

ویژگیهای زمین‌شناسی مخزن و بررسی شکستگی در بخش بالائی سازند آسماری و سازند غار - میدان ابودر

محمد رضا کمالی، سید علی معلمی و محمد معین پور

پژوهشگاه صنعت نفت، بلوار پژوهشگاه صنعت نفت، شهر ری، تهران، ایران

(دریافت: ۱۶/۴/۷۸؛ پذیرش: ۲۲/۶/۸۰)

چکیده

نتایج حاصل از مطالعه بین رشته ای با استفاده از روشهای رایج رسوب شناسی و پتروفیزیک شامل اندازه گیریهای تخلخل، نفوذپذیری و فشار موئینه با استفاده از روش تزریق جیوه بر روی نمونه های مغزه چاه A-14-0 میدان ابودر از سازند آسماری بالائی و بخش غار متعلق به سن الیگوسن و میوسن منتج به شناسائی ۳ بخش عمده از نقطه نظر زمین‌شناسی مخزن گردید. بخش ۱ که شامل دو زیر بخش ۱A و ۲B می‌شود عمدتاً از سنگ آهک و دولومیت تشکیل یافته که غالباً دارای تخلخل بالا و نفوذپذیری آن بدلیل تغییرات در بافت سنگ، نوع تخلخل و انتشار شکستگی‌های ریز متغیر می‌باشد. کیفیت مخزنی این بخش از نقطه نظر درجه مرغوبیت، جورشدگی فضای تخلخل و فشار جابجائی متوسط تا خوب ارزیابی می‌گردد.

بخش ۲ از انیدریت و شیل متراکم تشکیل شده و بعنوان سنگ پوشش عمل می‌کند. بخش ۳ غالباً از ماسه‌سنگ حاوی سیمان کلسیتی تشکیل شده که در برخی از افقهای چینه ای بیشتر تخلخل در بخش ۳ عموماً از نوع بین دانه ای و بین بلورین میکرونی می‌باشد و مقادیر جزئی کانی رس مانند ایلیت و کلریت در سطح و فضای بین دانه های آواری کوآرتز دیده می‌شوند که نفوذپذیری سنگ را تحت تاثیر قرار داده اند. کیفیت مخزنی این بخش از نقطه نظر مرغوبیت مخزن و فشار جابجائی خوب ولی به لحاظ جورشدگی فضای تخلخل متوسط ارزیابی می‌گردد.

مغزه‌های مورد مطالعه شکستگی بسیار کمی را نشان می‌دهند و اساساً شکستگی‌های ریز در برخی از افقهای چینه ای بویژه در بخش ۳ قابل مشاهده هستند که توزیع آنها پراکنده و غالباً عمودی و متقاطع می‌باشند و در برخی از موارد با سیمان کلسیتی پر شده اند. هر چند در مواردی دیگر شکستگی‌های ریز فاقد سیمان بوده و آغشتگی با نفت را نشان می‌دهند.

واژه های کلیدی: زمین‌شناسی مخزن، شکستگی، سازند آسماری و سازند غار، میدان ابودر

مقدمه

میدان ابوذر در ۴۵ مایلی جزیره خارک قرار دارد (شکل ۱) و بهره برداری از آن از اواخر سال ۱۹۷۶ شروع شده است. چاه ابوذر بطور عمودی از سکوی A:14 با هدف بهره برداری از مخزن ماسه‌ای غار حفاری گردید و از عمق ۲۷۶۵ تا ۲۹۵۵/۵ فوت تعداد ۸ عدد مغزه گرفته شد. طول ستون مغزه گرفته شده از لایه آهکی فارس زیرین و لایه ماسه‌ای غار بترتیب ۷۹/۵ و ۴۵/۵ فوت است. لذا از هر فوت مغزه به موازات اندازه‌گیری‌های کمی تخلخل و نفوذپذیری، یک عدد نمونه جهت مطالعات تفصیلی و تعیین کیفیت سنگ مخزن انتخاب شده است. بخش بالائی سازند آسماری به سن میوسن عمدتاً از دولومیت - شیل و بالاخره انیدریت در قاعده تشکیل شده است. در مقام مقایسه، لایه غار به سن الیگوسن به ترتیب فراوانی از ماسه سنگ، شیل و انیدریت تشکیل یافته است. مطالعات قبلی میدان ابوذر توسط کارشناسان وزارت نفت (مدیریت تولید مناطق دریائی) و شرکت مشاور Intera صورت پذیرفته که نتایج آنها بصورت گزارش در صنعت نفت موجود است. اهداف اصلی این مقاله ارزیابی زمین‌شناسی مخزن شامل تعیین اندازه و نوع تخلخل، نوع سنگ، کانیه‌های تشکیل دهنده سنگ مخزن و مقایسه آن با نتایج مطالعات پتروفیزیک شامل اندازه گیرهای کمی تخلخل و نفوذپذیری، فشار موئینه و بالاخره بررسی وضعیت شکستگی‌ها در طول ستون مغزه گرفته شده است.

