریت در سازند سروک به دو شکل دانه تمشکی و درشت درجا تشکیل شده‌اند، که هر کدام از این دو شکل، جایگزین زمینه میکربیتی یا سیمان کلسیتی شده‌اند. پیریت‌های درجا به شکل‌های هشت وجهی و دانه‌های مکعبی تشکیل شده‌اند که حاشیه برخی از این دانه‌ها انحلال پیدا کرده است (شکل ۷ B). پیریت‌های دانه‌تمشکی بصورت اینکه در طی دیاژنز اولیه و تحت شرایط احیا تشکیل شده اند تفسیر می‌شوند (Hajikazemi et al., 2010) (شکل ۷ C). هماتی- شدن در سازند سروک در برخی موارد جانشین زمینه گل آهکی شده یا درون حجرات فسیل‌ها را پر کرده است (شکل ۷ D). سیلیسی شدن به طور پراکنده و مقدار کم در رخساره‌های سازند سروک مشاهده شده است. سیلیس به صورت حفرات دایره‌ای شکل در داخل پوسته‌های فسیلی (رودیت) تشکیل شده (شکل ۷ E) و همچنین به صورت بلورهای کلسدونی پرکننده زمینه مشاهده شده است (شکل ۷ F). دولومیتی‌شدن در رخساره‌های سازند سروک از نظر پتروگرافی شامل دو نوع لوزی پراکنده، منفرد و شفاف که ترجیحاً جانشین گل آهکی شده‌اند (شکل ۷ G) لوزی شکل، نیمه شکل تا شکل دار که با استیلولیت‌ها همراه است (شکل ۷ H).

انحلال

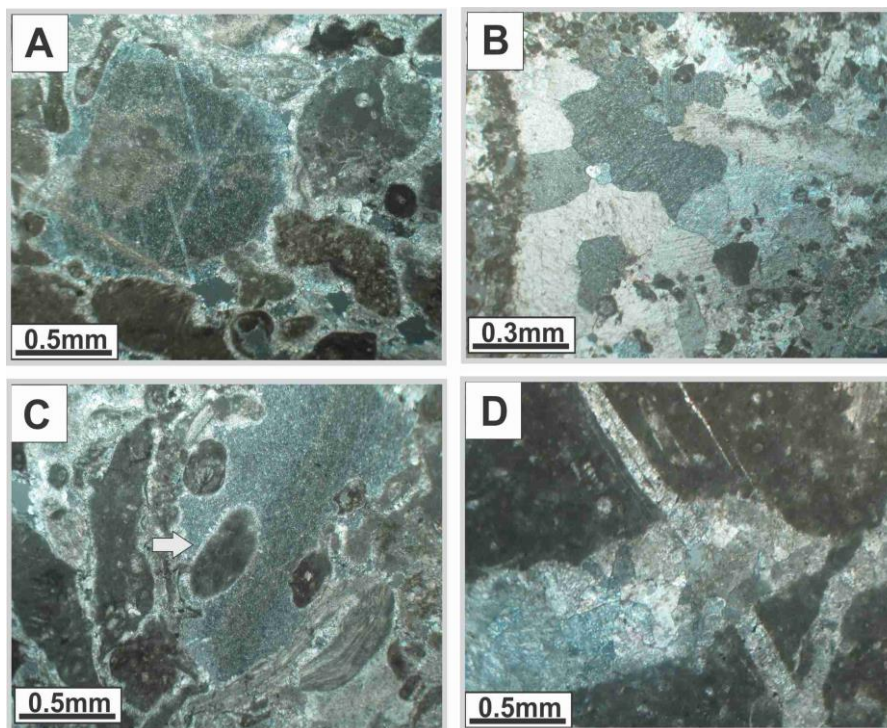
فرآیند انحلال باعث ایجاد حفراتی در زمینه سنگ شده که علاوه بر زمینه، بر روی برخی از دانه‌های فسیلی تاثیر گذاشته و باعث از بین رفتن قسمت‌هایی از ساختمان داخلی آنها شده است. عرض حفراتی که توسط فرآیند انحلال در مقیاس میکروسکوپی مشاهده شده در حد کمتر از ۰/۱ تا ۱ میلیمتر و طول آنها در حد ۰/۱ تا ۲ میلیمتر می‌باشد.



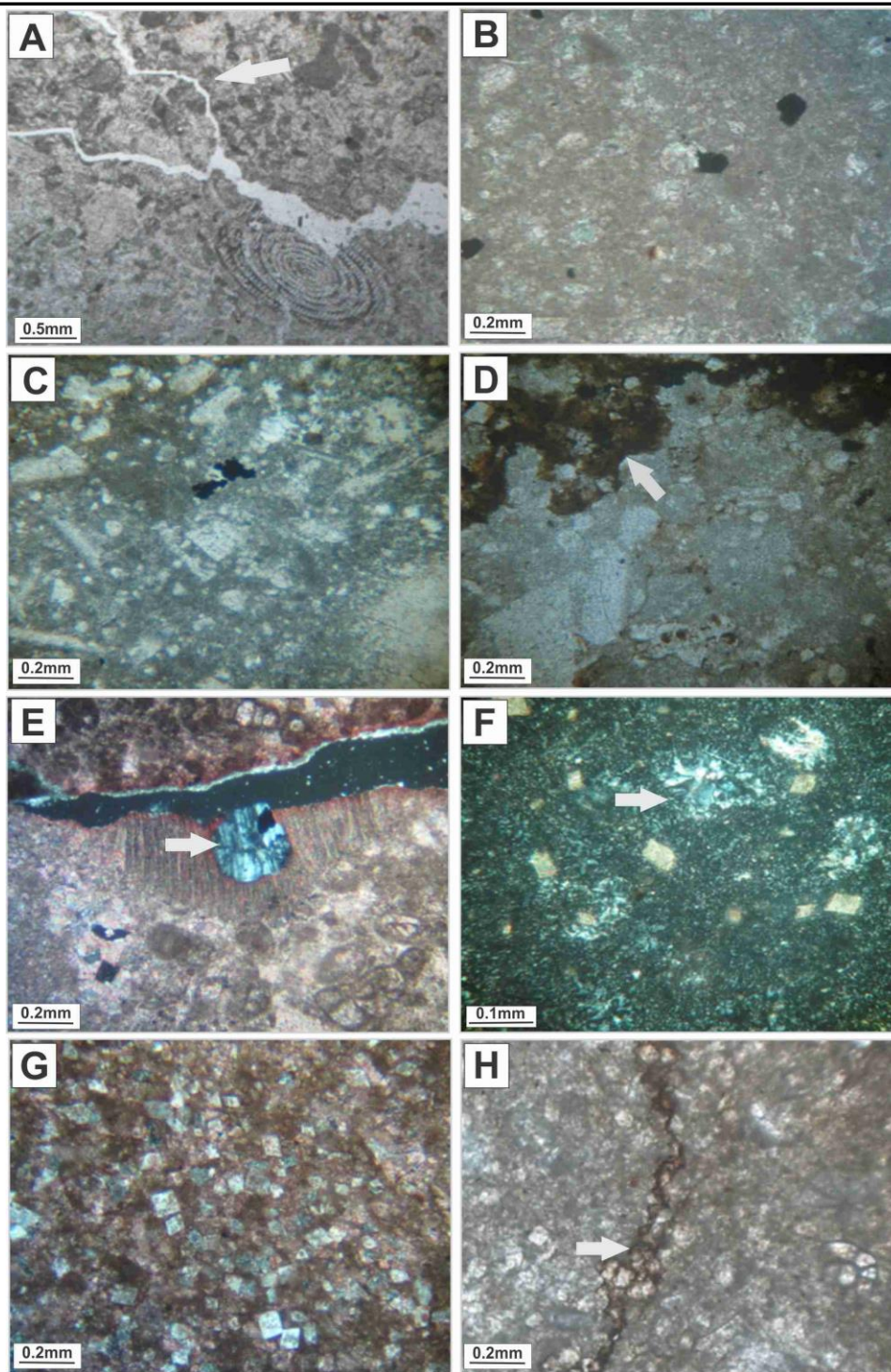
شکل ۴. مدل رسوبی پیشنهادی برای سازند سروک در میدان نفی کوپال.



