

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

پریا زنده دل<sup>۱</sup>، امیر کریمیان<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی نفت، بخش علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\*[amirkarimian@shirazu.ac.ir](mailto: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 زون های مخزنی و بررسی آن ها در زمین شناسی نفت بسیار حائز اهمیت است. میدان گازی مورد مطالعه یکی از میادین گازی جنوب ایران در حوضه رسوبی زاگرس است. در این پژوهش با استفاده از داده های پتروفیزیکی و اطلاعات تخلخل- نفوذپذیری مغزه ها و به کمک روش ارزیابی احتمالی در محیط نرم افزار ژئولاگ، پارامترهای پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی (پرمین بالایی) در دو حلقه چاه ۴ و ۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند. هدف از انجام پژوهش بررسی کیفیت میدان گازی مورد مطالعه و ارزیابی خواص مخزنی با بهره گیری از مطالعات پتروفیزیکی است. بر اساس نتایج این ارزیابی پتروفیزیکی، در سازند دالان فوقانی در چاه ۴ و ۶ میانگین حجم شیل به ترتیب ۱/۷ و ۲/۴ میانگین اشباع آب به ترتیب ۳۰، ۲۲/۴ و میانگین تخلخل موثر به ترتیب ۳/۷ و ۶/۴ و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۹۲ است. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ۱ نزدیک تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بیشتری دارد. این در نتیجه بالاتر بودن نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل و ویژگی های 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 می باشد. جهت بررسی دقیق تر، سازند دالان فوقانی در میدان مورد مطالعه به ۳ زون (UD-1-UD-3) تقسیم بندی گردید و زون UD-3 به دو زیر لایه (UD-3a-UD-3b) تقسیم شد. زون UD-2 با ترکیب سنگ شناسی غالب دولومیت و مقداری کلسیت، به علت حجم گاز و تخلخل بیشتر نسبت به سایر زون ها، به عنوان بهترین افق مخزنی تشخیص داده شد. این گونه مطالعات در افزایش تولید و ازدیاد برداشت مورد استفاده قرار می گیرد.

کلید واژه ها: پتروفیزیک، میدان گازی، ازدیاد برداشت، 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 می گیرد که این روش مرسوم اغلب وقت گیر و پرهزینه می باشد. 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 می باشد [۲۵]. بررسی کیفیت مخزن بر اساس تلفیق مطالعات زمین شناسی و پتروفیزیکی است. که به واسطه ی آن می توان 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 دقیق تر بر روی قسمت هایی 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 [۱۴]. سازندهای دالان و کنگان در گروه دهرم در حوضه زاگرس دسته بندی می شوند که با ضخامت بیشتر از ۴۰۰ متر به عنوان مهم ترین و بزرگ ترین مخازن کربناته حاوی گاز، در خاورمیانه به حساب می آیند. 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، ۲۴]. این مطالعه در جهت تعیین کیفیت زون های 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 در میدان گازی مورد مطالعه در جنوب ایران است. به علت اهمیت این نوع مخازن، در این 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 قرار گرفتند.

## 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 می دهند [12]. سازند دالان در این مطالعه به سه بخش: کربناته فوقانی، نار و کربناته پایینی تقسیم بندی گردیده است [۴]. این سازند به عنوان سازند خوف خوانده شده که از منطقه ای به همین نام در شبه جزیره 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 ۷۴۸ متر است. برش سطحی قابل دسترس این سازند در دامنه شرقی کوه سورمه مشاهده می شود که ضخامت آن به ۶۳۸ متر می رسد. از نظر سنگ شناسی و سنگ شناسی این سازند حاوی مجموعه ای از ردیف های تبخیری و کربناتی است [۱۶]. چاه شماره ۴ در یال شمال غربی و چاه شماره ۶ 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، داده‌های تخلخل-نفوذپذیری مغزه و به کمک روش ارزیابی احتمالی در نرم‌افزار ژئولاگ، خواص پتروفیزیکی سازند دالان فوقانی در دو حلقه چاه ۴ و ۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمودارهای موجود در چاه‌های مورد مطالعه شامل: نمودارهای پرتو گاما (GR & CGR & SGR)، صوتی (DT)، نوترون (NPHI)، قطریاب (CALI)، مقاومت‌ها (Laterologs)، چگالی (RHOB)، فتوالکتریک (PEF) است. جهت آماده‌سازی اطلاعات، کلیه نمودارها از لحاظ عمقی هم عمق شده‌اند، سپس تصحیحات محیطی روی نمودارها اعمال گردید و سنگ‌شناسی با استفاده از کراس پلات مرسوم نوترون-چگالی تعیین گردید. در ادامه جهت محاسبه میزان اشباع شدگی آب از رابطه ایندونیازیا 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.

