

## تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی دشت آبادان

سمیرا امین<sup>۱</sup>، الهام اسدی مهماندوستی<sup>۲\*</sup>، مهدی امیرسرداری<sup>۲</sup> و فرجاله صابری<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد مدیریت اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: e.asadi@khu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۱

نوع مقاله: پژوهشی

### چکیده

در این مطالعه، ارزیابی کیفیت مخزن سازند ایلام در یکی از میداین نفتی دشت آبادان، با استفاده از نگاره‌های چاه‌پیمایی و داده‌های مغزه صورت گرفته است. برای تعیین تراوایی در آزمایشگاه‌های مطالعات مغزه، معمولاً از گاز به خصوص هوای خشک، به دلیل راحتی، صرف وقت و هزینه بسیار کم استفاده می‌شود. این امر می‌تواند باعث ایجاد خطا و عدم اعتبار کافی تراوایی مطلق در ارزیابی و شبیه‌سازی تولید نفت و گاز از مخازن شود. در این مقاله از تراوایی تصحیح شده کلینکنبرگ در مطالعه تراوایی بخش مخزنی سازند ایلام استفاده شده است. علاوه بر این از روش شاخص کیفیت مخزن و تخلخل بر مبنای توزیع اندازه گلوگاه‌های منافذ در جهت تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی کمک گرفته شده است. مطالعه صورت گرفته نشان می‌دهد که گونه‌های سنگی ۳ و ۴ که به عنوان بهترین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی بخش مخزنی سازند ایلام شناسایی شده‌اند، دارای منافذ حفره‌ای بهم مرتبط و بین‌دانه‌ای می‌باشند که در اثر انحلال حاصل شده‌اند. گونه‌های سنگی شناسایی شده ۱ و ۲ مخزن مورد مطالعه به سبب فرایند دیاژنزی سیمان‌شدگی به عنوان گونه‌های سنگی پتروفیزیکی با کیفیت پایین معرفی می‌گردند. نتایج به دست آمده کمک به تعیین بهترین افق‌های تولیدی مخزنی سازند ایلام در چاه مورد مطالعه در مطالعات اکتشافی نموده است.

**واژگان کلیدی:** سازند ایلام، میدان نفتی دشت آبادان، تصحیح تخلخل و تراوایی، گونه‌های سنگی پتروفیزیکی، تعیین نوع منافذ

### ۱- پیشگفتار

(۱۴۰۱). عوامل دیاژنتیکی به عوامل کاهنده و افزایشنده کیفیت مخزنی تقسیم می‌شوند (نبوی و همکاران، ۲۰۱۸). توزیع فضایی این پارامترها در بیشتر مخازن کربناته به شدت ناهمگن است و بنابراین باید در هر فرایند مدل‌سازی آماری مدنظر قرار گیرد؛ از این رو بازسازی تاریخچه دیاژنتیکی در درک چگونگی توزیع تخلخل و تراوایی مخزن برای پیش‌بینی ویژگی‌های مخزنی سنگ‌های کربناته مهم است (بایگونی و همکاران، ۲۰۱۷؛ فلاح‌بکتاش و همکاران، ۱۳۹۹، اسدی مهماندوستی و همکاران، ۲۰۲۲). تاکنون انواع پژوهش‌ها در زمینه گونه‌های سنگی و شناسایی واحدهای جریان با استفاده از اطلاعات مغزه اعم از داده‌های استاتیکی و دینامیکی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به آرچی، ۱۹۵۲؛ امینیان و همکاران، ۲۰۰۳؛ میرزایی- پامان و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۹؛ کلیشمی و همکاران، ۲۰۲۱ اشاره

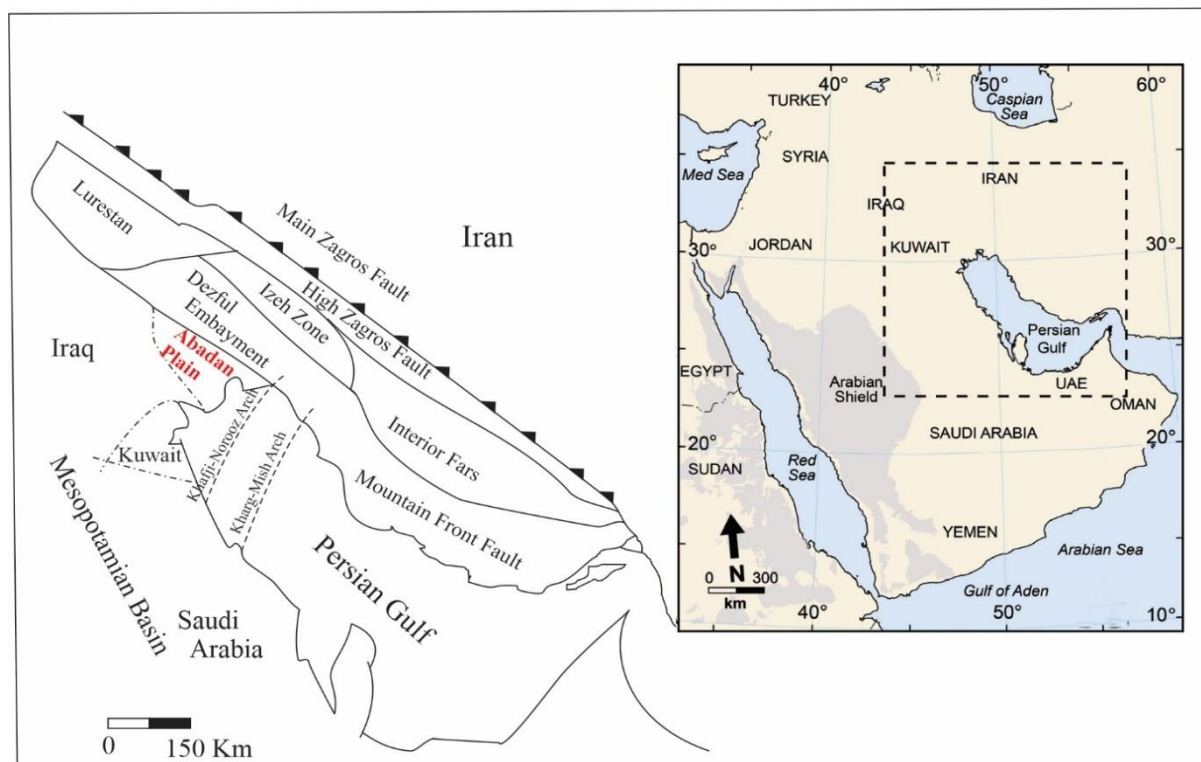
گونه‌های سنگی پتروفیزیکی به بخشی از مخزن اطلاق می‌شود که از لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی و پتروفیزیکی دارای خواص مشابهی باشند. به این دلیل برقراری ارتباط بین واحدهای زمین‌شناسی و پتروفیزیکی می‌تواند در درک هرچه بهتر ناهمگنی مخزن به ویژه در کربنات‌ها که به شدت در اثر فرایندهای دیاژنزی از لحاظ نوع و اندازه شعاع گلوگاه متنوع هستند، مفید باشد (درفشی و همکاران، ۱۳۹۷). ناهمگنی در خصوصیات پتروفیزیکی یک توالی مخزنی، تلفیقی از عملکرد فاکتورهای محیطی رسوبی اولیه از جمله عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی، و فرایندهای دیاژنتیکی نظیر تراکم، سیمانی‌شدن، دولومیتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، نئومورفیسم، انحلال و شکستگی است (اسدی مهماندوستی و همکاران، ۱۳۹۶؛ نبوی و همکاران، ۲۰۱۸؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۹؛ عباسپور و همکاران،

