

تلفیق روش‌های مختلف (لورنز، لوسیا، امافول) در تعیین گونه‌های سنگی و واحدهای جریان‌ی در سازند رازک با سن میوسن پایینی در میدان گازی سرخون، حوضه رسوبی زاگرس، جنوب شرقی ایران

میلاذ کرپور حسنونند^۱، سید علی معلمی^۲، محمدحسین صابری^{۳*}

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، پردیس علوم و فناوری های نوین، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران؛

۲-استادیار پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران، مدیریت اکتشاف نفت، شرکت ملی نفت ایران؛

۳-استادیار پردیس علوم و فناوری های نوین، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه سمنان، ایران؛

*mh.saberi@semnan.ac.ir

دریافت آبان ۱۳۹۷، پذیرش اسفند ۱۳۹۷

چکیده

یکی از اساسی ترین مراحل سرشت نمایی مخازن هیدروکربنی شناسایی گونه‌های سنگی^۱ است. در مطالعه حاضرهدف مقایسه روش‌های مختلف در تعیین گونه‌های سنگی و شناخت چگونگی توزیع واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی در جهت ارزیابی کیفیت مخزنی سازند رازک با لیتولوژی کربناته ماسه سنگی، مارن و انیدریت به سن الیگوسن تا میوسن پایینی می‌باشد. در این تحقیق ۸۴ مقطع نازک میکروسکپی، نتایج آزمایشگاهی تخلخل، تراوایی و منحنی‌های فشار موینه از ۴۶ متر مغزه حفاری در یکی از میداین مهم جنوب شرق ایران، مورد بررسی قرار گرفت و مطالعات پتروگرافی در جهت بررسی تغییرات رخساره‌ای بخش مخزنی سازند رازک منجر به شناسایی هشت ریز رخساره (MF1) پکستون و وکستون در عمق ۲۸۲۹، متری MF2 پکستون گرینستون در عمق ۲۸۴۴ متری MF3، وکستون مادستون در عمق ۲۸۵۶ متری، MF4 گرینستون در عمق ۲۸۵۹ متری، MF5 مادستون وکستون در عمق ۲۸۴۸ متری، MF6 مادستون در عمق ۲۸۳۸ متری، MF7 وکستون مادستون در عمق ۲۸۴۰ متری، MF8 وکستون ماسه‌ای در عمق ۲۸۳۱ متری) در محیط رسوبی محصور یا پلت فرم کربناته و رمپ هموکلینال و سیستم آواری رودخانه‌ای شده است. به منظور تعیین گونه‌های سنگی و ارزیابی واحدهای جریان‌ی براساس نتایج آنالیز مغزه، ابتدا با استفاده از روش لوسیا چهار رده پتروفیزیکی شناسایی گردید که رده پتروفیزیکی شماره یک بهترین کیفیت مخزنی و رده شماره چهار ضعیف ترین کیفیت مخزن را دارد. همچنین واحدهای جریان‌ی با استفاده از روش‌های آمافول و لورنز شناسایی و تفکیک شدند. بر اساس روش آمافول در بخش مخزنی سازند رازک، هفت^۱ واحد جریان‌ی شناسایی شده، که واحد جریان‌ی شش و هفت (FZI6, FZI7) بهترین و واحد جریان‌ی یک (FZI1) ضعیفترین بخش مخزنی

¹Rock type

²HFU

است. در روش لورنز واحد جریان شش (HF6) پرسرعت ترین و واحد جریان یک (HF1) ضعیفترین بخش مخزنی در بین شش واحد جریان شناسایی شده است. همچنین بر اساس آنالیز منحنی‌های موئینگی شش گونه سنگی تفکیک گردید، که بر اساس آن گونه سنگی شماره پنج و شش (RT5, RT6) بهترین کیفیت مخزنی را دارا می‌باشند. همچنین با استفاده از کراس پلات‌های نرم افزار ژئولاگ مشخص شد لیتولوژی اصلی این بخش ماسه سنگ به همراه رس می‌باشد و وجود گاز در این سازند باعث انحراف نمونه‌ها به سمت شمال غربی کراس پلات شده است. در نهایت با ترکیب اطلاعات مختلف مشخص گردید، سازند مخزنی در میدان مورد مطالعه دارای پنج نوع گونه سنگی می‌باشد که گونه سنگی شماره چهار بهترین کیفیت مخزنی و گونه سنگی شماره پنج بزرگترین بخش مخزنی و بهترین واحد جریانی واحد شماره شش می‌باشد.

کلمات کلیدی: سازند رازک، واحدهای جریان، نوع سنگی، روش لورنز، روش لوسیا، روش آمافول

۱- مقدمه

تشخیص بخش‌های مخزنی که خود وابسته به خواص اصلی سنگ می‌باشد نقش مهمی در مطالعات نفتی ایفا می‌کند، خواص اصلی سنگ‌ها معمولاً با مطالعات توصیفی در صحرا یا روی مغزه (لیتوفاسیس) و مطالعات آزمایشگاهی (میکروفاسیس و پتروفاسیس) تعریف می‌گردد [۱۳]. سفیداری و همکاران در سال ۲۰۱۵ بیان کردند، با توجه به اینکه داده‌های مغزه در تمام چاه‌های حفاری موجود نمی‌باشند، و در چاه‌های هم که مغزه‌گیری صورت می‌پذیرد، این داده‌ها معمولاً پیوسته نمی‌باشند بنابراین داده‌های چاه پیمایی تنها داده‌های هستند که تقریباً در همه چاه به صورت پیوسته وجود دارند. رحیم پور و اکبر دوست در سال ۲۰۱۳ اظهار کردند طبقه‌بندی سنگ مخزن به واحدهای که تحت شرایط زمین شناسی مشابه رسوب کرده‌اند شناسایی گونه سنگی نام دارد که شامل دو مرحله استاتیک و دینامیک است مرحله استاتیک شامل مطالعات زمین شناسی و پتروفیزیکی و مرحله دینامیک توزیع سیالات و اثر متقابل سنگ و سیال می‌باشد [۲]. بنابراین اولین مرحله برای نوع سنگی و شناسایی واحدهای جریان آنالیز رخساره و محیط رسوبی بر اساس مطالعات مقاطع نازک و اطلاعات مغزه حفاری می‌باشد، تغییرات دیاژنتیکی همچون سیمانی شدن، تراکم و انحلال به طور قابل توجهی خواص رخساره را می‌تواند تغییر دهند. با این وجود روش‌های متفاوتی برای شناسایی واحدهای جریان وجود دارد. هرن و همکاران در سال ۱۹۹۳ تئوری اولیه واحدهای جریان را معرفی کردند [۷]. اما تعاریف رایج و امروزی واحدهای جریان که مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته اولین بار توسط آمافول و همکاران در سال ۱۹۸۳ ارائه شده است در روش آمافول هر واحد جریان با یک شاخص زون جریانی^۳ مشخص می‌شود، اگر شاخص کیفیت مخزن^۴ (رابطه یک) و نسبت تخلخل به ماتریکس^۵ (رابطه دو) در یک مقیاس لگاریتمی درکنار یکدیگر رسم شود مقادیری که شاخص جریان (رابطه سه) یکسان دارند روی یک خط با شیب واحد قرار می‌گیرند [۳]. آمافول و همکارانش^۶ شاخص کیفیت و شاخص زون جریان^۷ را با استفاده از معادله کوژنی^۸ و کارمن^۹ معرفی کردند که منجر به شناسایی واحد‌های جریان و همچنین مشخص کردن تخلخل و تراوایی در فواصل بدون مغزه شده است، که در نتیجه پارامتر شاخص زون جریانی منجر به شناسایی تعداد لایه‌های مورد نیاز برای اختصاص پارامترهای پتروفیزیکی و زمین شناسی و شناسایی گونه‌های سنگی‌های در مخازن می‌شود.

³ Flow Zone Indicator

⁴ Reservoir quality index

⁵ normalized porosity index

⁶ Amaefule

⁷ Reservoir quality index/ normalized porosity index

⁸ Kozeny 1927

⁹ Carman 1937

$$RQI = 0.0314\sqrt{K}/\Phi \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$PMR = \Phi/1 - \Phi \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$FZI = RQI/PMR \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این روابط K تراوایی بر حسب میلی داری و تخلخل برحسب درصد و RQI ^{۱۰} شاخص کیفیت مخزن نام دارد، PMR ^{۱۱} نسبت تخلخل به ماتریکس و $0/0314$ عدد ثابت برای تبدیل تراوایی از حالت میکرومتر به میلی داری می‌باشد. لوسیا و همکاران^{۱۲} در سال ۱۹۹۵، فابریک یک سنگ عبارت است از توزیع اندازه ذرات، چیدمان، تخلخل‌های بین دانه‌ای و تخلخل جدا از هم که در نتیجه فعالیت‌های زمین‌شناسی به وجود می‌آیند و اشباع آب و تراوایی را در سنگ کنترل می‌کنند. فابریک سنگ به پارامترهای پتروفیزیکی وابسته است که فضای خالی سنگ را به تخلخل بین دانه‌ای و تخلخل واگ (بهم پیوسته و جدا) و همچنین به گل پش‌تیبان و دانه پش‌تیبان تقسیم می‌کند سه کلاس معرفی شده در این طبقه بندی عبارت اند از کلاس ۱: گرینستون، گرینستون دولومیتی شده، کریستال‌های بزرگ دولستون، کلاس ۲: پکستون دانه پش‌تیبان، دولوپکستون دانه پش‌تیبان با کریستال‌های درشت شونده، کلاس ۳: فابریک‌های گل پش‌تیبان (پکستون و وکستون گل پش‌تیبان) و کریستال‌های ریز دولوپکستون گل پش‌تیبان. ویلسون و فلوگول برای شناسایی میکروفاسیس از پنج خصوصیت مهم کربنات‌ها استفاده کردند که عبارت‌اند از: ۱- انواع ذرات سازنده اصلی (فراوانی و نحوه همراهی آنها) ۲- انواع ماتریکس (میکرایت یا کلسی سیلتایت) ۳- فابریک یا ساخت رسوبی (کوچک مقیاس) ۴- فسیل (انواع آنها، فراوانی و تنوع فسیلی) ۵- بافت رسوبی و پارامترهای بافتی (اندازه، جورشدگی، گرد شدگی و ...) در روش ویلسون فلوگل شماره میکروفاسیس‌ها از سمت حوضه به طرف خشکی افزایش می‌یابد و اهتمام ویژه‌ای به پارامترهای بیولوژیکی (فسیل‌ها) داده می‌شود [۸،۹]. ریاضی در سال ۲۰۱۸ یکی از مخازن نفتی ایران با استفاده از داده‌های مغزه به روش لوسیا تقسیم بندی نمود، با توجه به نحوه قرار گیری داده‌ها در نمودار لوسیا و کلاس‌های موجود منجر به شناسایی سه رده پتروفیزیکی شد [۱۶]. پیتمن^{۱۳} در سال ۱۹۹۲ روش استفاده از اندازه گیری شعاع دهانه منافذ در اشباع سی پنج درصدی جیوه^{۱۴} را از روی آزمایش تزریق جیوه با استفاده از روش اصلاح شده ویلند برای تعیین واحد‌های جریان مطرح کرد که شعاع دهانه منافذ در اشباع بیست پنج درصد^{۱۵} بهترین نتیجه را برای پیش بینی تراوایی در ماسه سنگ‌ها در پی دارد [۵]. رضائی و همکاران در سال ۲۰۰۶ پیشنهاد کردند که شعاع دهانه منافذ در اشباع پنجاه درصدی جیوه قابل اعتماد ترین شعاع فضای خالی برای پیش بینی تراوایی در کربنات‌ها می‌باشد [۱۱]. بر طبق مطالعات پوراس^{۱۶} و همکاران در سال ۲۰۰۱ پنج گروه پتروفیزیکی واحد جریان در محدوده شعاع دهانه منافذ در اشباع سی پنج درصدی قابل مشاهده می‌باشند [۱۵].

¹⁰ RQI

¹¹ PMR

¹² Jennings and Lucia

¹³ Pittman

¹⁴ R35

¹⁵ R25

¹⁶ Porras

تعیین واحدهای جریان با استفاده از نمودار لورنز^{۱۷} یکی از بهترین راه برای تعیین تعداد واحدهای جریان در مخزن می باشد، در نمودار لورنز روش کار بدین صورت است که ابتدا تخلخل و تراوایی پیوسته در یک نظم چینه شناسی مرتب می شوند سپس حاصل ضرب تراوایی در اعماق مربوطه ($k \times h$) و حاصل ضرب تخلخل در اعماق مربوطه ($\Phi \times h$) محاسبه می گردد. مجموع تجمعی داده‌های حاصل ضرب تراوایی در عمق و تخلخل در عمق، محاسبه شده، سپس داده‌ها به ۱۰۰ نرمال می گردد داده‌های بدست آمده از حاصل ضرب تراوایی در عمق و تخلخل در عمق، به ترتیب با عنوان ظرفیت جریان^{۱۸} و ظرفیت ذخیره^{۱۹} نامیده می شوند. با رسم ظرفیت جریان و ظرفیت ذخیره در مقابل یکدیگر می‌توان در خصوص تعداد واحدهای جریان اظهار نظر نمود [۱۱]. پس از ترسیم نمودار مذکور در یک نظم چینه شناسی، بخش‌هایی از نمودار که دارای شیب متفاوت هستند، ظرفیت ذخیره و جریان متفاوتی را نشان می‌دهند. بخش‌های پرشیب نمودار، درصد ظرفیت جریان بیشتری نسبت به ظرفیت ذخیره داشته و بنابراین، فرآیندهای مخزنی دارای سرعت بالایی هستند، که اصطلاحاً زون‌های پرسرعت نامیده^{۲۰} می‌شوند. بخش‌هایی از نمودار که دارای شیب کمتر و مسطح تر می باشند، ظرفیت ذخیره بالا و ظرفیت جریان کمی دارند که تحت عنوان زون‌های بسته^{۲۱} نامیده می‌شوند. مطالعه محجور و همکاران در سال ۲۰۱۶ که در میدان تابناک انجام شد منجر به شناسایی هفت واحد جریانی شد [۱۰]. همچنین مارک اسکالینسکی^{۲۲} و همکاران در سال ۲۰۰۶ با استفاده از منحنی‌های فشار موئینگی در ارتباط با رخساره رسوب گذاری شده و چینه شناسی شناسایی گونه‌های نوع سنگی انجام دادند [۱۹]. طبقه بندی نمونه‌های سنگ مخزن بر اساس هندسه گلوگاه‌ها نشان‌دهنده، کیفیت و پتانسیل آنها در عبور دادن و ذخیره سیالات مخزن است. منحنی‌های تزریق جیوه با قابلیت بازتاب کردن ویژگی‌های هندسه گلوگاه‌ها مهم ترین ابزار در تعیین رخساره‌های تخلخل هستند [۱۷]. رخساره‌های تعیین شده بر اساس ویژگی‌های هندسه گلوگاه‌ها هماهنگی بسیار خوبی با تراوایی و دیگر پارامترهای پتروفیزیکی سنگ مخزن نشان می‌دهند [۱۸].