### ۴- 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]. از جمله کاربردهای اساسی نگارهای چاه پیمایی در سازندهای 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 ۴ و ۶ در میدان مورد مطالعه می‌باشد. با استفاده از نگارهای چاه پیمایی نوترون، گاما، چگالی و مقاومت الکتریکی، عوامل کنترل‌کننده کیفیت مخزن همانند: تخلخل، تراوایی، و اشباع آب بررسی شدند. بدین منظور از نرم‌افزار ژئولاگ جهت ارزیابی کیفیت زون‌های مخزنی استفاده گردید، در ارزیابی پتروفیزیکی چاه‌های مورد مطالعه موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

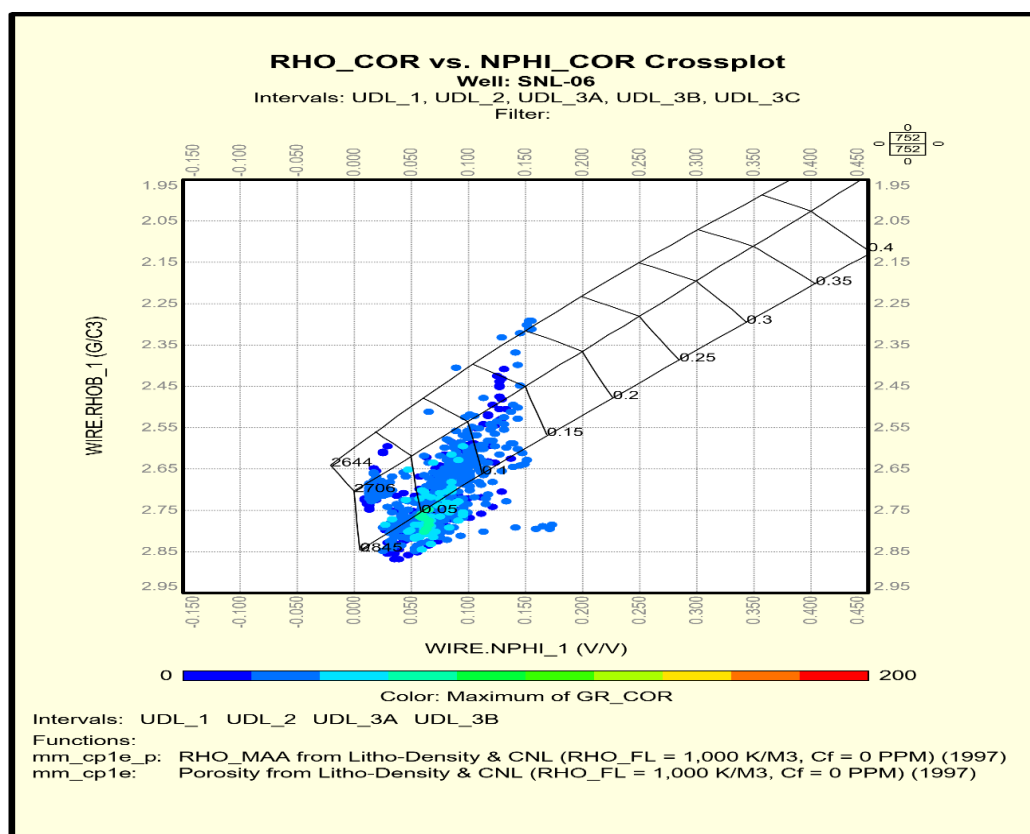
#### ۴-۱- تعیین ویژگی های مخزنی

##### ۴-۱-۱- تعیین سنگ شناسی

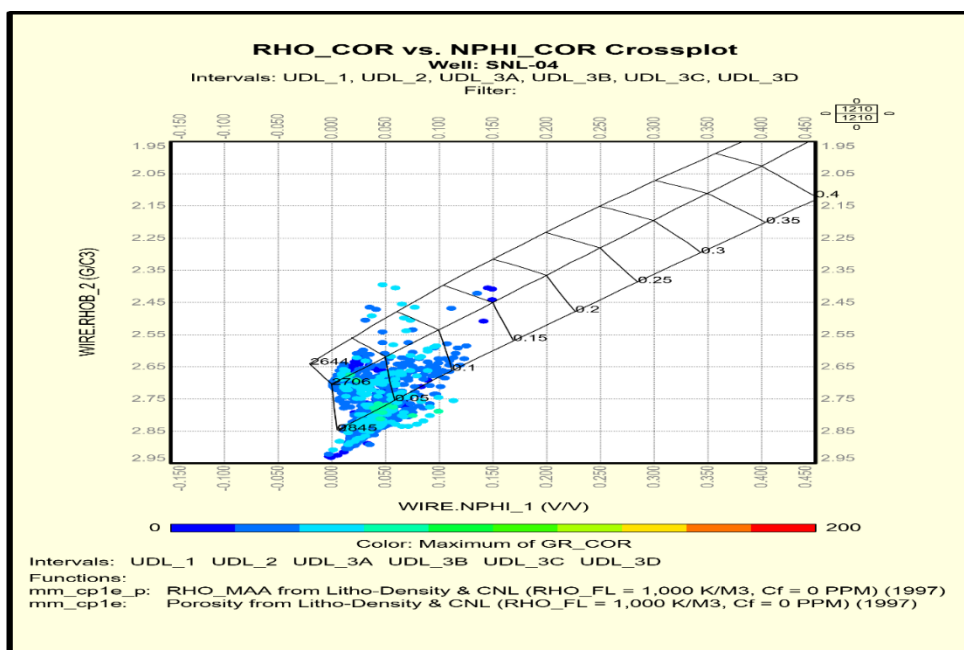
تعیین سنگ شناسی یکی از مراحل مهم ارزیابی پتروفیزیکی است، که بر اساس آن می توان نواحی مخزنی را از نواحی غیر مخزنی تفکیک کرد [۱۷]. در این پژوهش سنگ شناسی در سازند مورد مطالعه بر اساس نمودارهای مقاطع نوترون-چگالی و M-N پلات تعیین گردید.