خاوری آن محدود به جبهه چین‌های زاگرس است و پس از عبور از جنوب میدان رگ‌سفید وارد خلیج فارس می‌شود. مرز جنوبی دشت آبادان، خلیج فارس و عربستان است. دشت آبادان بخشی از جلگه میانرودان (بین‌النهرین) است که از نظر زمین‌شناختی پایانه شمالی سکوی عربی محسوب می‌شود (آقائباتی، ۱۳۸۶). ساختمان‌های هیدروکربنی در این ناحیه شیب ملایم و طول موج زیادی دارند و روندهای میدانی به صورت شمالی-جنوبی، شمال خاوری-جنوب خاوری و شمال باختری-جنوب باختری می‌باشد که متفاوت از روند زیرحوضه دزفول فرورفتاده با روندهای عمدتاً شمال‌باختری-جنوب‌خاوری است (عبداللهی فرد و همکاران، ۲۰۰۶). سازند ایلام در میدان نفتی مورد مطالعه دارای ضخامت ۱۰۶/۵ متر می‌باشد. سازند ایلام در میدان نفتی مورد مطالعه بر اساس خواص زون‌بندی مخزن به سه بخش ایلام بالایی، میانی و پایینی تقسیم شده است به طوری که در بخش بالایی سازند ایلام در چاه مورد مطالعه اعماق (۲۸۰۵ متر تا ۲۸۴۶ متری) دارای لیتولوژی عمدتاً شیل و آهک و در بخش میانی و پایینی سازند ایلام (اعماق ۲۸۴۶ متر تا ۲۹۱۱/۵ متری) شامل آهک و مقادیر جزئی شیل می‌باشد (شکل ۲).

