نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
سال سیزدهم، شماره ۲۶، پائیز و زمستان ۱۴۰۲ ص۲۰-۳۳
Iranian Journal of Petroleum Geology
No. 26, Autumn & Winter 2023, pp 20-33

ارزیابی کیفیت مخزنی سازند دالان فوقانی با استفاده از تحلیل های نوین داده‌های پتروفیزیکی در یکی از میادین گازی جنوب ایران

پریا زنده‌دل[1]، امیرکریمیان طرقبه[2*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی نفت، بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲- استادیار گروه زمین شناسی نفت، بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران؛ استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*amirkarimian@shirazu.ac.ir

دریافت شهریور ۱۴۰۳، پذیرش مهر ۱۴۰۳

چکیده

امروزه ارزیابی سنگ مخزن از اهمیت بسزایی در صنعت نفت برخوردار است. توانایی ارزیابی پتروفیزیکی در تعیین زون‌های مخزنی و بررسی آن‌ها در زمین شناسی نفت بسیار حائزاهمیت است. میدان گازی مورد مطالعه یکی از میادین گازی جنوب ایران در حوضه رسوبی زاگرس است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی و اطلاعات تخلخل- نفوذپذیری مغزه ها و به کمک روش ارزیابی احتمالی در محیط نرم‌افزار ژئولاگ، پارامترهای پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی(پرمین بالایی) در دو حلقه چاه ٤ و ٦ مورد ارزیابی قرار گرفتند. هدف از انجام پژوهش بررسی کیفیت میدان گازی مورد مطالعه و ارزیابی خواص مخزنی با بهره‌گیری از مطالعات پتروفیزیکی است. بر اساس نتایج این ارزیابی پتروفیزیکی، در سازند دالان فوقانی در چاه ٤ و ٦ میانگین حجم شیل به ترتیب ۱/۷ و ۲/٤ میانگین اشباع آب به ترتیب ۳۰ ، ۲۲/٤ و میانگین تخلخل موثر به ترتیب ۳/۷ و ٦/٤ و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل به ترتیب ۰/٦۸ و ۰/۹۲ است. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بیشتری دارد. این در نتیجه بالاتر بودن نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل و ویژگی‌های پتروفیزیکی به دست آمده برای این سازند و مقایسه آن با سایر سازندها بیانگر این نکته است که این سازند دارای بهترین کیفیت مخزنی و زون اصلی مخزنی در چاه مورد مطالعه می‌باشد. جهت بررسی دقیق‌تر، سازند دالان فوقانی در میدان مورد مطالعه به ۳ زون (UD-1-UD-3) تقسیم‌بندی گردید و زون UD-3 به دو زیرلایه (UD-3a-UD-3b) تقسیم شد. زون UD-2 با ترکیب سنگ‌شناسی غالب دولومیت و مقداری کلسیت، به علت حجم گاز و تخلخل بیشتر نسبت به سایر زون‌ها، به‌عنوان بهترین افق مخزنی تشخیص داده شد. این گونه مطالعات در افزایش تولید و ازدیادبرداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

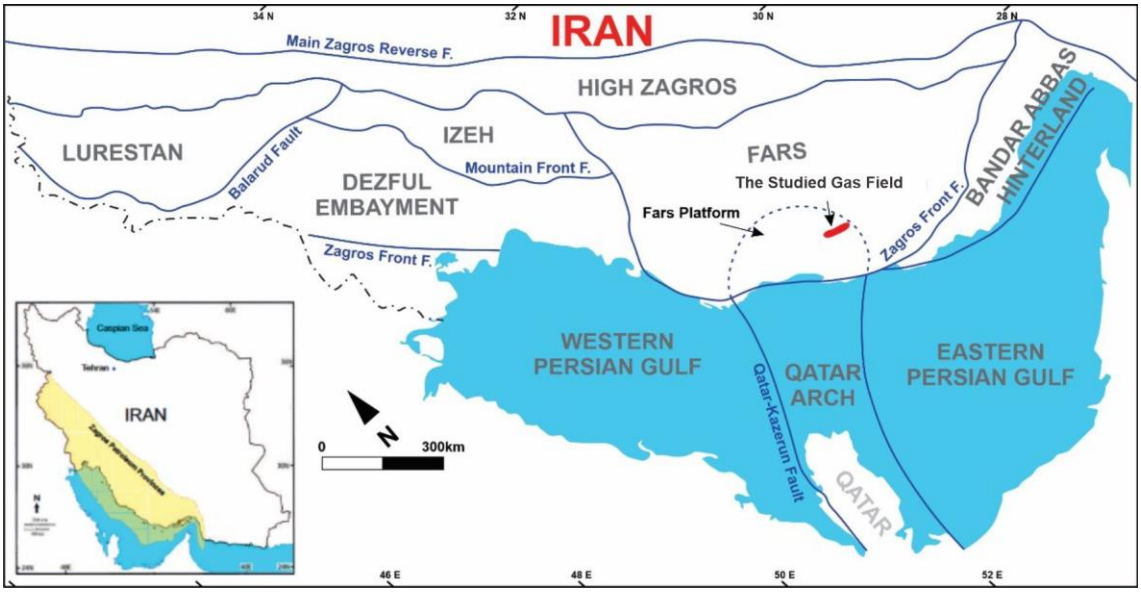
کلید واژه ها: پتروفیزیک، میدان گازی، ازدیادبرداشت، سازند دالان فوقانی، کیفیت مخزنی.

۱- مقدمه

ارزیابی پتروفیزیکی به تعیین خواص/پارامترهای مخزن مانند تخلخل، نفوذپذیری، ضخامت خالص و همچنین اشباع سیال می پردازد که یک مخزن را بسته به نوع سیال موجود در آن، آب یا هیدروکربن طبقه بندی می کند، این امر به طور معمول با استفاده از مغزه ها صورت می‌گیرد که این روش مرسوم اغلب وقت گیر و پرهزینه می‌باشد. لذا بهتر است بررسی مخازن کربناته با استفاده از چاه نگاری انجام گردد، که یک روش ارزان و موثر برای تجزیه و تحلیل سازندهای مخزن می‌باشد [۲۵]. بررسی کیفیت مخزن بر اساس تلفیق مطالعات زمین شناسی و پتروفیزیکی است . که به واسطه ی آن می‌توان به ادراک صحیحی از وضعیت فعلی مخزن رسید و به مدیریت بهتر مخزن کمک کرد [۲۰]. در نتیجه در مطالعات تولیدی و اکتشافی بعدی، تمرکز دقیق‌تر بر روی قسمت‌هایی است که پتانسیل بهتری جهت تولید هیدروکربور دارند [۲۷]. سازند دالان واحد اصلی مخزن میدان مورد مطالعه را تشکیل داده است. این سازند ، با سن پرمین بالایی به دلیل تغییرات رخساره های فراگیر و همچنین تغییرات دیاژنتیکی اولیه و ثانویه بسیار پیچیده و ناهمگن است [١٤]. سازندهای دالان و کنگان در گروه دهرم در حوضه زاگرس دسته بندی می‌شوند که با ضخامت بیشتر از ٤٠٠ متر به عنوان مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مخازن کربناته حاوی گاز، در خاورمیانه به حساب می‌آیند. در محدوده مورد مطالعه سازند دالان به سه بخش دالان فوقانی، دالان پایینی و بخش تبخیری نار تقسیم شده است [۱۵] . تاکنون مطالعات زمین شناسی و پتروفیزیکی مختلفی بر روی این سازند انجام شده است [۱، ۸، ۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ٢٤]. این مطالعه در جهت تعیین کیفیت زون‌های مخزنی سازند دالان فوقانی بسیار حائز اهمیت است. به طور کلی هدف از این مطالعه ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی و بررسی پارامترهای مخزنی آن شامل تخلخل، تراوایی و اشباع آب درمیدان گازی مورد مطالعه در جنوب ایران است. به علت اهمیت این نوع مخازن، دراین پژوهش پارامترهای پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی با استفاده از داده های حاصل از چاه نگاری و اطلاعات بدست آمده از داده های تخلخل–نفوذپذیری مغزه برای دو حلقه چاه، مورد ارزیابی قرارگرفتند.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه در منطقه زاگرس در استان فارس (۲۰۰ کیلومتری جنوب شیراز) واقع شده است (شکل ۱). این میدان از مخازن کربناته تریاس پایین و پرمین بالا تشکیل شده است. سازندهای کنگان و دالان مخازن اصلی میدان مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند [12]. سازند دالان در این مطالعه به سه بخش: کربناته فوقانی، نار و کربناته پایینی تقسیم بندی گردیده است [٤]. این سازند به‌عنوان سازند خوف خوانده شده که از منطقه‌ای به همین نام در شبه‌جزیره عربستان انتخاب شده است. نام این سازند از یک تاقدیس با همین نام در ۱۱۰ کیلومتری غرب شیراز، گرفته شده است. چاه اکتشافی شماره یک سازند دالان در این تاقدیس حفاری گردیده است برش نمونه دالان در چاه اکتشافی شماره ۱ کوه سیاه دارای ضخامت ۷٤۸ متر است. برش سطحی قابل دسترس این سازند در دامنه شرقی کوه سورمه مشاهده می‌شود که ضخامت آن به ٦۳۸ متر می‌رسد. از نظر سنگ‌شناسی و سنگ‌شناسی این سازند حاوی مجموعه‌ای از ردیف‌های تبخیری و کربناتی است [١٦]. چاه شماره ٤ در یال شمال غربی و چاه شماره ٦ در بخش شرقی میدان واقع شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت میدان مورد مطالعه [6].