روش مطالعه

قبل از اینکه هر گونه کار آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها انجام شود ابتدا مطالعه شکستگی بر روی مغزه‌ها با استفاده از خط کش و گونیامتر جهت تعیین شیب و تعداد شکستگی انجام شد. سپس از هر فوت مغزه به موازات اندازه گیرهای کمی تخلخل و نفوذپذیری، یک نمونه برای تهیه مقطع نازک جهت مطالعات میکروسکوپی شامل پلاریزان و میکروسکوپ الکترونی انتخاب گردید. مطالعه تعداد ۱۲۵ عدد مقطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان (WILD M420) و ۱۴ عدد نمونه انتخابی توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM, Cambridge) با بزرگنمایی مفید ۱۵۰۰۰ برابر موجود در پژوهشگاه صنعت نفت انجام گرفت. سپس تعداد ۱۴ عدد نمونه از افق‌هایی که ویژگی سنگ مخزن را داشتند (ماسه سنگ متخلخل و دولومیت) برای شناسایی انواع رس موجود در سنگ مخزن با استفاده از روش پرتو اشعه ایکس (XRD) آنالیز گردیدند.

بررسی شکستگیها

از آنجائیکه مغزه‌ها با پوششی از گل همراه بودند لذا ابتدا جهت هر مطالعه شکستگی مغزه‌ها با بنزین و آب شسته شدند. سپس با استفاده از خط کش و گونیامتر جهت شیب و بزرگی



شکل ۱- موقعیت جغرافیائی میدان ابودر

شکستگی اندازه‌گیری شد. لازم به توضیح است که ابتدا قبل از هر گونه اندازه‌گیری، شکستگی‌های واقعی از مصنوعی باید تشخیص داده شود. مغزه‌های دریافت شده غالباً فاقد شکستگی و یا شکستگی بسیار کمی را نشان می‌دهند که در بیشتر موارد به علت سست و کم استحکام بودن بافت سنگ بویژه در بخش ماسه سنگی غار این مطالعه امکان پذیر نمی‌باشد.

بررسی اولیه شکستگیها نشان می‌دهد که:

۱. شیب لایه کم (حدود ۵ درجه) می‌باشد و به احتمال زیاد چاه برروی تاقدیس زده شده‌است (شکل ۲)

۲. شکستگی کم و بصورت محلی است و توزیع آنها پراکنده و غالباً با آغستگی نفت همراه می‌باشد.

۳. نوع دیگر شکستگی در عمق ۲۹۰۴ فوت در ماسه‌سنگ غار مشاهده گردید. در این افق چینه‌ای شکستگی‌های عمودی متقاطع توسط سیمان کربناته پر شده‌اند و نتیجتاً نفوذپذیری کاهش یافته است (شکل ۳). پس می‌توان چنین پنداشت که شکستگی در این بخش بایستی قبل از مهاجرت نفت اتفاق افتاده باشد.

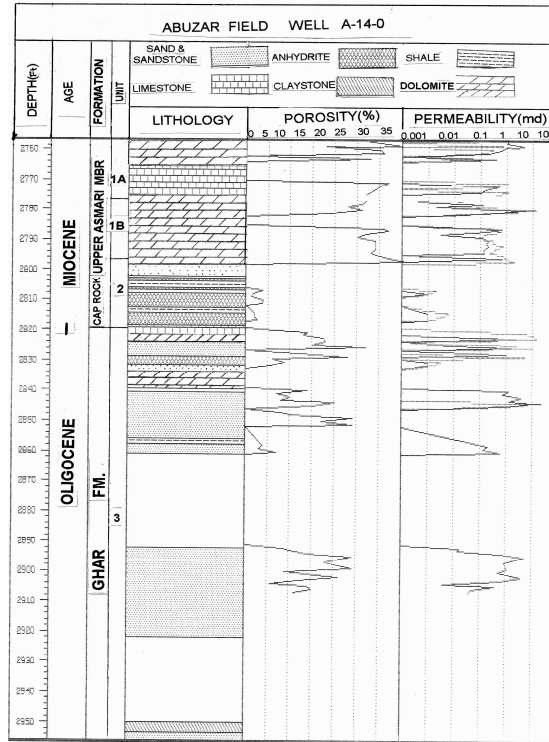


شکل ۲- سطح ناپیوستگی که با تغییر رخساره همراه است و شیب ملایم لایه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- شکستگی‌های پراکنده در ماسه سنگ کوارتز آرنایت که توسط سیمان کریستاله پر شده اند (بخش ۳، عمق ۲۸۲۲/۵ فوت)