شکل ۵. فرایندهای دیاژنزی سازند سروک. (A) میکریتی شدن دانه‌ها و پوشش میکریتی در اطراف فرامینفر بنتیک با فلش نشان داده شده است. XPL، عمق ۴۷۰۹ متری چاه شماره ۲۰. (B) نومورفیسیم در فسیل دوکفه‌ای که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۶۵ متری چاه شماره ۲۰. (C) فشردگی مکانیکی بین دانه‌ها که باعث فرورفتگی مقعر شده که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۷۶ متری چاه شماره ۲۰. (D) استیلولیتی شدن که توسط مواد آلی پر شده است. XPL، عمق ۴۶۹۰ متری چاه شماره ۲۰. (E) رگچه‌های انحلالی. XPL، عمق ۴۷۰۵ متری چاه شماره ۲۰. (F) سیمان کلسیتی پوکیلوتاپیک که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۰۴ متری چاه شماره ۲۰.



شکل ۶. فرایندهای دیاژنزی سازند سروک. (A) سیمان رورشدی هم محور. (Ech) اکینودرم، (Syn) سیمان رورشدی هم محور که اطراف اکینودرم را فرا گرفته است. XPL، عمق ۴۷۱۰ متری چاه شماره ۲۰. (B) سیمان بلوکی. XPL، عمق ۴۵۹۸ متری چاه شماره ۲۰. (C) سیمان هم ضخامت اطراف اوکم که با فلش قرمز مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۰۶ متری چاه شماره ۲۰. (D) سیمان بلوکی که شکستگی‌ها را پر کرده است. XPL، عمق ۴۶۳۴ متری چاه شماره ۲۰.



شکل ۷. فرآیندهای دیاژنزی سازند سروک. (A) شکستگی های باز که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۸۳ متری چاه شماره ۲۰، (B) بلورهای مکعبی پیریت XPL، عمق ۴۴۰۰ متری چاه شماره ۴، (C) بلورهای دانه تمشکی پیریت که جانشین زمینه آهکی شده است. XPL، عمق ۴۴۰۱ متری چاه شماره ۴، (D) هماتیته شدن که جانشین زمینه شده با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۴۰۸ متری چاه شماره ۴، (E) سیلسی شدن که درون فسیل رودیست تشکیل شده است که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۳۹۲ متری چاه شماره ۴، (F) بلورهای کلسدونی درون زمینه، با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۴۱۲ متری چاه شماره ۴، (G) دولومیتی شدن. بلورهای خود شکل و لوزی دولومیت در زمینه پراکنده شده اند. XPL، عمق ۴۴۱۴ متری چاه شماره ۴، (H) دولومیتی شدن در امتداد استیلولیت، با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۴۱۴ متری چاه شماره ۴.

گونه اثر انحلال در امتداد آنها مشاهده نشده است. با توجه به موارد ذکر شده انحلال یکی از عوامل افزایش تخلخل محسوب می شوند.

توالی پاراژنتیکی

توالی پاراژنتیکی پیشنهادی برای سازند سروک در میدان نفتی کوپال در (شکل ۸) نشان داده شده است. به طور کلی، فرآیندهای دیاژنزی شناسایی

به طور کلی حفرات انحلالی دارای گسترش تقریباً متوسطی هستند که گسترش این حفرات در رخساره های سدی و لاگون بوده و به صورت شبکه های حفره ای بهم پیوسته و مجزا (ایزوله) مشاهده شده اند. حفرات انحلالی در رخساره های دریای باز گسترش چندانی ندارد. با بررسی استیلولیت ها هیچ

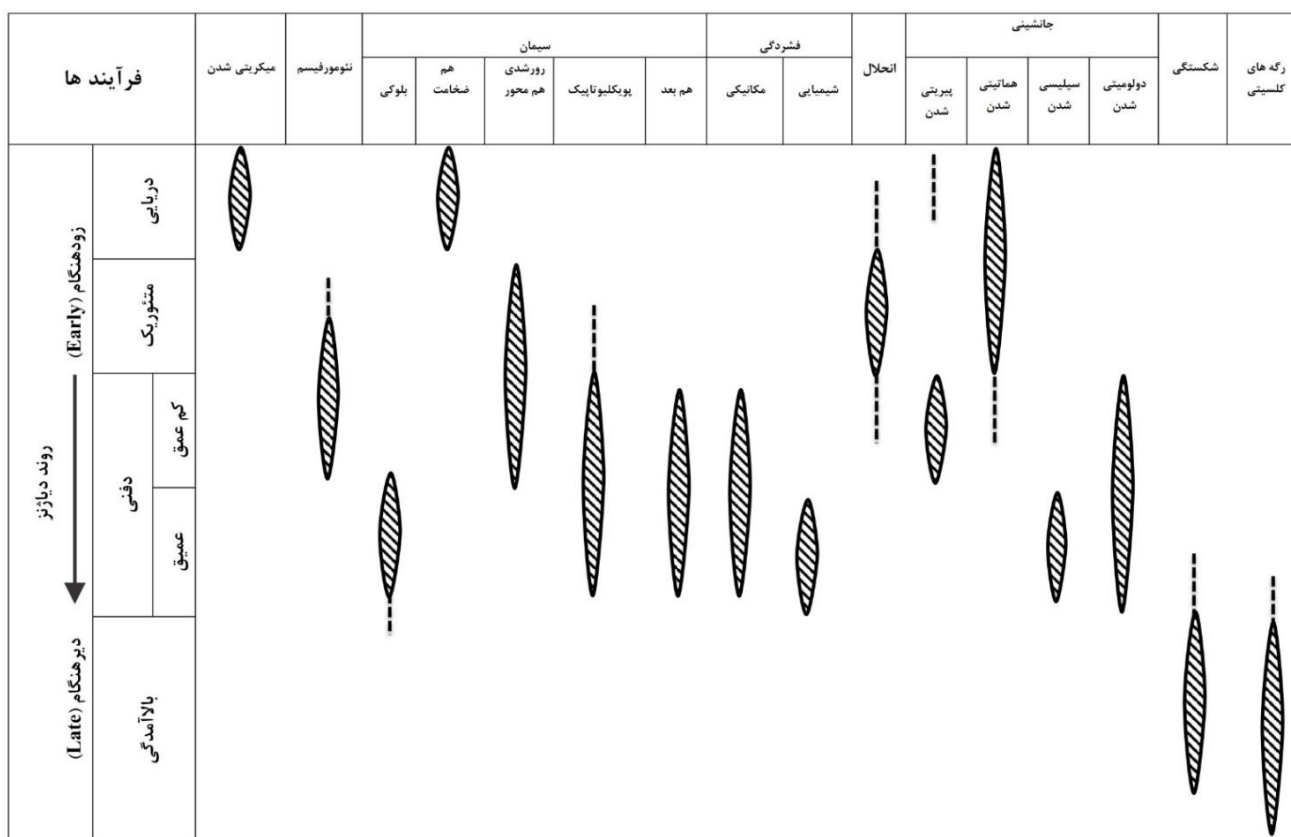
شده در سنگ های کربناته سازند سروک و بررسی ارتباط و زمان نسبی تشکیل آنها حاکی از این است که این فرآیندها تحت تاثیر سه محیط دیاژنزی دریایی، متئوریک و دفنی قرار گرفته اند. فرآیند میکریتی شدن از نخستین فرآیندهای دیاژنزی دریایی (Sahraeyan et al., 2013) است، همچنین تشکیل پیریت های دانه تمشکی و سیمان هم ضخامت نیز مربوط به محیط دریایی است (Aghaei et al., 2014). مطالعات انجام شده نشان می دهد که سیمان پوکیلو تاپیک و سیمان های کلسیتی رورشدی هم محور در محیط های دیاژنزی متئوریک و دفنی تشکیل شده اند (علی آبادی و همکاران، ۱۳۹۱). فشردگی مکانیکی و نئومورفیسم، در شرایط دفنی کم عمق رخ داده و بیشترین تمرکز تشکیل پیریت های درجا، مربوط به این محیط دیاژنزی است (Hajikazemi et al., 2010). فشردگی شیمیایی یا انحلال فشاری یکی از فرآیندهای مهم دیاژنزی در محیط دفنی است و باعث تشکیل استلولیت ها و رگچه های انحلالی شده است (Tavakoli et al., 2011).