۳- روش مطالعه

دراین پژوهش با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی، داده های تخلخل-نفوذپذیری مغزه و به کمک روش ارزیابی احتمالی در نرم‌افزار ژئولاگ، خواص پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی در دو حلقه چاه ٤ و٦ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمودارهای موجود در چاه های مورد مطالعه شامل: نمودارهای پرتو گاما (GR & CGR & SGR) ، صوتی (DT)، نوترون (NPHI)، قطریاب (CALI)، مقاومت‌ها (Laterologs)، چگالی (RHOB)، فتوالکتریک (PEF) است. جهت آماده سازی اطلاعات، کلیه نمودارها از لحاظ عمقی هم عمق شده اند، سپس تصحیحات محیطی روی نمودارها اعمال گردید و سنگ شناسی با استفاده از کراس پلات مرسوم نوترون- چگالی تعیین گردید. در ادامه جهت محاسبه میزان اشباع شدگی آب از رابطه ایندونزیا استفاده شد و محاسبه تخلخل با روش احتمالی صورت گرفت. سپس ضخامت مفید (NET)، ضخامت کل(GROSS) و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل(NET/GROSS) در سازندهای مورد مطالعه تعیین گردید. در نهایت بر پایه نتایج بدست آمده بهترین زون مخزنی تعیین گردید.

٤- بحث و نتایج

ارزیابی پتروفیزیکی در واقع علم پردازش و تفسیر اطلاعات بدست آمده از نگارهای چاه پیمایی و تلفیق آن با نتایج حاصل از مغزه‌ها جهت تعیین زون‌های مخزنی و تعیین کیفیت آن‌ها به منظور بهره‌برداری بهینه از میادین است [۲]. ازجمله کاربردهای اساسی نگارهای چاه پیمایی درسازندهای مورد مطالعه شناخت و بررسی خواص پتروفیزیکی نظیر تعیین تخلخل، تراوایی و اشباع آب و محاسبه حجم شیل می‌باشد. این مقاله مبتنی بر نمودارهای چاه پیمایی از سازند دالان فوقانی در دو چاه ٤و ٦ در میدان مورد مطالعه می‌باشد. بااستفاده از نگارهای چاه پیمایی نوترون، گاما، چگالی و مقاومت الکتریکی، عوامل کنترل کننده کیفیت مخزن همانند: تخلخل، تراوایی، و اشباع آب بررسی شدند. بدین منظور از نرم افزار ژئولاگ جهت ارزیابی کیفیت زون های مخزنی استفاده گردید، در ارزیابی پتروفیزیکی چاه‌های مورد مطالعه موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