##### ۴-۱-۱-۱- 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 و ۳) مشاهده می کنید سنگ شناسی در هر دو چاه مورد مطالعه ترکیبی از دولومیت، سنگ آهک و مقداری انیدریت می باشد. بررسی سنگ شناسی نشان می دهد سنگ شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل نیز در این سازند دیده می شود.



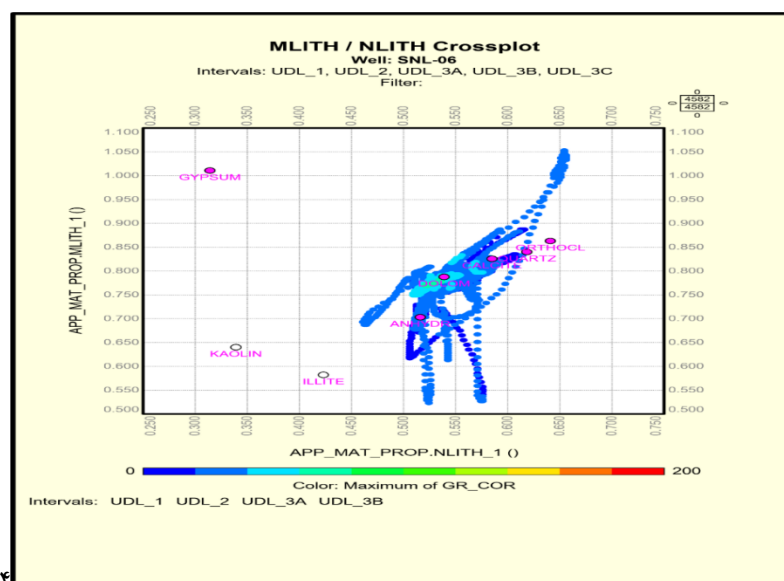
شکل ۲- نمودار مقاطع نوترون-چگالی سازند دالان فوقانی چاه شماره ۴



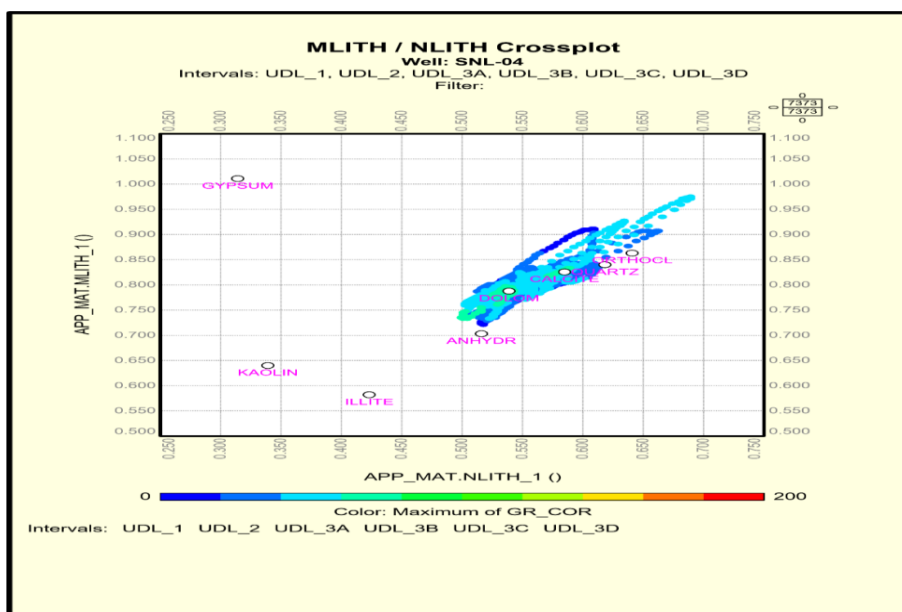
شکل ۳- نمودار متقاطع نوترون- چگالی سازند دالان فوقانی چاه شماره ۶

#### ۴-۱-۱-۲- 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 ۴ و ۵). 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 M و N در مقابل یکدیگر رسم می‌شوند. این دو پارامتر برحسب روابط بورک به دست می‌آیند [۳]. همان‌گونه که در شکل‌های (۴ و ۵) 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 ۴- کراس پلات M-N مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ۴