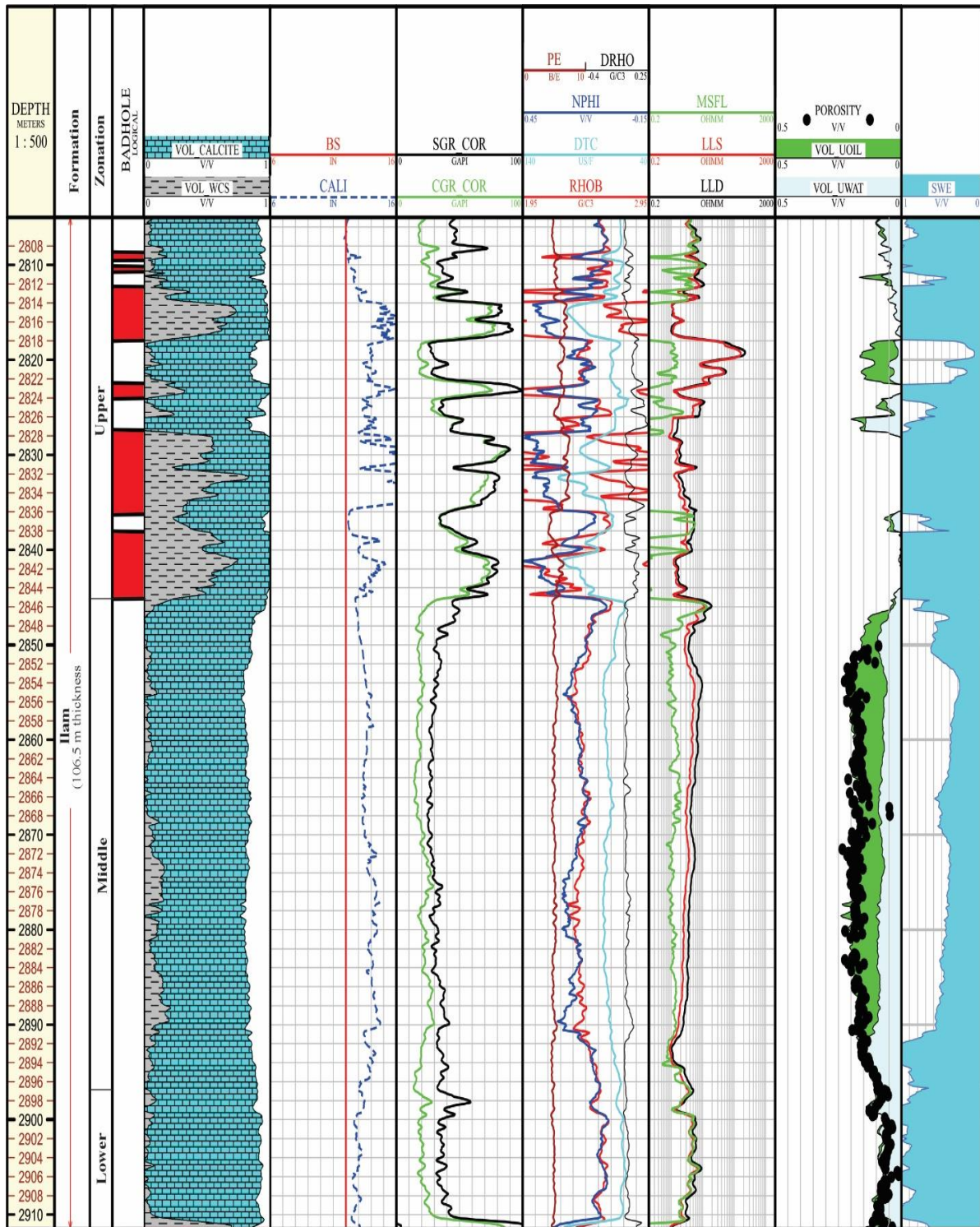
کرد. بر این اساس در این مطالعه سازند ایلام، در یکی از میدانی نفتی دشت آبادان از نقطه نظر نوع تخلخل و گونه‌های سنگی پتروفیزیکی با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی، آنالیز معمول و ویژه مغزه مورد بررسی قرار گرفت تا از این طریق بهترین افق‌های تولیدی برای بخش مخزنی سازند ایلام مشخص گردد.

## ۲- زمین‌شناسی عمومی

میدان نفتی مورد مطالعه، در بخش شمالی زیر پهنه ساختاری دشت آبادان از حوضه زاگرس قرار دارد (شکل ۱). دشت آبادان یکی از زیر حوضه‌های مهم هیدروکربنی جنوب‌باختری ایران می‌باشد که به دلیل ارتباط ساختاری-زمین‌شناسی فراوان با حوضه مزوپوتامین عراق، بخشی از آن محسوب می‌شود (هنرمند و اسعدی، ۱۳۹۶). مساحت این منطقه تقریباً ۷۸۱۰ کیلومتر مربع است (کلیشمی و همکاران، ۲۰۲۲). این ناحیه، یک منطقه هموار، مسطح بدون رخنمون سازندها می‌باشد که تنها اطلاعات حاصل از حفاری چاه‌ها و داده‌های ژئوفیزیکی به منظور شناخت ویژگی‌های مختلف زمین‌شناسی در دسترس است (عبداللهی فرد و همکاران، ۲۰۰۶). مرز شمالی و شمال



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ساختاری زیرپهنه‌های زاگرس. میدان نفتی مورد مطالعه در دشت آبادان واقع شده است (اقتباس با تغییراتی از دیویس و همکاران، ۲۰۰۲، اسدی‌مهماندوستی و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۲. مدل مولتی‌مین (Multimin) سازند کربناته ایلام در چاه مورد مطالعه. ستون اول: عمق بر حسب عمق. ستون دوم: زون‌بندی مخزن. ستون سوم: Bad hole. ستون چهارم: لیتولوژی. ستون پنجم: لگ‌های CALI, BS, SGR, CGR. ستون ششم: لگ‌های DRHO, PEE. ستون هفتم: لگ‌های مقاومت LLD, LLS, MSFL. ستون هشتم: حجم آب و نفت. ستون نهم: اشباع آب.

### ۳- روش کار

نمونه) بر روی بخش مخزنی سازند ایلام است. با توجه به آنکه ارزیابی خواص سنگ توسط تحلیل‌های آزمایشگاهی از داده‌های مغزه حاصل می‌گردد، از این رو لازم است که تخلخل و تراوایی به دست آمده از شرایط آزمایشگاه به

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل کلیه نمودارهای پتروفیزیکی نظیر اشعه گاما، صوتی، چگالی، نوترون، مقامت و داده‌های حاصل از آنالیز معمول مغزه (۲۴)

عمق میانگین مخزن معادل ۲۸۷۷ متر و فشار محصور حدود ۲۴۴۱ Psi در نظر گرفته شده است. با قرار دادن این فشار در معادلات (۲) و (۳) به دست آمده، ضرایب تصحیح تخلخل و تراوایی به ترتیب برابر ۰/۷۸ و ۰/۹۶ تخمین زده شد.

$$\text{Porosity coefficient} = 1.137 \sigma'^{-0.025} \quad (۲)$$

$$\text{Permeability coefficient} = 4 \times 10^{-9} \sigma'^2 + 7 \times 10^{-9} \sigma'^2 + 0.9575 \quad (۳)$$

در مرحله بعد، اثر کلینکنبرگ طبق معادله (۴) برای تبدیل تراوایی مطلق گازها به تراوایی معادل مایع بر روی داده‌های تراوایی مغزه اعمال شد.