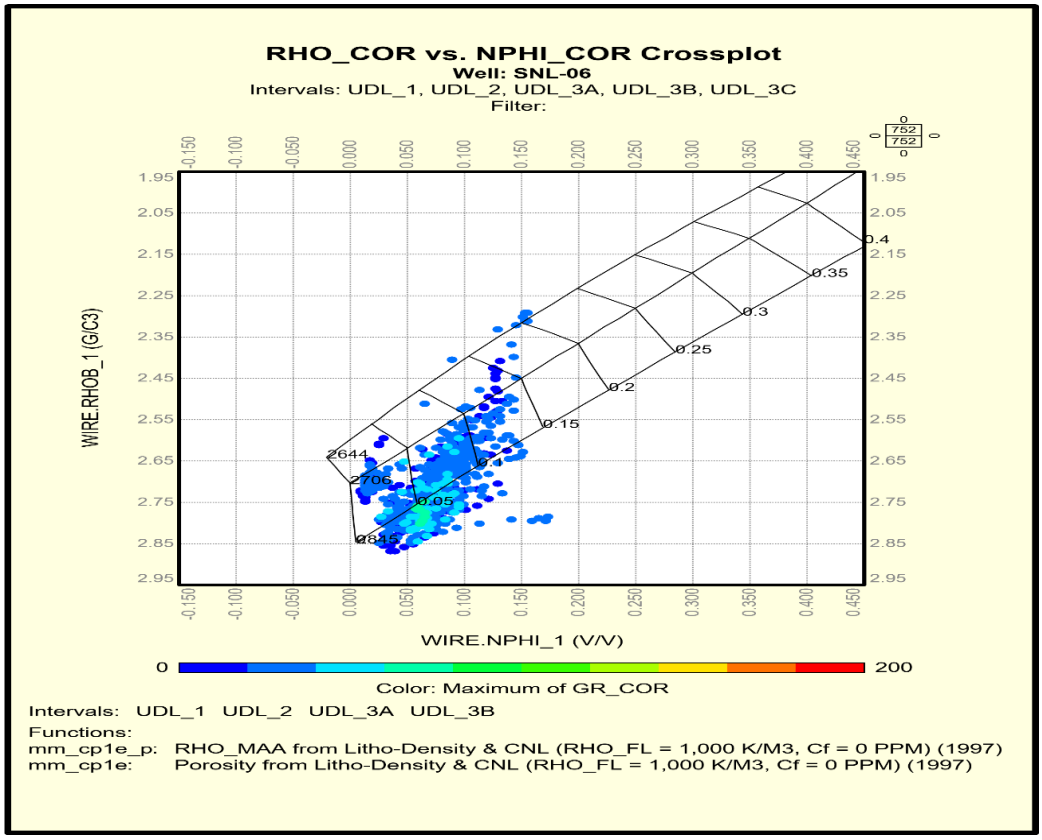
٤-١- تعیین ویژگی های مخزنی

٤-١-١- تعیین سنگ شناسی

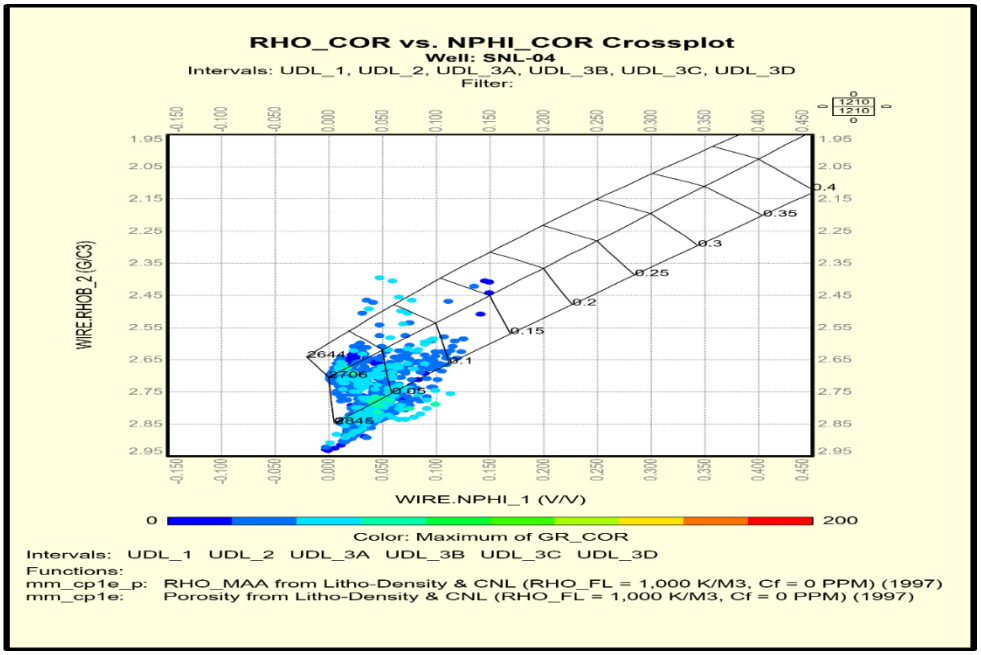
تعیین سنگ شناسی یکی از مراحل مهم ارزیابی پتروفیزیکی است، که بر اساس آن می‌توان نواحی مخزنی را از نواحی غیر مخزنی تفکیک کرد [۱۷]. در این پژوهش سنگ شناسی در سازند مورد مطالعه بر اساس نمودارهای متقاطع نوترون- چگالی و M-N پلات تعیین گردید.

٤-١-١-١- نمودار نوترون- چگالی

یکی از دقیق ترین روش ها جهت تعیین سنگ شناسی پلات کردن نمودارهای نوترون و چگالی در مقابل یکدیگر است [۲۳]. خطوط مربوط به دولومیت، سنگ آهک و ماسه سنگ سبب تفکیک دقیق این سه سنگ شناسی از یکدیگر شده است. همانطور که در شکل های(۲ و۳) مشاهده می‌کنید سنگ شناسی در هردو چاه مورد مطالعه ترکیبی از دولومیت، سنگ آهک و مقداری انیدریت می‌باشد. بررسی سنگ‌شناسی نشان می‌دهد سنگ‌شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می‌باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل نیز در این سازند دیده می‌شود.



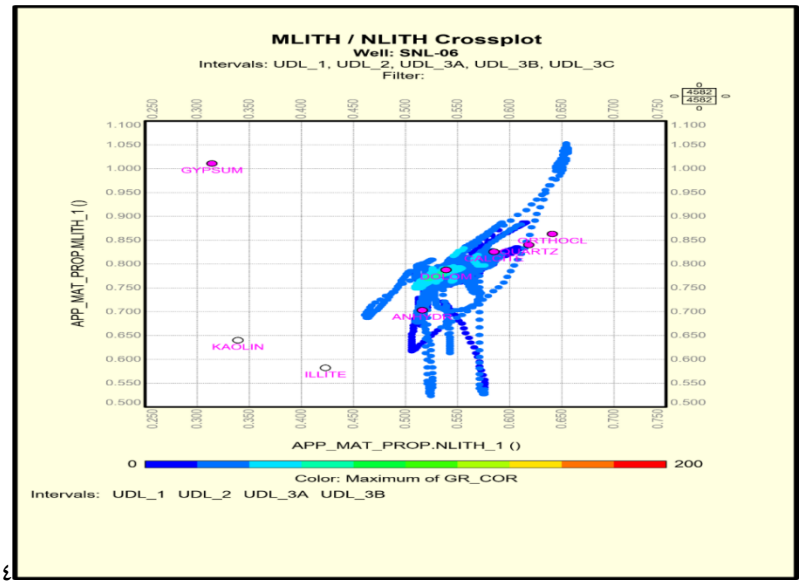
شکل ۲- نمودار متقاطع نوترون- چگالی سازند دالان فوقانی چاه شماره‌ی ٤



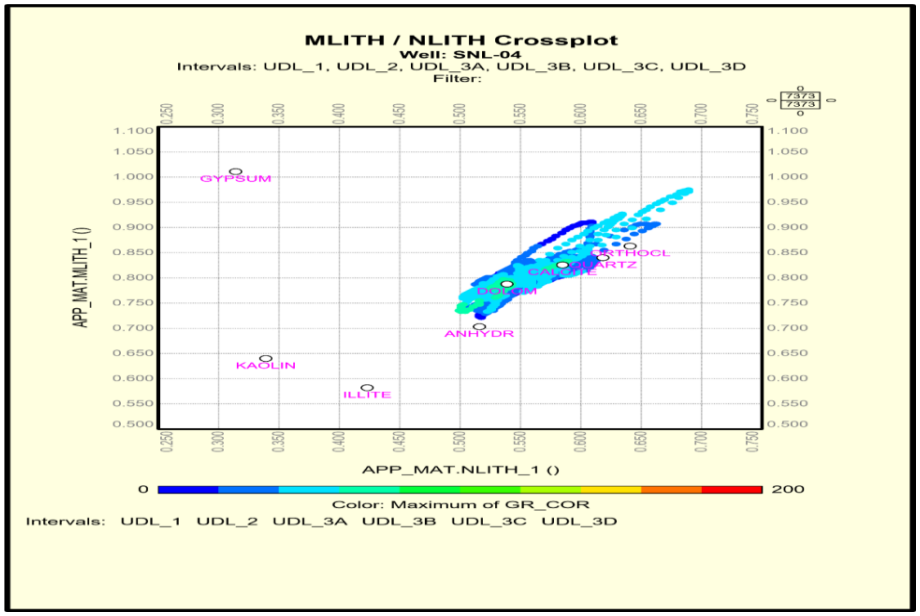
شکل ۳- نمودار متقاطع نوترون- چگالی سازند دالان فوقانی چاه شماره‌ی ٦

٤-١-١-٢- نمودار M-N پلات

جهت بررسی دقیق تر نمودار متقاطع M در برابر N در دو چاه مورد مطالعه برای سازند مورد مطالعه ترسیم گردید(شکل‌های ٤ و ٥). از این کراس پلات در اینتروال‌هایی که شامل سنگ‌شناسی پیچیده می‌باشند جهت تفسیر و تشخیص سنگ‌شناسی استفاده می‌شود این کراس پلات برای شناسایی سنگ‌شناسی توسط سه لاگ تخلخل و جهت حذف اثر تخلخل همچنین تعیین ترکیب کانی‌شناسی سه‌تایی به کار برده می‌شود. در این پلات N و M در مقابل یکدیگر رسم می‌شوند. این دو پارامتر برحسب روابط بورک به دست می‌آیند [۳]. همان‌گونه که در شکل‌های (٤ و ٥) مشاهده می‌شود از کراس پلات M-N جهت تعیین سنگ‌شناسی سازند دالان بالایی استفاده شده است. یافته‌های این شکل وجود ترکیب سنگ‌شناسی دولومیت و کلسیت را در سازند مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل- کراس پلات M-N مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ٤