حضور سیالات ناشی از انحلال فشاری در آخرین مراحل دفن سبب تشکیل دولومیت در امتداد استلولیت ها شده، در واقع ممکن است انحلال فشاری منجر به افزایش تمرکز یون منیزیم و تحرک این سیالات در این نقاط شده باشد (سپانی و همکاران، ۱۳۸۹). شکستگی های نسل اول در محیط دیاژنزی دفنی تشکیل شده و توسط سیمان کلسیت هم بعد پر شده اند (رحیم پور بناب، ۱۳۸۹) و شکستگی نسل دوم در مرحله بالآمدگی تشکیل شده اند. بیشترین گسترش رگه های کلسیتی مربوط به مرحله بالآمدگی است.

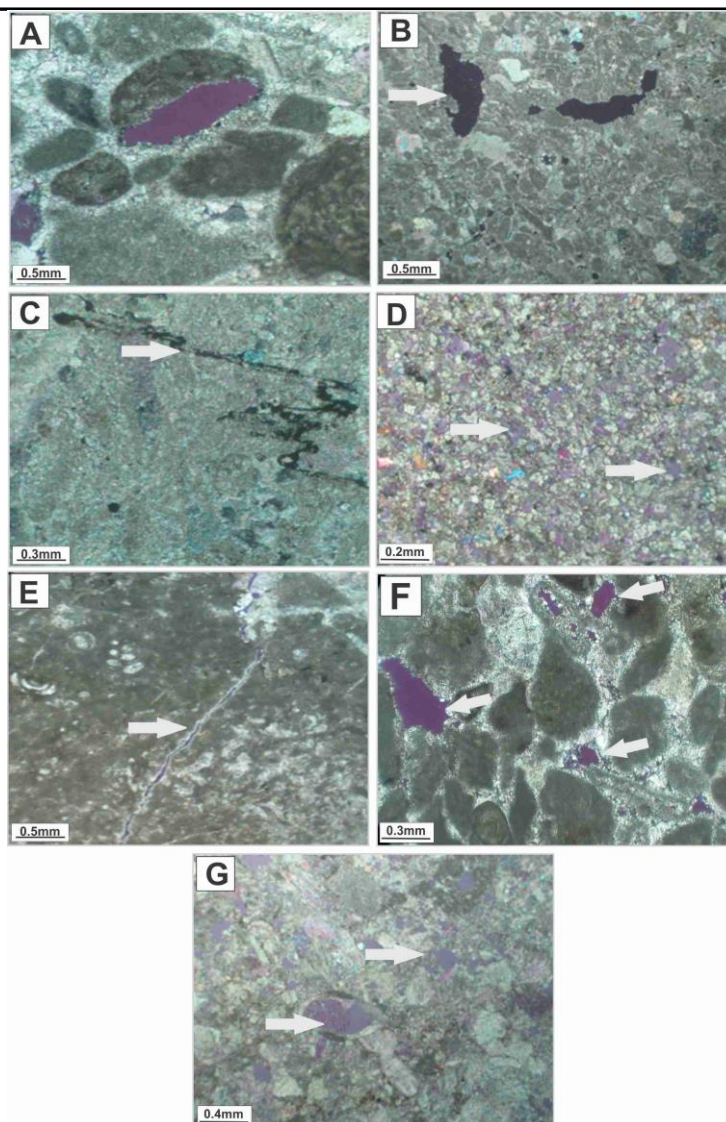
تخلخل

بر اساس طبقه بندی تخلخل چوکت و پری (Choquette and Pray, 1970) تخلخل های مشاهده در سازند سروک را می توان به دو گروه انتخاب

شده توسط فابریک و بدون انتخاب فابریک تقسیم کرد. در گروه اول تخلخل های قالبی، بین ذره ای، درون ذره ای و بین بلوری و در گروه دوم تخلخل حفره ای، استیلولیتی و شکستگی قرار می گیرند. تخلخل قالبی در اثر انحلال انتخابی دانه ها مانند فرامینیفرها تشکیل شده و فاقد هر نوع پرشدگی با سیمان است (شکل ۹A). تخلخل حفره ای در تمام رخساره های سازند سروک مشاهده و فاقد هر گونه پرشدگی با سیمان می باشد. تخلخل حفره ای فراوانترین نوع تخلخل در این سازند است (شکل ۹B). تخلخل استیلولیتی در امتداد استیلولیت ها تشکیل شده است (شکل ۹C). تخلخل بین بلوری در دولومیت با اندازه یکسان به خوبی گسترش دارد. این تخلخل بیشتر در رخساره های وکستون دولومیتی تشکیل شده و موجب افزایش میزان تخلخل کل شده است (شکل ۹D). تخلخل شکستگی اغلب بصورت مجموعه هایی به هم پیوسته و متقاطع تشکیل شده اند (شکل ۹E). این تخلخل بیشتر در رخساره های پکستون و وکستونی محیط لاگون و دریای باز قابل مشاهده است. در سازند سروک میدان کوپال تخلخل بین دانه ای بیشتر در رخساره های گرینستونی پلوئیدی و گرینستون رودیستی بایوکلاستی مشاهده شده است (شکل ۹F-G). میزان تخلخل درون دانه ای به فراوانی قطعات فسیلی، اندازه و نوع موجود بستگی دارد. با توجه به گسترش فرامینیفرهای بزرگ معمول کرتاسه زیرین مانند اربیتولین ها و نیز دوکفه ای های بزرگ از جمله رودیست ها، این تخلخل در درون قطعات اسکلتی این نوع موجودات دیده می شود. این نوع تخلخل فراوانی خوبی در رخساره های سدی داشته و باعث افزایش میزان تخلخل کل در سازند مورد مطالعه شده اند، ولی به دلیل اینکه این تخلخل ارتباط چندانی با یکدیگر ندارند تاثیر چندانی در افزایش میزان نفوذپذیری و کیفیت مخزن نداشته است (شکل ۹G).