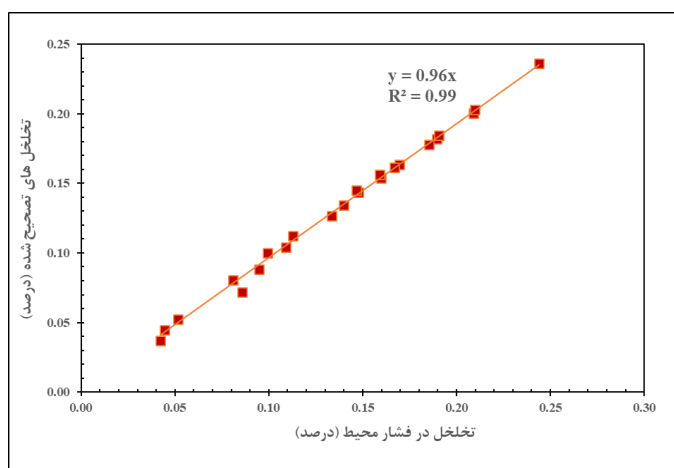
$$K_{\text{Klinkenberg}} = 0.6785 K_{\text{air}}^{1.0573} \quad (۴)$$

در نهایت با استفاده از دو روش بیان شده (تصحیح تخلخل - تراوایی و اثر کلینکنبرگ) به تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی مخزن ایلام در چاه مورد مطالعه پرداخته شد.

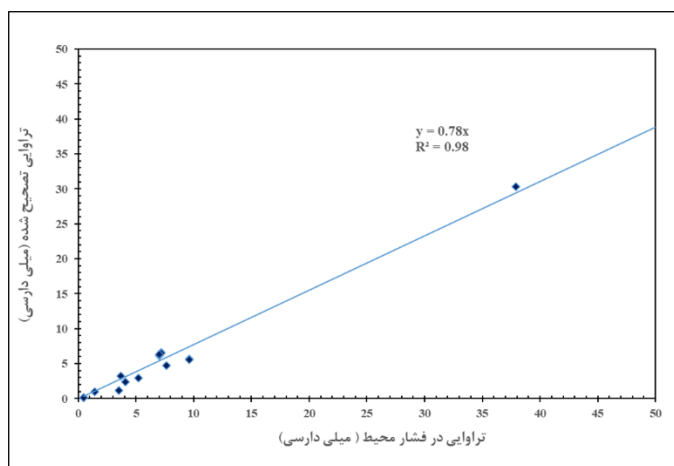
شرایط مخزن تبدیل شود. از این جهت از معادله‌ی (۱) جهت محاسبه فشار محصور استفاده شد (امیرسرداری، ۱۳۹۹).

$$\begin{aligned} \sigma' &= \frac{1+\theta}{3(1-\theta)} (\sigma_g - aP_0) \\ \sigma_v &= \rho_v g h_g \\ \rho_v &= \rho_g (1 - \phi) \\ h_g &= h_c \end{aligned} \quad (۱)$$

در این معادله  $\sigma'$  فشار محصور،  $\theta$  مدول پواسون معادل  $\sigma_g$ ، ۰/۲۵ تنش عمودی،  $\rho_v$  میانگین دانسیته سنگ روباره  $\rho_g$ ،  $(\text{kg/m}^3)$  میانگین دانسیته دانه معادل ۲۷۷۰  $(\text{kg/m}^3)$ ،  $\phi$  تخلخل میانگین معادل ۰/۱۵،  $g$  شتاب گرانش معادل ۱۰  $(\text{m/s}^2)$ ،  $h_g$  عمق میانگین روباره (m)،  $h_c$  عمق میانگین مغزه (mTVDss)،  $a$  ضریب بایوت معادل ۱ و  $P_0$  میانگین فشار منفذی معادل ۵۴۳۴ (bara) می‌باشد. سپس نمودار تخلخل و تراوایی تحت تنش محصور شده در برابر تخلخل و تراوایی در فشار محیط رسم گردید (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳. نمودار تخلخل در شرایط مخزن به شرایط محیط



شکل ۴. نمودار تراوایی در شرایط مخزن به شرایط محیط

است و به دلیل ارتباط مستقیمی که با تراوایی دارد به عنوان مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده کیفیت مخزن در نظر گرفته می‌شود (کدخدایی‌ایلخچی و همکاران، ۲۰۱۳؛ مرادی و همکاران، ۲۰۱۷؛ کدخدایی و کدخدایی، ۲۰۱۸؛ کیانی و همکاران، ۲۰۲۲).

$$FZI = \frac{RQI}{\varepsilon} \quad (7)$$

با به کار بردن نمودارهای پتروفیزیکی و داده‌های معمول مغزه شامل تخلخل و تراوایی کلینکنبرگ و داده‌های آنالیز ویژه نظیر توزیع اندازه گلوگاه‌های منافذ ۴ نوع گونه سنگی پتروفیزیکی در بخش مخزنی سازند ایلام شناسایی شد (جدول ۱). این ۴ نوع گونه سنگی پتروفیزیکی به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که به توان جدایش خوبی در داده‌های توزیع اندازه گلوگاه‌های منافذ مشاهده نمود (شکل ۵). مقادیر شاخص زون کیفیت (RQI) با استفاده از روش آزمون و خطا برای تقسیم‌بندی نمودارهای توزیع اندازه گلوگاه‌های حفره‌ای تعیین شده‌اند.

گونه‌های سنگی ۳ و ۴ به ترتیب بهترین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی در بخش مخزنی سازند ایلام می‌باشند. همچنین گونه‌های سنگی ۱ و ۲ به عنوان گونه‌های سنگی پتروفیزیکی با کیفیت پایین شناخته شده‌اند که در گونه‌ی سنگی شماره ۱ میزان تخلخل و تراوایی به ترتیب کمتر از ۰/۰۶ درصد و ۰/۰۴ میلی‌داری است (شکل ۶).