شکل ۵- کراس پلات M-N مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ۶

#### ۴-۱-۲- تخمین تخلخل

تخلخل، پارامتر اساسی مورد نیاز برای توصیف سنگ مخزن و محاسبات حجمی مخزن محسوب می شود. تخلخل نسبت حجم فضاهای خالی سنگ به حجم کل سنگ می باشد. عموماً نمودارهای تخلخل شامل نمودارهای چگالی، نوترون و صوتی هست. تعیین مقادیر تخلخل با بهره گیری از دو یا سه نگار نتیجه بهتری می دهد [۱۰]. نکته مهم این است که استفاده از روش های مستقیم جهت اندازه گیری تخلخل در هر شرایطی امکان پذیر و به صرفه نیست و مستلزم صرف زمان زیادی است، لذا بهترین روش هایی مورد استفاده قرار بگیرند که امکان استفاده از آن ها در همه ی پروژه ها وجود داشته باشد. بنابراین لازم است در ارزیابی های پتروفیزیکی تخلخل توسط روش احتمالی محاسبه گردد، زیرا در این روش پاسخ کلیه نگارهای موثر در مقدار تخلخل لحاظ می گردد 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 (۲) ارائه شده است. این سازند از تخلخل خوبی برخوردار است و از حجم گاز بیشتری نسبت به سایر سازندها برخوردار می باشد. همچنین تخلخل در محدوده انتهایی این سازند بالاتر است.

#### ۴-۱-۳- تعیین اشباع آب

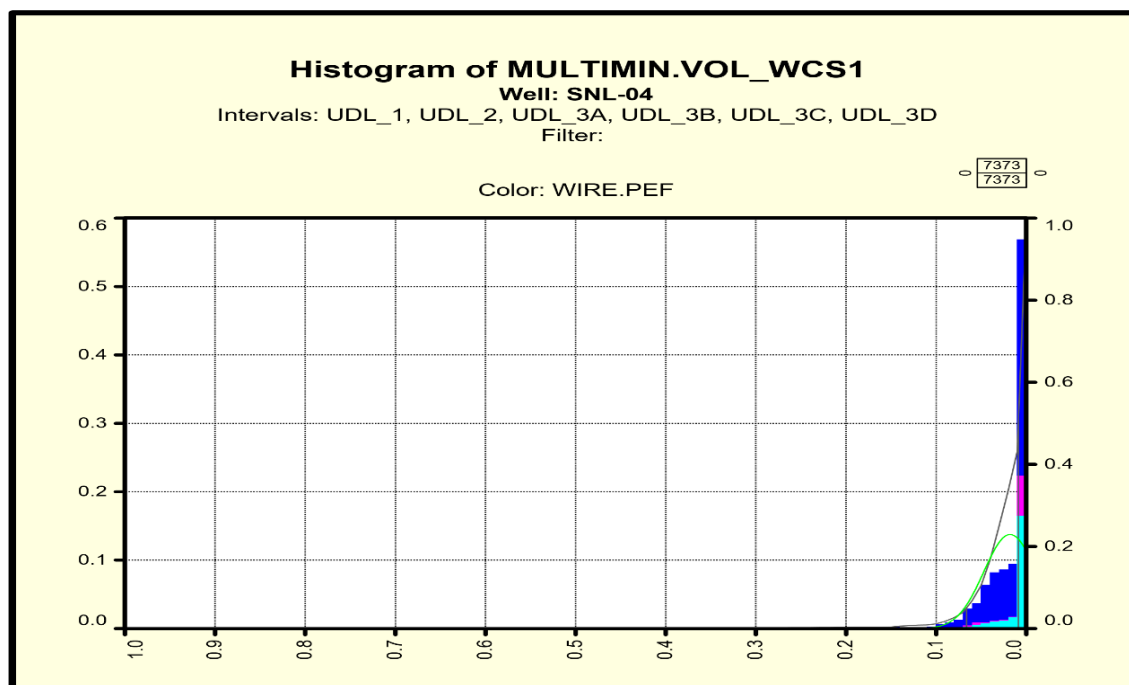
تعیین اشباع آب در سازند از جمله مهم ترین مراحل در ارزیابی پتروفیزیکی و محاسبه حجم ذخیره هیدروکربنی است [۷]. اشباع آب، نسبت حجم فضاهای خالی اشباع از سیال به حجم کل فضاهای خالی است. با محاسبه اشباع آب میتوان درصد اشباع نفت و گاز مخازن را محاسبه نمود [۹]. این پارامتر بیانگر این است که چند درصد منافذ حاوی آب هستند. در این پژوهش میزان اشباع آب در سازند مورد مطالعه، بر اساس رابطه ایندونیازیا محاسبه گردید (رابطه ۱). 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 میداین این کشور شده بود. رابطه ایندونیازیا توسط پوپان و لیوکس [۲۱] ارائه شده است.