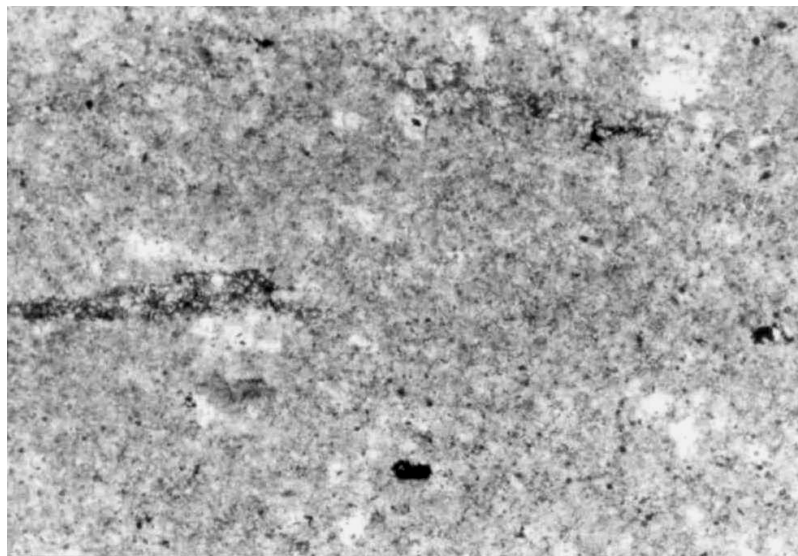
طبقه بندی لایه های بخش بالایی سازند آسماری و سازند غار براساس ویژگیهای سنگ مخزن براساس مطالعات سنگ شناسی و وضعیت تخلخل و تغییرات آن، مغزه‌ها به سه بخش ۱، ۲، ۳ تقسیم شده اند (شکل ۴). برای این منظور از طبقه بندی رایج در سنگهای کربناته شامل آرچی (۱۹۵۲) دانهام (۱۹۶۲) و چوکت و پری (۱۹۷۰) و طبقه بندی تخلخل در ماسه سنگها بروش پیت من (۱۹۷۹) استفاده گردید.



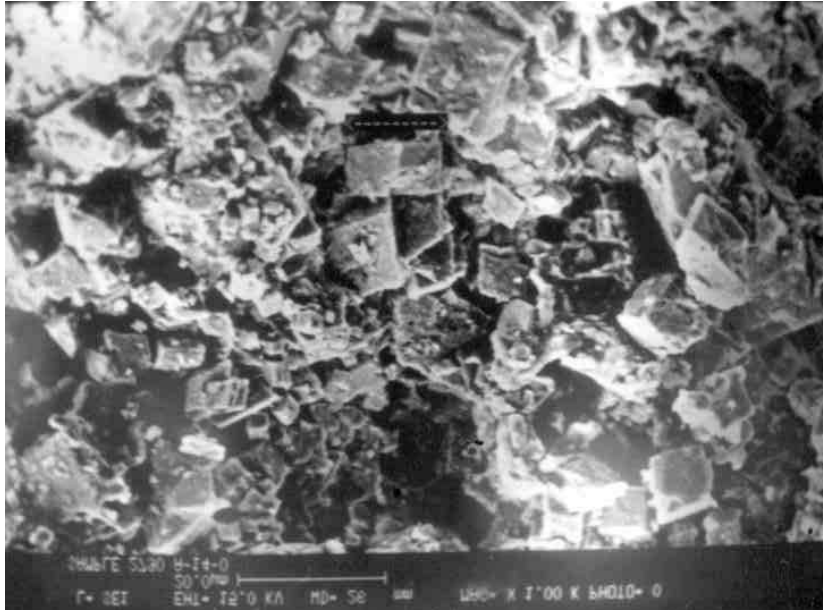
شکل ۴- ستون چینه شناسی و توزیع تخلخل و نفوذپذیری در چاه A-14-0

بخش ۱: این بخش از ابتدای مغزه و از عمق ۲۷۵۶ فوت شروع شده و تا عمق ۲۷۹۷ فوت ادامه دارد و بطور عمده از سنگ آهک با بافت پلوئید پکستون / وکستون و نوع I/II تا II/I تشکیل شده است که در قسمت انتها تبدیل به دولووکستون تا مادستون همراه با انیدریت می شود. این بخش قابل تفکیک به دو زیر بخش ۱A و ۱B است.

زیربخش 1A: این زیر بخش محدوده عمق ۲۷۵۶ تا ۲۷۷۶ فوت را پوشش داده و از نظر میزان تخلخل و نفوذپذیری بالا و بطور متوسط به ترتیب ۴/۲۸٪ و ۷-۱۳ میلی داری می باشد. بیشتر تخلخل در این بخش از نوع بین دانه ای، انحلالی، قالبی و فنسترال است. زیربخش 1B: این زیربخش از عمق ۲۷۷۶ فوت شروع شده و تا عمق ۲۷۹۷ فوت را پوشش می دهد که عمدتاً از دولومیت تشکیل یافته و دارای بافت دولوکستون تا مادستون و نوع I/II تا III و A می باشد. علی رغم بالابودن میزان تخلخل، نفوذپذیری سنگ به علت ریزدانه بودن ماتریس سنگ و مرتبط نبودن فضاهای خالی ریز و افزایش کشش سطحی، پائین می باشد (میانگین تخلخل = ۲۸/۶٪ و میانگین نفوذپذیری = ۴ - ۲ میلی داری). در قاعده بخش ۱ فرآیند دولومیتی شدن همراه با انحلال از فرآیندهای اصلی در ایجاد تخلخل ثانوی محسوب می شوند (شکل ۵).