#### ۴- تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی مخزن ایلام در چاه مورد مطالعه

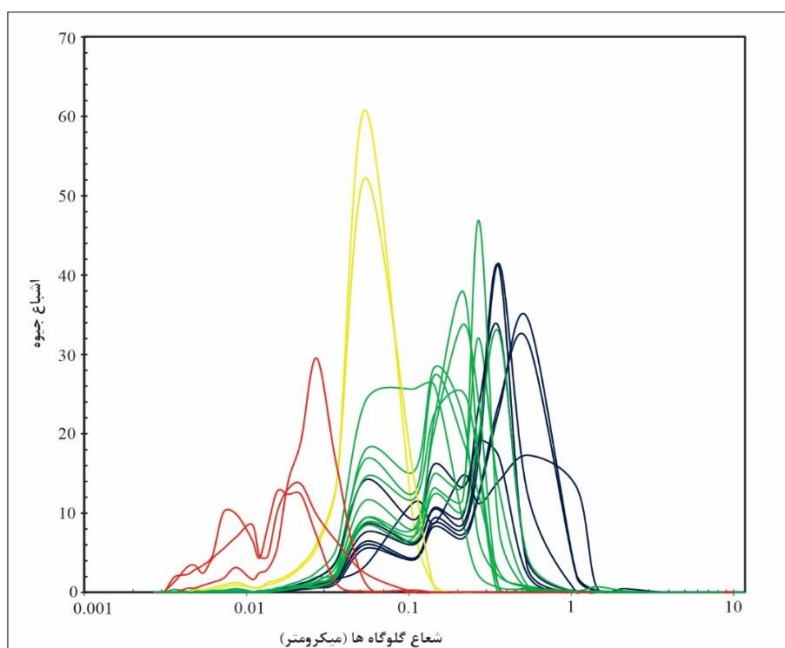
برای ایجاد یک دید کلی و یکپارچه از مخزن مورد مطالعه، می‌توان گونه‌های سنگی مخزن را با استفاده از داده‌های مغزه تعیین کرد. چنانچه در مخازن، هندسه و توزیع درز و شکاف‌های ریز<sup>۱</sup>، در کل مخزن به صورت یکنواخت باشد، می‌توان از مفهوم واحدهای جریانی و شاخص زون کیفیت استفاده نمود (تیاب و دونالدسون، ۲۰۰۴). شاخص کیفیت مخزن و شاخص زون‌های جریانی با داده‌های مغزه محاسبه می‌شوند که مبنای این واحدهای جریانی بر پایه‌ی ارتباط بین داده‌های تخلخل و تراوایی است. هر واحد جریانی با یک شاخص زون جریانی (FZI) مشخص می‌شود که می‌تواند بر حسب روابط بین حجم فضای خالی و توزیع هندسی فضای خالی بر اساس معادله‌های ۵ تا ۷ محاسبه گردد (پراساد، ۲۰۰۳):

$$\varepsilon = PMR = \frac{\emptyset}{1 - \emptyset} \quad (5)$$

در این رابطه  $\varepsilon$ : تخلخل نرمال شده می‌باشد که معرف نسبت حجم حفره به حجم دانه است.

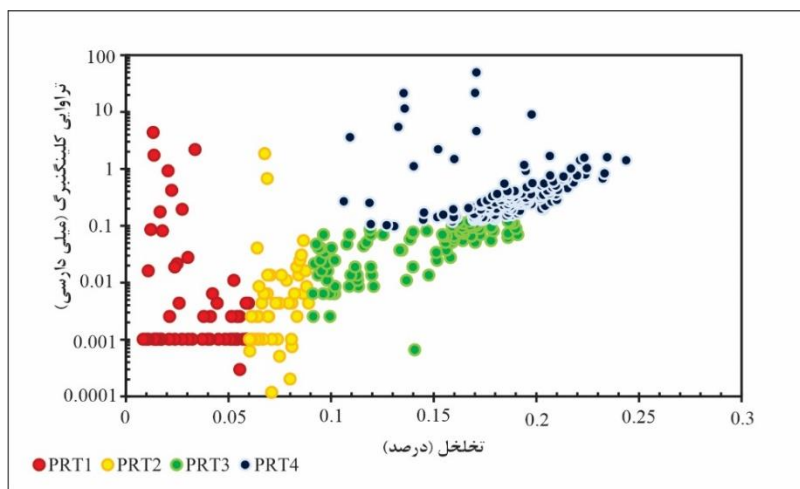
$$RQI = 0.0314 \sqrt{(K/\emptyset)} \quad (6)$$

شاخص کیفیت مخزن (RQI) یک پارامتر پتروفیزیکی مناسب برای توصیف ساختار منافذ یک مخزن هیدروکربنی



شکل ۵. نمایش گونه‌های سنگی پتروفیزیکی بر اساس داده‌های تزریق جیوه

<sup>1</sup> fissures



شکل ۶. تخلخل و تراوایی کلینکنبرگ گونه‌های سنگی پتروفیزیکی در بخش مخزنی سازند ایلام

جدول ۱. تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی بر اساس تخلخل و شاخص زون کیفیت مخزنی

تخلخل	شاخص زون کیفیت	گونه‌های سنگی پتروفیزیکی
$\emptyset < 0.06$	-	۱
$0.06 \leq \emptyset < 0.09$	-	۲
$\emptyset \geq 0.09$	$RQI < 0.027$	۳
$\emptyset \geq 0.09$	$RQI \geq 0.027$	۴

۷/۳۴ درصد و ۰/۰۵ میلی‌داری می‌باشد. این گونه سنگی در بخش پایین سازند ایلام (۲۸۹۷ متر تا ۲۹۱۱/۵ متری) قرار دارد. سیمان‌شدگی از جمله مهم‌ترین عامل کاهش دهنده کیفیت مخزنی در این بخش از سازند ایلام است. براساس مطالعات برش‌های نازک در برخی اعماق (به عنوان نمونه عمق ۲۹۰۲ متری)، شکستگی‌های ریزی مشاهده شده است، اما به علت اینکه این شکستگی‌ها توسط بلورهای کلسیت پر شده‌اند تأثیر مثبتی در افزایش تراوایی نداشته و باعث بهبود در کیفیت مخزن نشده‌اند.