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

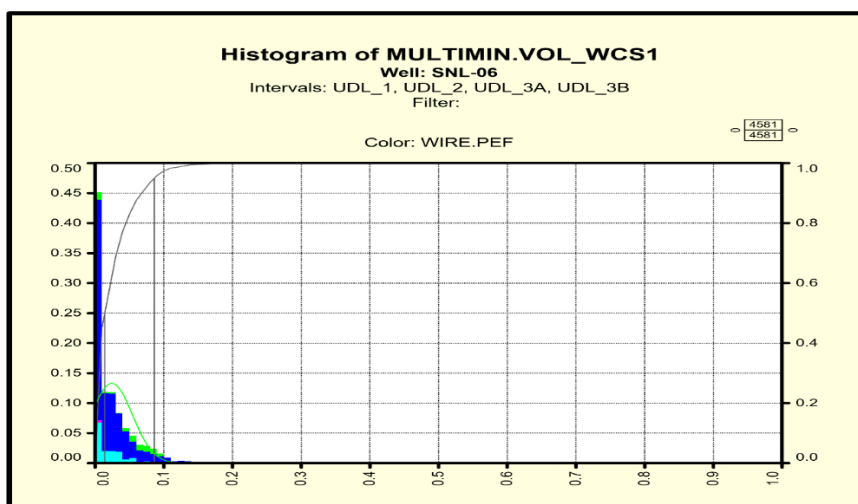
که در این رابطه:  $(S_w)$  درصد اشباع آب سازند،  $(R_t)$  مقاومت ویژه‌ی بخش بکر سازند که علاوه بر آب سازندی از هیدروکربور اشباع شده است برحسب اهم متر،  $(R_w)$  مقاومت ویژه‌ی آب سازند بر حسب اهم متر،  $(\phi_e)$  تخلخل موثر،  $(n)$  توان اشباع شدگی،  $(m)$  ضریب سیمان شدگی است،  $(R_{sh})$  مقاومت شیل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

#### ۴-۱-۴- 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 می‌گذارد که این امر به علت ریز تخلخل‌های موجود در کانی‌های رسی است [۲۶]. جهت محاسبه حجم شیل عموماً از نمودارهای GR و CGR استفاده می‌گردد. نمودار GR پتاسیم، اورانیوم و توریوم را اندازه‌گیری می‌کند، اما نمودار CGR پتاسیم و توریوم را محاسبه می‌کند، لذا بهتر است از نمودار CGR جهت محاسبه‌ی حجم شیل استفاده شود زیرا نمودار GR مقدار حجم شیل بیشتری را نشان می‌دهد. در این پژوهش جهت محاسبه میانگین حجم شیل هیستوگرام حجم شیل برای سازند دالان فوقانی در هر دو چاه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل‌های ۶ و ۷).



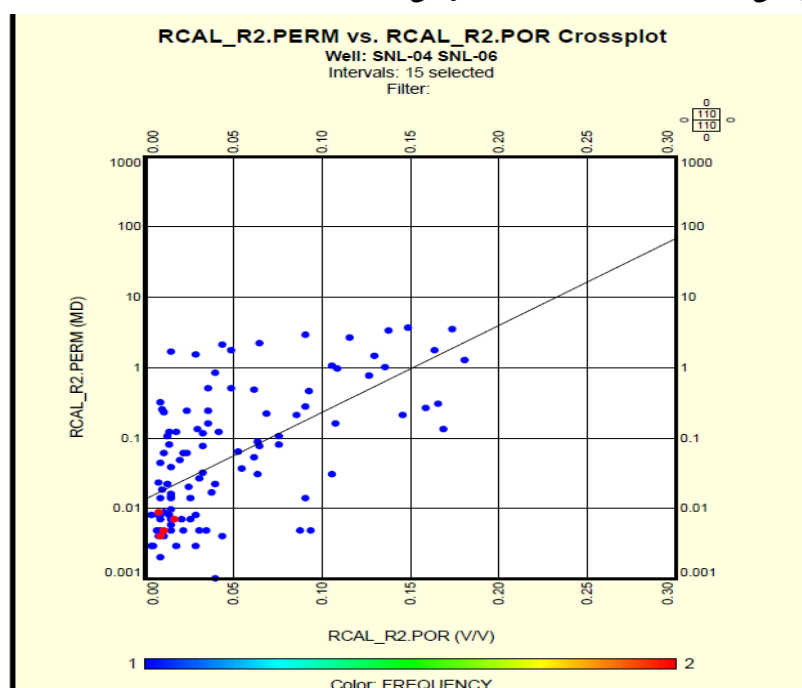
شکل ۶- هیستوگرام حجم شیل مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ۴