۲- موقعیت میدان و زمین شناسی

میدان گازی سرخون در بیست کیلومتری شمال شرق شهرستان بندرعباس و ۱۲ کیلومتری شمال شرق میدان گازی سورو در طول جغرافیایی ۵۶ درجه و عرض حدود ۲۶/۸ درجه واقع شده است این میدان به طور متوسط دارای ۲۱/۷۵ کیلومتر طول . ۷/۵ کیلومتر عرض می باشد (شکل ۱). معلمی و همکاران در سال ۱۳۹۵ بیان کردند که ساختمان این میدان به شکل تاقدیسی نامتقارن بوده که در دامنه جنوبی به وسیله یک گسل قطع گردیده است [۲]. از نظر لایه بندی طبقات به صورت نرمال و دارای ساختاری عادی می باشند. میدان سرخون دو مخزن اصلی دارد بخش گوری بازده و جهرم رازک با میانگین تولید ۹ میلیون متر مکعب در روز است. میدان سرخون یکی از بزرگترین ذخایر گازی جنوب شرق کمربند چین خورده زاگرس می‌باشد که این کمربند به عنوان یکی از اصلی‌ترین مناطق زمین شناسی ایران است روند کمربند چین خورده زاگرس به صورت شمال غربی، جنوب شرقی که به علت برخورد بین صفحات عربستان و ایران مرکزی است به صورت دقیقتر کمربند چین خورده زاگرس به عنوان حاشیه شمال شرقی حدود ۲۰۰ کیلومتر در صفحات عربی گسترش می‌یابد در

¹⁷ Lorenz plot

¹⁸ Flow Capacity

¹⁹ Storage Capacity

²⁰ Speed Zone

²¹ Tight Zone or Baffle Zone

²² Mark Skalinski

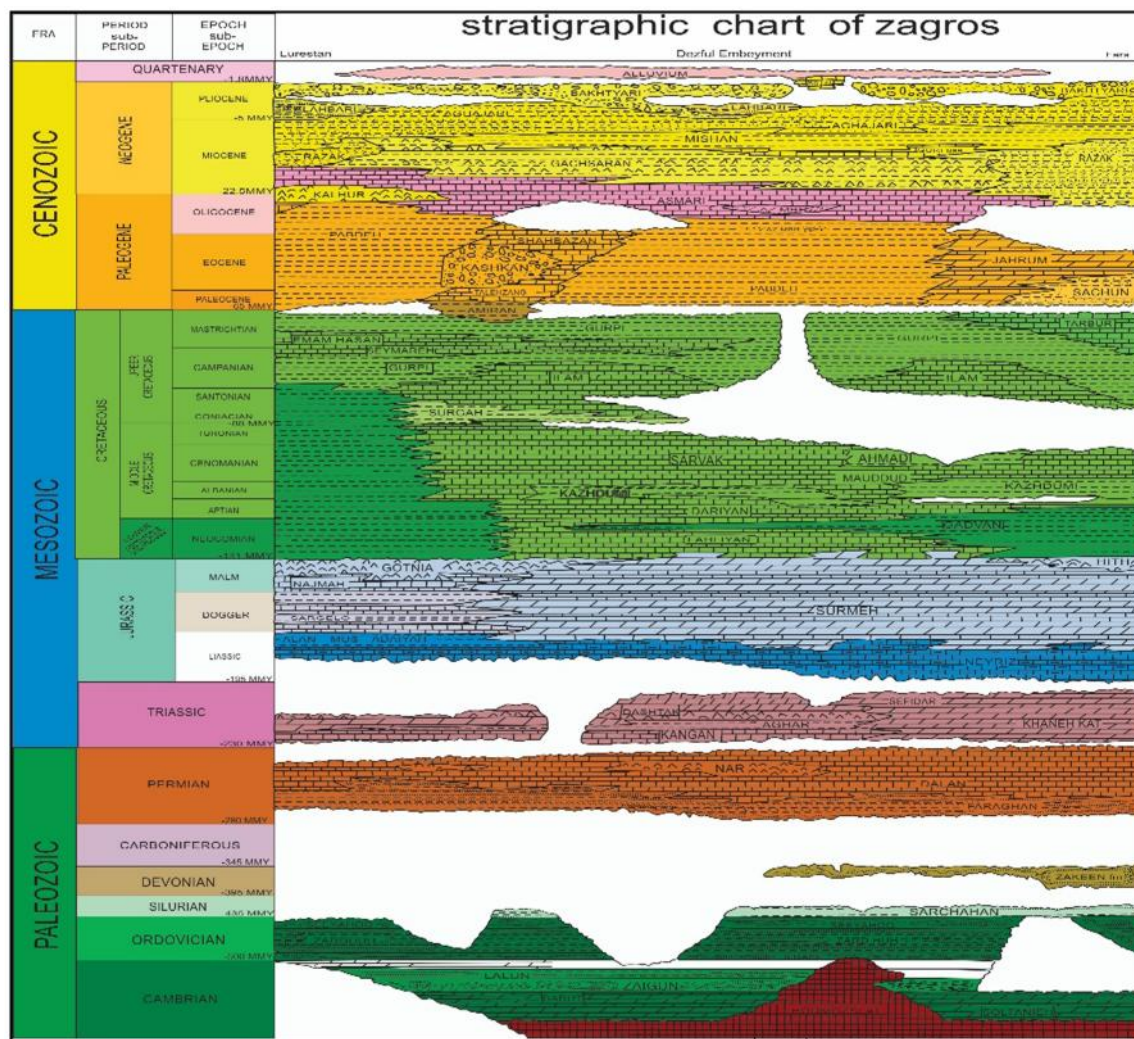
طول میوسن سطح آب دریا کاهش یافته و منطقه محصور و به دور از آب قرار گرفته که این رخداد سبب پدیدار شدن سازند تبخیری گچساران شده است که به عنوان سنگ پوشش برای سازند آسماری در میدین نفتی ایران و عراق کاربرد دارد سازند گچساران در ناحیه فارس به رازک تبدیل می‌شود که سازند رازک یکی ذخایر مهم گاز در میدان سرخون است [۴].



شکل ۱- موقعیت میدان سرخون

مطیعی در سال ۱۳۷۲ بیان کرد که ستون چینه شناسی (شکل ۲) در این بخش از میدان در چاه مورد مطالعه شامل سازندهای آغاچاری، میشان، گوری، گوری بازده، رازک، جهرم می‌باشد. لیتولوژی سازند آغاچاری ماسه سنگ‌های آهکی به رنگ قهوه‌ای تا خاکستری و مارن است، لیتولوژی سازند میشان مارنی سیلتی و آهک رسی به رنگ خاکستری روشن می‌باشد. لیتولوژی سازند گوری شامل تناوبی از سنگ‌های کربناته و مارن سیلتی است. سازند جهرم که در میدان سرخون دارای ضخامت متفاوت از ۴۲۰ تا ۵۴۰ متر می‌باشد و به سه بخش بالایی میانی و پایینی تقسیم می‌شود. جهرم بالایی در قسمت پایینی دارای سنگ آهک رسی بطرف بالاتر سنگ آهکی، جهرم میانی بطرف میانی و در قسمت‌های شرقی اکثراً وکستون و یا پکستون تشکیل شده است [۳]. سازند رازک که گویای برخورد حاشیه شمال شرقی صفحه عربی با صفحه ایران مرکزی است، و از نهشته‌های کربناته، آواری و تخریبی به سن الیگومیوسن تشکیل شده است [۱]. حد بالایی این سازند آهک‌های گوری از سازند میشان و حد پایینی آهک آسماری و جهرم در برش نمونه به صورت تدریجی همساز است [۳]. فوراً در سال ۱۹۷۴ بیان کرد که بخش قاعده‌ای این سازند یک لایه‌ی کنگلومرا وجود دارد که در میدان سرخون این بخش کنگلومرای گاز خیز می‌باشد و تحت عنوان کنگلومرای قاعده رازک شناسایی می‌شود [۶]. مختاری و همکاران در سال ۲۰۰۶ اظهار داشتند که منشأ رسوبات آواری و دانه درشت سازند رازک از پهنه زاگرس فلسی^{۲۳} است، سازند رازک در برخی نقاط فرسایش یافته است و به سوی جنوب حوضه در پس کرانه بندرعباس بیشتر شامل رسوبات آواری دانه ریزتر است که به طور زبانه‌ای با سازند گچساران جایگزین می‌شود. ضخامت سازند رازک متغییر است. تغییر ضخامت به دلیل حرکت پلاستیکی نمک و بالا آمدگی نمک‌های سری هرمز می‌باشد که گاهی کمتر از ۱۵۰ متر و گاهی تا بیش از ۱۳۰۰ متر اندازه‌گیری شده است [۱۲].

²³ Zagros Imbricate Zone



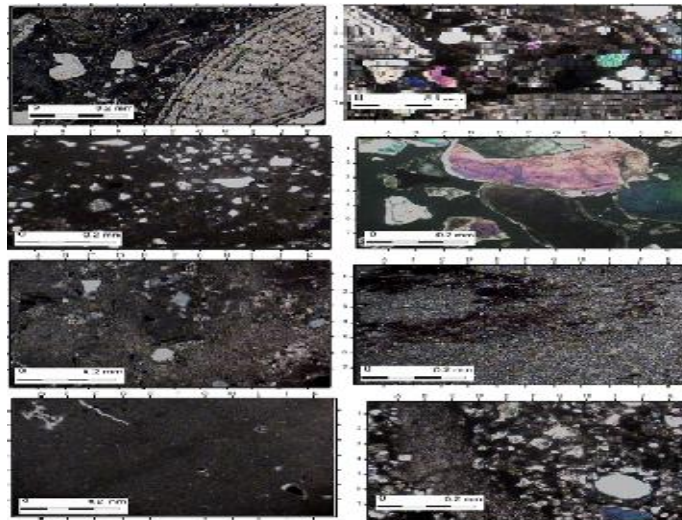
شکل ۲- توالی چینه شناسی رسوبات سنوزوئیک در منطقه مورد مطالعه همان گونه که دیده می شود در این منطقه (مرز فارس ساحلی و داخلی) سازند رازک به صورت ناپیوستگی بر روی سازند جهرم قرار گرفته است [۲]

با توجه به مطالعه سنگ شناسی قاعده رازک و همچنین تفسیر نمودارهای الکتریکی باید گفت رسوبات قاعده رازک از هیچ قانونی پیروی نمی کنند به علاوه در هر کدام از چاه ها ضخامت ها به همراه سیکل های رسوبی متفاوتی را نشان می دهند. تنها دلیل برای این رسوبات می توان به این اشاره کرد که رسوبات حد فوقانی سازند جهرم حالت منحنی شکل داشته اند [۲].