میانگین تخلخل و تراوایی کلینکنبرگ در گونه سنگی شماره ۲ به ترتیب ۳/۳۲ درصد و ۰/۱۹ میلی‌داری می‌باشد. این گونه سنگی نیز در بخش پایینی سازند ایلام در چاه مورد مطالعه (۲۸۹۷ متر تا ۲۹۱۱/۵ متری) قرار دارد. بر اساس مطالعات مقاطع، تخلخل حفره‌ای و شکستگی در برخی نواحی نازک (اعماق ۲۸۹۹/۸۳ متر و ۲۹۰۸/۵ متری) مشاهده شده است. اما به سبب فرایند سیمان‌شدگی (با مسدود کردن گلوگاه‌های تخلخل و تراوایی) و همچنین وجود بلورهای کلسیت که باعث پر شدن این شکستگی‌ها شده‌اند باعث شده این گونه‌ی سنگی همانند گونه سنگی شماره ۱ از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد. میانگین تخلخل و تراوایی در گونه سنگی

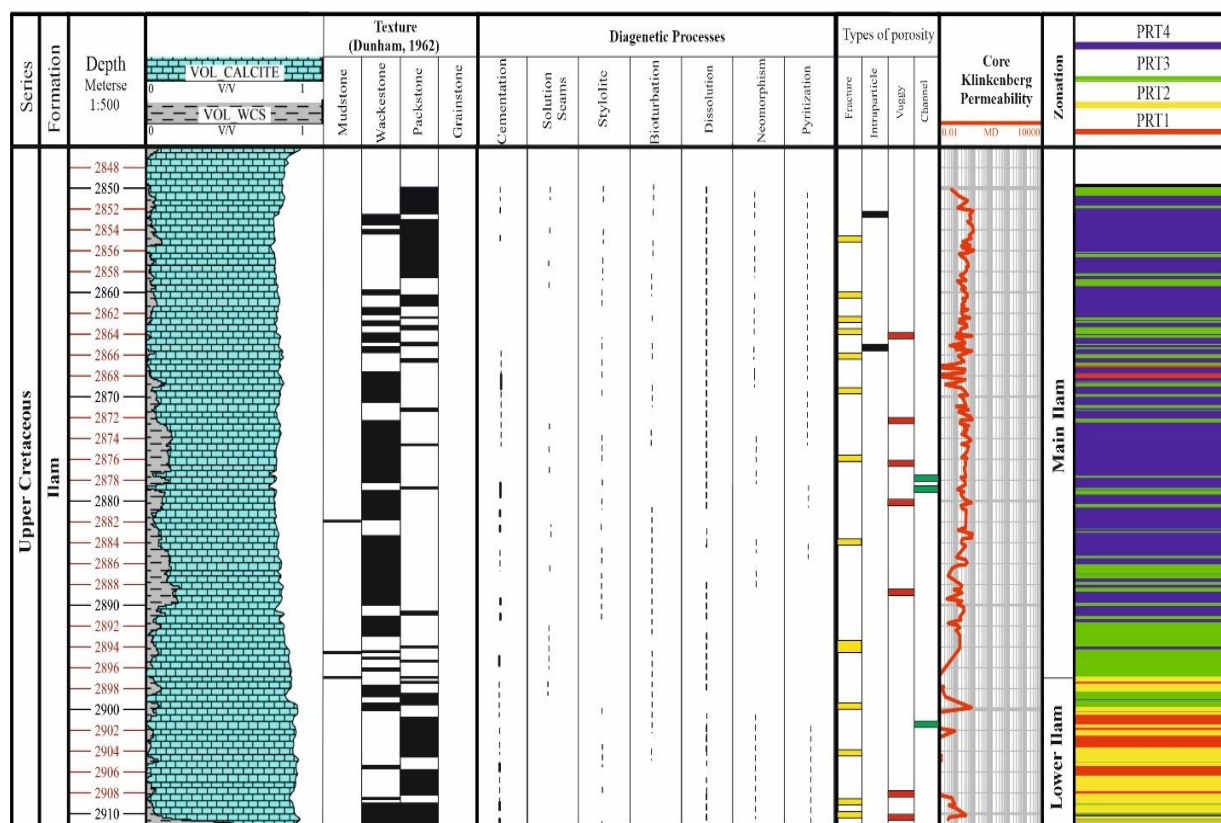
##### ۵- بحث و بررسی

به طور کلی، دیدگاه‌های متعددی برای طبقه‌بندی انواع سنگ‌ها مانند سنگ‌نگاری براساس مهندسی مخزن (RRT)، زمین‌شناسی و پتروفیزیک (PRT) برای تشخیص انواع سنگ‌های زیرسطحی براساس رفتارهای سنگ ارائه شده است. فرآیندهای زمین‌شناسی، به خصوص دیاژنز در سنگ‌های کربناته، مستقیماً خواص سنگ مخزن را کنترل می‌کنند (کلیشمی و همکاران، ۲۰۲۱). کربنات‌ها از نظر کانی‌شناسی ناپایدار هستند و می‌توانند تحت تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی پس از رسوب‌گذاری قرار گیرند (اهر، ۲۰۰۸) و به کنترل تخلخل و کیفیت مخازن کربناته بپردازند (رحیم‌پوربناب، ۲۰۰۷؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ کیانی و همکاران، ۲۰۲۲). با توجه به اهمیت ویژه فرایندهای دیاژنتیکی و نقش مهم آن‌ها در کیفیت مخزن، نمونه‌های پتروگرافی برش‌های نازک به دست آمده از سازند ایلام، مورد مطالعات دیاژنتیکی قرار گرفتند. در شکل ۷ انواع فرایندهای دیاژنتیکی شناسایی شده سازند ایلام در چاه مورد مطالعه در کنار گونه‌های سنگی پتروفیزیکی شناسایی شده ترسیم شده است.