شکل ۸. توالی پاراژنتیکی پیشنهادی برای سازند سروک در میدان نفتی کوپال.



شکل ۹. (A) تخلخل قالبی، XPL، عمق ۴۷۰۳ متری چاه شماره ۲۰، (B) تخلخل حفره ای و تخلخل بین دانه ای که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۵۹۹ متری چاه شماره ۲۰، (C) تخلخل استیلولیتی که توسط مواد آلی پر شده است و با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۵۹۷ متری چاه شماره ۲۰، (D) تخلخل بین بلوری که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۳۹۳ متری چاه شماره ۴، (E) تخلخل شکستگی در زمینه که کمی با سیمان کلسیتی هم بعد پر شده است با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۵۸ متری چاه شماره ۲۰، (F) تخلخل بین دانه ای که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۷۰۲ متری چاه شماره ۲۰، (G) تخلخل بین دانه ای و درون دانه ای که با فلش مشخص شده است. XPL، عمق ۴۶۷۳ متری چاه شماره ۲۰.

کیفیت مخزنی

تخلخل، مقدار ظرفیت ذخیره سازی سیالات و تراوایی، قابلیت عبور سیالات را نشان می دهد که برای بررسی پتانسیل مخزنی یک سنگ این دو پارامتر اندازه گیری می شوند. به منظور تعیین کیفیت مخزنی، از داده های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه های حفاری، تعیین انواع تخلخل در مقاطع نازک میکروسکوپی مورد مطالعه در چاه های شماره ۴ (شکل ۱۰) و شماره ۲۰ (شکل ۱۱) استفاده شده است. عوامل بسیار زیادی مانند رخساره های رسوبی و تاریخچه دیاژنتیکی در مقدار تخلخل تاثیر می گذارند. با افزایش عمق و سن رخساره ها که همراه با افزایش تدفین و دماست میزان تاثیر فرآیندهای دیاژنتزی افزایش یافته و تخلخل بیشتر کاهش می یابد (Ehrenberg et al., 2009). برای درک بهتر ارتباط تخلخل و تراوایی، نمودار تخلخل - تراوایی داده های مغزه، به تفکیک رخساره ها رسم گردید (شکل ۱۲). همانطور که جدول ۱ نشان می دهند، نمونه های متعلق به رخساره وکستون میلیولیدی دارای بیشترین میزان متوسط تراوایی (۱۶/۰۹ میلی دارسی) در بین رخساره های شناسایی شده

در سازند سروک بوده و دارای متوسط تخلخل ۳/۹۳ درصد است. تخلخل های موجود در این رخساره شامل تخلخل های قالبی، درون دانه ای و حفره ای است که علیرغم گل پشتیبان بودن این رخساره، حضور فراوان شکستگی و ریز- شکستگی ها باعث ارتباط این فضاهای خالی به یکدیگر شده و تراوایی را به میزان بسیار زیادی افزایش داده و سبب شده نمونه های متعلق به این رخساره بهترین کیفیت مخزنی را در بین رخساره های موجود در سازند سروک را داشته باشند. رخساره وکستون/پکستون پلوئیدی بیوکلاستی دارای متوسط تخلخل ۳/۲۷٪ و تراوایی ۴/۷۸ میلی دارسی است. با توجه به بافت وکستون/پکستونی رخساره، میزان پایین تخلخل، به دلیل حضور سیمان کلسیتی بلوکی که فضای خالی را پر کرده اند مانع از افزایش تخلخل شده ولی حضور ریز شکستگی ها موجب افزایش تراوایی و بهبود کیفیت مخزنی شده است. با وجود اینکه نمونه های متعلق به رخساره گرینستون پلوئیدی، دانه پشتیبان هستند، دارای متوسط تخلخل ۱/۹۹٪ و تراوایی ۰/۶۴ میلی دارسی است. تشکیل فراوان سیمان های هم ضامت، بلوکی، رورشدی هم محور و پویکیلوتا پیک در این رخساره باعث

اند. فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، شکستگی و دولومیتی شدن از مهمترین فرایندهای دیاژنزی کنترل کننده خواص مخزنی سازند سروک هستند. فرآیند انحلال از طریق بزرگتر کردن فضاهای خالی بین دانه‌ای سبب تشکیل شبکه بهم پیوسته و ایزوله‌ای از فضاهای خالی در رخساره‌های گریستونی و باندستون رودیستی گردیده، ارتباط کم این فضاهای خالی نتوانسته کیفیت مخزنی را در این رخساره‌ها بهبود بخشد. شکستگی‌ها در اکثر رخساره‌های سازند سروک وجود دارند و در رخساره‌هایی که شکستگی‌ها باز یا نیمه باز هستند سبب افزایش میزان متوسط تراوایی شده‌اند که این امر در رخساره‌های وکستون میلیولیدی، پکستون رودیستی و وکستون/ پکستون پلوئیدی بایوکلاستی مشهود و باعث شده بیشترین میزان متوسط تراوایی در رخساره وکستون میلیولیدی مشاهده شود. همچنین رخساره‌های پکستون رودیستی و وکستون/ پکستون پلوئیدی بایوکلاستی به لحاظ تراوایی در جایگاه دوم و سوم قرار می‌گیرند. دولومیت لوزی پراکنده، منفرد و شفاف که ترجیحاً جانشین گل آهکی شده‌اند، سبب ایجاد تخلخل بین بلوری در وکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک شده و میزان تخلخل آن را افزایش داده ولی بافت میکریتی و عدم ارتباط این تخلخل‌ها در این رخساره مانع از گسترش تراوایی شده و باعث شده تراوایی در این رخساره بسیار پایین باشد. به طور کلی می‌توان گفت که کیفیت مخزنی سازند سروک در میدان کوپال عمدتاً توسط فرایندهای دیاژنزی کنترل شده است و رخساره‌های رسوبی نقش کمتری در کنترل کیفیت مخزنی داشته‌اند. به طوری که رخساره‌های گل‌پشتیبان نسبت به رخساره‌های دانه‌پشتیبان دارای کیفیت مخزنی بهتری هستند. از این جهت شناسایی و میزان عملکرد این فرایندهای دیاژنزی می‌تواند کمک شایانی به تفکیک زون‌های دارای کیفیت مخزنی از زون‌های فاقد کیفیت مخزنی در مخزن مورد مطالعه نماید که این امر منجر به بهره‌برداری هر چه بهتر از سازند سروک در میدان کوپال خواهد شد.