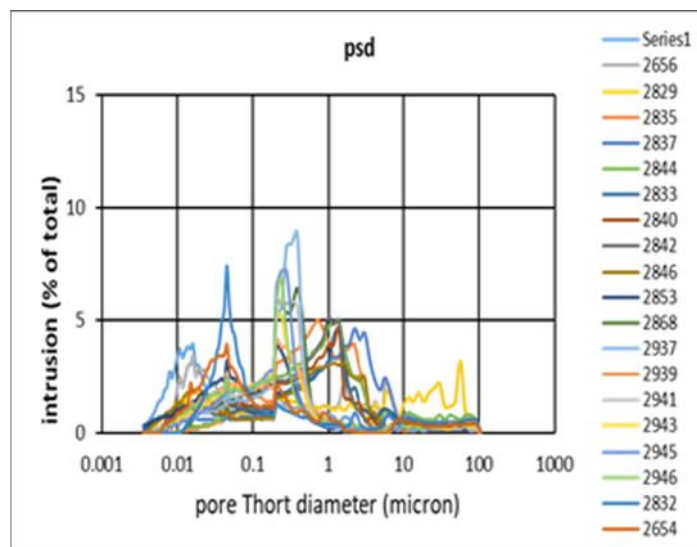
۳- داده ها و روش ها

بر طبق طبقه بندی های انجام شده گونه های سنگی بخش های از یک مخزن هستند که در شرایط زمین شناسی مشابه رسوب نموده و یک رابطه بین تخلخل، تراوایی و اشباع آب دارند. در بین چاه های حفاری شده در میدان مورد بررسی چاه شماره ۱۴ دارای اطلاعات پتروفیزیکی و داده های مغزه است. در این چاه تعداد ۸۴ عدد مقطع نازک (شکل ۳) به همراه ۴۶ متر مغزه حفاری شده مورد مطالعه قرار گرفتند. جدول شماره (۱) نشان دهنده مطالعاتی است که بر روی مغزه و مقاطع این میدان صورت گرفته است. جهت نامگذاری رخساره ها از روش دانهام و برای رده بندی پتروفیزیکی و شناسایی کلاس های سنگی از روش لوسیا استفاده می شود [۹]. همچنین از روش آمافول برای تعیین واحدهای جریان براساس شاخص کیفیت

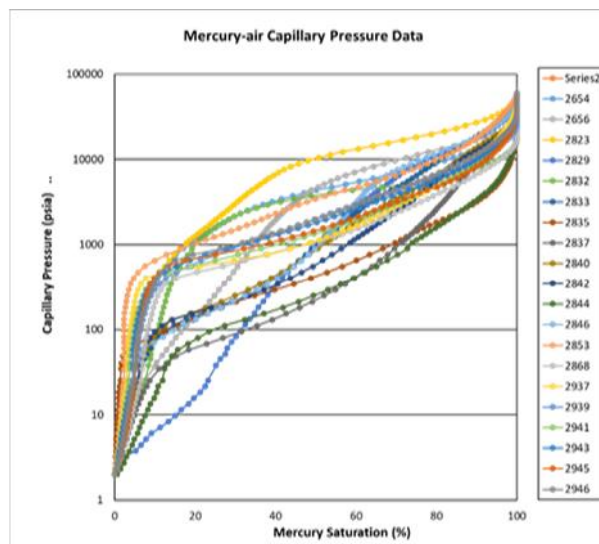
مخزن و نسبت تخلخل به ماتریکس استفاده گردید [۳]. همچنین با استفاده از روش اصلاح شده وینلند را برای تعیین واحدهای جریان کمک گرفته می شود [۵]. به علاوه از روش ارائه شده توسط گونتر و همکاران ، که یک روش گرافیکی برای کیفیت واحد جریان مخزنی بر اساس چارچوب زمین شناسی و ویژگی های پتروفیزیکی ارائه نموده‌اند، استفاده شد. همچنین از روش مارک اسکالینسکی با استفاده از منحنی‌های فشار موئینگی و توزیع اندازه فضاها خالی که در اشکال ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند و در ارتباط با رخساره رسوب گذاری می‌باشند برای تعیین گونه های سنگی استفاده گردید [۱۹]. در نهایت از نمودارهای چاه پیمایی و کراس پلات ها برای تعیین لیتولوژی تقریبی استفاده می گردد.



شکل ۳- نمونه‌ای از مقاطع مورد مطالعه



شکل ۴- نمودار توزیع فضای خالی دانه ها برای نمونه های سازند رازک



شکل ۵- منحنی های موئینگی

جدول ۱- مطالعه های انجام شده بر روی مقاطع و مغزه های میدان سرخون

نوع نمونه	عمق	لیتولوژی	تخلخل	تراوایی	رخساره سنگی	نوع تخلخل	محیط رسوبگذاری شده	دانه های اسکتی
مقطع نازک	۲۸۲۵-۲۸۲۱	آهک ماسه ای	۲/۷	<۰/۰۰۵	پکستون ماسه ای-حاوی اسکلت فسیلی	واگی	دریای باز	ماسه های خرد شده
مقطع نازک	۲۸۴۹-۲۸۴۲	ماسه سنگ	۱/۴	۰/۰۲۴	دانه های کوارتز با ساختارهای کربناته	ماتریکس و غیرقابل رویت	رودخانه و دلتایی	ماسه های ریز شونده
مقطع نازک	۲۸۳۹-۲۸۳۸	رس سنگ سیلتی	۱۴/۷	۰/۰۴۶	مادستون سیلتی	تخلخل ماتریکس و اندکی واک	لاگون	سیلت خرد شونده
مغزه	۲۸۳۲	-	-	-	پکستون با ساختار ماسه ای و اشفتگی	-	-	رخساره به شدت اشفته ساختار های خرد شده بزرگ با سیلت خرد شده
مغزه	۲۸۶۷	-	-	-	کنگلومرای درشت دانه	-	-	خرده سنگ با ماتریکس آهکی و چرخه ریز شونده به سمت بالا

۴- رخساره و محیط رسوبی

مطالعه پتروگرافی مقاطع نازک و مغزهای سازند رازک منجر به شناسایی هشت ریز رخساره گردید که در زیر محیط های لاگون دریای باز سیستم رودخانه ای دلتایی و سیستم آواری ته نشین شده اند. مقایسه بخش مورد مطالعه با برش نمونه واقع در یال شمالی کوه جهرم نشان می دهد که این بخش با واحدهای شماره یک و هشت از برش نمونه که لیتولوژی واحد یک سنگ آهک مارنی با بین لایه های مارن خاکستری و سنگ آهک ماسه ای همراه با لایه کنگلومرایی است. واحد شماره هشت ماسه سنگ کرم تا قهوه ای رنگ با میان لایه شیل و مارن می باشد. ریز رخساره ها به سه گروه کربنات، هیبریدو

آواری تقسیم بندی می‌شوند که ریز رخساره‌های گروه کربنات MF1، MF3، MF5، MF6، MF7، گروه هیبرید شامل MF2، MF8 و گروه آواری MF4 می‌باشند. بررسی مقاطع نازک نشان می‌دهد که:

ریز رخساره MF1 در عمق ۲۸۲۹ متری دارای لیتولوژی سنگ آهک گلی و حاوی اسکلت فسیلی نومولیت، فرامینیفراهای بتیک و اسکلت‌های خرد شده می‌باشد که منبع اصلی اسکلت‌های خرد شده، میکرایتی شدن اسکلت‌های دیگر است. تخلخل‌های واگی و بین ذره‌ای در این ریز رخساره قابل شناسایی هستند که باعث کاهش کیفیت مخزنی می‌شوند (شکل ۷، MF1). در مطالعات مغزه این بخش به وسیله پیشروی از رخساره دانه پشٹیبان به رخساره گل پشٹیبان شناسایی می‌شود. ویژگی‌های اصلی دیاژنزی این بخش شامل انحلال فشاری، تراکم میکرایتی شدن و میکرایتی شدن بیشتر دانه‌ها (میکرایتی پلوئید و ساختمان‌های خرد شده) اغلب مربوط به سیمان کلسیتی پیچی و کریستاله شدن است. آشفستگی‌های فراوان موجود در مغزه وابسته به فرآیند تراکم است با این وجود محیط رسوبی این رخساره در دریای باز و لاگون رسوب کرده است که مربوط هستند به رمپ‌های هموکلینال کربناته خارجی و با رخساره استاندارد شماره سه ویلسون (SMF3) برابر است و با محیط خارجی یک پلت فرم برابر است.

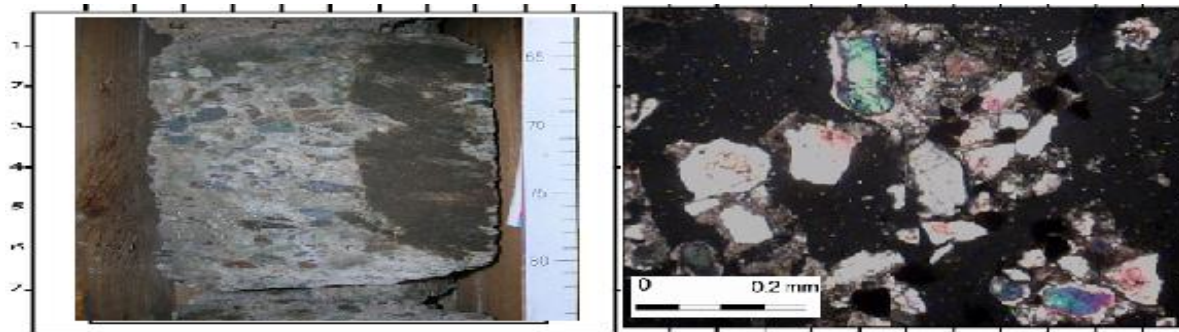
ریز رخساره MF2 در عمق ۲۸۴۴ متری دارای لیتولوژی ماسه سنگی که حاوی اسکلت‌های خرد شده و دانه‌های متوسط و درشت شونده ماسه، نومولیت‌های بازسازی شده و ساختارهای آهکی است (شکل ۷، MF2). مطالعات مغزه نشان می‌دهد که منشأ دانه‌های درشت ماسه سنگ و سنگ آهک شنی و ساختارهای بازسازی شده فسیلی سازند جهرم در همسایگی رازک می‌باشد. مراحل دیاژنزی شامل تراکم، میکرایتی شدن، انحلال ثانویه با این وجود محیط رسوبی این بخش در سیستم آواری رودخانه‌ای با تکرار و پیشروی فواصل کربناته مشخص می‌شود.

ریز رخساره MF3 در عمق ۲۸۵۶ متری دارای لیتولوژی ماسه سنگ به سیلت و دارای ماسه سنگ غنی از کربنات می‌باشد (شکل ۷، MF3). در این رخساره تغییرات رنگی سیلت سنگ شامل رنگ قرمز، سبز و سیلتستون تیره می‌باشد. دیاژنزی اصلی این ریز رخساره شامل انحلال فشاری، فشردگی و تخلخل غیر قابل رویت می‌باشد. محیط رسوبی این بخش رودخانه‌ای (دشت سیلابی) به طرف دلتا است.

ریز رخساره MF4 در عمق ۲۸۵۹ متری لیتولوژی این بخش ماسه سنگ به کنگلومرا و حاوی پیل و دانه‌های درشت شونده خرد شده سنگ است (شکل ۷، MF4). مطالعات مغزه نشان می‌دهد که سازند رازک با یک رخساره کلسیتی بطور ناگهانی وارد سازند جهرم می‌شود که با یک مرز چینه شناسی مشخص می‌شود. فرآیندهای دیاژنزی این بخش شامل انحلال ثانویه و سیمان کلسیتی (شکل ۶) که بین دانه‌های پیل و ماسه نفوذ می‌کند و همچنین فشردگی باعث کاهش کیفیت مخزن می‌شود محیط رسوبی این بخش در یک سیستم رودخانه‌ای ته نشین شده که از لحاظ ویژگی‌های مخزنی می‌تواند یک بخش کافی برای مخزن می‌باشد.

ریز رخساره MF5 در عمق ۲۸۴۸ متری، دارای لیتولوژی ماسه آهکی و حاوی فسیل و مادستون و وکستون، اسکلت‌های ریز خرد شده است. دگرشکلی یا نئومورفیسم ثانویه تخلخل واگی و به مقدار کم تخلخل بین دانه‌ای در این ریز رخساره دیده می‌شود (شکل ۷، MF5). مطالعات مغزه نشان می‌دهد که فواصل آهکی این قسمت توسط ساختارهای اسکلتی

وکستون و مادستون مشخص می‌شوند که این ساختارها نشان دهنده محیط لاگون می‌باشند و برابر رخساره استاندارد شماره بیست می‌باشد (SMF20).

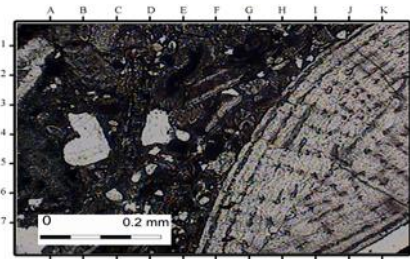


شکل ۶- سیمان کلسیتی موجود در ریزرخساره MF4

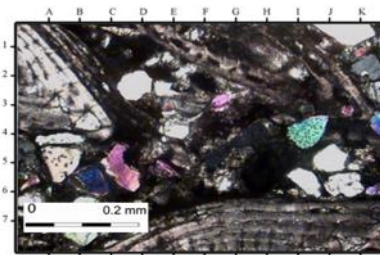
ریز رخساره MF6 در عمق ۲۸۳۸ متری مادستون سیلتی حاوی آشفستگی زیاد، سیلت خرد شده و ماسه زاویه دار کم، و حاوی تخلخل ماتریکس و تخلخل واگی می‌باشد (شکل ۷، MF6). مطالعات مغزه نشان می‌دهد که این بخش حاوی مادستون و سیلت‌های خرد شده که در محیط آرام لاگون ته نشین شده‌اند و رخساره استاندارد شماره بیست و سه را نشان می‌دهد (SMF23).

ریز رخساره MF7 در عمق ۲۸۴۰ متری سنگ آهک گلی، دارای مادستون فسیل دار و وکستون و فرامینفرهای کف زی، ساختمان‌های خرد شده و حاوی گل با آشفستگی فراوان است (شکل ۷، MF7). مطالعات مغزه نشان می‌دهد که این بخش از سیلت سنگ به گل سنگ حاوی آشفستگی و ساختارهای آهکی به همراه ساختمان‌های میکرایتی خرد شده ترکیب شده است که نشان دهنده محیط لاگون می‌باشد و رخساره استاندارد شماره بیست و سه را نشان می‌دهد (SMF23).

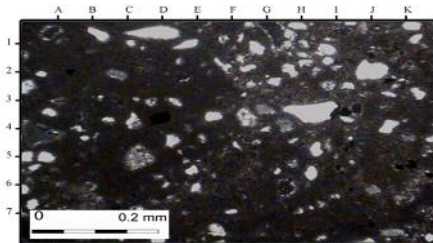
ریز رخساره MF8 در عمق ۲۸۳۱ متری سنگ آهک ماسه‌ای دارای رخساره فسیلی بازسازی شده و دانه‌های خرد شونده است (شکل ۷، MF8). سنگ آهک ماسه عموماً ترکیب شده از سیلت به سمت گل سنگ با آشفستگی زیستی و وکستون ماسه‌ای که دانه‌های ماسه به صورت تصادفی در این بخش آهکی حضور پیدا می‌کنند. دیاژنز اصلی این بخش انحلال فشاری، و مراحل انحلال ثانویه و میکرایتی شدن است که برابر با رخساره استاندارد شماره بیست پنج می‌باشد (SMF25). با توجه این ملاحظات این بخش در محیط رسوبی محصور یا یک پلت فرم کربناته با ورود مکرر ماسه یه داخل حوضه رسوبی ته نشین شده‌اند. جدول ۲ و شکل ۷ نشان دهنده شماتیکی از محیط رسوبی و اطلاعات محیط نهشته شدن می‌باشد.