بررسی گونه سنگی شماره ۱ نشان می‌دهد که میانگین تخلخل و تراوایی کلینکنبرگ در این گونه سنگی به ترتیب

باشد. میانگین تخلخل و تراویبی در گونه سنگی شماره ۴ به ترتیب ۱۸/۴۸ درصد و ۱/۲۳ میلی‌داری می‌باشد. این گونه سنگی در بخش اصلی سازند ایلام در چاه مورد مطالعه و در اعماق ۲۸۴۶ متر تا ۲۸۹۷ متری قرار دارد. بر اساس مطالعات برش‌های نازک در برخی نواحی تخلخل بین‌بلوری (عمق ۲۸۵۰/۵۵ متر)، تخلخل حفره‌ای (عمق ۲۸۷۶ متر) و ریز شکستگی‌ها قابل مشاهده‌اند. به دلیل انحلال گسترده صورت گرفته در این بخش از سازند ایلام، این گونه سنگی از کیفیت بسیار مناسبی برخوردار است.

شماره ۳ به ترتیب ۱۳/۸۴ درصد و ۰/۵۲ میلی‌داری می‌باشد. این گونه سنگی در بخش اصلی سازند ایلام در چاه مورد مطالعه و در اعماق ۲۸۴۶ متر تا ۲۸۹۷ متری قرار دارد. تخلخل‌هایی که توسط برش‌های نازک در این بخش مشاهده شده از نوع حفره‌ای (عمق ۲۸۶۵/۶۱ متر) و ریز شکستگی است. اگر چه فرایندهایی از جمله سیمان‌شدگی در این بخش قابل مشاهده است اما به سبب گستردگی فرایند انحلال و وجود درزه‌های انحلالی، این بخش از سازند از کیفیت مخزنی نسبتاً مناسبی برخوردار



شکل ۷. فرایندهای دیاژنی شناسایی شده سازند ایلام به همراه گونه‌های سنگی پتروفیزیکی مشخص شده در چاه مورد مطالعه

میزان شیل کمتری را نسبت به ایلام بالایی از خود نشان می‌دهند)، کاهش در میزان اشباع آب و همچنین لیتولوژی که به صورت عمده آهکی بوده و دارای مقادیر ناچیز شیل است، سبب شده این بخش از سازند کربناته ایلام از کیفیت مخزنی بالایی برخوردار باشد.

نتایج به دست آمده از گونه‌های سنگی پتروفیزیکی نشان داد که گونه‌های سنگی ۳ و ۴ به سبب فرایند انحلال، به ترتیب بهترین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی در بخش مخزنی سازند ایلام با تخلخل بالای ۰/۰۹ و RQI کمتر از ۰/۰۲۷ می‌باشند. گونه‌های سنگی ۱ و ۲ به عنوان

## ۶- نتیجه‌گیری

بر اساس خواص زون‌بندی مخزن، سازند ایلام در میدان نفتی به سه بخش ایلام بالایی، میانی و پایین تقسیم شده است به طوری که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در سازند ایلام بالایی در چاه مورد مطالعه از اعماق ۲۸۰۵ متر تا ۲۸۴۶ متری با توجه به حجم شیل و ریزش دیواره، از کیفیت مخزنی مناسبی برخوردار نیست. این در حالی است که در بخش میانی (اعماق ۲۸۴۶ متر تا ۲۸۹۷ متری) با توجه به نحوه قرارگیری لاگ‌های معمول پتروفیزیکی (لاگ‌های چگالی و نوترون، لاگ‌های CGR و SGR که

سروک در یکی از میداین نفتی جنوب غرب ایران. پژوهش نفت، شماره ۹۵، ص ۱۸-۳۱.

Abdollahie Fard, I. A., Braathen, A., Mokhtari, M., 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. *Petroleum Geoscience*, 12(4): 347-362.

Ahr, W. M (2008) *Geology of carbonate reservoirs*. John Wiley and Sons, Chichester, 296.

Aminian, K., Ameri, S., Oyerokun, A., Thomas, B (2003) Prediction of flow units and permeability using artificial neural networks. In SPE Western Regional/AAPG Pacific Section Joint Meeting. *OnePetro*.

Archie, G. A (1952) Classification of carbonate reservoir rocks and petrophysical considerations. *AAPG Bulletin*, 36: 278-298.

Asadi Mehmandosti, E., Abdolmaleki, S., Ghalavand, H., Woods, A (2022) Variation of geochemical data and sedimentary characteristics in the Upper Cretaceous Ilam Formation, a case study from southwest Iran. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. <https://doi.org/10.1007/s12549-022-00532-4>

Asadi Mehmandosti, E., Amirhoseyni, M., Moallemi S. A., Habibi, A (2022) Geochemical Investigation of the Cretaceous Reservoirs Crude Oils and Source Rock Samples in one of the Abadan Plain Oilfields, SW Iran. *Acta Geologica Sinica-English Edition*.

Baiyegunhi, C., Liu, K., Gwavava, O (2017) Diagenesis and reservoir properties of the permian Ecca Group sandstones and mudrocks in the Eastern Cape Province, South Africa. *Minerals*, 7(6): 88.