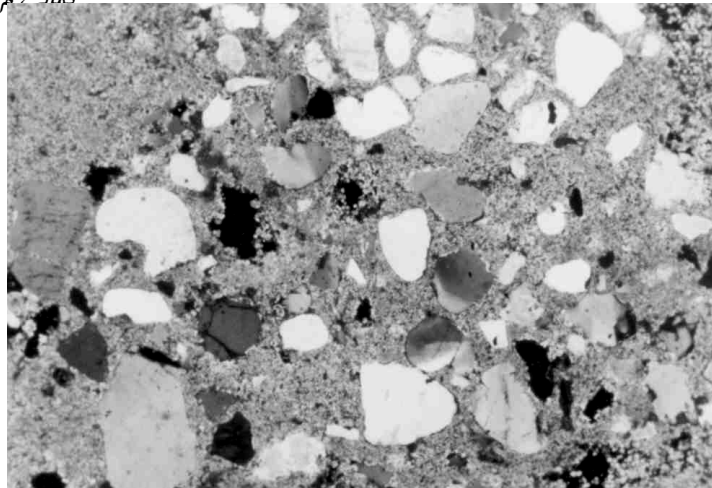
شکل ۵ (a) - مادستون تشکیل شده از ذرات دولومیت با تخلخل بین بلوری میکرونی در بخش 1B، نور طبیعی X ۷۵، عمق ۲۷۹۰ فوت



شکل ۵ (b) - همان نمونه با میکروسکوپ الکترونی (SEM)، تخلخل عمدتاً از نوع بین بلوری و حفره‌ای است.

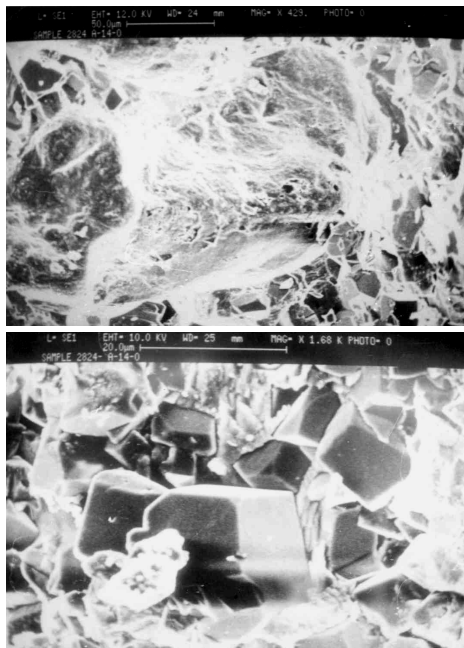
بخش ۲: این بخش از لایه های متراکم انیدریت و شیل برنگ سبز زیتونی تشکیل شده و محدوده چینه ای ۲۷۹۸ فوت را در بر می گیرد. این بخش با توجه به نوع لیتولوژی باعث جدائی لایه های بالائی از پائینی شده و مانند سنگ پوشش عمل می کند. میزان تخلخل و نفوذپذیری بطور میانگین به ترتیب ۲/۷٪ و ۰/۰۱ میلی داری است.

بخش ۳: محدوده این بخش از عمق ۲۸۱۸/۵ الی انتهای مغزه یعنی عمق ۲۹۵۵/۵ فوت می باشد واز ماسه ریز تاخیلی ریزدانه تشکیل شده که در بعضی قسمتها توسط کلسیت و یا دولومیت سیمانی شده است. ماسه سنگها عمدتاً از دانه های ذرات کوارتز نیمه گرد شده با جورشدگی خیلی خوب تشکیل شده اند. تخلخل این بخش عمدتاً از نوع بین دانه‌ای، حفره‌ای و میکرواینتر کریستالین است. در بیشتر موارد لایه‌های ماسه‌ای تیره و آغشته به مواد هیدروکربوری (Bitumen) هستند. مطالعه ماسه‌ها نشان می دهد که بیشتر از ۹۰ درصد دانه‌ها را ذرات کوارتز و مابقی را خرده‌های سنگی، کانی‌های رسی و سنگین و فلدسپات تشکیل می دهد (شکل ۶). کانی‌های رسی عموماً ایلیت و کلریت بوده و در بیشتر موارد هم در بین دانه‌ها رشد کرده اند و هم بصورت غشاء پیرامون دانه‌های آواری کوارتز را در بر می گیرند (شکل ۷). در چنین مواردی تخلخل و نفوذپذیری سنگ به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است.