شکل ٥- کراس پلات M-N مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ٦

٤-١-٢- تخمین تخلخل

تخلخل، پارامتر اساسی مورد نیاز برای توصیف سنگ مخزن و محاسبات حجمی مخزن محسوب می‌شود. تخلخل نسبت حجم فضاهای خالی سنگ به حجم کل سنگ می‌باشد. عموما نمودارهای تخلخل شامل نمودارهای چگالی، نوترون و صوتی هست. تعیین مقادیر تخلخل با بهره گیری از دو یا سه نگار نتیجه بهتری می دهد [١٠]. نکته مهم این است که استفاده از روش‌های مستقیم جهت اندازه گیری تخلخل در هر شرایطی امکان‌پذیر و به صرفه نیست و مستلزم صرف زمان زیادی است، لذا بهتراست روش هایی مورد استفاده قرار بگیرند که امکان استفاده از آن ها در همه ی پروژه‌ها وجود داشته باشد. بنابراین لازم است درارزیابی های پتروفیزیکی تخلخل توسط روش احتمالی محاسبه گردد، زیرا دراین روش پاسخ کلیه نگارهای موثر در مقدار تخلخل لحاظ می‌گردد و تخلخل بدست آمده به تخلخل واقعی سازند نزدیک تر است. در این پژوهش محاسبه تخلخل در دو چاه مورد مطالعه توسط حل معادلات همزمان به روش احتمالات صورت گرفته است. میانگین تخلخل بدست آمده در سازند دالان فوقانی در جدول (٢) ارائه شده است. این سازند از تخلخل خوبی برخوردار است و از حجم گاز بیشتری نسبت به سایر سازندها برخوردار می‌باشد. همچنین تخلخل در محدودهٔ انتهایی این سازند بالاتر است.

٤-١-٣- تعیین اشباع آب

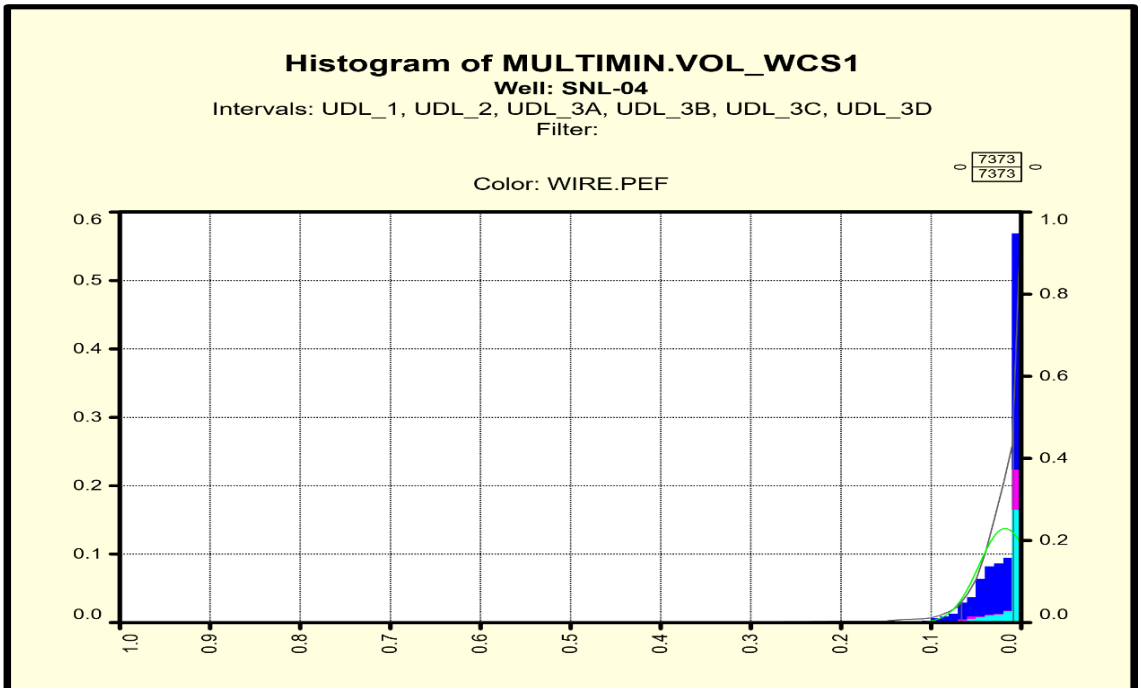
تعیین اشباع آب در سازند از جمله مهم ترین مراحل در ارزیابی پتروفیزیکی و محاسبه حجم ذخیره هیدروکربنی است [٧]. اشباع آب، نسبت حجم فضاهای خالی اشباع از سیال به حجم کل فضاهای خالی است. با محاسبه اشباع آب میتوان درصد اشباع نفت و گاز مخازن را محاسبه نمود [٩]. این پارامتر بیانگر این است که چند درصد منافذ حاوی آب هستند. در این پژوهش میزان اشباع آب در سازند مورد مطالعه، بر اساس رابطه ایندونزیا محاسبه گردید (رابطه١). این رابطه اولین بار در کشور اندونزی ارائه گردید، زیرا وجود آب های سازندی شیرین و درصد شیل بسیار بالا سبب عدم کارایی سایر فرمول ها در میادین این کشور شده بود. رابطه ایندونزیا توسط پوپان و لیوکس [٢١] ارایه شده است.

$$S_w = \left\{ R_t \left[\frac{V_{sh}^{\left(1-\frac{V_{sh}}{2}\right)}}{\sqrt{R_{sh}}} + \frac{\emptyset_e^{\left(\frac{m}{2}\right)}}{\sqrt{a.R_w}} \right]^2 \right\}^{-\frac{1}{n}} \quad (1)$$

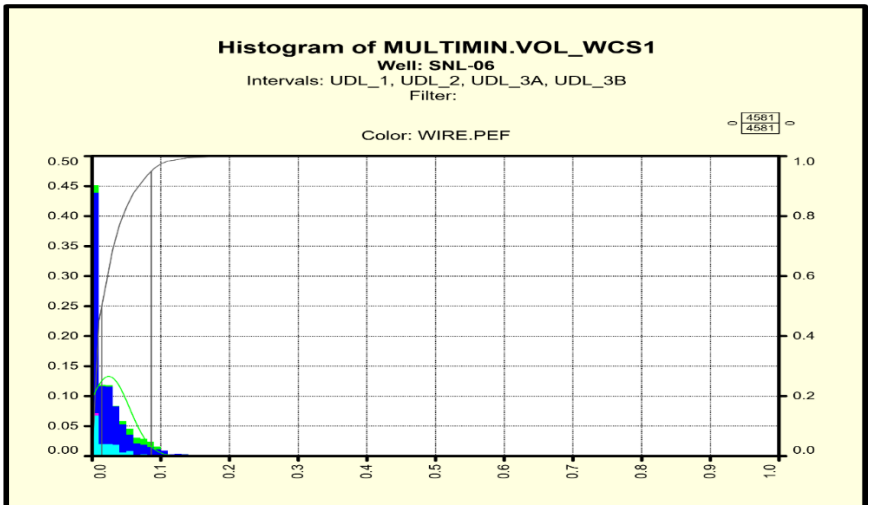
که در این رابطه: (S_w) درصد اشباع آب سازند، (R_t) مقاومت ویژه‌ی بخش بکر سازند که علاوه برآب سازندی از هیدروکربور اشباع شده است برحسب اهم متر، (R_w) مقاومت ویژه ی آب سازند بر حسب اهم متر، ($Ø_e$) تخلخل موثر، (n) توان اشباع شدگی، (m) ضریب سیمان شدگی است، (R_{sh}) مقاومت شیل برحسب اهم متر، (v_{sh}) حجم شیل و (a) ثابت آرچی است [۵].