شکل ۷- هیستوگرام حجم شیل مربوط به سازند دالان بالایی چاه شماره ۶

#### ۴-۱-۵- 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 نمی باشد؛ بلکه منافذ باید به هم مرتبط باشند تا به هیدروکربن ها امکان حرکت به درون و بیرون مخزن را بدهند. واحد اندازه گیری تراوایی داری است. به دلیل اینکه بیشتر مخازن تراوایی کمتر از یک داری دارند غالباً از میلی داری استفاده می شود که برابر با یک هزارم داری است. این پارامتر یکی از مشکل ترین خواص پتروفیزیکی جهت محاسبه و اندازه گیری است. مقدار صحیح نفوذپذیری معمولاً به واسطه تفسیر نگارهای چاه پیمایی و یا اندازه گیری های مستقیم آزمایشگاهی بر روی مغزه ها به دست می آیند 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 هر دو چاه



#### ۴-۱-۶- حدود برش

حدود برش خواص محدودکننده پتروفیزیکی است که به کارگیری آن، سبب تفکیک لایه های مخزنی شرکت کننده در تولید هیدروکربن از لایه های غیر مخزنی می شود. به عبارت دیگر برای تعیین لایه هایی با کمترین ارزش اقتصادی استفاده می شود. جدول (۱) بیانگر حدود برش در لایه های مخزنی مختلف میدان مورد مطالعه است.

جدول ۱- حدود برش سازندهای مورد مطالعه

| لایه مخزنی | % تخلخل | % اشباع آب | % حجم شیل |
|------------|---------|------------|-----------|
| دالان      | ۷۰      | ۰/۹        | ۲۰        |

#### ۴-۱-۷- محاسبه ستون هیدروکربون

از پارامترهای مهم دیگر ضخامت مفید و ضخامت کل در مخزن می باشد. ضخامت مفید، ضخامت لایه متخلخلی می باشد 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 می شود. هرچه مقدار این پارامتر به عدد ۱ نزدیکتر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بیشتری دارد. جدول (۲) بیانگر میانگین پارامترهای پتروفیزیکی محاسبه شده در هر دو چاه مورد مطالعه است.

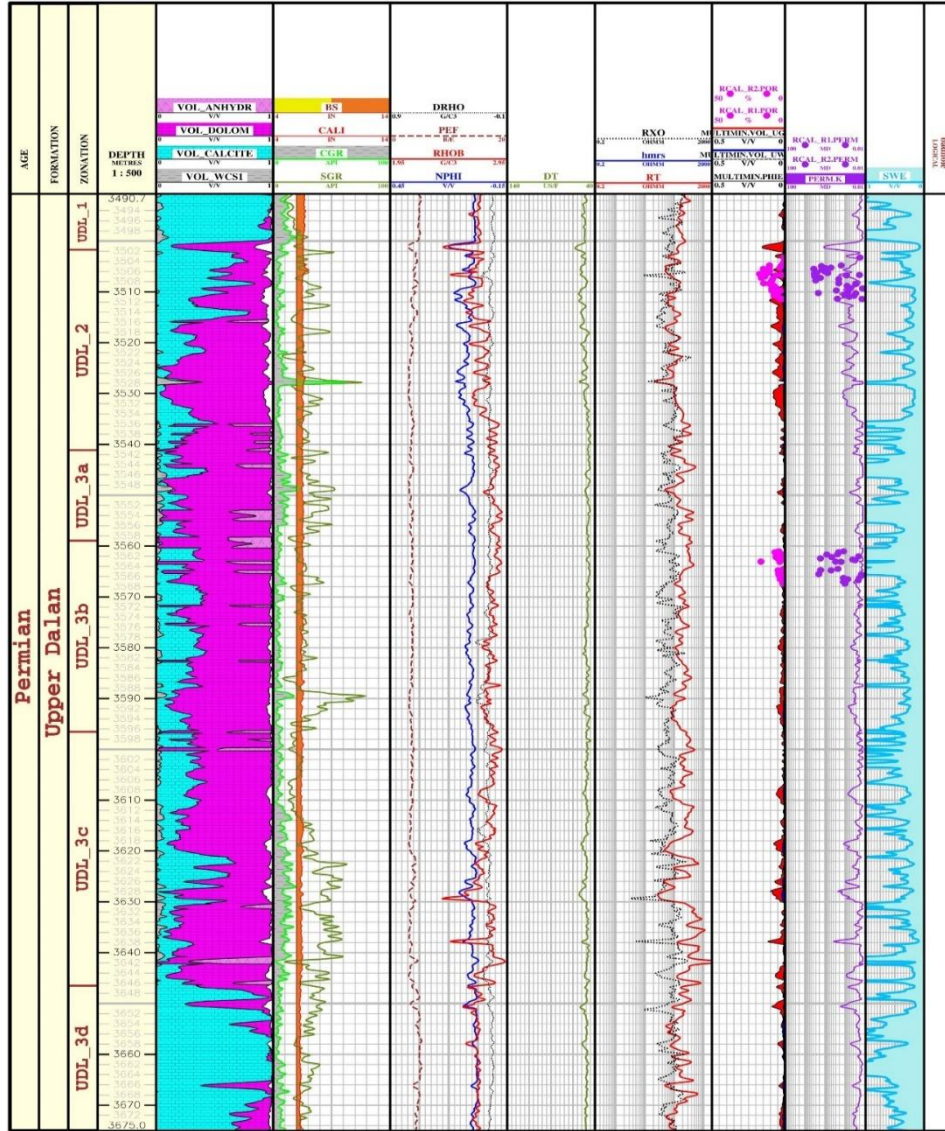
| چاه | سازند              | ضخامت کل | ضخامت مفید | ضخامت مفید/کل | میانگین تخلخل % | میانگین اشباع آب % | میانگین حجم شیل % | میانگین تراوایی |
|-----|--------------------|----------|------------|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| ۴   | سازند دالان فوقانی | ۱۸۴/۳۳   | ۱۲۶/۱۴     | ۰/۶۸          | ۳/۷             | ۳۰                 | ۱/۷               | ۰/۰۴۲           |
| ۶   | سازند دالان فوقانی | ۱۱۴/۵۳   | ۱۰۵/۰۲     | ۰/۹۲          | ۶/۴             | ۲۲/۴               | ۲/۴               | ۰/۱۲۸           |