Davies, R. B., Casey, D. M., Horbury, A. D., Sharland, P. R., Simmons, M. D (2002) Early to Mid-Cretaceous mixed carbonate-clastic shelfal systems: Examples, issues and models from the Arabian Plate. *GeoArabia*, 7: 541-598.

Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional textures.

Kadkhodaie-Ilkhchi, A., Kadkhodaie-Ilkhchi, R (2018) A review of reservoir rock typing methods in carbonate reservoirs: relation between geological, seismic, and reservoir rock types. *Iranian Journal of Oil and Gas Science and Technology*, 7(4): 13-35.

Kadkhodaie-Ilkhchi, R., Rezaee, R., Moussavi-Harami, R., Kadkhodaie-Ilkhchi, A (2013) Analysis of the reservoir electrofacies in the framework of hydraulic flow units in the Whicher Range Field, Perth Basin, Western Australia. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 111: 106-120.

Kelishami, S. B. A., Mohebian, R (2021) Petrophysical rock typing (PRT) and evaluation

گونه‌های سنگی پتروفیزیکی با کیفیت پایین (به سبب فرایند سیمان‌شدگی) شناخته شده‌اند.

## تشکر و قدردانی

از مرکز پژوهشی نفت دانشگاه خوارزمی و مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران به جهت فراهم آوردن امکانات مورد نیاز برای انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

## منابع

اسدی‌مهماندوستی، ا.، عبدالملکی، س.، فلاوند، ه (۱۳۹۶) ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و دیاژنز سازند ایلام در یکی از میدان‌های نفتی دشت آبادان. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی. دوره ۵، شماره ۹، ص ۲۱-۳۹.

امیرسرداری، م (۱۳۹۹) تعیین گونه‌های سنگی مخزنی بر مبنای داده‌های پتروفیزیکی و آنالیز ویژه مغزه در یکی از مخازن کربناته خلیج فارس. نشریه علوم زمین خوارزمی، دوره ۶، شماره ۲، ص ۲۳۵-۲۵۴.

آقاباتی، س. ع (۱۳۸۶) زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۷۰۹ ص.

حسینی، ک.، رضایی، پ.، کاظم شیرودی، س (۱۳۹۹) تحلیلی بر رخساره‌های الکتریکی، واحدهای جریان‌ی و بررسی توان مخزنی سازند میشریف (سنومانین-تورونین) در میدان نفتی اسفند، خلیج فارس. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۸، شماره ۱۵، ص ۴۶-۶۴.

درفشی، م.، رحیم پوربناب، ح.، کدخدایی، ع.، احمدی، ا (۱۳۹۷) بررسی نقش نوع و اندازه شعاع گلوگاه منافذ در تعیین واحدهای جریان‌ی با استفاده از نمودار انحراف سرعت و داده‌های مغزه در میدان نفتی دورود، سازند فهلیان. *مجله پژوهش نفت*، شماره ۱۰۴، ص ۷۱-۸۲.

عباسپور، ا.، مهربانی، ح.، رحیم پور بناب، ح.، زمان‌نژاد، ا (۱۴۰۱) بازسازی محیط رسوبی، تاریخچه دیاژنزی و کیفیت مخزنی سازند ایلام در یکی از میداین نفتی ناحیه لرستان، غرب ایران. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۱۹، ص ۱۳-۳۴.

فلاح‌بکتاش، ر.، آدابی، م.، صادقی، ع.، امیدپور، آ (۱۳۹۹) مطالعه ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی سازند آسماری در میدان نفتی خشت با تأکید بر خصوصیات مخزنی مطالعه موردی: حوضه رسوبی زاگرس، فارس، جنوب غرب ایران. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، دوره ۳۷، شماره ۳، ص ۱-۳۴.

هنرمند، ج.، اسعدی، ع (۱۳۹۶) کاربرد مفهوم رخساره منفذی در تخمین تراوایی مخازن کربناته، مطالعه موردی از سازند



- of Cenomanian–Santonian lithostratigraphic units in southwest of Iran. *Carbonates and Evaporites*, 36(1): 1-16.
- Kiani, A., Saberi, M. H., ZareNezhad, B., Mehmandosti, E. A (2022) Reservoir zonation in the framework of sequence stratigraphy: A case study from Sarvak Formation, Abadan Plain, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208: 109560.
- Liu, Y., Liu, Y., Zhang, Q., Li, C., Feng, Y., Wang, Y., Xue, Y., Ma, H (2019) Petrophysical static rock typing for carbonate reservoirs based on mercury injection capillary pressure curves using principal component analysis. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 181:106175.
- Mirzaei-Paiaman, A., Saboorian-Jooybari, H., Pourafshari, P (2015) Improved method to identify hydraulic flow units for reservoir characterization. *Energy Technology*, 3(7): 726–733.
- Moradi, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Khanehbad, M., Ghabeishavi, A (2017) Rock typing using geological and petrophysical data in the Asmari reservoir, Aghajari Oilfield, SW Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 152: 523-537.
- Nabawy, B. S., Rashed, M. A., Mansour, A. S., Afify, W. S (2018) Petrophysical and microfacies analysis as a tool for reservoir rock typing and modeling: Rudeis Formation, offshore October Oil Field, Sinai. *Marine and Petroleum Geology*, 97: 260-276.
- Prasad, M (2003) Velocity-permeability relations within hydraulic units. *Geophysics*, 68(1):108-117.
- Rahimpour-Bonab, H (2007) A procedure for appraisal of a hydrocarbon reservoir continuity and quantification of its heterogeneity. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 58(1-2): 1-12.
- Tavakoli, V (2019) *Carbonate Reservoir Heterogeneity: Overcoming the Challenges*. Springer Nature.
- Tiab, D., Donaldson, E. C (2004) *Petrophysics: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties* ” 2<sup>nd</sup> edition. Gulf professional publishing.