٤-١-٤- محاسبه حجم شیل

حجم شیل از جمله مهم ترین پارامترهای موردبررسی در ارزیابی پتروفیزیکی و کیفیت مخزنی است. اثر شیل تأثیر بسزایی بر روی اشباع شدگی و تخلخل مخزن می گذارد که این امر به علت ریز تخلخل های موجود در کانی های رسی است [٢٦]. جهت محاسبه حجم شیل عموما از نمودارهای GR و CGR استفاده می گردد. نمودار GR پتاسیم ، اورانیوم و توریوم را اندازه گیری می کند، اما نمودارCGR پتاسیم و توریوم را محاسبه می کند، لذا بهتراست از نمودار CGR جهت محاسبه ی حجم شیل استفاده شود زیرا نمودارGR مقدار حجم شیل بیشتری را نشان می دهد. در این پژوهش جهت محاسبه میانگین حجم شیل هیستوگرام حجم شیل برای سازند دالان فوقانی در هردو چاه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل های ٦ و٧).



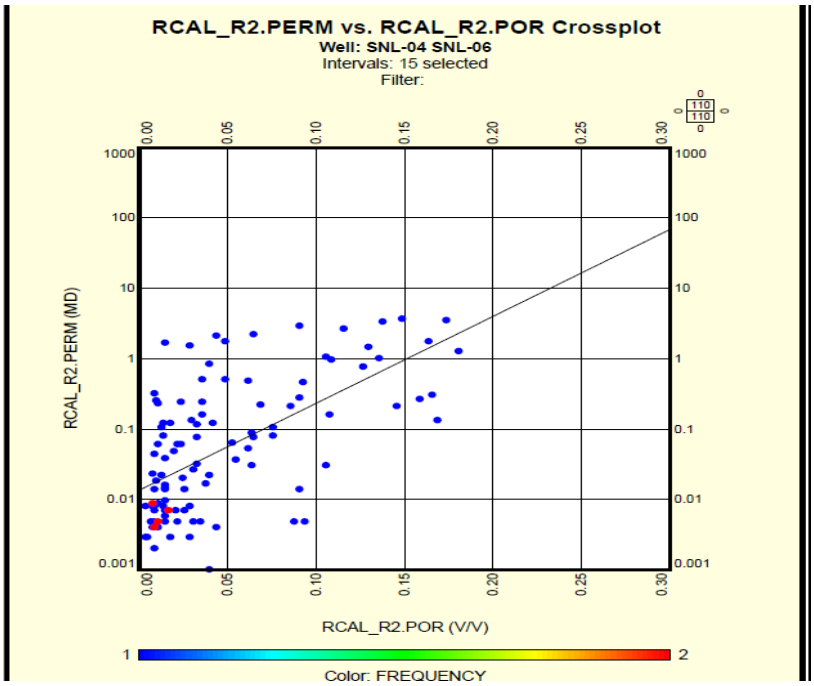
شکل٦- هیستوگرام حجم شیل مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ٤



شکل۷- هیستوگرام حجم شیل مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ٦

٤-١-٥- تراوایی

تراوایی از جمله مهم ترین ترین پارامترهای زمین شناسی جهت توصیف ویژگی های سنگ مخزن است [۱۱]. برای یک سنگ مخزن فقط تخلخل پر از نفت یا گاز کافی نمی‌باشد؛ بلکه منافذ باید به هم مرتبط باشند تا به هیدروکربن‌ها امکان حرکت به درون و بیرون مخزن را بدهند. واحد اندازه گیری تراوایی دارسی است. به دلیل اینکه بیشتر مخازن تراوایی کمتر از یک دارسی دارند غالبا از میلی دارسی استفاده می‌شود که برابر با یک هزارم دارسی است. این پارامتر یکی از مشکل‌ترین خواص پتروفیزیکی جهت محاسبه و اندازه‌گیری است. مقدار صحیح نفوذپذیری معمولاً به‌واسطهٔ تفسیر نگارهای چاه‌پیمایی و یا اندازه‌گیری‌های مستقیم آزمایشگاهی بر روی مغزه‌ها به‌دست می‌آیند در این پژوهش بر اساس نمودار تخلخل مغزه-تراوایی مغزه، در دو چاه دارای اطلاعات مغزه رابطه بین این دو پارامتر در محدوده سازند دالان فوقانی محاسبه شده است (شکل ۸). میانگین تراوایی بدست آمده در سازند دالان فوقانی در جدول (۲) ارائه شده است.



شکل ۸- نمودار تخلخل مغزه-تراوایی مغزه در سازند دالان بالایی هردوچاه

٤-١-٦- حدود برش

حدود برش خواص محدودکننده پتروفیزیکی است که به‌کارگیری آن، سبب تفکیک لایه های مخزنی شرکت‌کننده در تولید هیدروکربن از لایه های غیر مخزنی می‌شود. به عبارت دیگر برای تعیین لایه‌هایی با کمترین ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. جدول (١) بیانگر حدود برش در لایه‌های مخزنی مختلف میدان مورد مطالعه است.

جدول ١- حدود برش سازندهای مورد مطالعه

لایه مخزنی	%تخلخل	% اشباع آب	% حجم شیل
دالان	٧٠	٠/٩	٢٠

٤-١-٧- محاسبه ستون هیدروکربون

از پارامترهای مهم دیگر ضخامت مفید و ضخامت کل در مخزن می‌باشد. ضخامت مفید، ضخامت لایه متخلخلی می‌باشد که دارای میزان اشباع اقتصادی هیدروکربن باشد. از نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل جهت تعیین بخشی از مخزن که در عملیات تولید مشارکت مفیدی دارد، استفاده می‌شود. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ١ نزدیک‌تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بیشتری دارد. جدول (٢) بیانگر میانگین پارامترهای پتروفیزیکی محاسبه شده در هردو چاه مورد مطالعه است.