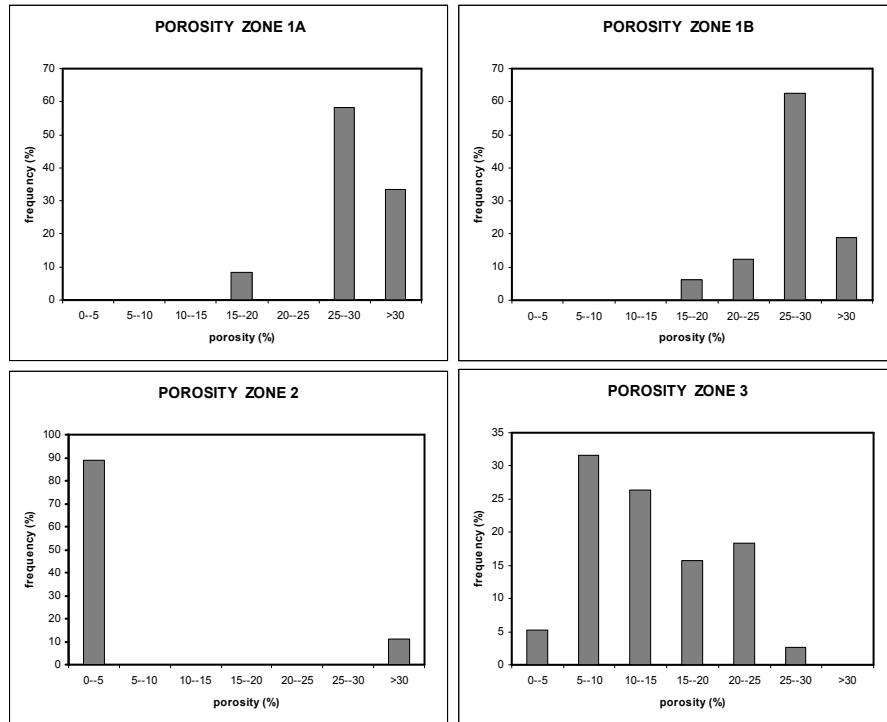
شکل ۶- ماسه سنگ کوارتز آرنایت با سیمان دولومیتی با بلورهای خیلی ریز ذرات کوارتز نیمه گردشده، نیمه زاویه دار با جور شدگی خیلی خوب. نقاط سیاه رنگ تخلخل می باشد، بخش ۳، X ۴۷، عمق ۲۸۲۱ فوت، نور پلاریزه.

از سایر فرآیندهای دیاژنزی که سبب کاهش نفوذپذیری شده است می توان سیمانی شدن شکستگی های ریز را بویژه در عمق ۲۹۰۴ مشاهده نمود که سیمان کلسیتی غالباً قبل از مهاجرت نفت شکستگی ها ریز را پر نموده.

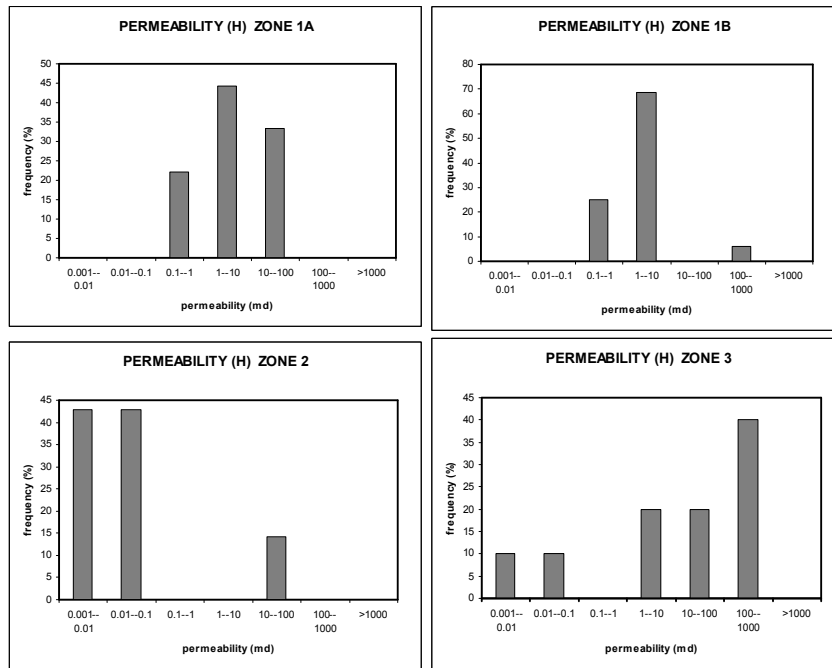


شکل ۷- (بالا) ماسه سنگ سیلتی حاوی سیمان آهکی و کانی رس (ایلایت و کائولینیت) که پیرامون دانه ها را احاطه کرده است (عمق ۲۸۲۴)، (پایین) همان عکس با بزرگنمایی بیشتر، حل شدن لبه ها و کناره های بلورهای فلدسپات و کلسیت ندرتاً دولومیت که سیمان سنگ را تشکیل می دهند. نفوذپذیری سنگ بدلیل تخلخل ریز در حدود ۶/۵ میلی داری می باشد.