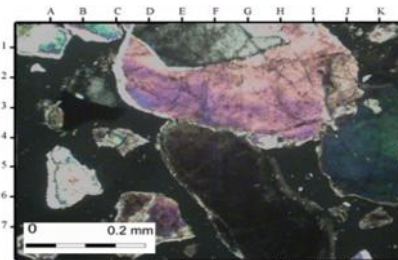
MF1. پکستون و کستون



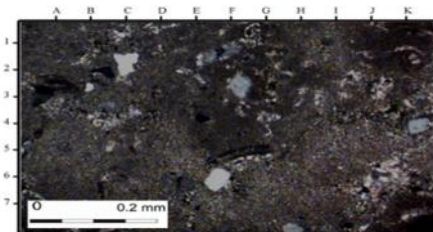
MF2. پکستون گرینستون



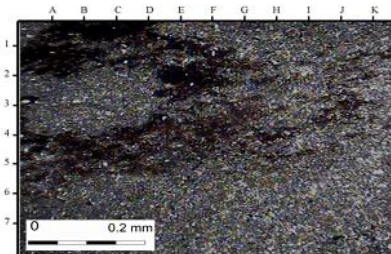
MF3. وکستون مادستون



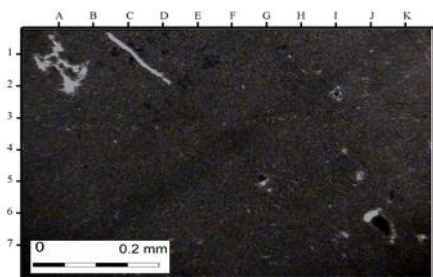
MF4. گرینستون



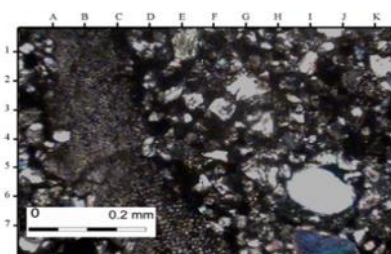
MF5. مادستون وکستون



MF6. مادستون

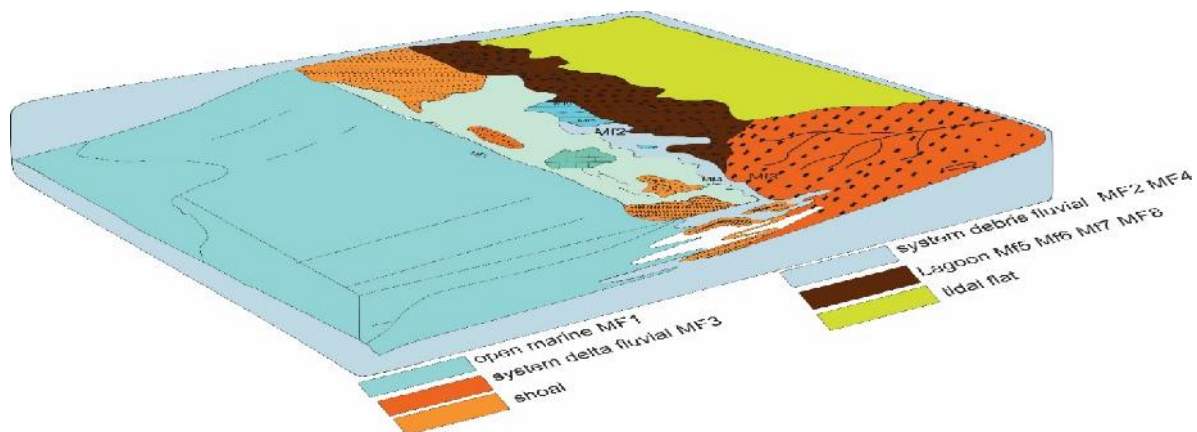


MF7. وکستون مادستون



MF8. وکستون ماسه ای

شکل ۷- ریز رخساره های شناسایی شده در مقاطع مورد مطالعه -MF1 پکستون و وکستون حاوی اسکلت فسیلی MF2 - پکستون و گرینستون حاوی آشفته گی MF3 - وکسون و مادستون دارای اشفتگی و کستون اینتراکست دار -MF4 گرینستون -MF5 مادستون و وکستون ساختارهای میکرایتی -MF6 مادستون MF7 - وکستون مادستون -MF8 وکستون ماسه ای سیلتستون



شکل ۸- مدل شماتیک محیط رسوبی سازند رازک در میدان سرخون

جدول ۲- گونه های سنگی تعیین شده در سازند رازک با تطبیق رخساره های میکروسکوپی با رده های پتروفیزیکی لوسیا

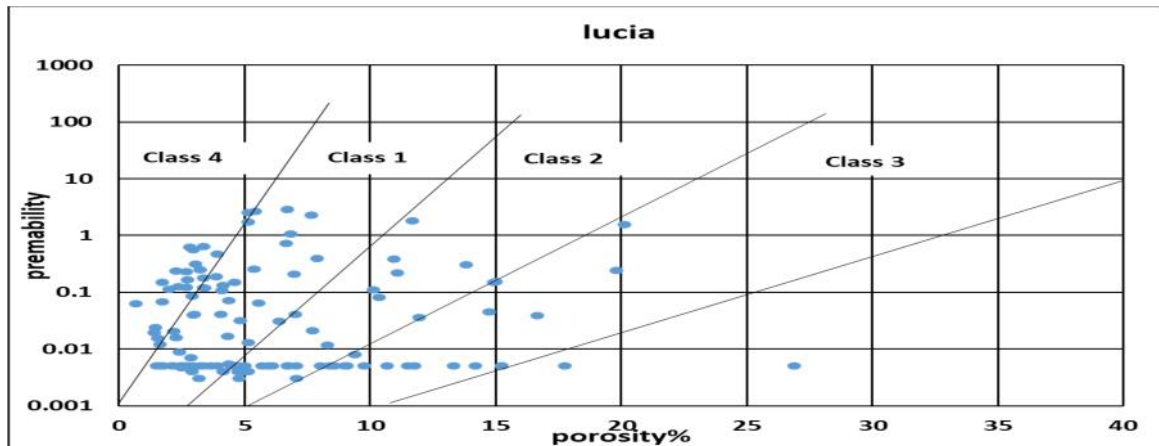
گروه پتروفیزیکی لوسیا	ریز رخساره	تراوایی (میلی داریسی)	تخلخل (درصد)	رخساره (بافت)	گونه سنگی RT
۱	MF4	۲/۳۵	۵/۲	گرینستون	۱
۲,۱	MF2	۰/۲۳۴	۲/۷	گرینستون پکستون	۲
۳,۲	MF1 MF3	۰/۰۷۶	۲/۵	پکستون وکستون	۳
۴ و غیر مخزنی	MF5 . MF6. MF7. MF8	۰/۰۴۲	۱/۵	وکستون مادستون	۴

۴-۱- تعیین گونه های سنگی به روش دسته بندی لوسیا

در سازند رازک از ترکیب رخساره های استاندارد معرفی شده توسط ویلسون و فلوگل و همچنین از طبقه بندی دانهام و لوسیا استفاده شده است. به منظور بررسی کیفیت مخزنی رخساره ها با برقراری ارتباط بین رخساره های معرفی شده در بخش بالایی سازند رازک با رده های پتروفیزیکی لوسیا و نیز تعیین گونه های سنگی، داده های تخلخل و تراوایی مربوط به رخساره های این سازند بر روی نمودار لوسیا ترسیم گردیده اند (شکل-۹). در سازند رازک با توجه به اینکه مشخص شده یکی از رخساره ها مربوط به محیط لاگون است اکثر داده های تخلخل و تراوایی نظیر رخساره های میکروسکوپی (MF5, MF6, MF7, MF8) در محدوده خارج از دسته بندی لوسیا و در نواحی نزدیک به محور عمودی که فاقد تخلخل هستند قرار گرفته اند. این داده ها به طور قراردادی کلاس چهارم در نظر گرفته شدند. رخساره های دیگر در محدوده کلاس های

مختلف پراکنده شده‌اند. پراکندگی که در داده‌ها مشاهده می‌شود به دلیل تاثیر فرآیندهای انحلال فشاری، سیمان کلسیتی، میکرایتی شدن بر روی سازند رازک می باشد. با تطبیق رخساره‌های مورد مطالعه با کلاس‌های لوسیا، گونه‌های سنگی مختلفی برای سازند رازک شناسایی شد. بر این

اساس سازند رازک به چهار گونه سنگی تقسیم شد (جدول ۲). بهترین کیفیت مخزنی مربوط به کلاس یک با توجه به



شکل ۹- نمودار تخلخل در مقابل تراوایی نمونه‌های سازند رازک در نمودار پتروفیزیکی لوسیا برخی از داده‌ها در محدوده خارج از رده بندی و در نواحی نزدیک به محور عمودی قرار گرفته‌اند که به طور قراردادی به عنوان رده چهارم در نظر گرفته شده‌اند

تراوایی و تخلخل بالا و ضعیف‌ترین بخش کلاس چهارم با تخلخل و تراوایی پایین می‌باشد.

۲-۴- واحدهای جریانی

یک واحد جریانی بخشی از یک مخزن است که به طور جانبی و عمودی پیوسته است، به طوریکه ویژگی‌های زمین شناسی و پتروفیزیکی تاثیرگذار بر جریان سیال در آن واحد ثابت است. فضاهای خالی عواملی هستند که ویژگی‌های واحدهای جریان را کنترل می‌کنند، بنابراین هر واحد جریانی می‌تواند نشان دهنده یک واحد مخزنی خاص با سیستم فضای خالی منحصر به فرد باشد که در این مطالعه به دلیل شناسایی واحدهای جریان همچنین در دسترس بودن داده‌های تخلخل و تراوایی و شناسایی بخش‌بافت و همچنین بخش‌های پرسرعت مخزن و شناسایی اندازه فضاهای خالی از سه روش امافول، وینلند و لورنز استفاده شد [۳].

جدول ۳- نتایج رقومی برای دو روش آمافوله و لوسیا

Amafulu			Lucia		Depth (m)
IQI	PMR	FZI	Porosity (%)	Permeability (mD)	
0.13	0.09	0.01	8.3	0.011	2650.74
0.20	0.08	0.02	7.6	0.020	2651.02
2.06	0.03	0.07	3.3	0.178	2651.35
0.50	0.05	0.03	4.8	0.031	2651.65
0.29	0.03	0.01	3.1	0.003	2651.9
0.23	0.04	0.01	4.1	0.004	2652.17
0.08	0.08	0.01	7.0	0.003	2652.46
0.09	0.10	0.01	9.3	0.008	2652.78
0.29	0.11	0.03	10.1	0.108	2653.14
0.00	0.00	0.00	0.0	0.000	2653.48
0.39	0.03	0.01	2.9	0.004	2653.74
0.70	0.02	0.02	2.1	0.005	2654.02
0.42	0.03	0.01	2.9	0.005	2654.29
1.02	0.02	0.02	1.6	0.005	2654.57
0.45	0.03	0.01	2.8	0.005	2654.81
0.20	0.05	0.01	4.8	0.005	2655.17
0.01	0.37	0.00	26.8	0.005	2655.42
0.05	0.13	0.01	11.7	0.005	2655.93
0.15	0.06	0.01	5.7	0.005	2656.56
0.92	0.02	0.02	1.7	0.005	2656.81
0.50	0.03	0.01	2.6	0.005	2821.84
0.21	0.05	0.01	4.6	0.005	2822.12
0.07	0.11	0.01	9.7	0.005	2822.37
0.12	0.07	0.01	6.7	0.005	2822.7
0.35	0.03	0.01	3.3	0.005	2823.06
0.31	0.04	0.01	3.6	0.005	2823.34
0.22	0.05	0.01	4.4	0.005	2823.61
0.19	0.05	0.01	4.9	0.005	2823.9
0.09	0.09	0.01	7.9	0.005	2825.62
0.08	0.09	0.01	8.3	0.005	2825.88
0.08	0.09	0.01	8.5	0.005	2826.13
0.07	0.10	0.01	8.9	0.005	2826.44
0.07	0.10	0.01	9.0	0.005	2826.73
0.14	0.06	0.01	6.0	0.005	2827.04
0.04	0.17	0.01	14.1	0.005	2827.62
0.03	0.18	0.01	15.2	0.005	2827.97
0.04	0.15	0.01	13.3	0.005	2828.24
0.02	0.22	0.01	17.7	0.005	2828.81
0.03	0.18	0.01	15.2	0.005	2829.1

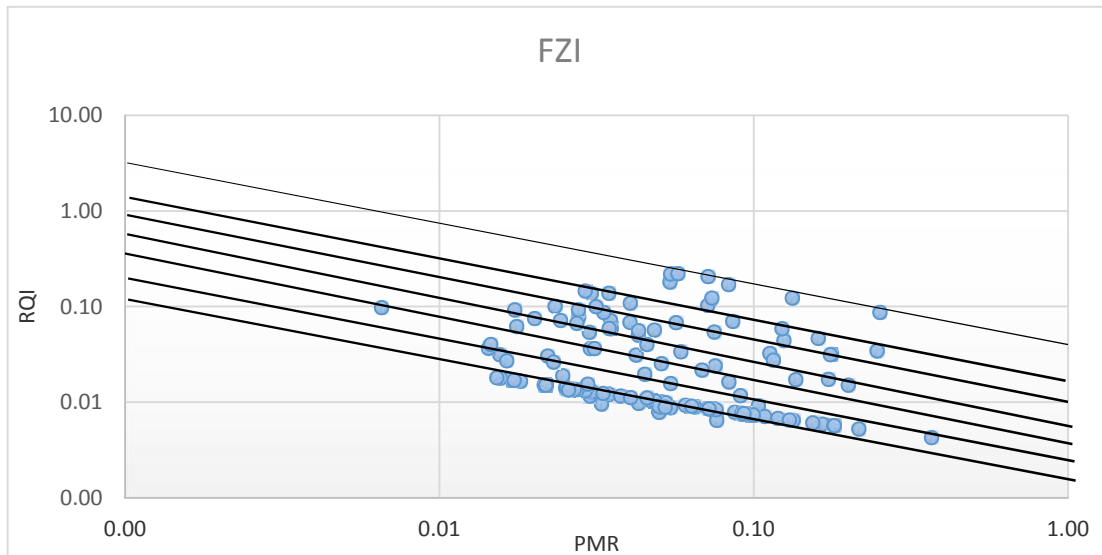
جدول ۴- رخساره‌های میکروسکوپی و مهم ترین فرایندهای دیاژنزی شناسایی شده در سازند رازک در چاه ۱۴ در این مطالعه