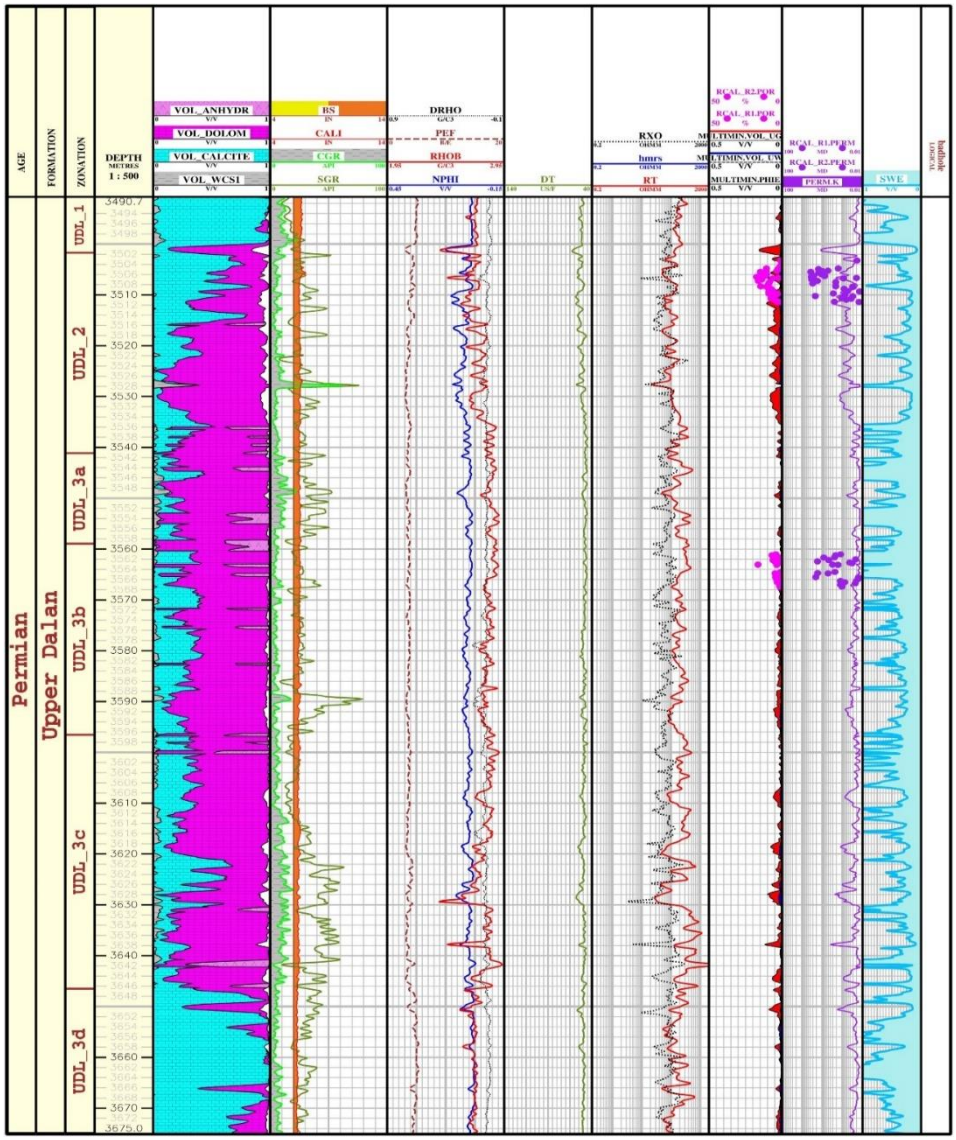
چاه	سازند	ضخامت کل	ضخامت مفید	ضخامت مفید/کل	میانگین تخلخل ٪	میانگین اشباع آب ٪	میانگین حجم شیل ٪	میانگین تراوایی
٤	سازند دالان فوقانی	١٨٤/٣٣	١٢٦/١٤	٠/٦٨	٣/٧	٣٠	١/٧	٠/٠٤٢
٦	سازند دالان فوقانی	١١٤/٥٣	١٠٥/٠٢	٠/٩٢	٦/٤	٢٢/٤	٢/٤	٠/١٢٨

جدول ٢: میانگین پارامترهای پتروفیزیکی محاسبه شده در چاه ٤ و٦

٤-٢- سازند دالان بالایی در چاه شماره ٤

با توجه به شکل (٩) این سازند در چاه شماره ٤ از عمق ٣٤٩٠/٧١ تا ٣٦٧٥/٠٤ متری قرار دارد و دارای ١٨٤/٣٣ متر ضخامت می‌باشد و بخش انتهایی توالی چاه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. با توجه به نمودار قطریاب، در کلیه بازه نمودارگیری چاه، بصورت متناوب ریختگی در دیواره چاه مشاهده می‌شود. بررسی سنگ‌شناسی نشان می‌دهد سنگ‌شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می‌باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل و رگه انیدریتی نیز در این سازند دیده می‌شود. محاسبات انجام شده بر روی شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر نشان می‌دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر به ترتیب برابر با ١/٧، ٣/٧ و ٣٠ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان دهد، این سازند

دارای خواص مخزنی خوبی می‌باشد، ضخامت مفید در سازند ۱۲۶/۱٤ متر است و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل (NET/GROSS) در این بخش برابر با ۰/٦۸ است. تخلخل در محدودهٔ ابتدایی این سازند بالاتر است. این سازند از حجم گاز بالایی برخوردار می‌باشد در نتیجه، ویژگی‌های پتروفیزیکی به دست آمده برای این سازند و مقایسه آن با سایر سازندها بیانگر این نکته است که این سازند دارای بهترین کیفیت مخزنی، و زون اصلی مخزنی در چاه مورد مطالعه می‌باشد.

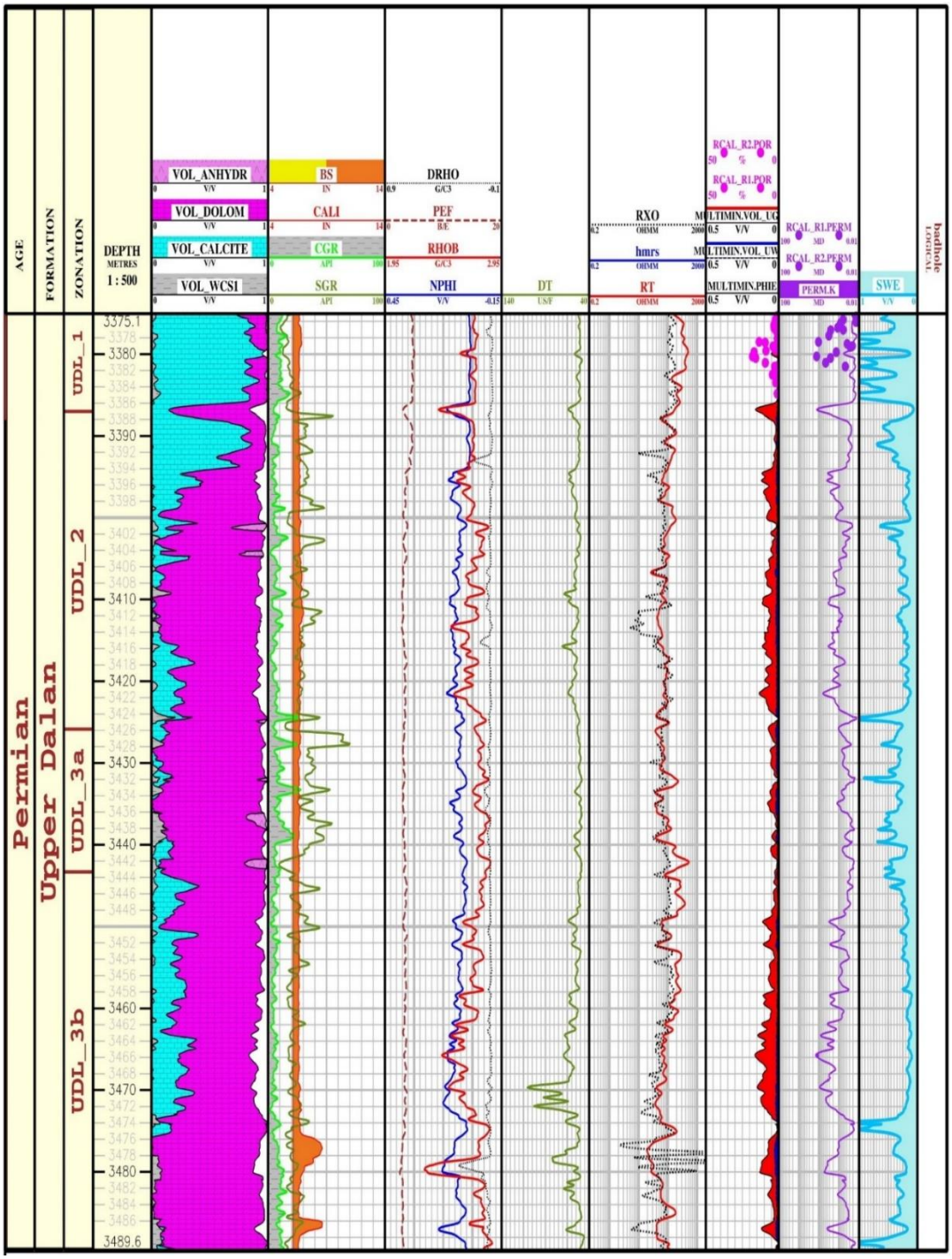


شکل ۹- ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان بالایی در چاه شماره ٤