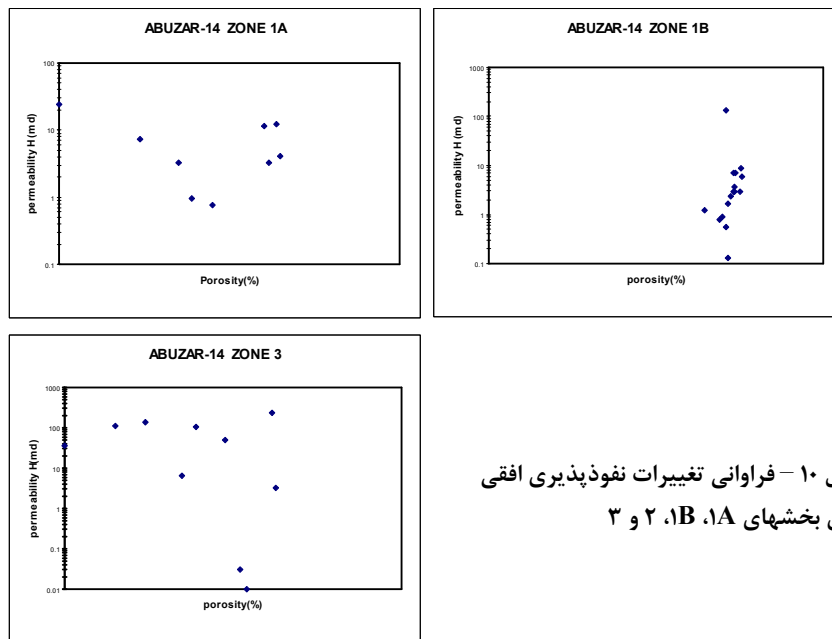
بدین طریق نفوذپذیری سنگ در این افق چینه‌ای به اندازه قابل توجهی نسبت به افقهای بالاتر که حاوی سیمان دولومیت هستند، کاهش یافته است. مقادیر اندازه گرفته شده تخلخل و نفوذپذیری این افق چینه‌ای بترتیب ۱۳/۹۶٪ و ۴/۰۸ میلی‌داری می‌باشد. مشخصات کمی تخلخل و نفوذپذیری و تغییرات آنها نسبت به همدیگر در بخشهای ۱A و ۱B و ۲ و ۳ در جدول ۱ و در شکل‌های ۸ تا ۱۰ آمده است.



شکل ۸ - فراوانی تغییرات تخلخل برای بخشهای ۱A، ۱B، ۲ و ۳



شکل ۹ - فراوانی تغییرات نفوذپذیری افقی برای بخشهای 1A، 1B، 2 و 3



شکل ۱۰ - فراوانی تغییرات نفوذپذیری افقی برای بخشهای 1A، 1B، 2 و 3

جدول ۱ - ارزیابی ویژگیهای مخزن بخش های سازند آسماری بالایی و غار

	بخش	تخلخل %	نفوذپذیری عمودی	نفوذپذیری عمودی
متوسط	1A	۲۸.۴	۱۳.۲	۷.۲
متوسط	1B	۲۸.۵	۲.۰	۴.۹
متوسط	2	۲.۷	۰.۰۰۵	۰.۰۲
متوسط	3	۱۴.۶	۱۷.۲	۸۵.۱۳
حداکثر	1A	۳۵.۳	۴۶.۲	۲۳.۹
حداکثر	1B	۳۶.۵	۶.۸	۱۹.۵
حداکثر	2	۴.۰	۰.۰۰۸	۰.۰۵
حداکثر	3	۲۶.۷	۱۰۴.۹	۲۲۹.۶
حداقل	1A	۱۷.۸	۲.۱	۰.۷
حداقل	1B	۱۹.۶	۰.۰۲	۰.۱
حداقل	2	۱.۳	۰.۰۰۲	۰.۰۰۴
حداقل	3	۳.۴	۰.۴	۳.۲