نام	زیرمحیط	فرایند دیاژنزی	آلوکم	بافت	رخساره استاندارد	عمق (m)
MF1	دریایی باز	انحلال فشاری، تراکم میکرایی شدن و میکرایی شدن مربوط به سیمان پیچی	فرامینفر بتتیک- اسکلت‌های خرد شده	گل آهکی	SMF3	۲۸۲۹
MF2	آواری رودخانه‌ای	انحلال فشاری، تراکم، میکرایی شدن و سیمان کلسیتی	اسکلت‌های باز سازی شده	ماسه سنگ	-	۲۸۴۴
MF3	سیستم آواری دلتایی	انحلال، تراکم، سیمان کلسیتی	فاقد آلوکم	ماسه سنگ به سیلت	-	۲۸۵۶
MF4	آواری رودخانه‌ای	انحلال ثانویه، سیمان کلسیتی	فاقد آلوکم	ماسه سنگ به کنگلومرا	-	۲۸۵۹
MF5	لاگون	میکرایی شدن، انحلال	اسکلت‌های باسازی شده ریز	سنگ آهک ماسه‌ای	SMF20	۲۸۴۸
MF6	لاگون	انحلال فشاری، انحلال ثانویه، میکرایی شدن	فاقد آلوکم	رس سنگ ماسه‌ای	SMF23	۲۸۳۸
MF7	لاگون	تراکم، میکرایی شدن	فرامینفر بتتیک و اسکلت خردشده	گل آهکی	SMF23	۲۸۴۰
MF8	لاگون	انحلال، تراکم، میکرایی شدن	فسیل‌های باسازی شده خرد شده	ماسه آهکی	SMF25	۲۸۳۱

۳-۴- روش آمافول

همانطور که در بخش‌های قبل اشاره شد، داده‌های تخلخل و تراوایی در رابطه ۲۱ و ۲۰ قرار گرفته و سپس نتایج در رابطه سه قرار می‌گیرد. با قرار دادن شاخص کیفیت مخزن^{۲۴} و نسبت تخلخل به ماتریکس^{۲۵} در مقابل هم مقدار شاخص زون جریان^{۲۶} به دست می‌آید (شکل ۱۰). این نمودار نشان می‌دهد که در سازند رازک در میدان سرخون هفت واحد جریانی وجود دارد که هرکدام ویژگی‌ها و خواص گلوگاهی خود را دارند که به ترتیب به سمت بالا از شماره یک تا هفت کیفیت مخزنی بهتری می‌شود. واحد جریانی شماره یک پایینترین واحد جریانی می‌باشد که مربوط به محیط لاگون و ضعیفترین واحد جریانی است. شش واحد جریانی دیگر از پایین به سمت بالا محیط‌های دریایی، سیستم آواری رودخانه‌ای و دلتایی را نشان می‌دهند.

²⁴ RQI
²⁵ PMR
²⁶ FZI



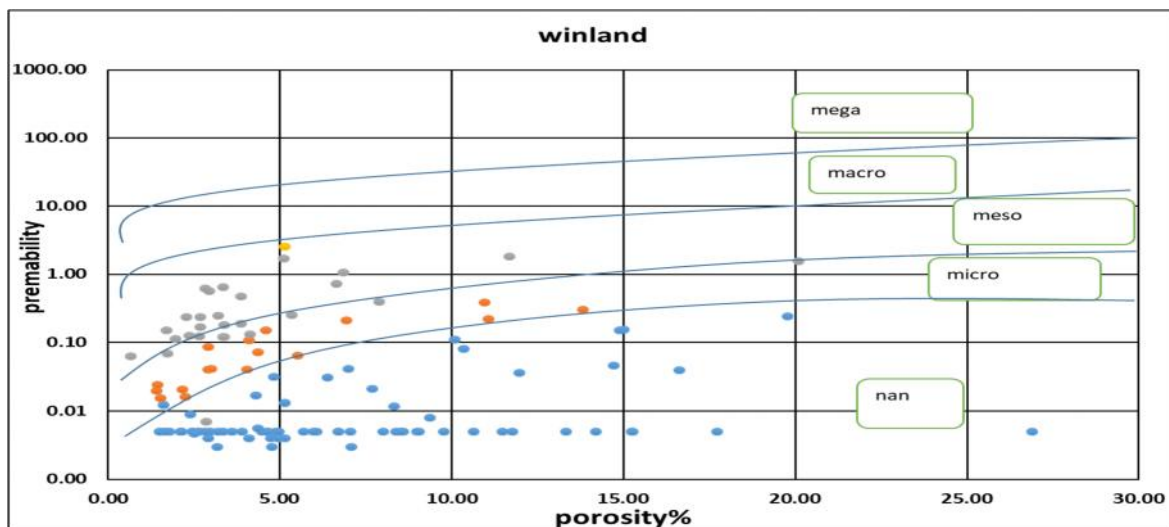
شکل ۱۰- نمودار FQ در مقابل FMR برای نمونه های سازند رازک

۴-۴- روش وینلند R35

این معادله توسط وینلند از تخلخل جیوه در ۳۰۰ نمونه از میدان اسپیندل^{۲۷} تعریف شده است. وینلند شعاع فضای خالی را در اشباع مختلف جیوه محاسبه کرد و به این نتیجه رسید که بهترین درصد برای اشباع جیوه ۳۵ درصد اشباع است، ۳۵ درصد اشباع تقریباً درصدی است که در آن اندازه فضاهای خالی کلاسی را تشکیل می‌دهند که بهترین مسیر برای جریان سیال است اساس این روش بر اساس استفاده از منحنی های فشار موینگی است. در رابطه چهار مناسب ترین تطبیق منحنی را نشان می‌دهد [۵].

$$\log(R35) = 0.732 + 0.538 \log(K_{air}) - 0.864 \log(\Phi) \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه R35 شعاع فضاهای خالی در اشباع ۳۵ درصدی جیوه، K، تراوایی برحسب میلی داری و Φ تخلخل بر حسب درصد می باشد. رابطه چهار امکان دسته بندی داده ها و کیفیت مخزن بر مبنای اندازه ی دهانه ی منافذ را فراهم می کند که به همراه سایر روش ها به تعیین تعداد و توزیع واحدهای جریان منجر می‌شود. شکل ۱۱ نشان دهنده تخلخل در مقابل تراوایی وینلند می باشد که نشان دهنده سه واحد جریانی نانو، میکرو و مزو بر مبنای اندازه دهانه منافذ برای تمامی داده های مغزه می‌باشد. با توجه به محدوده قرار گیری اکثریت داده‌ها در واحد نانو به دلیل تخلخل و تراوایی پایین نشان دهنده محیط لاگون و دریای باز می‌باشد دو واحد مزو و میکرو نشان دهنده محیط‌های رسوبی رودخانه‌ای آواری و دلتایی است.



شکل ۱۱- نمودار تخلخل در مقابل تراوایی نمونه های سازند رازک برای واحدهای جریان و قطر فضای خالی

۴-۵- تعیین واحدهای جریان سیال با استفاده از روش نمودارلورنز اصلاح شده بر مبنای چینه

نگاری^{۲۸}

فضاهای خالی عواملی هستند که ویژگی های واحدهای جریان را کنترل می کنند، بنابراین هر واحد جریانی می تواند نشان دهنده یک واحد مخزنی خاص با سیستم فضای خالی منحصر به فرد باشد. واحدهای جریانی بر اساس تغییر در شیب نمودار جدا می شوند. قسمت های پرشیب با کیفیت مخزنی بالاتر و بخش های مسطح تر با کیفیت مخزنی پایین می باشند (شکل ۱۲). بر این اساس در این بخش شش واحد جریانی شناسایی شدند. نمودار لورنز تغییرات ظرفیت جریان و ظرفیت ذخیره در مقابل عمق را نشان می دهد (شکل ۱۳). در ادامه این واحدهای جریانی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

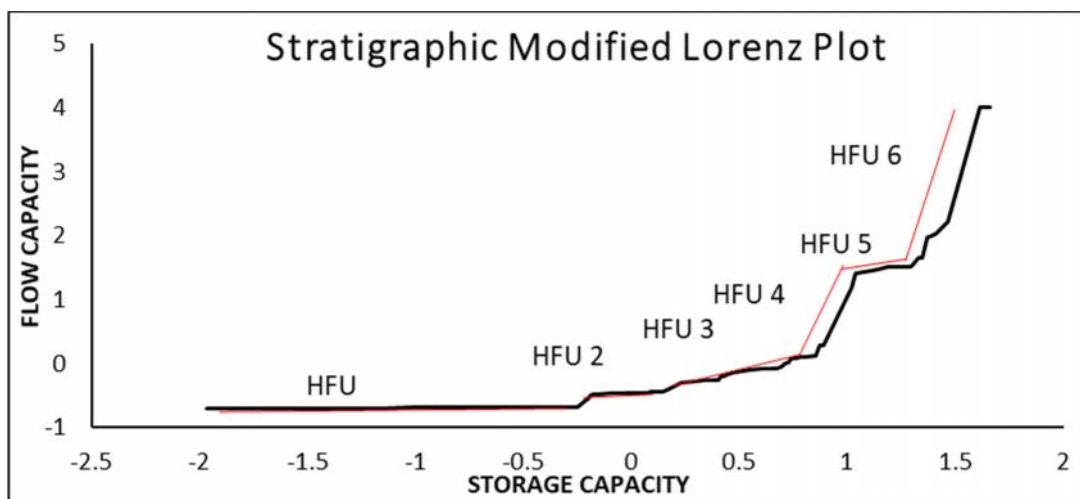
واحد جریانی شماره یک HFU1: این واحد سدی که از عمق ۲۸۲۱ متری شروع و در عمق ۲۸۳۵ متری خاتمه می یابد. لیتولوژی غالب در این بخش سنگ آهک گلی به همراه رس ماسه ای می باشد. که به ترتیب دارای رخساره های شماره MF1، MF2، MF6، MF7 می باشد. FZI در این واحد جریانی ۰/۲۹ می باشد. در این بخش محدوده تراوایی ۰/۰۰۵ میلی داری و محدوده تخلخل به ترتیب بین ۱ تا ۵ درصد تغییر می کند. محیط رسوبی این بخش مربوط دریای باز است که وابسته به رمپ های هموکلینال است، بنابراین محیط رسوبی این بخش یک محیط محصور کربناته همراه با ورود مکرر ماسه به داخل حوضه می باشد و باتوجه به ظرفیت جریان و ظرفیت ذخیره پایین این واحد، واحد جریانی شماره یک امافول که در محیط لاگون ته نشین شده و تخلخل و تراوایی پایینی دارد را نشان می دهد. بنابراین از لحاظ کیفیت مخزنی یکی از ضعیفترین واحدهای جریانی این بخش از سازند رازک می باشد.

واحد جریانی شماره دو HFU2: این واحد جریانی که از عمق ۲۸۳۸ متری شروع شده و در عمق ۲۸۴۱ متر به پایان می‌رسد مشابه با واحد جریانی شماره دو از روش لورنز می‌باشد. FZI در این واحد جریانی ۱/۰۲ می‌باشد. میانگین تراوایی ۰/۱۶ میلی داری و میانگین تخلخل ۷ درصد است، که دارای لیتولوژی مادستون و وکستون که به ترتیب رخساره‌های شماره MF5 و MF6 که ته نشین شده در محیط لاگون هستند را نشان می‌دهند. واحد جریانی شماره دو آمافول و از لحاظ کیفیت مخزنی جز زون های سدی قرار می‌گیرد.

واحد جریانی شماره سه HFU3: این واحد جریانی که از عمق ۲۸۴۱ متری شروع شده و در عمق ۲۸۴۹ متری به پایان می‌رسد، این واحد دارای لیتولوژی ماسه‌ای همراه با میان لایه‌های کربناته است که دارای ساختارهای بازسازی شده فسیلی و رخساره آواری که منبع اصلی دانه‌های درشت و ساختارهای بازسازی شده این قسمت مربوط به سازند جهرم است که در همسایگی رازک می‌باشد و محیط رسوبی این بخش در سیستم آواری رودخانه‌ای با پیش روی و تکرار فواصل کربناته ته نشین شده است. FZI در این واحد جریانی ۱/۳ می‌باشد. که واحد جریان شماره چهار روش آمافول را نشان می‌دهد. میانگین تراوایی ۰/۲۴ میلی داری و میانگین تخلخل ۶ درصد می‌باشد و رخساره MF3 را نشان می‌دهد که یک واحد مخزنی می‌باشد.