٤-۳- سازند دالان بالایی در چاه شماره ٦

با توجه به شکل (۱۰) این سازند در چاه شماره ٦ از عمق ۳۳۷۵/۰۵ تا ۳٤۸۹/۵۸ متری قرار دارد و دارای ۱۱٤/۵۳ متر ضخامت می‌باشد و بخش انتهایی توالی چاه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. با توجه به نمودار قطریاب، در کلیه بازه نمودارگیری در چاه بصورت متناوب ریختگی در دیواره چاه مشاهده می‌شود. بررسی سنگ‌شناسی نشان می‌دهد سنگ‌شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می‌باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل نیز در این سازند دیده می‌شود. محاسبات انجام شده بر روی شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر نشان می‌دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر به ترتیب برابر با ۲/٤، ٦/٤ و ۲۲/٤ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان می‌دهد، این سازند دارای

خواص مخزنی خوبی می‌باشد، ضخامت مفید در سازند ۱۰۵/۰۲ متر است و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل (NET/GROSS) در این بخش برابر با ۰/۹۲ است. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بهتری دارد. این سازند از تخلخل خوبی برخوردار است و از حجم گاز بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین تخلخل در محدودهٔ انتهایی این سازند بالاتر است. در نتیجه بالاتر بودن نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل و ویژگی‌های پتروفیزیکی به دست آمده برای این سازند در چاه شماره‌ی ٦ در مقایسه با چاه شماره‌ی ٤، بیانگر این نکته است که این سازند در چاه شماره‌ی ٦ دارای بهترین کیفیت مخزنی می‌باشد.



شکل ۱۰- ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان بالایی در چاه شماره ٦

٤-٤- زون بندی

زون بندی به جهت شناسایی لایه های مخزنی از جمله مهم ترین مراحل مطالعات مخزنی است. این امر سبب می شود در مطالعات تولیدی در نواحی که پتانسیل بیشتری برای تولید هیدروکربن دارند متمرکز گردیده و بدین ترتیب از اتلاف هزینه های گزاف در لایه های غیر مخزنی جلوگیری به عمل آورد. بنابراین با شناخت دقیق زون های مخزنی می توان در راستای بهره برداری بهینه از مخزن گام برداشت. در این مطالعه پس از تفسیر نهایی چاه و تعیین خصوصیات مخزنی، جهت بررسی دقیق‌تر، سازند دالان فوقانی در میدان مورد مطالعه بر اساس کیفیت مخزنی به ۳ زون (UD-1-UD-3) تقسیم‌بندی گردید و زون دالان فوقانی سه (UD-3) در چاه شماره ٤ به چهار زیرلایه (UD-3a-UD-3d) و در چاه شماره ٦ به دو زیرلایه(UD-3a-3b-UD) تقسیم‌بندی گردید. در هردو چاه مورد مطالعه، زون دالان فوقانی دو (UD-2) با سنگ‌شناسی غالب دولومیت و مقداری کلسیت، به علت حجم گاز بیشتر نسبت به سایر زون‌ها، به‌عنوان بهترین افق‌های مخزنی تشخیص داده شد. به عبارتی با توجه به تفسیر نگارهای چاه پیمایی در هردو حلقه چاه مورد مطالعه زون دالان فوقانی دو به علت حجم گاز، تخلخل و تراوایی بیشتر در مقایسه با زون های دیگر دارای کیفیت مخزنی مطلوب تری است و به‌عنوان مناسب‌ترین زون از لحاظ کیفیت مخزنی مشخص گردید.

٥- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی در دو حلقه چاه مورد مطالعه بر اساس تخلخل، حجم شیل، تراوایی، اشباع آب به شرح زیر می باشد:

سازند دالان فوقانی در چاه ٤ به طور میانگین دارای حجم شیل، تخلخل موثر و اشباع آب موثربه ترتیب برابر با ۱/۷، ۳/۷ و ۳۰ درصد است. این سازند دارای خواص مخزنی خوبی می‌باشد، نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل در این بخش برابر با ۰/٦٨ است و در چاه ٦ به طور میانگین، دارای حجم شیل، تخلخل موثر و اشباع آب موثربه ترتیب برابر با ۲/٤، ٦/٤ و ۲۲/٤ درصد است این سازند دارای خواص مخزنی خوبی می‌باشد، نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل در این بخش برابر با ۰/۹۲ است. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ۱ نزدیک تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بهتری دارد. در نتیجه سازند دالان فوقانی در چاه ٦ به علت نسبت ضخامت مفید به کل بیشتر و نزدیک تر به عدد ۱ از کیفیت مخزنی بهتری برخوردار است. با توجه به نتایج به دست آمده و تفسیر نگارهای چاه پیمایی در هردو حلقه چاه مورد مطالعه زون دالان فوقانی دو (UD-2) به علت حجم گاز، تخلخل و تراوایی بیشتر در مقایسه با زون های دیگر دارای کیفیت مخزنی مطلوب‌تری است و به عنوان مناسب‌ترین زون از لحاظ کیفیت مخزنی مشخص گردید.

تشکر و قدردانی

شایسته است از اداره مطالعات پتروفیزیک شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی جهت در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز در این تحقیق تشکر و قدردانی شود. همچنین از داوران مقاله آقای دکتر پیمان رضائی (دانشیار دانشگاه هرمزگان) و خانم دکتر فروغ عباساقی (فارغ التحصیل دکتری دانشگاه فردوسی مشهد) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

[1] ADAM, A., SWENNEN, R., ABDULGHANI, W., ABDLMUTALIB, A., HARIRI, M. and ABDULRAHEEM, A., 2018. Reservoir heterogeneity and quality of Khuff carbonates in outcrops of central Saudi Arabia. *Marine and Petroleum Geology*, **89**: 721-751.
[2] ALISHAVANDI, Z., MOVAHED, B. and GHOBADI-DIZAJYEKAN, M.N.B.A., 2012. Determination of Reservoiral Character of Dariyan Formation in South pars Field using Wireline Logs.
[3] BURKE, J.A., CAMPBELL JR, R.L. and SCHMIDT, A.W., 1969. October. The litho-porosity cross plot a method of determining rock characteristics for computation of log data. In *SPE Illinois Basin Regional Meeting* (pp. SPE-2771). SPE.

[4] EDGELL, H.S., 1996. Salt tectonism in the Persian Gulf basin. *Geological Society, London, Special Publications*, **100**(1): 129-151.

[5] EL-BAGOURY, M., 2020. Integrated petrophysical study to validate water saturation from well logs in Bahariya Shaley Sand Reservoirs, case study from Abu Gharadig Basin, Egypt. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, **10**(8): 3139-3155.

[6] ESRAFILI-DIZAJI, B. and RAHIMPOUR-BONAB, H., 2013. A review of permo-triassic reservoir rocks in the zagros area, sw iran: influence of the qatar-fars arch. *Journal of Petroleum Geology*, **36**(3): 257-279.