سپاسگزاری

از حمایت‌های بی دریغ شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب جهت در اختیار قرار دادن داده‌های لازم برای انجام این مطالعه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

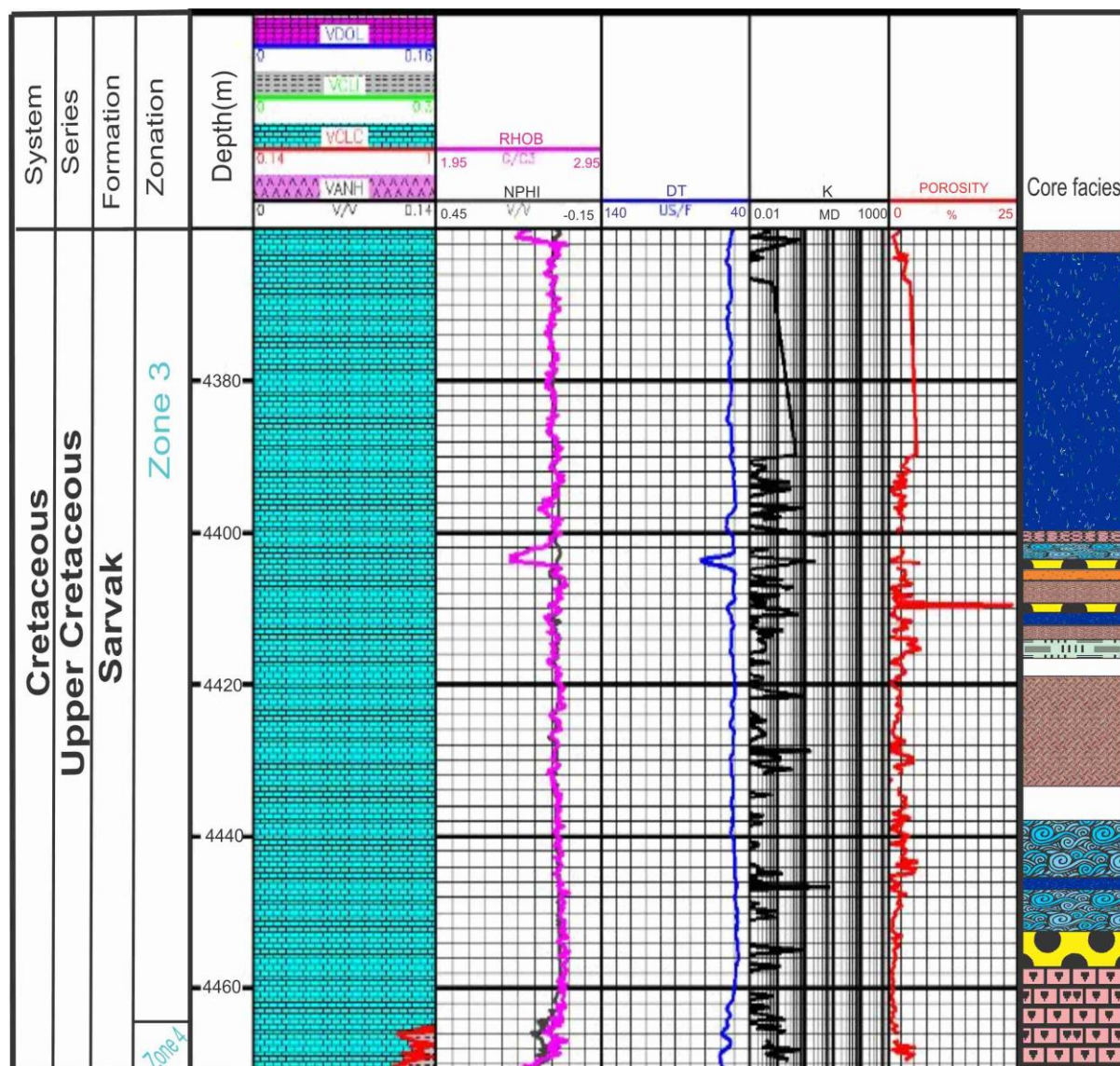
مسدود شدن فضاهای بین‌دانه‌ای شده و مانع از گسترش تخلخل‌های بین دانه‌ای و حفره‌ای و سبب کاهش کیفیت مخزنی شده است. رخساره گریستون رودیستی بایوکلاستی و باندستون رودیستی نیز دانه‌پشتیبان هستند، به ترتیب دارای متوسط تخلخل ۶/۲۵ درصد و ۳/۲۶ درصد و تراوایی ۳/۵۱ میلی داری و ۳/۹۹ میلی داری هستند که از میزان تخلخل و تراوایی نسبتاً خوبی برخوردارند. رخساره باندستونی رودیستی و بافت گریستونی رخساره گریستون رودیستی بایوکلاستی سبب شده تا علاوه بر وجود فضای خالی بین‌دانه‌ای اولیه، تخلخل حفره‌ای و تخلخل درون‌دانه‌ای بر اثر انحلال دانه‌های کربناته ایجاد گردند. همچنین حضور کم ریزش‌شکستگی‌ها باعث اتصال فضای خالی بین‌دانه‌ای با تخلخل حفره‌ای شده و میزان تراوایی را بهبود بخشیده است. علیرغم وجود فضاهای خالی اولیه و ثانویه در این دو رخساره، ارتباط نسبتاً کم فضاهای خالی با یکدیگر سبب شده تا بخش عمده‌ای از نمونه‌های متعلق به این دو رخساره تخلخل و تراوایی نسبتاً پایینی داشته باشند. رخساره وکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک، دارای مقدار متوسط تخلخل به ۲/۸۴ درصد و از نوع ریز تخلخل ماتریکس و درون دانه‌ای و بین‌بلوری بوده و ثانیاً به دلیل عدم وجود ارتباط بین فضاهای خالی و تخلخل‌ها، تراوایی نیز بسیار پایین است (متوسط تراوایی ۱/۲۴ میلی داری). عملکرد بسیار زیاد فشردگی فیزیکی و شیمیایی (تشکیل استیلولیت) و تشکیل فراوان سیمان‌های رورشدی هم‌محور در رخساره پکستون اکیئوئیدی بایوکلاستی باعث شده که این رخساره دارای بدترین کیفیت مخزنی را در بین رخساره‌های شناسایی شده با داشتن متوسط تخلخل ۲/۱۶ و متوسط تراوایی ۰/۲۷ میلی داری را داشته باشد. حضور سیمان‌های کلسیتی باعث مسدود شدن فضاهای خالی بین‌دانه‌ای اولیه و کاهش میزان تخلخل (متوسط ۲/۶ درصد) در رخساره پکستون رودیستی شده است. با این حال حضور ریزش‌شکستگی‌های فراوان، سبب ارتباط تخلخل‌های بین دانه‌ای و درون‌دانه‌ای با همدیگر شده و میزان تراوایی (متوسط ۵/۸۱ میلی داری) را افزایش داده و این رخساره بیشترین میزان تراوایی را پس از رخساره وکستون میلیولیدی داشته باشد.