واحد جریانی شماره چهار HFU4: این واحد جریانی که از عمق ۲۸۴۹ متر شروع شده و تا عمق ۲۸۵۱ متری ادامه دارد. لیتولوژی این قسمت تناوبی از سنگ آهک ماسه‌ای و ماسه درشت شونده به سمت کنگلومرا و پیل است. سنگ آهک ماسه‌ای عموماً ترکیب شده از سیلت به سمت گل‌سنگ ماسه‌ای با آشفستگی زیاد لیتولوژی اصلی این قسمت ماسه سنگ و سنگ آهک ماسه‌ای با تعداد کمی سیلت و کوارتز خرد شده می‌باشد، FZI در این واحد جریانی ۱/۴ می‌باشد. که رخساره MF3 و MF6 واحد جریانی شماره پنج آمافول را نشان می‌دهد. میانگین تراوایی ۱/۷۲ میلی داری و میانگین تخلخل ۰/۷ درصد می‌باشد و از لحاظ کیفیت مخزنی یک بخش پرسرعت مخزنی است.

واحد جریانی شماره پنج HFU5: این واحد جریانی که از عمق ۲۸۵۱ متری شروع شده و تا عمق ۲۸۵۵ متری ادامه دارد. این بخش یک بخش مخزنی است که لیتولوژی اصلی آن سنگ آهک ماسه‌ای با بخش قابل توجهی سیلت و ماسه خرد شده است که در داخل این رخساره آهکی توزیع شده‌اند. FZI در این واحد جریانی ۰/۷۹ می‌باشد. محیط رسوبی این بخش در سیستم آواری دلتایی ته نشین شده است و رخساره MF8 و MF3 را نشان می‌دهد. همچنین واحد جریانی شماره دو روش آمافول را نشان می‌دهد. میانگین تراوایی ۰/۴۵ میلی داری و میانگین تخلخل این بخش ۰/۷ درصد می‌باشد و از لحاظ کیفیت مخزنی یک بخش مخزنی متوسط است.

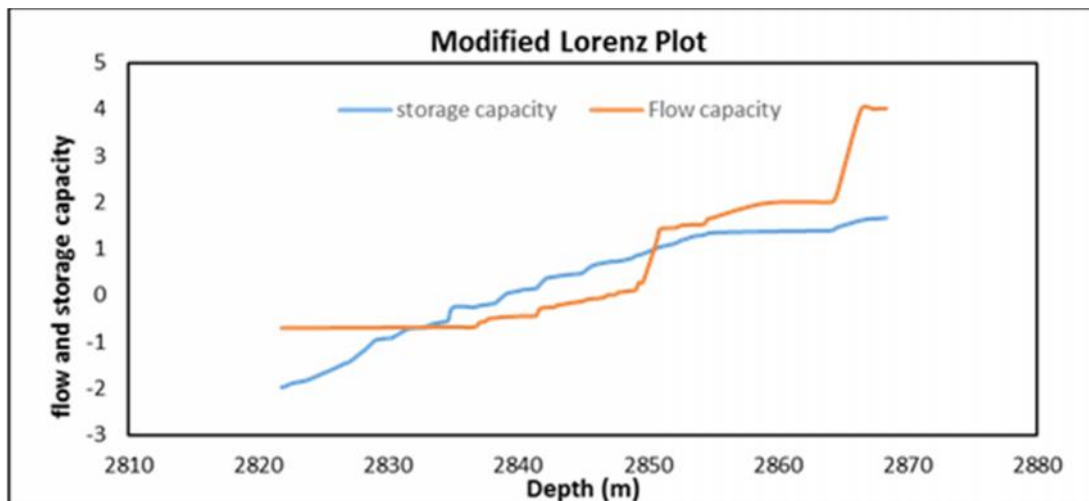


شکل ۱۲- مدل استراتیگرافی لورنز پلات برای نمونه های سازند رازک

واحد جریانی شماره شش HFU6: این واحد جریانی که از عمق ۲۸۵۴ متری شروع شده و تا عمق ۲۸۶۶ متری ادامه دارد. این بخش که قسمت تحتانی سازند رازک است و با یک رخساره کلسیتی به طور ناگهانی وارد سازند جهرم می شود، که یکنایوستگی را مشخص می نماید. لیتولوژی این بخش دارای دانه های کنگلومرای بزرگ شونده و لایه های ماسه ای است. کنگلومرای پلی میکتایت با تنوعی از دانه های پبل در این بخش غالب شده است. FZI در این واحد جریانی ۱/۷ می باشد. محیط رسوبی این بخش در یک سیستم رودخانه ای به سمت دلتایی ته نشین شده است و واحد جریانی شماره شش و هفت روش امافول را نشان می دهد. میانگین تراوایی این واحد ۱/۲۰ میلی داری و میانگین تخلخل ۰/۷ درصد است. این واحد رخساره MF4 را نشان می دهد و یک بخش نسبتا مناسب برای مخزن می باشد.

۴-۶- تعیین گونه های سنگی با استفاده از منحنی های موئینگی

در بحث شناسایی گونه های سنگی با استفاده از منحنی های موئینگی و نمودار قطر فضای خالی و همچنین نمودارهای موئینگی گونه های سنگی مشخص می شوند. همچنین نمونه ها از سیستم آب و گاز مخزن به سیستم جیوه و هوا آزمایشگاه منتقل شدند.



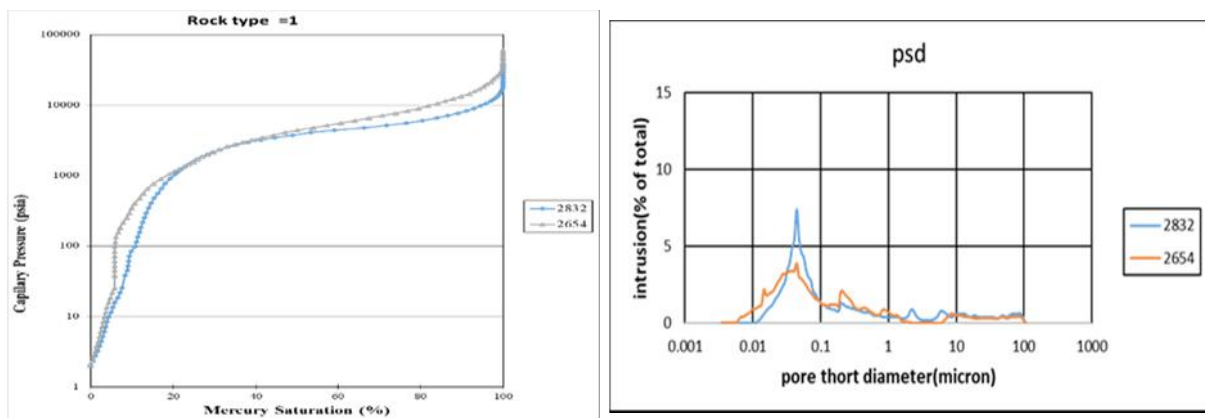
شکل ۱۳- مدل لورنز پلات برای نمونه های سازند رازک که ظرفیت جریان و ظرفیت ذخیره را عمق نشان می دهند

مارک اسکالینسکی^{۲۹} و همکاران در سال ۲۰۱۵ از پاسخ منحنی های تزریق موئینگی که در رابطه با رخساره رسوبی و چینه نگاری هستند، مشخص نموده اند که هر نوع گونه سنگی سیستم فضای خالی خاص خود را دارد و بر این اساس گونه های سنگی را تشخیص دادند [۱۸]. در این پژوهش با قرارگیری داده های فشار موئینگی در مقابل اشباع جیوه و قطر فضاهای خالی در مقابل درصد نفوذ جیوه به فضای خالی برای هر عمق منحنی های خاص خود بوجود آمدند، که هر منحنی نشا دهنده یک نوع گونه سنگی می باشد. در ادامه این گونه ها مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

گونه سنگی یک: با توجه به منحنی های فشار موئینگی به دست آمده و نمودار توزیع قطر فضای خالی که در (شکل ۱۴) نشان داده شده و مشخص شده که لیتولوژی موجود در این گونه سنگی سنگ آهک ماسه ای می باشد. در این گونه سنگی تخلخل و تراوایی به ترتیب ۱/۵ درصد و ۰/۰۰۵ میلی داری که برابر با رخساره MF1 و کلاس سه طبقه بندی لوسیا و گروه پکستون و وکستون طبقه بندی دانهام می باشد.

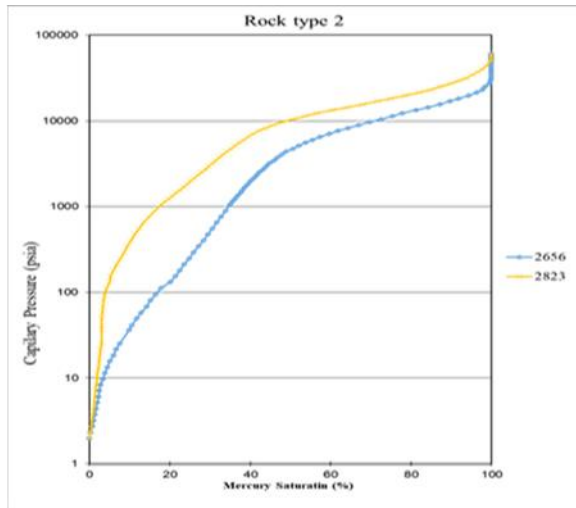
گونه سنگی دو: تمام ویژگی های این گروه مشابه با گونه سنگی شماره یک بوده با این تفاوت که لیتولوژی اصلی این قسمت سنگ آهک ماسه ای پکستون حاوی اسکلت فسیلی می باشد که (شکل ۱۴) نشان دهنده نمودار توزیع فضای خالی نمودارهای موئینگی برای گونه سنگی شماره دو، که تخلخل و تراوایی به ترتیب ۵/۵ درصد و ۰/۲۷۸ میلی داری که برابر با رخساره MF1 و پکستون و وکستون در طبقه بندی دانهام و کلاس سه طبقه بندی لوسیا می باشد.

گونه سنگی سه: این نوع گروه سنگی با توجه به نمودارهای به دست آمده (شکل ۱۴) نشان می دهد که لیتولوژی این قسمت ماسه سنگی و تخلخل ۰/۱۴ درصد و تراوایی ۰/۰۰۵ میلی داری دارد. دلیل تخلخل بالا و تراوایی پایین این قسمت به دلیل این است که در میان رخساره های بازسازی شده ماسه سنگی فواصل سیلتی و گل آهکی باعث کاهش تراوایی این قسمت شده اند. این گونه در رخساره MF2 که در کلاس یک و دو، طبقه بندی لوسیا و گروه پکستون حاوی ساختار ماسه ای و گریستون آشفته قرار می گیرد.