[7] GANJAVIAN, M.A., HEYDARI, A., ALASKARI, M.K.G. and ZIAEE, B., 2020. The regime of tectonic stresses and fault type based on petrophysical charts. *Archives of Pharmacy Practice*, **11**(1-2020): 156-167.

[8] HAGHIGHAT, N., HASHEMI, H., TAVAKOLI, V. and NESTELL, G.P., 2020. Permian–Triassic extinction pattern revealed by foraminifers and geochemical records in the central Persian Gulf, southern Iran. *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **543**: 109588.

[9] HAZARIYAN, H., KORDI, M., ZIAII, M. and SOLEIMANI MONFARED, M., 2021. Reservoir properties evaluation based on sequence stratigraphy: A case study from the Asmari Formation in one of the Iranian oil fields. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, **31**(2): 111-122

[10] HEARST, J. R., NELSON P. H., and PAILLET F. L., 2000. Well Logging for Physical Properties, Chichester; New York: Wiley, 492 p.

[11] HOSSEINZADEH, M. AND TAVAKOLI, V., 2022. The Effect of Geological Parameters on the Ratio of Horizontal to Vertical Permeability in Carbonate Reservoirs of Kangan and Upper Dalan Formations. *Journal of Petroleum Research,* **32**(123): 69-81.

[12] INSALACO, E., VIRGONE, A., COURME, B., GAILLOT, J., KAMALI, M., MOALLEMI, A., LOTFPOUR, M. and MONIBI, S., 2006. Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia-Manama*, **11**(2): 1-75.

[13] KADKHODAIE, R., SOHRABI, A. and JODEYRI-AGAII, R., 2022. A syngenetic classification of anhydrite textures in carbonate reservoirs and its relationship with reservoir quality: a case study from the Permo-Triassic Dalan and Kangan formations. *Carbonates and Evaporites*, **37**(3): 1-44.

[14] KAKEMEM, U., GHASEMI, M., ADABI, M.H., HUSINEC, A., MAHMOUDI, A. and ANDERSKOUV, K., 2023. Sedimentology and sequence stratigraphy of automated hydraulic flow units–The Permian Upper Dalan Formation, Persian Gulf. *Marine and Petroleum Geology*, **147**: 105-965.

[15] KARIMIAN TORGHABEH, A., KALANTARIASL, A., KAMALI, M. and AKBARIFARD, M.G., 2021. Reservoir gas isotope fingerprinting and mechanism for increased H2S: An example from Middle East Shanul gas field. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **199**: 108-325.

[16] MOTIEI, H., 2003. Geology of Iran: Stratigraphy of Zagros. Geological survey of Iran. 343-363pp.

[17] MOVAHED, B., KOHANSAL, G.N. and ZAMANNEZHAD, M.R., 2011. Petrophysical Evaluation Of Kangan And Upper Dalan Formation IN SP. X Well, South Pars Gas Field.

[18] NAFISI, F. and TAVAKOLI, V., 2023. The role of textural parameters of industrial core CT scan images in detecting the petrophysical characteristics of carbonate reservoirs, Permian Dalan Formation, the central Persian Gulf. *Geoenergy Science and Engineering*, **230**: 212-277.

[19] NIKBIN, M., KHANEHBAD, M., MOUSSAVI-HARAMI, R., MAHBOUBI, A., KHODDAMI, M. and GHOFRANI, E., 2020. Investigation of reservoir quality of the Kangan Formation based on petrographic and petrophysical studies: A case study of wells" A" and" B" in the gas field of the Tabnak Anticline, SW Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, **12**(1): 69-84.

[20] NABIKHANI, N., MOUSSAVI-HARAMI, R., MAHBOUBI, A., KADKHODAIE, A. and YOSEFPOUR, M.R., 2012. The evaluation of reservoir quality of Sarvak Formation in one of oil fields of the Persian Gulf. *Journal of Petroleum Science and Technology*, **2**(1): 3-15.

[21] POUPON, A. & LEVEAUX, J., 1971. Evaluation of water saturation in shaly Formations, Trans. SPWLA 12th Annual Logging Symposium, 01-2

[22] RAHIMPOUR-BONAB, H., ASADI-ESKANDAR, A. and SONEI, R., 2009. Effects of the Permian–Triassic boundary on reservoir characteristics of the South Pars gas field, Persian Gulf. *Geological journal*, **44**(3): 341-364.

[23] RIDER, M. H., 1986. The Geological Interpretation of Well Logs, Blackie, Technol. Eng., 175 pages.

[24] TAHERI, K. and HADADI, A., 2020. Improving the Petrophysical Evaluation and Fractures study of Dehram Group Formations using conventional petrophysical logs and FMI Image Log in one of the Wells of South Pars Field. *Journal of Petroleum Science and Technology*, **10**(4): 31-39.

[25] SOLEIMANI, A. and TAVAKOLI, V., 2024. Deep Dive into the factors influencing acoustic velocity in the Dalan-Kangan formations, the central Persian Gulf. *Geoenergy Science and Engineering*, **235**: 212739.

[26] TIAB, D. and DONALDSON, E. C., 2015. Petrophysics: Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties: Fourth Edition. Gulf Publishing company houston, Texas, 950 pages.

[27] VAFAEI, H. and PEYRAVI, M., 2016. Reservoir quality evaluation of the Kangan Formation In one of the Kish gas-field wells by using geology software. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, **25**(98): 29-36.

نشریه علمی– پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
سال سیزدهم، شماره ۲۶، پائیز و زمستان ۱۴۰۲ ص۲۰-۳۳
Iranian Journal of Petroleum Geology
No. 26, Autumn & Winter 2023, pp 20-33

Evaluation of Reservoir Quality of upper Dalan formation using Modern Technics of Petrophysical data in one of the gas fields in southern Iran

Pariya Zendehdel[1], Amir Karimian Torghabeh[2]*

[1] MSc Petroleum Geology Group, Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Shiraz University, Iran.

[2] Assistant professor of petroleum geology group, Department of Geosciences, faculty of sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran; Assistant professor of geology group, faculty of sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

amirkarimian@shirazu.ac.ir*

Received: September 2024, Accepted: October 2024

Abstract

Today, reservoir rock evaluation is very important in the oil industry. The ability of petrophysical evaluation is very important in determining reservoir zones and investigating them in petroleum geology. The studied gas field is one of the gas fields in the south of Iran in the Zagros sedimentary basin. In this research, using petrophysical data and porosity-permeability information of the cores and with the help of the possible evaluation method, the petrophysical parameters of the upper Dalan Formation were evaluated in two wells 4 and 6. The purpose of the research is to check the quality of the studied gas field and evaluate the reservoir properties using petrophysical studies. According to the results of this petrophysical evaluation, in the upper Dalan Formation in wells 4 and 6, the average shale volume is 1.7 and 2.4, respectively, the average water saturation is 30, 22.4, respectively, and the average effective porosity is 3.7 and 4.4, respectively. 6 and the ratio of useful thickness to total thickness is 0.68 and 0.92 respectively. The closer the value of this parameter is to 1, the studied formation has more reservoir quality. For a more detailed investigation, the upper Dalan formation in the studied field was divided into 3 zones (UD-3-UD-1) and UD-3 zone was divided into two sublayers (UD-3b-UD-3a). UD-2 zone with the dominant lithology of dolomite and some calcite, due to the volume of gas and greater porosity than other zones, was recognized as the best reservoir horizon. Such studies are used to increase production and EOR.

Keywords: Petrophysics, gas field, EOR, upper Dalan formation, reservoir quality.