جدول ۲: میانگین پارامترهای پتروفیزیکی محاسبه شده در چاه ۴ و ۶

#### ۴-۲- سازند دالان بالایی در چاه شماره ۴

با توجه به شکل (۹) این سازند در چاه شماره ۴ از عمق ۳۴۹۰/۷۱ تا ۳۶۷۵/۰۴ متری قرار دارد و دارای ۱۸۴/۳۳ متر ضخامت می باشد 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 می شود. بررسی سنگ شناسی نشان می دهد سنگ شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل و رگه انیدریتی نیز در این سازند دیده می شود. محاسبات انجام شده بر روی شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر به ترتیب برابر با ۱/۷، ۳/۷ و ۳۰ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان دهد، این سازند

دارای خواص مخزنی خوبی می باشد، ضخامت مفید در سازند ۱۲۶/۱۴ متر است و نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل (NET/GROSS) در این بخش برابر با ۰/۶۸ است. تخلخل در محدوده ابتدایی این سازند بالاتر است. این سازند از حجم گاز بالایی برخوردار می باشد در نتیجه، ویژگی های 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 می باشد.

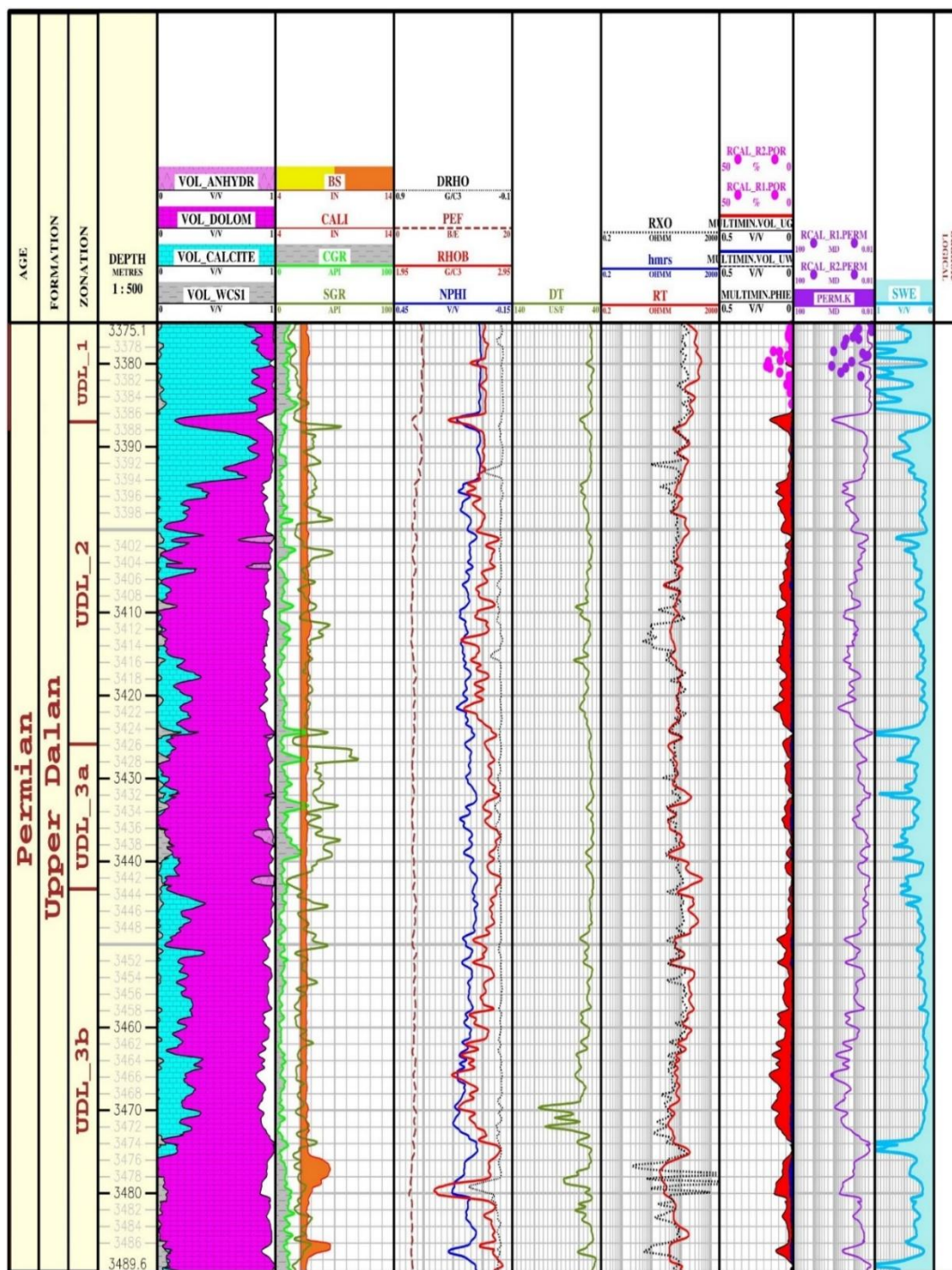


شکل ۹- ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان بالایی در چاه شماره ۴

#### ۳-۴- سازند دالان بالایی در چاه شماره ۶

با توجه به شکل (۱۰) این سازند در چاه شماره ۶ از عمق ۳۳۷۵/۰۵ تا ۳۴۸۹/۵۸ متری قرار دارد و دارای ۱۱۴/۵۳ متر ضخامت می باشد 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 می شود. بررسی سنگ شناسی نشان می دهد سنگ شناسی غالب بخش دالان بالایی دولومیت و کلسیت می باشد مقدار بسیار ناچیزی شیل نیز در این سازند دیده می شود. محاسبات انجام شده بر روی شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مؤثر و اشباع آب مؤثر به ترتیب برابر با ۲/۴، ۶/۴ و ۲۲/۴ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان می دهد، این سازند دارای

لواص مخزنی لوبی می باشد، ضخامت مفید در سازند ۰۲/۱۰۵ 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 نزدیک تر باشد سازند مورد مطالعه کیفیت مخزنی بهتری دارد. این سازند از تخلخل لوبی برخوردار است و از حجم گاز بالایی برخوردار می باشد. همچنین تخلخل در محدوده انتهایی این سازند بالاتر است. در نتیجه بالاتر بودن نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل و ویژگی های پتروفیزیکی به دست آمده برای این سازند در چاه شماره ۶ در مقایسه با چاه شماره ۴، بیانگر این نکته است که این سازند در چاه شماره ۶ دارای بهترین کیفیت مخزنی می باشد.