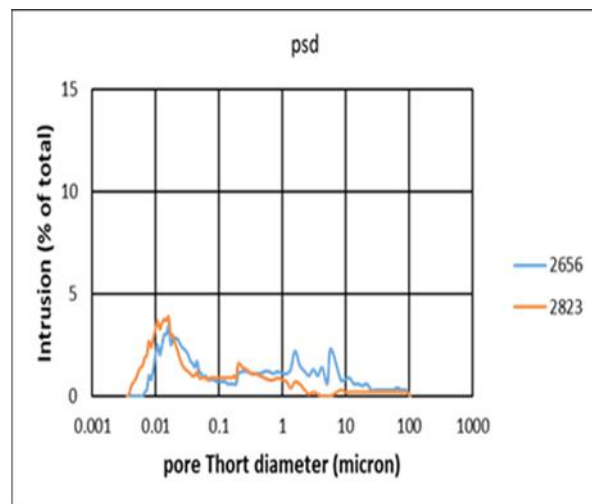


²⁹ Mark Skalinski

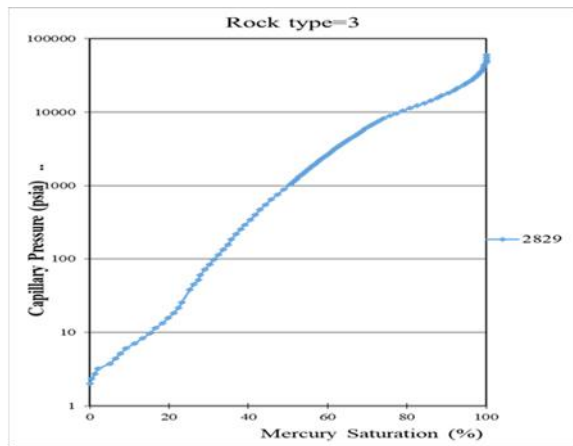
RT1



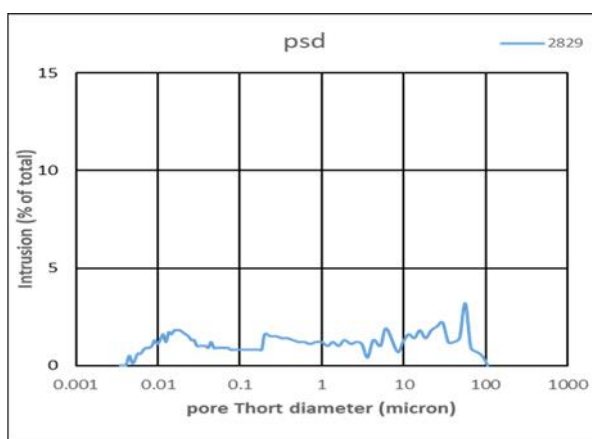
RT1



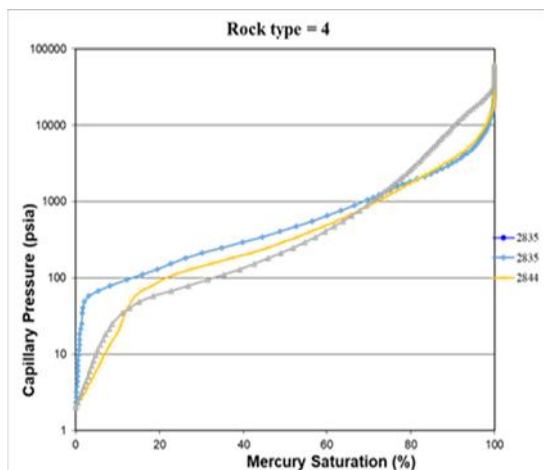
RT2



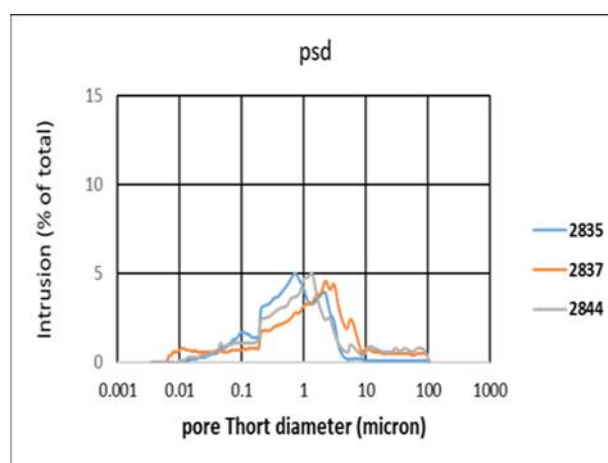
RT2



RT3

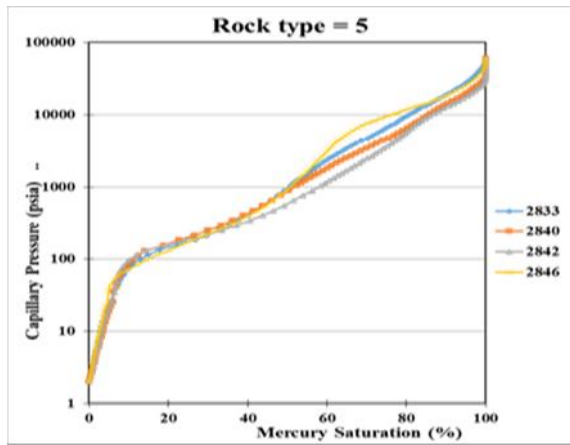


RT3

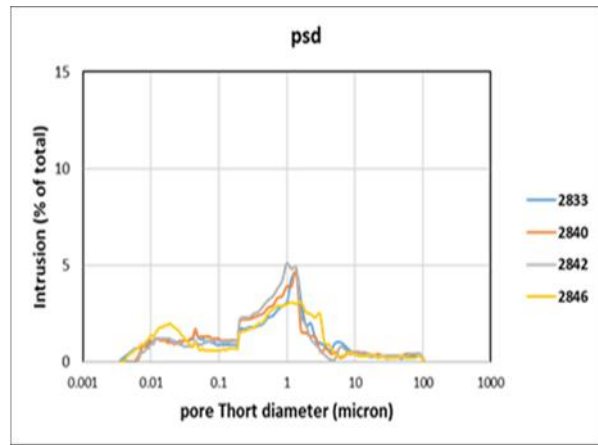


RT4

RT4



RT5



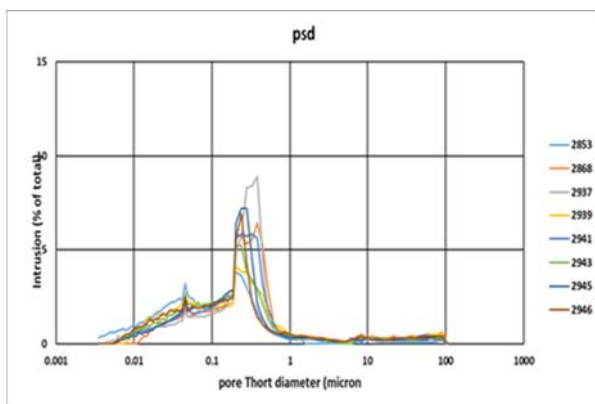
RT5

شکل ۱۴- نمودار توزیع فضای و نمودارهای موئینگی برای گونه سنگی شماره یک الی پنج

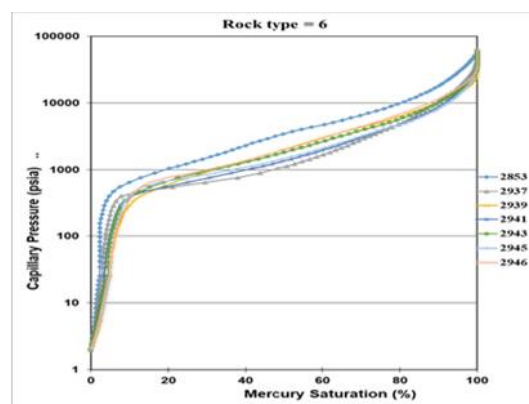
گونه سنگی چهار: در این قسمت با توجه به نمودارهای توزیع فضای خالی و نمودارهای موئینگی (شکل ۱۴) نشان می- دهد که دارای لیتولوژی ماسه سنگی تخلخل در این قسمت ۳٪ درصد و تراوایی ۷۵ میلی داری است. این گونه معادل رخساره MF3 ، کلاس دوم و سوم طبقه بندی لوسیا و وکستون مادستون دارای آشفستگی و وکستون ایتراکلیست دار گروه دانهام است. و فواصل آهکی می باشد. رخساره اصلی این قسمت ماسه سنگ گلی با آشفستگی و آهک است،

گونه سنگی پنج: با توجه به نمودارهای توزیع فضای خالی و نمودارهای موئینگی (شکل ۱۴) این گونه سنگی مشابه با گروه سنگی شماره چهار می باشد، با این تفاوت که دارای سنگ آهک گلی نیز می باشد و علاوه بر رخساره MF3 رخساره MF5 را هم نشان می دهد و در کلاس سوم و چهارم طبقه بندی لوسیا قرار می گیرد.

گونه سنگی شش: نمودار توزیع فضای خالی و منحنی های موئینگی نشان می دهد (شکل-۱۵) که لیتولوژی این قسمت کنگلومراهای دانه درشت می باشد که میانگین تخلخل ۶ درصد و میانگین تراوایی ۱/۵ میلی داری را دارند و رخساره MF4، کلاس یک طبقه بندی لوسیا و گروه گرینستون طبقه بندی دانهام را شامل می شود و یک بخش مناسب مخزنی است.



RT6



RT6

شکل ۱۵- نمودار توزیع فضای و نمودارهای موئینگی برای گونه سنگی شماره شش

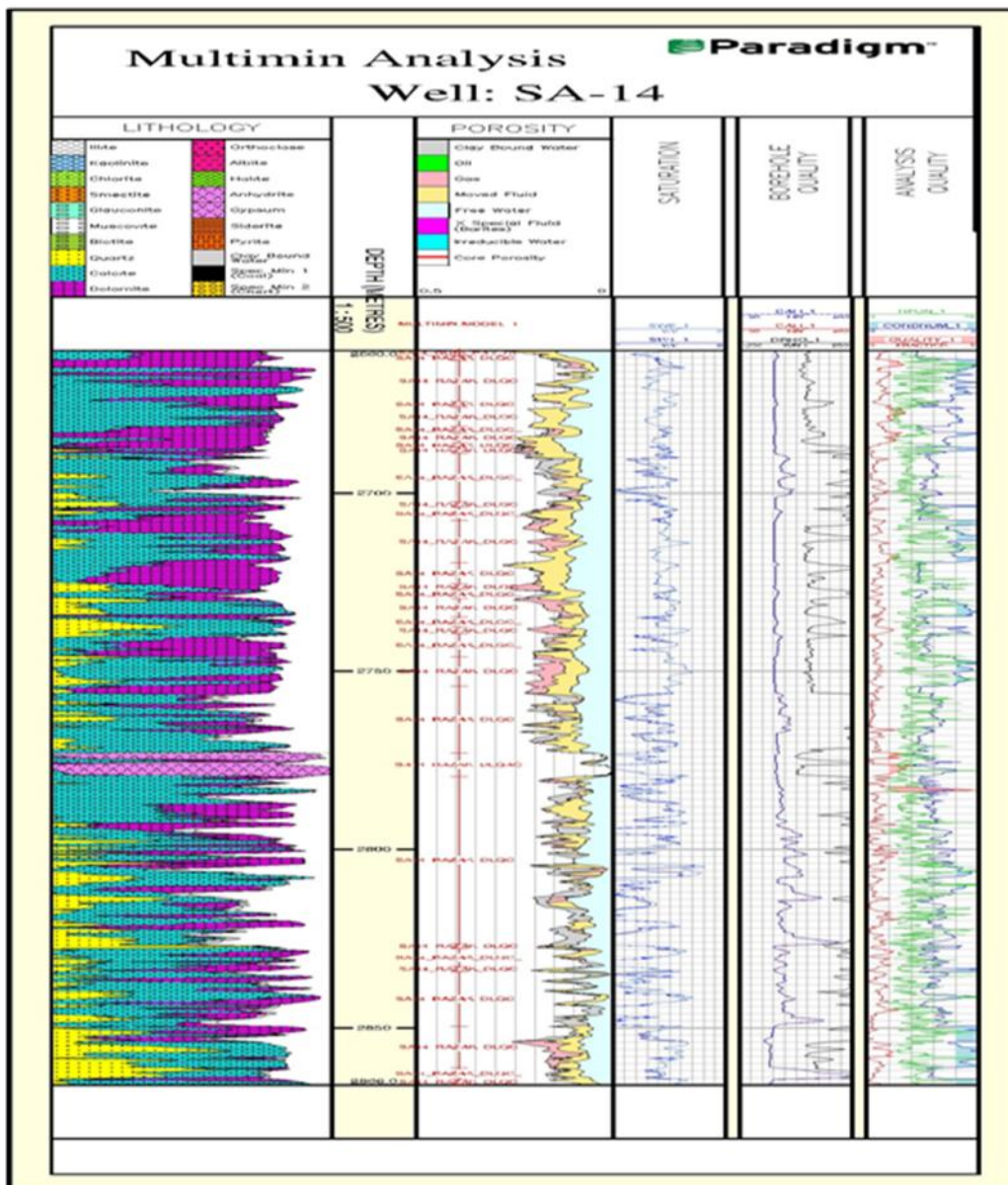
۵- تعیین لیتولوژی با استفاد از کراس پلات های ژئولاگ

برای تطابق بیشتر بین گونه‌های سنگی به دست آمده از داده‌های مغزه و مقطع، در این مطالعه از نرم افزار ژئولاگ استفاده شده است. جهت این کار ابتدا نگارهای چاه پیمایی در نرم افزار ژئولاگ مورد بررسی و تصحیحات مختلف روی آن‌ها اعمال شد، این نگارها برای ارزیابی پتروفیزیکی استفاده شدند و با استفاده از آن آنالیز مولتی مین برای این چاه رسم گردید. در این مطالعه برای تعیین لیتولوژی تقریبی و نقاط دارای گاز از نمودارهای نوترون، چگالی و سونیک در کراس پلات‌های مختلف استفاده شده است (شکل ۱۶).

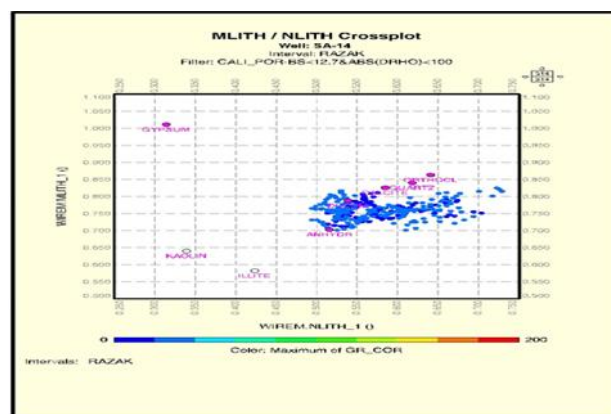
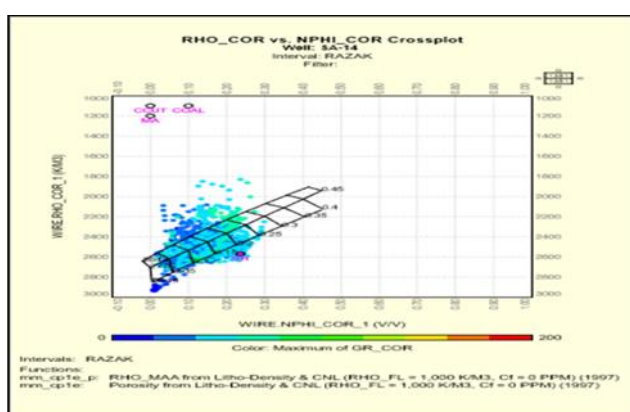
۵-۱- کراس پلات M-N

این کراس پلات که با استفاده از سه نگار تعیین تخلخل (نوترون، چگالی، سونیک) برای تعیین لیتولوژی استفاده می شود. در کراس پلات M شیب منحنی موجود در پلات $pb-t$ و همچنین N شیب منحنی های حاصل از داده‌های نوترون و سونیک در پلات $pb-n\Phi$ (شکل ۱۷)، کاربرد اصلی این نمودار حذف اثر تخلخل و تعیین کانی شناسی کاربرد می باشد. با توجه به پلات رسم شده برای این بخش از سازند رازک مشخص می شود که لیتولوژی این بخش دولومیت به همراه انیدریت، کوارتز و کلسیت می باشد.