توزیع فضاهای خالی بین دانه‌ها

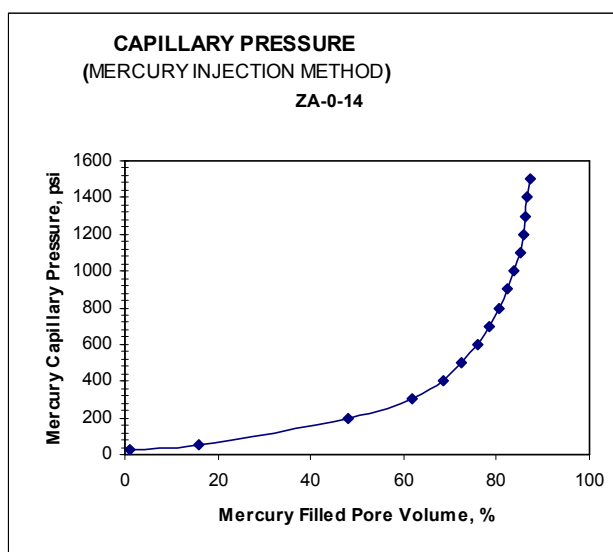
شکل و اندازه مجاری ارتباطی بین دانه‌ها و نحوه توزیع آنها تاثیر بسزایی را در بازدهی موثر و تولید هیدروکربور دارد. جهت بررسی شبکه ارتباطی سیستم تخلخل و تعیین نفوذپذیری در بخشهای مغزه گرفته شده از چاه A-14-0 از میکروسکوپ پلاریزان، SEM و فشارمومینه (تزریق جیوه) استفاده شد و نتایج آنها مقایسه و مطالعه گردید. منحنی فشار مومینه که بوسیله تزریق جیوه (سیال غیر ترکننده) به داخل نمونه مغزه بدست می‌آید، حالت موئی را اندازه‌گیری می‌کند. منحنی مذکور اطلاعات مفیدی را در ارتباط با ارزیابی سنگ مخزن مانند جورشدگی فضای تخلخل، مرغوبیت مخزن و بازدهی موثر و عمق‌های سطوح تماس سیالات در مخزن، ضخامت ناحیه انتقالی، ظرفیت و قابلیت نگهداری سنگ پوشش در اختیار می‌گذارد. در هر حال اطلاعات حاصل از فشار مومینه به تنهایی بعنوان یک ابزار استاندارد قادر به ارزیابی و تعبیر و تفسیر نیست. لذا برای بهره‌وری بیشتر بایستی با سایر ابزارهای رایج در اکتشاف مانند زمین‌شناسی، ژئوفیزیک و مهندسی ادغام گردد. در بیشتر موارد از کمیت‌های ذیل جهت ارزیابی کیفیت سنگ مخزن و بازدهی موثر استفاده می‌گردد:

۱ - جورشدگی فضای تخلخل (PTS یا Pore-throat sorting)

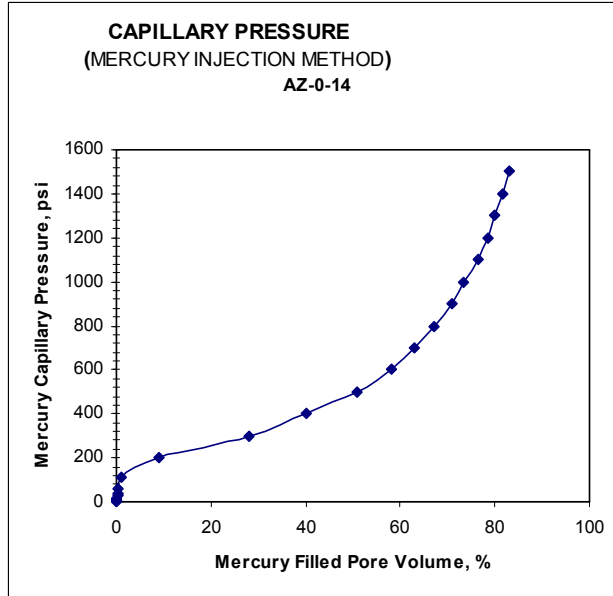
۲ - درجه مرغوبیت مخزن (RG یا Reservoir grade).

۳ - فشار جابجایی (Pd یا Displacement pressure).

در جدول ۲ مقادیر بدست آمده ویژگیهای مخزن مانند فشار جابجایی، جورشدگی فضای تخلخل و درجه مرغوبیت مخزن برای بخشهای ۱A و ۱B و ۳ سازندهای آسماری بالایی و ماسه سنگ غار آورده شده و با کمیت‌های ارائه شده توسط Varva و Lucia برای تشخیص سنگهای مخزنی از غیر مخزنی و ارزیابی کیفی سنگ مخزن مقایسه گردیده است (Varva, 1992; Lucia, 1983). همانگونه که در این جدول نشان داده شده است بخشهای ۱A و ۱B به لحاظ جورشدگی فضای تخلخل و درجه مرغوبیت متوسط می‌باشند ولی فشار جابجایی آنها بترتیب خوب و ضعیف است بخش ۳ از نقطه نظر درجه مرغوبیت مخزن و فشار جابجایی خوب ولی از نقطه نظر جورشدگی فضای تخلخل متوسط ارزیابی می‌گردد. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ تغییرات ویژگیهای بخش‌های مورد مطالعه را با استفاده از منحنی فشار موئینه نشان می‌دهند.



شکل ۱۱- منحنی تزریق جیوه متعلق به مادستون تا وکستون دارای تخلخل بین بلوری و حفره ای که بعضاً توسط سیمان انیدریتی پر شده است. با توجه به میزان درجه مرغوبیت و جورشدگی فضای تخلخل و فشار جابجایی، کیفیت مخزنی نمونه متوسط تا خوب ارزیابی می‌گردد. تخلخل نمونه ۲۵٪ و تراوایی افقی آن ۲۳ میلی داری است.