شکل ۱۰- ارزیابی پتروفیزیکی سازند دالان بالایی در چاه شماره ۶

#### ۴-۴- 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 دقیق تر، سازند دالان فوقانی در میدان مورد مطالعه بر اساس کیفیت مخزنی به ۳ زون (UD-1-UD-3) تقسیم بندی گردید و زون دالان فوقانی سه (UD-3) در چاه شماره ۴ به چهار زیرلایه (UD-3a-UD-3d) و در چاه شماره ۶ به دو زیرلایه (UD-3a-3b) تقسیم بندی گردید. در هر دو چاه مورد مطالعه، زون دالان فوقانی دو (UD-2) با سنگ شناسی غالب دولومیت و مقداری کلسیت، به علت حجم گاز بیشتر نسبت به سایر زون ها، به عنوان بهترین افق های مخزنی تشخیص داده شد. به عبارتی با توجه به تفسیر نگارهای چاه پیمایی در هر دو 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 به عنوان مناسب ترین زون از لحاظ کیفیت مخزنی مشخص گردید.

#### ۵- 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 ۴ به طور میانگین دارای حجم شیل، تخلخل موثر و اشباع آب موثر به ترتیب برابر با ۱/۷، ۳/۷ و ۳۰ درصد است. این سازند دارای خواص مخزنی خوبی می باشد، نسبت ضخامت مفید به ضخامت کل در این بخش برابر با ۰/۶۸ است و در چاه ۶ به طور میانگین، دارای حجم شیل، تخلخل موثر و اشباع آب موثر به ترتیب برابر با ۲/۴، ۶/۴ و ۲۲/۴ درصد است این سازند دارای خواص مخزنی خوبی می باشد، 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 ۶ 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 هر دو 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 مطلوب تری است و به عنوان مناسب ترین 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 داده های مورد نیاز در این تحقیق تشکر و قدردانی شود. همچنین از داوران مقاله آقای دکتر پیمان رضائی (دانشیار دانشگاه هرمزگان) و خانم دکتر فروغ عباساقتی (فارغ التحصیل دکتری دانشگاه فردوسی مشهد) تشکر و قدردانی می گردد.

- [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 Reservoir 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-AGAIL, 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 H<sub>2</sub>S: 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.

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

Pariya Zendeheel<sup>1</sup>, Amir Karimian Torghabeh<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> MSc Petroleum Geology Group, Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Shiraz University, Iran.

<sup>2</sup> PhD Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

\*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.