کراس پلات نوترون-چگالی: بهترین و دقیق ترین پلات برای تعیین لیتولوژی و تخلخل در یک مخزن، پلات نوترون - چگالی است (شکل ۱۷). در این پلات سه منحنی مربوط به لیتولوژی‌های غالب آهک ماسه و دولومیت ترسیم شدند که به آن‌ها خطوط ماتریکس می‌گویند. به این ترتیب نقطه‌ای که لیتولوژی آن روی این خطوط قرار بگیرد، دارای سه لیتولوژی گفته شده و نقطه‌ای که خارج از این منحنی قرار بگیرد شامل کانی های غیر از دولومیت، آهک و کوارتز می باشد. با توجه به مطالعات انجام شده و نحوه قرار گیری داده‌ها بر روی خطوط ماتریکس مشخص شد که لیتولوژی غالب در این منطقه ماسه بوده که اولین خط ماتریکس در کراس پلات نشان دهنده آن است. همچنین در این پلات می توان به وجود گاز در سازند پی برد. هیدروکربن و به ویژه گاز باعث می شود که داده‌ها در این کراس پلات در بخش شمال غرب واقع شوند. در این سازند وجود رس و گاز باعث انحراف داده‌ها به بخش پایین و بالایی نمودار می شوند. با وجود این اطلاعات سازند رازک دارای یک بخش ماسه سنگی به همراه وجود گاز می‌باشد



شکل ۱۶- لایوت مالتی مین برای سازند رازک



شکل ۱۷- کراس پلات M-N برای تعیین لیتولوژی در چاه شماره ۱۴

۶- بحث

در این مطالعه با استفاده از داده‌های مغزه و مقطع پنج نوع گونه سنگی شناسایی شد. از مقایسه کلاس‌های سنگی لوسیا با دیگر روش‌ها متوجه شدیم کلاس یک طبقه بندی لوسیا با ریزرخساره MF4 و واحد جریانی HF6، گونه سنگی شماره شش به دست آمده از منحنی‌های موئینگی تطابق دارد. کلاس دو طبقه بندی لوسیا نشان دهنده ریزرخساره MF2، گونه سنگی شماره سه و همچنین HF1 می‌باشد. کلاس سه طبقه بندی لوسیا ریز رخساره MF3 و MF1 و همچنین واحد جریان HF3، گونه سنگی شماره یک و دو و چهار را نشان داد. کلاس چهار طبقه بندی لوسیا گونه سنگی شماره پنج و ریز رخساره MF5، MF6، MF7، MF8 و واحد جریانی HF2 را نشان می‌دهد. در نهایت پنج گونه سنگی از ترکیب اطلاعات به دست آمد. در این مطالعه، گونه‌های سنگی و واحد های جریانی در سازند رازک میدان مورد مطالعه توسط روش های متفاوت مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج زیر حاصل شده است.

۷- نتیجه گیری

۱. مطالعه پتروگرافی مقاطع نازک منجر به شناسایی هشت ریز رخساره گردید که رخساره محیط رودخانه‌ای به سمت دلتا به دلیل تشکیل شدن در محیط پر انرژی بهترین کیفیت و بخش حاوی آهک گلی دارای کمترین کیفیت مخزنی است.
۲. به منظور تعیین گونه های سنگی داده‌های تخلخل و تراوایی مربوط به این سازند در نمودار پتروفیزیکی لوسیا رسم گردیده‌اند، با تطبیق رخساره مورد مطالعه با رده‌های پتروفیزیکی چهار کلاس سنگی (RT1 تا RT4) در سازند رازک شناسایی شد. کلاس سنگی شماره RT1 با لیتولوژی گریستون در یک سیستم آواری ته نشین شده و با بالاترین تخلخل و تراوایی بهترین کیفیت مخزنی و کلاس سنگی RT4 با لیتولوژی مادستون و وکستون که در محیط لاگون ته نشین شده به عنوان یک بخش غیر مخزنی شناسایی شدند.
۳. نمودار شاخص زون جریان که با استفاده از داده‌های پیوسته تخلخل و تراوایی رسم شد، منجر به شناسایی هفت واحد جریانی گردید که واحد های HT6 و HF7 به دلیل داشتن تراوایی و تخلخل بالاتر دارای بهترین کیفیت مخزنی هستند و واحد HF1 که در یک محیط لاگون ته نشین شده تخلخل و تراوایی پایینی دارد و ضعیفترین بخش مخزنی است.
۴. منحنی های موئینگی نیز باعث شناسایی شش نوع واحد سنگی در این بخش شدند. بهترین گونه سنگی نوع RT5 و RT6 هستند، گونه RT5 کلاس شماره سه طبقه بندی لوسیا و گونه RT6 کلاس یک طبقه بندی لوسیا و گروه گریستون طبقه بندی دانه‌ها را نشان می‌دهند. با توجه به منحنی‌های توزیع اندازه فضای خالی به دست آمده این نتایج تایید شد.
۵. نمودار اصلاح شده چینه نگاری لورنز منجر به شناسایی شش واحد جریانی گردید که واحد HF6 دارای لیتولوژی کنگلومرای بزرگ شونده و دارای لایه‌های ماسه‌ای که در یک سیستم رودخانه ای به سمت دلتایی ته نشین شده است، بخش پرسرعت و واحد مخزنی می‌باشد همچنین واحد HF1 با لیتولوژی سنگ آهک گلی و رس ماسه‌ای و واحد دو

لیتولوژی مادستون و وکستون که هر دو واحد ظرفیت جریان و ظرفیت ذخیره پایینی دارند و ضعیفترین بخش مخزنی می-باشند.

۶. با ترکیب اطلاعات مختلف مشخص گردید، سازند مخزنی رازک با لیتولوژی کربناته ماسه سنگی، مارن و به سن الیگوسن تا میوسن پایینی در میدان مورد بررسی دارای پنج نوع گونه سنگی می باشد. گونه سنگی شماره یک (RT1) کلاس سه طبقه بندی لوسیا ریز رخساره شماره یک (MF1)، واحد جریانی شماره پنج (HF5) و منحنی های موئینگی شماره یک و دو را نشان می دهد. گونه سنگی شماره دو (RT2) کلاس دو طبقه بندی لوسیا منحنی های موئینگی شماره سه و ریزرخساره شماره دو (MF2) و واحد جریانی شماره چهار (HF4) را نشان می دهد. گونه سنگی شماره سه (RT3) کلاس دوم و سوم طبقه بندی لوسیا، ریز رخساره شماره سه (MF3)، واحد جریانی شماره سه (HF3) و منحنی های موئینگی شماره چهار را نشان می دهد. گونه سنگی شماره چهار (RT4) کلاس یک طبقه بندی لوسیا، ریز رخساره شماره چهار (MF4) و واحد جریانی شماره شش (HF6) و منحنی های موئینگی شماره شش را نشان می دهد. گونه سنگی شماره پنج (RT5) ریز رخساره شماره سه، پنج هشت (MF5, MF3, MF8)، کلاس سوم و چهارم طبقه بندی لوسیا، واحد جریانی شماره یک و دو (HF1, HF2) و منحنی های موئینگی شماره پنج را نشان می دهد. که RT4 بهترین کیفیت مخزنی و RT5 پنج بزرگترین بخش مخزنی و بهترین واحد جریانی واحد HF6 می باشد.

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقایان دکتر حجت محبوبی و مهندس محمد حسن آهنکار تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- [۱] سفیداری، ا.، دشتی، ع.، کدخدایی، ع.، اسکندر، ا. ا.، ۱۳۹۴، مدل سازی گروه های رخساره ای بر اساس داده های زمین شناسی و پتروفیزیکی (لاگ های چاه پیمایی) در میدان گازی پارس جنوبی، پژوهش نفت، دوره ۲۵، شماره ۸۳، صفحه ۸۲-۹۵.
- [۲] معلمی، س. ع.، صالحی، م. م. ع.، زهدی، ا.، ۱۳۹۵، ژئوشیمی ماسه سنگ های سازند رازک، جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس: کاربرد در تعیین جایگاه زمین ساختی، سنگ مادر و هوازدگی دیرینه، علوم زمین، ۲۸۶-۲۶۵.
- [۳] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین شناسی ایران چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی، ۵۸۳ صفحه.
- [4] ALAVI, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution.

- [5] ALIAKBARDOUST, E., & RAHIMPOUR-BONAB, H., 2013, Integration of rock typing methods for carbonate reservoir characterization. *Journal of Geophysics and Engineering*, **10(5)**.
- [6] AMAEFULE, J. O., ALTUNBAY, M., TIAB, D., KERSEY, D. G., & KEELAN, D. K., 1993, Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, (c).
- [7] AMEL, H., WANAS, H. A., JAFARIAN, A., AMEL, A., GHAZI, S., & CAJA, M. A., 2018, Sedimentary facies, sequence stratigraphy and diagenesis of mixed fluvial siliciclastic-marine carbonate deposits of the Lower Miocene Razak Formation at Sarkhun Gas Field, Zagros Basin, SE Iran: A linkage with reservoir quality. *Marine and Petroleum Geology*.
- [8] PITTMAN, E., 1992, Relationship of Porosity and Permeability to Various Parameters Derived from Mercury Injection-Capillary Pressure Curves for Sandstone. *AAPG Bulletin*, **76(2)**, 191at198.
- [9] FAVRE, G., 1974, the post asmari formation of southwest iran. Ioc Report No.
- [10] HEARN, C.L.; EBANKS, W.J.; RANGANATHAN, V., 1993, Geological factors influencing reservoir performance of the Hartzog Draw field, Wyoming. SPE.
- [11] JR, J. W. J., LUCIA, F. J., 2003, Predicting Permeability from Well Logs in Carbonates with a Link to Geology for Interwell Permeability Mapping, (August), 215–226.
- [12] LUCIA, F. J., 1995, Rock-Fabric / Petrophysical Classification of Carbonate Pore Space for Reservoir Characterization 1, **9(9)**, 1275–1300.
- [13] MAHJOUR, S. K., AL-ASKARI, M. K. G., & MASIHI, M., 2016, Flow-units verification, using statistical zonation and application of Stratigraphic Modified Lorenz Plot in Tabnak gas field. *Egyptian Journal of Petroleum*, **25(2)**, 215–220.
- [14] REZAAE, A. J. & E. K., 2006, Relationships between permeability, porosity and pore throat size in carbonate rocks using regression analysis and neural networks. *Journal of Geophysics and Engineering*, 3, 4.
- [15] MOKHTARI, M., FARD, I. A., BRAATHEN, A., & ALAVI, S. A., 2006, Interaction of the Zagros Fold – Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran.
- [16] MOUSSAVI-HARAMI, R., MORADI, M., KHANEHBADA, M., ALI, & GHABEISHAVI, A., 2017, Rock typing using geological and petrophysical data in the Asmari reservoir. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **152**(January), 523–537.
- [17] PORRAS, J. C., EPM, P., & CAMPOS, O., 2001, SPE 69458 Rock Typing: A Key Approach for Petrophysical Characterization and Definition of Flow Units, Santa Barbara Field, Eastern Venezuela Basin.
- [18] RIAZI, Z., 2018., Journal of Petroleum Science and Engineering Application of integrated rock typing and flow units identification methods for an Iranian carbonate reservoir. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **160**, 483–497.
- [19] SHAHALIPOUR, G. R., JONEIDI, S., & HASANI, H., 2015, Feature Rock Typing, *the New Approach in Heterogeneous Carbonate Reservoirs*, (3).

- [20] SKALINSKI, M., & KENTER, J., 2015, Carbonate petrophysical rock typing: integrating geological attributes and petrophysical properties while linking with dynamic behaviour. *Geological Society, London, Special Publications*, 406(1), 229–259.
- [21] SKALINSKI, M., & MOSS, G.-Z., 2006, Defining and Predicting Rock Types in Carbonates - Preliminary Results from an Integrated Approach using Core and Log Data from the Tengiz Field. *Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts*, 47(1), 16.

Integrated different methods (Lorenz, Lucia, Amaefule) in rock types and flow units identification of lower Miocene Razak Formation at Sarkhun gas field, Zagros basin, SE Iran

M. Karampour Hassanvand, S.A. Moallemi, M.H. Saberi

* mh.saberi@seman.ac.ir

Received: November 2018, Accepted: March: 2019

Abstract

pp. 83-109

One of the most important stages in the hydrocarbon reservoirs morphology is the identification of rocky type. In order to construct an efficient and correct model of a hydrocarbon reservoir, identification of rock types is one of the essential parameters in reservoir modeling. and its consequences are found in the identification of rock types. The aim of this study is to compare different methods of determining rocky type and understanding the hydraulic flow unit distributions in order to assess the quality of reservoir of Razak Formation with sandstone carbonate lithology, marl and anhydrite to San Oligocene to lower Miocene. In this research, the experimental results of porosity, permeability and capillary pressure curves for 84 samples with porous microscopic sections Related to a 46-meter drill bit in one of the important fields of southeast of Iran were analyzed. The petrographic studies were conducted to investigate the changes of the features in the reservoir section with Razak formation and resulted in the identification of eight microfeatures(The MF1 packstone and Wackstone are at a depth of 2829 meters- The MF2 is the grinstone packstone at a depth of 2844 meters-the MF3 is the wackstone mudstone at a depth 2856 meters-the MF4 is the grinstone at a depth 2859meters –the MF5 is the mudstone wackstone are at a depth2848 meters – the MF6 mudstone at a depth of 2838 meters the MF7is the wackstone mudstone at a depth 2840 meters- The MF8 is a wackstone with sandstone depth of 2831) meters- in open Marin lagoon and fluvial clastic systems. In order to determine the rocky species and assess the flow units based on the core analysis results, four petrophysical classes were identified using the Lucia method. The petrophysical category number 1 has the best reservoir quality and the fourth category has the weakest reservoir quality. Also, the flow units were identified and separated using Amalufee and Lorenz's methods. Based on the Amalufee method, in the reservoir section of the Razak Formation,

seven flow units have been identified, the sixth and seventh stream units were the best and one was the weakest reservoir segments among the seven units of the flow. Also, based on the analysis of capillary curves, six rocky species were distinguished, based on which the rocky type number five and six have the best quality. Also, using Geology software cross-sections, it was revealed that the main part of this section is sandstone with clay. The presence of gas in the formation causes cross-sectional deformation of samples to the northwest cross-platform. Finally, with the combination of various data, it was found the fossil formation in the study area has five types of rock in which the number 4 rock has the best quality of reservoir and rock number 5 has the largest reservoir and the unit number six is the best.

Keywords: Razak Formation, Flow Units, Rock Type, Rock Fabric, Lorenz method, Lucia method, Amaefule method.