نتیجه گیری

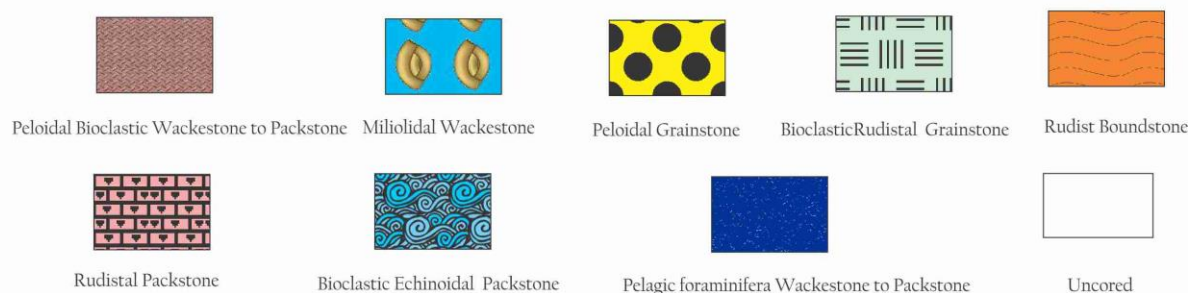
سازند سروک در میدان نفتی از ۸ رخساره تشکیل شده که در محیط‌های دریای باز، سدی و لاگونی بر روی یک رمپ کربناته با شیب ملایم نهشته شده-

جدول ۱. کمینه، بیشینه، متوسط و انحراف استاندارد داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه در رخساره‌های مختلف سازند سروک.

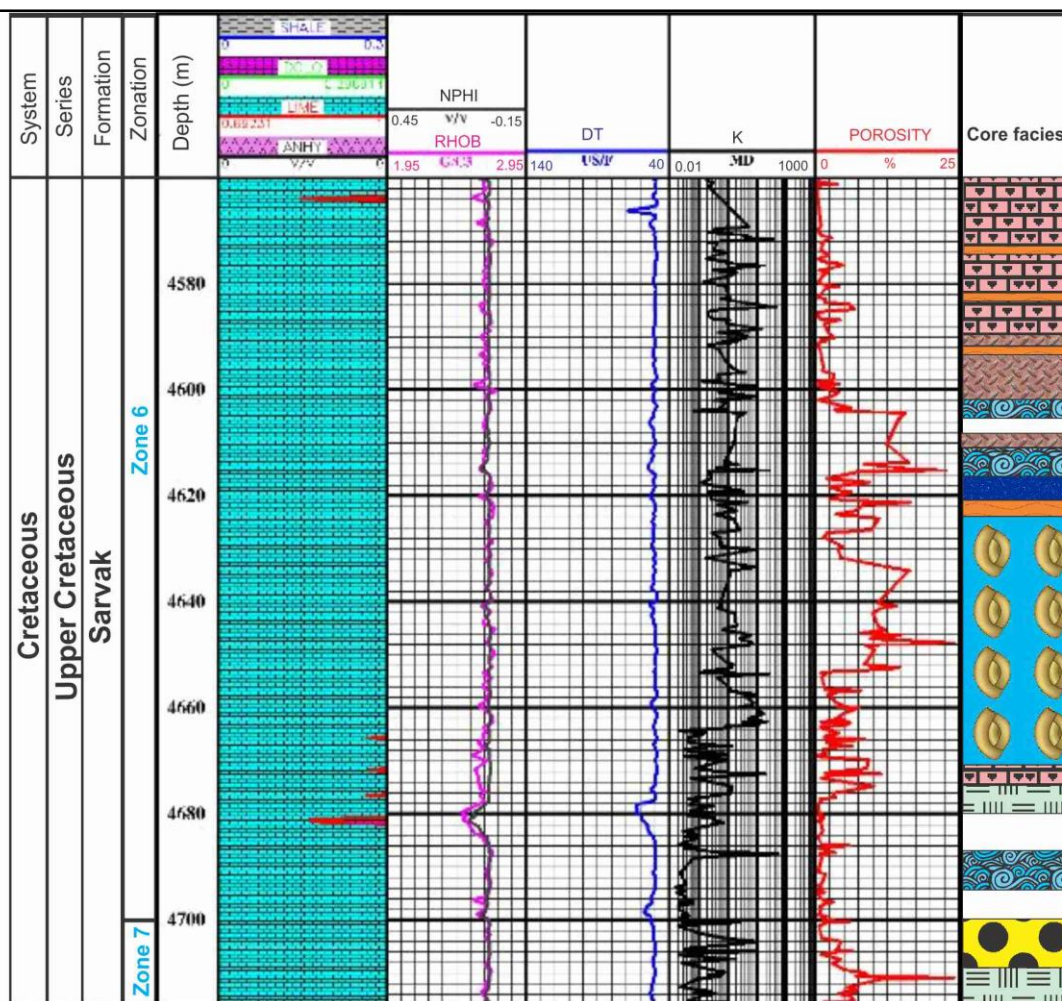
تراوایی مغزه (میلی داری)				تخلخل مغزه (%)				رخساره
انحراف معیار	بیشینه	متوسط	کمینه	انحراف معیار	بیشینه	متوسط	کمینه	
۱۸،۲	۱۲۷،۶۶	۴،۷۸	۰،۰۱	۳،۷۷	۲۴،۱	۳،۲۷	۰،۴	وکستون / پکستون پلوئیدی بایوکلاستی
۱۰۲،۱۶	۲۵،۶۵	۱۶،۰۹	۰،۰۲	۳،۸۶	۲۴،۰۴	۳،۹۳	۰،۱۵	وکستون میلیولیدی
۳،۲۶	۲۴،۹۸	۰،۶۴	۰،۰۱	۱،۵۲	۶،۸۷	۱،۹۹	۰،۲۶	گریستون پلوئیدی
۱۰،۳۵	۷۰	۳،۵۱	۰،۰۱	۵،۰۷	۲۲،۷۳	۶،۵۲	۰،۳۷	گریستون رودیستی بایوکلاستی
۱۶،۶۶	۹۹	۳،۹۹	۰،۰۱	۲،۶۶	۱۱،۴	۳،۲۶	۰،۴۸	باندستون رودیستی
۱۱،۸۷	۳۹،۱۳	۵،۸۱	۰،۰۱	۱،۱۰۶	۴،۱	۲،۶	۰،۹	پکستون رودیستی
۰،۴۵	۲،۴۸	۰،۲۷	۰،۰۱	۱،۰۹	۴،۹	۲،۱۶	۰،۵	پکستون اکیئوئیدی بایوکلاستی
۲،۸۸	۱۱،۱۷	۱،۲۴	۰،۰۱	۱،۲۰۴	۵،۵	۲،۸۴	۰،۵	وکستون حاوی فرامینیفر پلاژیک



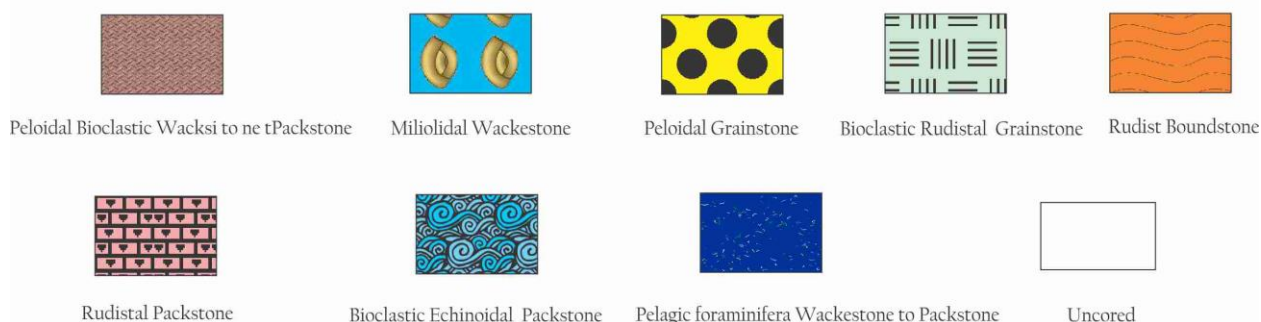
Legend



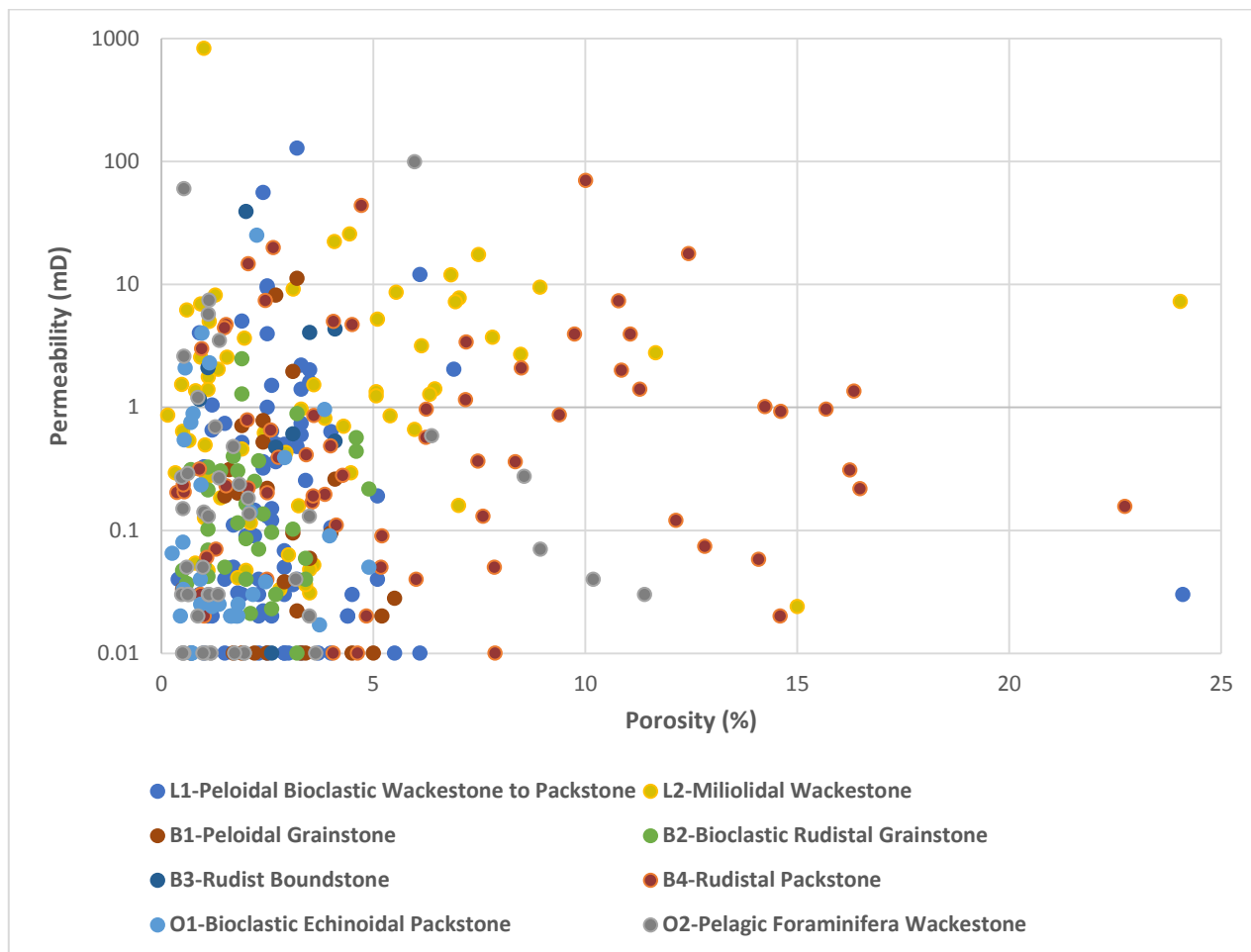
شکل ۱۰. ستون چینه شناسی سازند سروک در چاه شماره ۴ میدان نفتی کوپال که تغییرات عمودی رخساره‌ها و مقادیر تخلخل و تراوایی مغزه نشان داده شده است.



Legend



شکل ۱۱. ستون چینه شناسی سازند سروک در چاه شماره ۲۰ میدان نفتی کوپال که تغییرات عمودی رخساره‌ها و مقادیر تخلخل و تراوایی مغزه نشان داده شده است.



شکل ۱۲. نمودار تخلخل - تراوایی در رخساره‌های مختلف سازند سروک.

منابع

- رحیم پوربناب. ح.، ۱۳۸۹، سنگ شناسی کربناته با نگرشی بر کیفیت مخزنی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۰ ص.
- سپیانی. ح.، محبوبی. ا.، موسوی حرمی. ر.، محمودی قرایی. م. ح.، غفرانی. ا.، ۱۳۸۹، فرایندهای دیاژنز و تأثیر آن بر کیفیت مخزنی سازند ایلام، میدان نفتی ماله کوه، شمال باختری اندیمشک، مجله پژوهش نفت، شماره ۲۰، ص ۶۵-۸۳.
- سراج. م.، ۱۳۸۴، تحلیل ساختاری مقدماتی میدادین نفتی مناطق نفتخیز جنوب (محدوده دزفول شمالی)، گزارش شماره پ-۵۶۱۳، ۲۶۰۹ ص.
- قلاونده. ه.، ۱۳۸۱، مطالعه تکمیلی زمین شناسی مخزن بنگستان میدان کوپال، گزارش شماره ۵۲۵۴، ۲۱۰ ص.
- صفدری ادیمی. ح.، وزیری مقدم. ح.، صیرفیان. ع.، غبیشاوی. ع.، طاهری. ع.، ۱۳۸۹، چینه نگاری سکانسی و میکروفاسیس سازند سروک در جنوب غرب فیروزآباد، رخساره‌های رسوبی، شماره ۱۳(۱)، ص ۴۸-۶۰.
- عباساقی. ف.، ۱۳۹۱، چینه‌نگاری سکانسی و دیاژنز سازند سروک در میدان نفتی کوپال در چاه‌های شماره ۴، ۲۰، ۴۸، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش رسوبشناسی و سنگشناسی رسوبی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۳ ص.
- علی آبادی. م.، میراب شبستری. غ.، غبیشاوی. ع.، خزاعی. ا.، ۱۳۹۱، تاریخچه دیاژنتیکی و ارزیابی کیفیت مخزنی بر اساس ویژگی‌های پتروگرافی و ژئوشیمیایی بخش بالایی سازند سروک در تاق‌دیس بنگستان، جنوب غرب ایران، رخساره‌های رسوبی، شماره ۱۵(۱)، ص ۸۵-۱۰۰.
- محمودی رنانی. ا.، طاهری. ع.، ۱۳۹۰، ریزرخساره‌ها و چینه نگاری سکانسی سازند سروک در شمال شرق گچساران (تنگ گرگدار)، رخساره‌های رسوبی، شماره ۲(۴)، ص ۱۸۸-۱۹۸.
- هنرمند. ج.، مداحی. ا.، ۱۳۹۰، ارتباط رخساره‌های رسوبی با گسترش فرآیندهای دیاژنتزی و کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در یکی از میدادین بزرگ نفتی، جنوب غربی ایران، پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، شماره ۴۲(۱)، ص ۹۷-۱۱۴.
- Aghaei. A., Mahbobi. A., Moussavi Harami. R., Najafi. M., Chakrapani G.J., 2014, Carbonate Diagenesis of the Upper Jurassic Successions in the West of Binalud - Eastern Alborz (NE Iran), journal geological society of India, Vol:83, p: 311-328.
- Al-Ghreri. M.F., Al-Jibouri. A.M., Al-Ahmed. A.A., 2013, Facies architecture and sequence development of the Euphrates formation in western Iraq, Arab Journal Geosciences, in press.

- Agrawi. A. A. M., Thehni, G. A., Sherwani, G. H., Kareem, B. M. A., 2007, Mid-Cretaceous rudist bearing carbonates of the Mishrif Formation: an important reservoir sequence in the Mesopotamian basin, Iraq, *Journal of Petroleum Geology*, Vol: 21, p: 57-82.
- Asadi Mehmandosti. E., Adabi. M.H., Wood. D., 2013, Microfacies and geochemistry of the middle Cretaceous Sarvak formation in Zagros Basin, Izeh Zone, sw Iran, *Sedimentary Geology*, Vol: 293, p:9-20.
- Asghari. M., Adabi. M.H., 2014, Diagenesis and Geochemistry of the Sarvak Formation in Ahvaz oil field-Iran, *Geochemistry Journal*, in press.
- Bordenave. M. L., Hegre. J. A., 2005, The Influence of Tectonics on The Intrapment of oil in The Dezful Embayment, Zagros Foldbelt, Iran, *Journal of Petroleum Geology*, Vol: 28(4), p: 339-368.
- Choquette. P.W., Pray. L.C., 1970, Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol: 54, p: 207-250.
- Carannanate. G., Ruberti. D., Sirna. M., 2000, Upper Cretaceous low-energy ramp limestones from the Sorrento Peninsula (southern Apennines, Italy): micro and macrofossil associations and their significance in the depositional sequences. *Sedimentary Geology*, Vol: 132, p: 89-124.
- Dickson, J. A. D., 1966, Carbonate identification and genesis as revealed by staining: *Journal of Sedimentary Research*, Vol: 36(2), p: 491-505.
- 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 Geologist Memoir, Vol: 1, p: 108-121.
- Ehrenberg. S.N., Nadeau. P.H., Steen. Ø., 2009, Petroleum reservoir porosity versus depth: Influence of geological age, *American Association of Petroleum Geologist*, Vol: 93, p: 1281-1296.
- Embery. A. F., Klovian. J. E., 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, Vol: 19, P: 730-781.
- Flügel. E., 2010, *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, 1006 p.
- Ghabeishavi. A., Vaziri-Moghadam. H., Taheri, A., Taati. F., 2010, Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol: 37, p: 275-285.
- Ghabeishavi. A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A., and Taati, F., 2009, Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian-Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran, *Facies*, Vol: 55, p: 243-257.
- Hajikazemi. E., Al-Aasm. I.S., Coniglio, M., 2010, Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak Formation, southwestern Iran, *Geological Society, London, Special Publications*, Vol: 330, p: 253-272.
- Hajikazemi. E., Al-Aasm. I.S., Coniglio, M., 2012, Chemostratigraphy of cenomanian-turonian carbonate of the sarvak formation, southern Iran, *Journal of Petroleum Geology*, Vol: 35(2), p: 187-206.
- Hart. M. B., 1991, the late Cenomanian Calcisphere global bioevent, Read at the Annual Conference of the Ussher Society, p: 413-417.
- Heckel. P.H., 1972, Recognition of ancient shallow marine environment, in: Rigby, J. K. and Hemblin, K., (Eds.) *Recognition Ancient Sedimentary Environments*, SEPM, Special publication, Vol: 16, p: 226-286.
- James. G.A., Wynd. J.G., 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, agreement area, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol: 49, p: 2182-2245.
- Lasemi. Y., 1995, Platform carbonates of the Upper Jurassic Muzdur Formation in the Kopet Dag Basin, NE Iran-facies, palaeoenvironments and sequences, *Sedimentary Geology*, Vol: 99, p: 152-164.
- Lonoy. A., 2006, making sense of carbonate pore systems, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol: 90, No: 9, p: 1381-1405.
- Lucia. F.J., 2007, *Carbonate Reservoir Characterization*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 331p.
- Perez-Valera. F., Perez-Lopez. A., 2008, Stratigraphy and sedimentology of Muschelkalk carbonates of the Southern Iberian Continental Palaeomargin (Siles and Cehegin Formations, Southern Spain), *Facies*, Vol: 54, p: 61-87.
- Rahimpour-Bonab. H., Mehrabi. H., Navidtaieb. A., Izadi-Mazidi. E., 2012, Flow unit distribution and reservoir modelling in Cretaceous Carbonates of the Sarvak Formation, Abteimour oilfield, Dezful Embayment, SW IRAN, *Journal of Petroleum Geology*, Vol: 35(3), p: 1-24.
- Razin. P., Taati, F., Van Buchem. F.S.P., 2010, Sequence stratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonate platform margins (Sarak Formation) in the High Zagros, SW Iran, an outcrop reference model for the Arabian Plate, *Geological Society of London, Special Publications*, Vol: 329, p: 187-218.
- Saber. S.G., 2012, Depositional framework and sequence stratigraphy of the Cenomanian – turonian rocks on the western side of the Gulf of Suez, Egypt , *Cretaceous Research*, Vol: 37, p: 300-318.
- Sahraeyan. M., Bahrami. M., Arzaghi. S., 2013, Facies analysis and depositional environments of the Oligocene-Miocene Asmari Formation, Zagros Basin, Iran, *Geoscience Frontiers*, in press.
- Tavakoli. V., Rahimpour-Bonab. H., Esrafil-Dizaji. B., 2011, Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach, *C. R. Geoscience*, Vol: 343, p: 55-71.
- Wilson. J. L., 1975, *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, Berli, 741 p.
- Zhicheng, Z., Willems, H. and Binggao, Z., 1997. Marine Cretaceous-Paleogene biofacies and ichnofacies in southern Tibet, China and their sedimentary significance. *Marine Micropaleontology*, Vol: 32, P: 3-29.