شکل ۱۲- منحنی تزریق جیوه متعلق به مادستون حاوی ذرات کوارتز. درجه مرغوبیت و جورشدگی فضای تخلخل متوسط ولی فشار جابجائی ضعیف می باشد. ریز بلور و متراکم بودن سنگ نفوذپذیری را به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش داده است. تخلخل نمونه ۲۶٪ و تراوایی افقی آن ۱۳ میلی داری است

جدول ۲- ارزیابی ویژگیهای مخزن بخش های سازند آسماری بالائی و غار

بخشهای سازند آسماری بالائی و غار			پارامترهای مخزنی
بخش ۳	بخش 1B	بخش 1A	
۱.۸	۱.۵۸	۱.۷	ضریب جور شدگی گلوگاه تخلخل
۳	۳۲	۲۲	درجه مرغوبیت
کمتر از ۱۰	۱۱۵	۵۵	فشار جابجائی

نتیجه گیری

مطالعه زمین‌شناسی مخزن بر روی سازندهای آسماری بالایی و غار شامل سنگ پوشش و لایه ماسه سنگ غار منجر به نتایج خوبی در ارتباط با کیفیت مخزن هیدروکربور گردید. براساس مطالعات انجام شده سازندهای آسماری بالای و غار به بخشهایی مانند ۱ (شامل زیر بخشهای 1A و 1B)، ۲ و ۳ طبقه بندی گردیدند. بخش های ۱ و ۲ جزء بخش بالایی سازند آسماری و بخش اعظم ۳ جزو سازند غار محسوب می گردند. بخش ۱ از عمق ۲۷۵۶ فوت شروع شده و تا عمق ۲۷۹۷ فوت ادامه دارد وعمدتاً از سنگ آهک با بافت پلوئید پکستون/وکستون و نوع I/II تا I/II با مقدار کمی بایوکلاست تشکیل شده که در قسمت

انتها تبدیل به دولوکستون تا مادستون همراه با انیدریت می‌شود. زیر بخش ۱A از نظر میزان تخلخل و نفوذپذیری بالا و بطور میانگین بترتیب ۲۸/۴۷٪ و ۱۳ - ۷ میلی داری می‌باشد، بیشتر تخلخل این زیر بخش از نوع بین دانه ای، انحلالی، قالبی و فنسترال می‌باشد. در حالیکه زیر بخش ۱B عمدتاً از دولومیت تشکیل شده و دارای بافت دولوکستون تا مادستون و نوع I/II تا I/II و تیپ A است و علی رغم بالا بودن میزان تخلخل در این زیر بخش (میانگین تخلخل = ۲۸/۶٪) مقدار نفوذپذیری در حدود ۴-۲ میلی داری می‌باشد. غالب تخلخل از نوع بین دانه ای و بین بلوری است. کیفیت مخزنی این زیر بخش از نظر درجه مرغوبیت، جورشدگی گلوگاه تخلخل و فشار جابجایی در حد متوسط ارزیابی می‌گردد. بخش ۲ از انیدریت، شیل متورق با رنگ سبز زیتونی تشکیل شده و بعنوان سنگ پوشش (Caprock) عمل می‌کند. میزان تخلخل و نفوذپذیری این بخش خیلی ناچیز و بطور میانگین به ترتیب ۲/۷۰٪ و ۰/۰۱ میلی داری است. بخش ۳ که قسمت اعظم سازند غار را به خود اختصاص می‌دهد از ماسه ریز تا خیلی زیردانه، فاقد سیمان تشکیل شده که در بعضی قسمت‌ها توسط آهک سیمانی شده است. تخلخل این بخش غالباً از نوع بین دانه ای و میکرواینتر کریستالین می‌باشد. در بعضی از قسمت‌ها کانیه‌های رسی همراه با سیمان آهکی و بعضاً کانیه‌های سنگین و فلدسپات دیده می‌شوند که تخلخل اولیه در آن نقاط تا حدودی کاهش یافته است. میانگین میزان تخلخل و نفوذپذیری در این بخش بترتیب ۱۴/۶۱٪: ۸۵/۱۲ میلی داری است. کیفیت مخزنی زیر بخش ۳ از نقطه نظر مرغوبیت مخزن و فشار جابجایی خوب ولی به لحاظ جورشدگی گلوگاه تخلخل متوسط ارزیابی می‌گردد.

Reference

- Archie, G.E., (1952) *Classification of Carbonate Reservoir Rocks and petrophysical Considerations*, A.A.P.G. Bull., **36**, 278-298.
- Choquette, P.W., and Pray, L.C., (1970) *Geological nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates*, A.A.P.G. Bull., **54**, 207-250.
- Jennings, J., (1987) *Capillary Pressure Techniques: Application to Exploration and Development Geology*. A.A.P.G. Bull., **71**, 1196-1209.
- Lucia, F.J., (1983) *Petrophysical Parameters Estimated from Visual Description of Carbonate Rocks*, A Field Classification of Carbonate Pore Space, JPT.
- Pittman, E.D., (1974) *Porosity, diagenesis and productive capability of sandstone reservoirs*.
- Varva, C., Kaldi, J., and Sncider, R., (1992) *Geological Application of Capillary Pressure: A Review*, A.A.P.G., Bull., **79**, 840-850.

مطیعی، همایون (۱۳۷۴) زمین‌شناسی نفت زاگرس-۲، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران،