

## تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی بر روی کیفیت مخزن آسماری در میدان نفتی A

ولی مهدی پور\*، شرکت انرژی دانا ■ بهمن سلیمانی، دانشگاه شهید چمران اهواز

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی مشخصات سنگ‌نگاری و پتروفیزیکی مخزن آسماری میدان نفتی A و تأثیر فرایندهای دیاژنتی بر روی خصوصیات پتروفیزیکی می‌باشد. در این مطالعه بیش از ۸۵۰ مقطع نازک تهیه شده از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری سازند آسماری به منظور مطالعه فرایندهای دیاژنتی مورد بررسی قرار گرفتند. براساس این مطالعه مهمترین فرایندهای دیاژنتیکی موثر بر مخزن شامل دولومیتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، تراکم و درج‌زایی می‌باشد. از اینرو فرایندهای دیاژنتی مهمترین عامل در توزیع خواص پتروفیزیکی مخزن می‌باشند. براساس این مطالعه با افزایش عمق، کیفیت مخزنی از رأس مخزن تا زون‌های پایینی کاسته می‌شود. کاهش کیفیت مخزنی با افزایش عمق و همخوانی آن با کاهش درصد دولومیتی شدن، حاکی از تأثیر غالب فرایند دیاژنتی دولومیتی شدن در توزیع خواص پتروفیزیکی مخزن می‌باشد. به‌طور کلی مخزن از نوع هیبریدی با غلبه اثرات دیاژنتی می‌باشد.

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۱۱/۱۲

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۱۲/۲۱

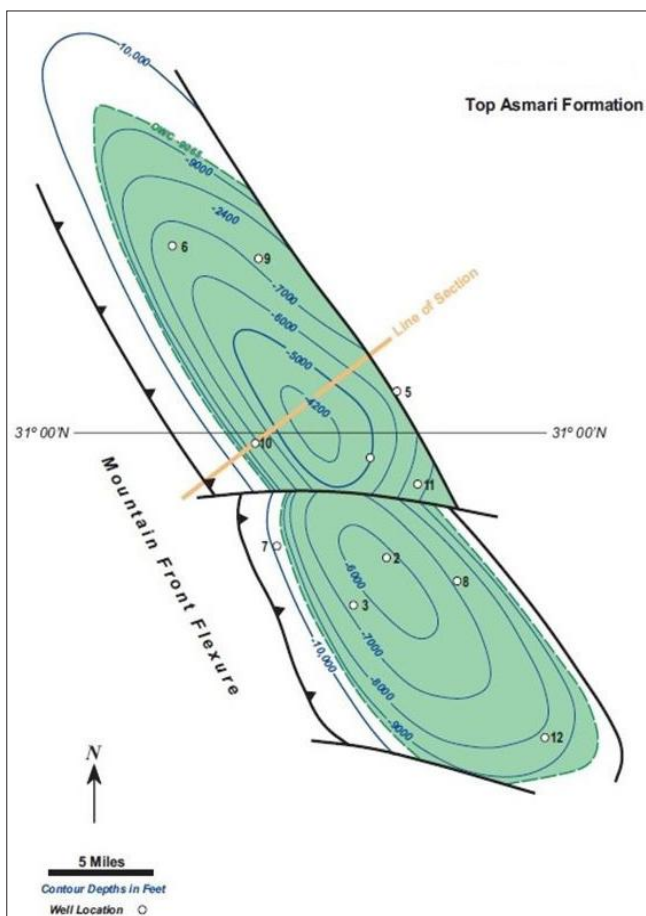
تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۲/۱۲

### واژگان کلیدی:

فرایندهای دیاژنتی، خصوصیات پتروفیزیکی، دولومیتی شدن، مخزن آسماری

### مقدمه

از اطلاعات حاصل از ۵ حلقه چاه فوق توسط نرم‌افزار Surfer8 ترسیم



شکل ۱ | نقشه ساختمانی هم عمق (UGC) میدان مورد مطالعه

کیفیت مخزنی یک سازند علاوه بر شرایط اولیه رسوبگذاری، به تغییرات بعد از رسوبگذاری و فرایندهای دیاژنتیکی بستگی دارد. کاهش تخلخل سنگ‌های رسوبی به خصوص کربنات‌ها طی دوره‌های زمین‌شناسی مختلف، نشان‌دهنده تأثیر فرایندهای دیاژنتی در محیط‌های دیاژنتی است. برخلاف سنگ‌های آواری که بافت اولیه در ایجاد تخلخل اهمیت دارد، در سنگ‌های کربناته، نقش دیاژنتی در ایجاد یا از بین بردن تخلخل اهمیت بیشتری می‌یابد. شناخت صحیح وضعیت تخلخل در مخازن کربناته هتروژن برای ارزیابی پتروفیزیکی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی این مخازن حیاتی است. بنابراین مطالعه سنگ‌نگاری و پتروفیزیکی مقدم بر مدل‌سازی می‌باشد. در این مطالعه، فرایندهای دیاژنتیکی موثر بر مخزن آسماری در یک میدان نفتی مورد مطالعه قرار گرفت.

### ۱- روش مطالعه

در این مطالعه حدود ۸۵۰ مقطع نازک حاصل از مغزه و خرده‌های حفاری از سازند آسماری در ۵ چاه میدان نفتی A مورد مطالعه قرار گرفت. مقاطع حاصل از مغزه توسط آلیزارین قرمز به روش دیکسون جهت تشخیص کلسیت از دولومیت و آهن‌دار بودن یا نبودن آنها رنگ‌آمیزی شد (آلیزارین باعث می‌شود دولومیت، بی‌رنگ، دولومیت آهن‌دار، آبی فیروزه‌ای، کلسیت، صورتی‌رنگ و کلسیت آهن‌دار، قهوه‌ای شود [۱]). همچنین به منظور مطالعه دولومیت‌ها، گلوکونیت‌ها و سیمان‌های موجود برخی از نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی SEM مجهز به XRF (مدل LEO۱۴۵۵vp) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه نقشه‌های دوبعدی پارامترهای پتروفیزیکی زون‌ها با استفاده

\* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (Mehdipour.Vali@danaenergy.ir)

شده و مورد تفسیر قرار گرفت.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی میدان مورد مطالعه

میدان نفتی مورد مطالعه در جنوب غربی ایران در کمربند ساده چین خوردگی و فروافتادگی دزفول قرار دارد [۲]. براساس مطالعات انجام گرفته، سنگ منشاء در این میدان سازند گورپی و پابده و سنگ مخزن سازند آسماری با سن الیگومیوسن می باشد [۳]. با استفاده از آخرین اطلاعات موجود و داده های لرزه نگاری و نقشه های هم تراز زیرزمینی در افق آسماری و همچنین آخرین اطلاعات به دست آمده از حفر چاه های این میدان، ساختمان میدان طاقدیسی نامتقارن با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی می باشد (شکل - ۱). میانگین ضخامت واقعی سازند آسماری در این میدان حدود ۴۰۰ متر می باشد. شیب ساختمانی در نقاط مختلف متفاوت بوده و بطور کلی مقدار آن بر روی یال جنوبی بیشتر از یال شمالی است که به حدود ۴۵ درجه می رسد.

## ۳- چینه شناسی سازند آسماری

این سازند با سن الیگوسن - میوسن (روپلین - بوردیگالین) غالباً از دولومیت و آهک های دولومیتی به همراه مقداری آهک های رسی با لایه های شیل یا تناوبی از میان لایه های آهکی و گرهک های انیدریتی تشکیل شده است. حد بالایی سازند آسماری با سازند گچساران و حد پایینی با سن پابده در برش نمونه هم شیب است [۲]. از زمان معرفی چینه شناسی سازند آسماری توسط جیمز و واند [۴] تاکنون مطالعات زیادی در زمینه چینه شناسی، ریزرخساره، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانشی آن انجام شده است [۵] و [۶]. آسماری بر اساس سنگواره ها و سن، به سه قسمت آسماری پایینی، آسماری میانی و آسماری بالایی تقسیم می شود. سازند آسماری در این میدان به چهار زون (از نظر کیفیت مخزنی) تقسیم شده است.

## ۴- رخساره و محیط های رسوبی سازند آسماری

براساس این مطالعه، می توان پلاتفرم رمپ را به عنوان محیط رسوبی این سازند در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت. هر چند محیط رسوبی در پهنه وسیع گسترش حوضه آسماری ثابت نبوده و به صورت جانبی به محیط های کم عمق تر و یا عمیق تر تبدیل شده است. این سازند از رخساره های مادستون، وکستون، پکستون و به مقدار کمتر گرینستون تشکیل شده است و بر اساس رخساره های موجود (رخساره های متعددی از قبیل ائید پکستون و گرینستون، بایو کلاستیک پکستون گرینستون، بایو کلاستیک فرامینیفر (پلانکتون و بنتیک و غیره) پنج محیط رسوبی

اصلی شامل محیط های لاگون، کشندی، سدی و دریای باز تشخیص داده شد. رسوبات این محیط ها بخصوص مادستون و وکستون های پلیئیدی به شدت تحت تأثیر دیاژنز قرار گرفته است و انواع مختلف پدیده های دیاژنزی در آنها به چشم می خورد.

## ۵- بحث

کیفیت مخزنی یک سازند علاوه بر شرایط اولیه رسوب گذاری، به تغییرات بعد از رسوب گذاری و فرایندهای دیاژنتیکی بستگی دارد. بر خلاف سنگ های آواری که بافت اولیه در ایجاد تخلخل اهمیت دارد، در سنگ های کربناته دیاژنز در ایجاد یا از بین بردن تخلخل نقش عمده ای دارد. در بسیاری موارد به خاطر حساسیت سنگ های کربناته به فرایندهای دیاژنزی، پراکندگی تخلخل - تراوایی به میزان زیادی می تواند تغییر کند [۷]. بنابراین دیاژنز، کنترل کننده اصلی کیفیت مخزنی در بسیاری از مخازن کربناته است [۸]. مطالعات میکروسکوپی مقاطع موجود منجر به شناسایی فرایندهای دیاژنتیکی از قبیل دولومیتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، تراکم و درجایی گردید. در این میان، دولومیتی شدن، سیمانی شدن و انحلال تأثیر قابل ملاحظه ای بر روی خواص مخزنی داشته است.

## ۵-۱- دولومیتی شدن

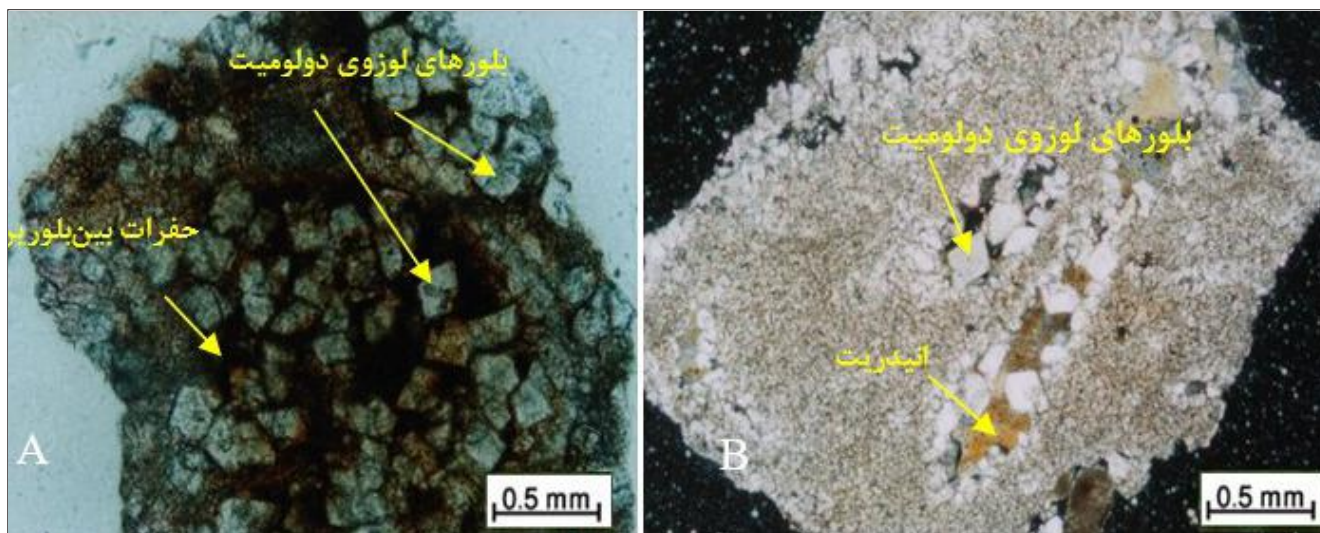
دولومیتی شدن معمولاً موجب گسترش تخلخل ثانویه بین بلورین و نهایتاً سبب بهبود کیفیت مخزنی می شود [۹] و [۱۰]. در میدان مورد مطالعه، فرایند دولومیتی شدن اکثراً بافت های میکریستی آهک ها و در مواردی فسیل ها و اینتراکلت ها را تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییر در میزان تخلخل این سازند شده است. از آنجایی که دولومیت به دلیل پایداری شیمیایی و مقاومت در برابر انحلال فشاری در حین تدفین، تخلخل و نفوذپذیری خود را بهتر از سنگ های آهکی حفظ می کند، این فرایند نقش موثری در افزایش کیفیت مخزنی ایفا نموده است [۱۱]. بر خلاف زمینه دانه ریز آهک ها که تبلور مجدد حاصل کرده اند، آلوکم ها (خصوصاً پلیئیدها و انتراکلت ها) غالباً در برابر دولومیتی شدن مقاومت نموده اند. بلورهای دولومیت علاوه بر زمینه، در محل شکستگی ها و استیلولیت ها هم به وفور دیده می شود. این بلورها غالباً درشت بلور و از نوع شکل دار و نیمه شکل دار و نسبتاً دارای فضای بین بلوری بیشتری هستند. وجود این بلورهای شکل دار باعث افزایش تخلخل (از نوع بین بلورین) شده و در نتیجه، تراوایی افقی در مناطق با درصد بالای شکستگی و استیلولیت های دولومیتی شده افزایش یافته است. علت تنوع دولومیت ها به دلیل تأثیر فرآیندهای دیاژنزی اولیه و تأخیری است

برای دولومیتی‌شدن مخزن مورد مطالعه تقویت می‌کند [۱۲]. به‌طور کلی حساسیت متفاوت بافت و آلوکم‌ها نسبت به فرایند دولومیتی‌شدن و عملکرد متفاوت و انتخابی آن در بخش‌های مختلف مخزنی موجب ایجاد ناهمگنی مخزنی و دشواری ایجاد مدل‌های شبیه‌سازی در آن شده است. به‌طور کلی صرف‌نظر از شکستگی، پدیده دولومیتی‌شدن، پدیده دیاژنتیکی موثر در افزایش خصوصیات مخزن سازند آسماری بوده است [۱۳].

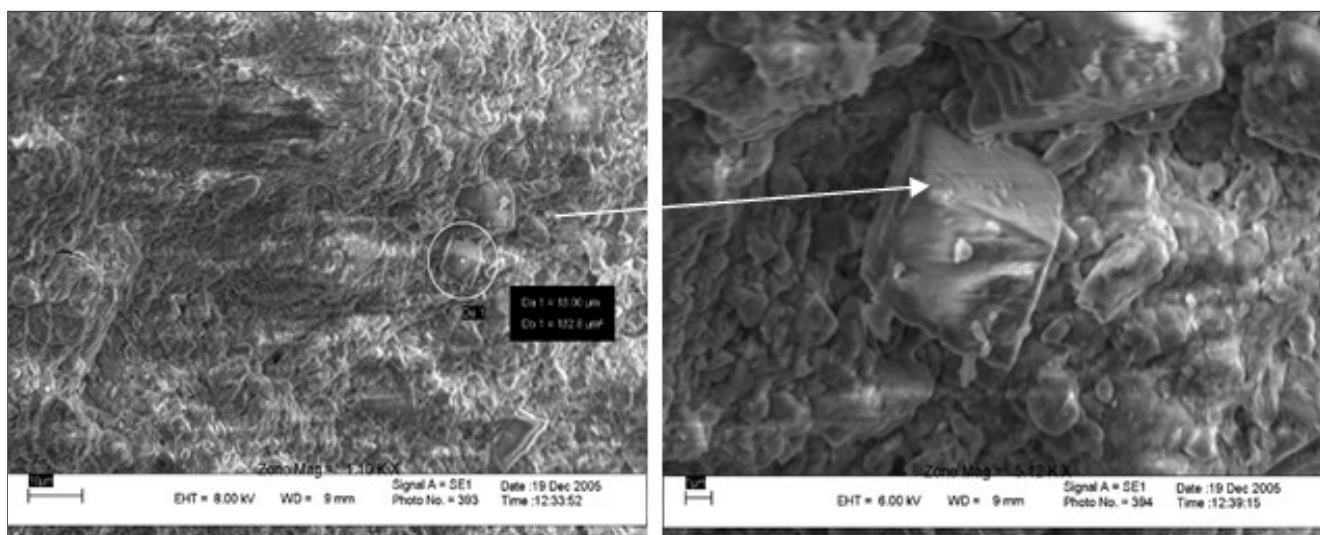
#### ۲-۵- سیمانی‌شدن

در مخزن نفتی مورد مطالعه براساس مطالعات سنگ‌نگاری، مشخص گردید که جنس سیمان‌های موجود در افق‌های مخزنی این میدان،

که منجر به تغییر ترکیب سیالات دولومیت‌ساز و در نتیجه، تغییر در انواع این دولومیت‌ها گشته است. بلورهای شکل‌دار دولومیت، نقش بسیار موثرتری نسبت به بلورهای نیمه‌شکل‌دار و بی‌شکل در بالا بردن تراوایی و به‌طور کلی افزایش کیفیت مخزنی دارند. میزان دولومیتی‌شدن با افزایش عمق کاهش یافته، در نتیجه کیفیت مخزنی در زون‌های پایینی کم می‌باشد. در شکل ۲- نقش تخلخل بین بلورین در افزایش تخلخل مفید و یا کاهش آن در صورت وجود سیمان‌های انیدریتی نشان داده شده است. شکل ۳- نیز تصویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) از بلورهای دولومیت را نشان می‌دهد. وجود استیلولیت‌ها در مجاورت بلورهای دولومیت، خاص دولومیت‌های تدفینی است، لذا تشکیل دولومیت در محل استیلولیت‌ها احتمال وجود یک مدل تدفینی عمیق را



شکل ۲ | بلورهای دولومیت و انیدریت در چاه ۱۲ عمق ۱۸۲۰ A: حفرات بین‌بلورین باز و B: حفرات بین‌بلورین پر شده با انیدریت



شکل ۳ | تصویر الکترونی بلور دولومیت (چاه ۱۲، عمق ۱۵۶۲ متر)



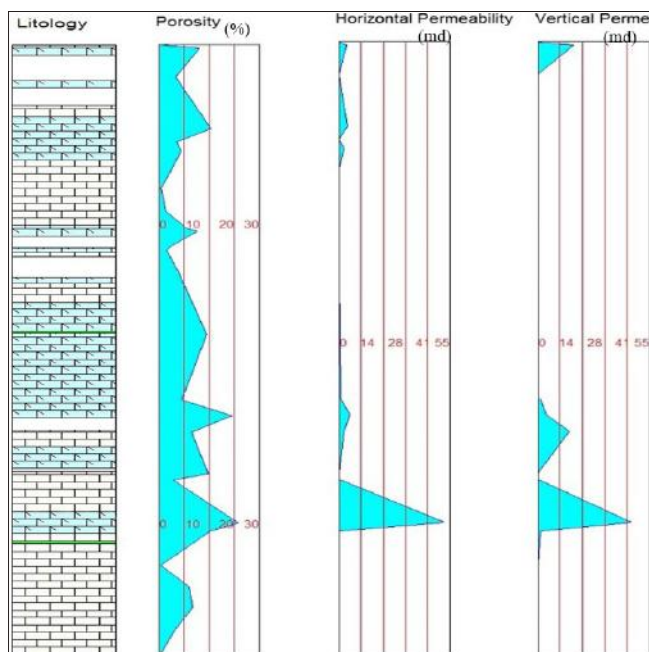
مطابقت دارد. این سکانس سیمان شدگی، نشانه تغییرات افزایشی pH و میزان شوری و یا تغییر ترکیب فاز سیال در محیط می باشد. مطالعه حاضر نشان داد برخلاف سیمان‌های سولفیدی که قبل از دولومیتی شدن وارد تخلخل‌ها گشته، ورود سیمان‌های انیدریتی بعد از فرایند دولومیتی شدن صورت گرفته است [۱۵]. شایان ذکر است، بررسی درصد کانی دولومیت براساس تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی چاه‌ها، حاکی از کاهش آن نسبت به عمق می باشد (شکل-۴). علاوه بر نتایج حاصل از مطالعات سنگ‌نگاری که نشان‌دهنده افزایش کیفیت مخزن با ازدیاد میزان تخلخل بین بلورین می باشد، داده‌های آنالیز مغزه نیز حاکی از افزایش میزان تخلخل و تراوایی در مناطق با نسبت دولومیتی شدن زیاد است (شکل-۵). همچنین وجود شکستگی‌های تکتونیکی سبب افزایش کیفیت مخزنی در میدان شده است [۱۶].

### ۵-۳- تو اکم

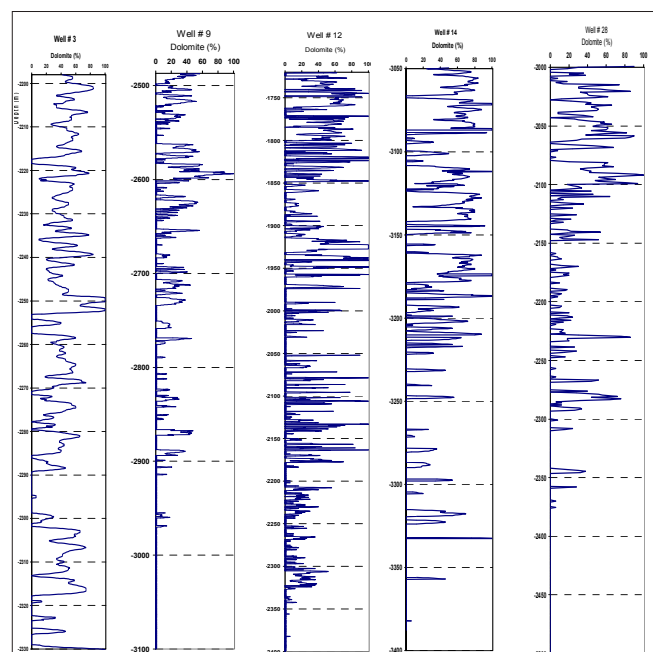
در مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از خرده‌های حاصل از حفاری مخزن آسماری، شواهد سنگ‌نگاری فراوانی از تراکم حاصل از افزایش تدریجی وزن سرباره در جریان تدفین وجود دارد. این مطالعه نشان داد که بافت‌های مادستونی و پکستونی آهکی به دلیل وجود سختی بیشتر، ذرات آلو کمی کمتر و گل پشتیبان بودن، فاقد بافت‌های تراکمی فیزیکی می باشند، در حالی که شیل‌ها به خصوص در زون تدریجی

عمدتاً انیدریتی، کربناته، دولومیتی و در مواردی سولفیدی و سیلیسی می باشد، که از رأس مخزن به سمت پایین از میزان سیمان‌های انیدریتی کاسته شده و بر میزان سیمان‌های سولفیدی و سیلیسی افزوده می شود. فرآیند سولفاتی شدن یا تشکیل کانی انیدریت به صورت گسترده‌ای مقاطع مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده، تا آنجا که به عنوان فاز سیمانی غالب (معمولاً به صورت سین تکسیال) در زون‌های بالایی، قسمتی از خلل و فرج، شکستگی‌ها، حجرات فسیل‌ها و نیز فضای بین بلورهای دولومیت را تحت تأثیر قرار داده است. این فرایند بیشترین تأثیر را بر کیفیت مخزنی داشته و در جهت کاهش تخلخل و تراوایی عمل نموده است (شکل-۲B). تخلخل‌های باقیمانده عمدتاً از نوع حفره‌ای، قالبی، بین بلورین و شکستگی می باشد. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که این سیمان عمدتاً در رخساره‌های دولومیتی گسترش یافته و در رخساره‌های آهکی، فراوانی کمی دارد. مطالعه بافت‌های مختلف انیدریت و تأثیر آنها بر کیفیت مخزن این میدان توسط محققان دیگر مویید اثر منفی قابل توجه انیدریت بر کیفیت مخزنی می باشد [۱۴].

با کاهش مقدار فرآیند سیمان‌شدگی در مرکز و نیمه شمالی میدان، بر میزان تخلخل و تراوایی و دیگر پارامترهای پتروفیزیکی آن (نظیر ضخامت مفید و کل زون تولیدی و ستون مفید هیدروکربونی) افزوده شده است. لازم به ذکر است، وجود توالی سیمان‌های سولفاته، کربناته و دولومیتی با سکانس محیط‌های سبخایی و یا حوضه‌های کم عمق



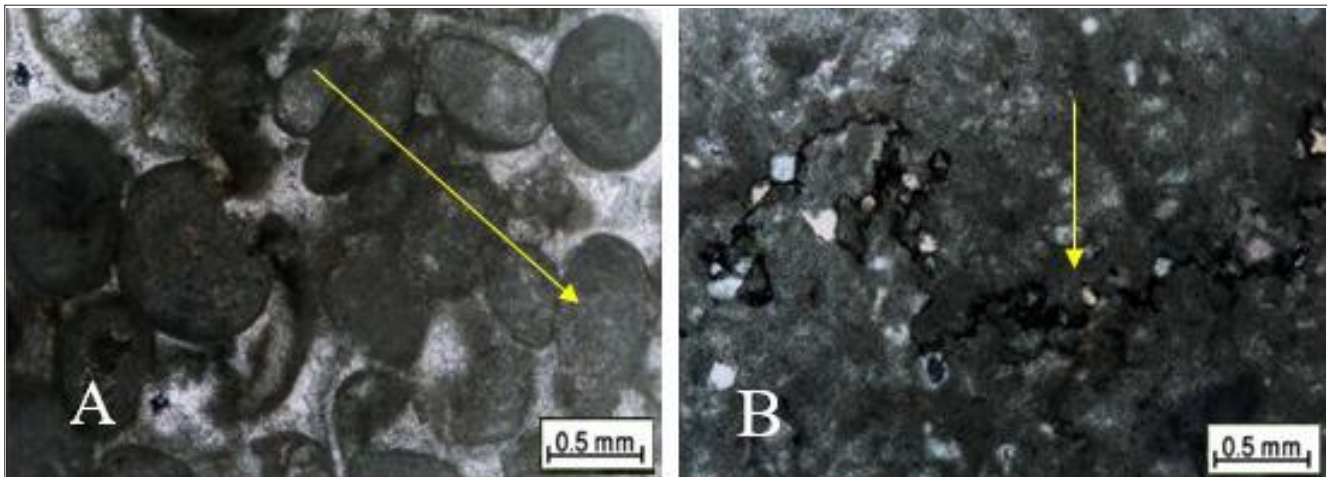
شکل ۵ | سنگ‌شناسی و تغییرات تخلخل و تراوایی نسبت به عمق در مطالعه مغزه گرفته شده از چاه شماره ۱۴ مخزن آسماری



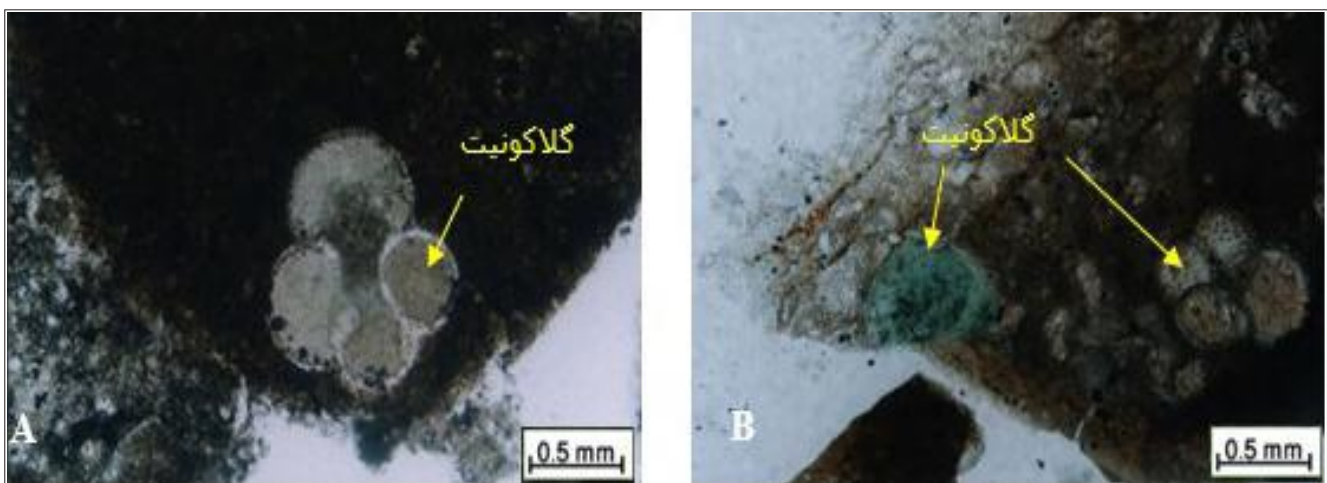
شکل ۴ | تغییرات دولومیتی شدن نسبت به عمق در چاه‌های ۳، ۹، ۱۲، ۱۴ و ۲۸ میدان نفتی A

درون آنها می‌باشد. به نظر می‌رسد، وجود استیلولیت‌های فراوان باعث اختلاف زمینه و دانه‌ها نسبت به تنش‌های وارده شده است. آشکارا، انحلال فشاری و رسوب مجدد موجب کاهش تخلخل رسوب شده و تبلور مجدد بافتی را تسهیل می‌سازد. به‌طور کلی آثار تراکم فیزیکی بر خلاف تراکم شیمیایی در زون‌های پایینی بیشتر مشهود می‌باشد که بیشتر به دلیل وجود شیل بالا و مارنی بودن لایه‌های آن است که تأثیر نامطلوب بر روی کیفیت مخزنی گذاشته است. براساس این مطالعه برخی استیلولیت‌ها دارای بلورهای درشت دولومیت می‌باشند که نشانگر عبور سیالات دولومیت‌زا از خلال منافذ آنها می‌باشد. این فرایند، باز شدگی برخی استیلولیت‌ها و نقش آنها در افزایش تراوایی را نشان می‌دهد. تطبیق سنگ‌شناسی و آثار استیلولیت با داده‌های آنالیز مغزه نیز حاکی از افزایش تراوایی افقی در این فواصل عمقی است.

آسماری پابده دارای آثار کج‌شدگی فراوان در فسیل‌ها می‌باشند. بافت‌های آهکی پکستونی و گرینستونی با سیمان کم یا فاقد سیمان جهت تشکیل بافت‌های مضرسی، محدب و مقعر فراوان می‌باشند که نشان می‌دهد علاوه بر تأثیر بافت آهکی در ایجاد آثار تراکم فیزیکی، وجود سیمان نیز از تراکم فیزیکی بیشتر جلوگیری می‌کند. در این موارد تراکم از طریق انحلال شیمیایی از قبیل تشکیل استیلولیت و رگه‌های انحلالی ادامه می‌یابد (شکل ۶-). استیلولیت‌ها، دانه‌ها و سیمان را قطع کرده و لایه نازکی از مواد غیرقابل حل در امتداد استیلولیت‌ها متمرکز می‌شود. شایان ذکر است، انحلال فشاری در سنگ‌های کربناته در امتداد سطوح و در مرزدانه‌ها رخ می‌دهد. استیلولیت‌ها عمدتاً توسط بقایای مواد آلی پر شده‌اند. فرایند سیمانی شدن استیلولیت‌ها بیانگر انحلال پیش از سیمانی شدن آنها و ورود سیالات سیمان‌کننده به



شکل ۶ | A آثار و جهت تراکم فیزیکی در چاه ۱۴ (A- ۳۱۸۵ متری)، B- استیلولیت همراه با جهت حداکثر تنش اصلی و تشکیل بلورهای دولومیت در امتداد آن (۳۱۳۷ متر)



شکل ۷ | تصاویر میکروسکوپی دانه‌های گلاکونیت در سازند پابده چاه شماره ۱۲ از اعماق: A ۲۱۹۶ متری و B ۲۳۴۲ متری

آنها نشان دهنده عدم تأثیر یکنواخت انحلال بر روی دانه‌ها در جریان دیاژنز بوده است که به دلیل ترکیب اولیه و درجه سیمانی شدن متفاوت دانه‌های پلئوئید و اینتراکلاست می‌باشد.

براین اساس استیلولیت‌ها در مقابل تراوایی عمودی به‌عنوان سد تراوایی عمل کرده و باعث کاهش آن می‌شوند.

#### ۴-۵- درجایی

گلاکونیت‌زایی مهمترین فرایند درجایی در میدان مورد مطالعه است. رخساره‌های آهکی و شیلی به دلیل دارا بودن شرایط احیایی میزبان مناسبی برای تشکیل و انتشار گلاکونیت می‌باشد. گلاکونیت به صورت جانیشینی در حجرات روزنبران به صورت لایه پرکننده و پوشاننده روی بیوکلاست‌های کربناته و نهایتاً به صورت پلت‌های مدفوعی تشکیل شده است (شکل-۷). تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM از دانه‌های گلاکونیت، ساخت‌های متفاوت تیغه‌ای با میزان K<sub>2</sub>O معادل ۱۳/۸ درصد در حالت گلاکونیت شدیداً تحول یافته و ساخت ایلیتی شکل با میزان K<sub>2</sub>O معادل ۲/۲۶ درصد نشانه گلاکونیت ابتدایی را مشخص می‌دارد (شکل-۸). وجود آثار گلاکونیت به همراه آثار سولفید، نشانه محیط و شرایط احیا در زمان تشکیل بخش‌های تدریجی مربوط به سازندهای آسماری-پابده می‌باشد [۱۷]. تجزیه شیمیایی دانه‌های گلاکونیت در جدول-۱-۱ ارائه شده است.

#### ۵-۵- انحلال

انحلال برعکس سیمان‌شدگی موجب افزایش تخلخل از طریق انحلال قالبی، انحلال حفره‌ای و بازشدگی بیشتر شکستگی‌ها شده است. گسترش سیمان‌های انیدریتی در زون‌های با کیفیت مخزنی کم حاکی از عبور سیالات فوق اشباع از سولفات و سایر سیمان‌ها بعد از رخ دادن پدیده انحلال می‌باشد. لذا عملکرد فعال انحلال به خصوص در صورت عدم پُرشدگی بعدی توسط سیمان‌ها، نقش موثری در کیفیت مخزنی برخی زون‌ها داشته است. بررسی تأثیر انحلال و سیمان‌شدگی و روابط

#### ۵-۶- زون‌بندی مخزن آسماری

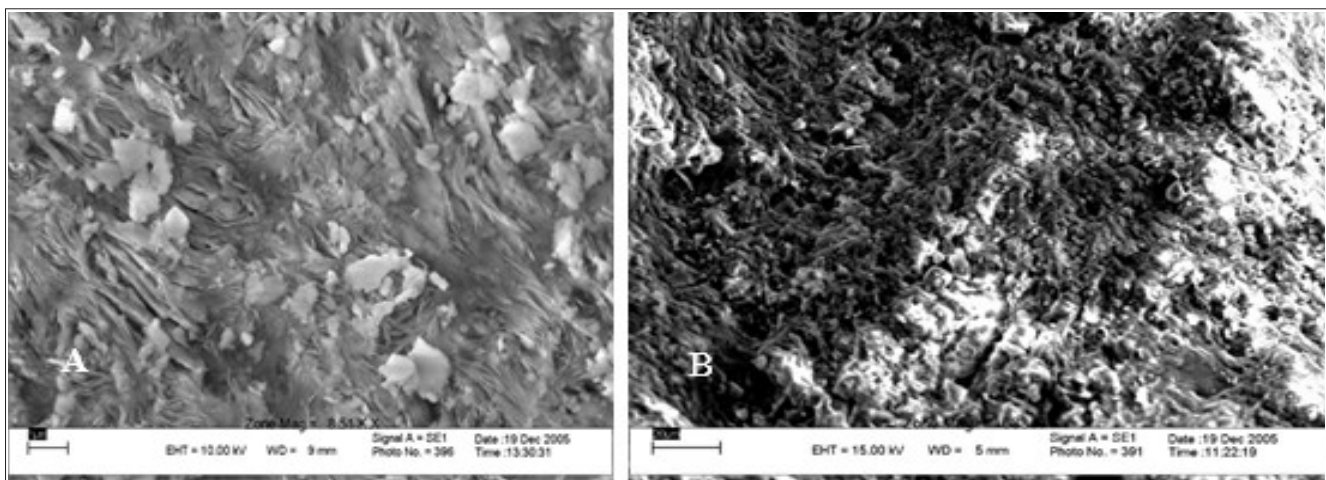
مخزن آسماری میدان مورد مطالعه از نظر کیفیت مخزنی به چهار زون به شرح زیر تقسیم شده است:

##### زون ۱

زون ۱، معادل بخش آسماری فوقانی بوده که مرز بالایی آن پوش سنگ (بخش ۱ سازند گچساران) و مرز پایینی آن زون ۲ مخزن می‌باشد و به ۴ زیرزون تقسیم گردیده است. این زون، عمدتاً از دولومیت و آهک‌های دولومیتی یا تناوبی از میان‌لایه‌های آهکی و گرهک‌های انیدریتی تشکیل شده است. میزان نسبت ضخامت چینه‌ای خالص به ناخالص در این زون در یال جنوبی بیشترین مقدار را داراست که به سمت شمال و مشرق میدان کاهش یافته، به طوری که در چاه ۱۴ به کمترین مقدار خود (۰/۲۵) می‌رسد (شکل-۹). بیشترین تخلخل مفید مربوط به ناحیه مرکزی میدان است که به طرف جنوب میدان کاهش یافته و در چاه ۳ به کمترین مقدار خود (حدود ۹ درصد) می‌رسد (شکل-۱۰). چاه ۲۸ با تخلخل حدود ۱۵ درصد بیشترین میزان تخلخل را در این زون داراست. میزان ستون هیدروکربنی این زون در چاه ۲۸ بیشترین مقدار خود را دارد که به سمت شمال غرب میدان افزایش و به سمت جنوب شرق میدان کاهش می‌یابد. به طور کلی شمال میدان نسبت به نیمه جنوبی میدان میزان ستون هیدروکربنی زیادتری دارد.

##### زون ۲

این زون که معادل آسماری میانی می‌باشد، بین زیرزون‌های ۱،۴ و



شکل ۸ | تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM مدل LEO ۱۴۵۵vp از نمونه‌های گلاکونیت با مشخصات: A عمق ۲۷۴۷ متری چاه ۲۸ و B عمق ۲۱۳۰ متری چاه

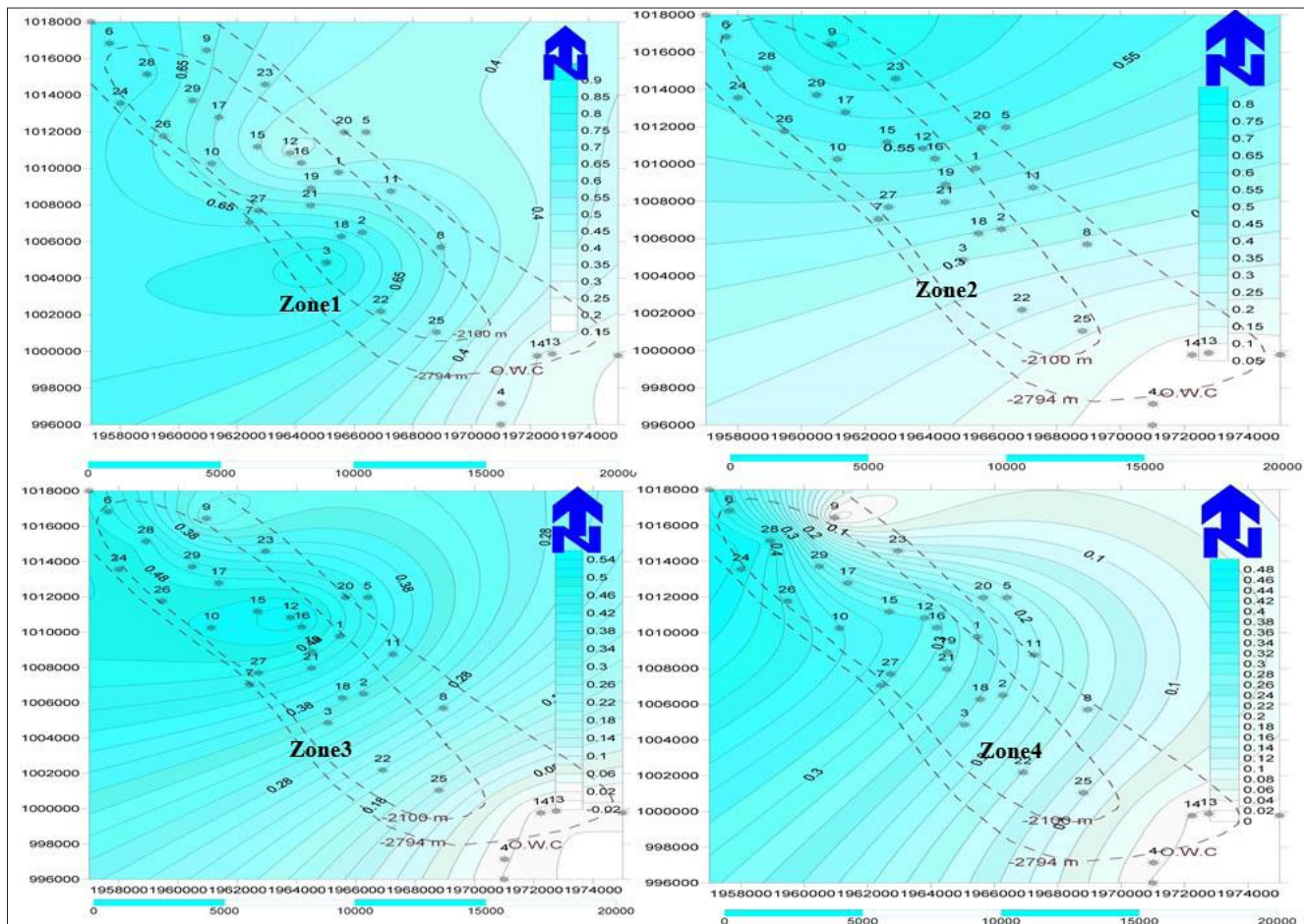
| Lab. No. | S1    | S2    | N16   | S3    | S3    | S3    | N11   | N12   | N13 * |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Well No. | 12    | 12    | 12    | 28    | 28    | 28    | 28    | 28    | 28    |
| Depth    | 2130  | 2130  | 2108  | 2746  | 2746  | 2746  | 2747  | 2747  | 2747  |
| Si       | 22.18 | 23.6  | 44.01 | 48.28 | 4592/ | 23.1  | 37.36 | 1.56  | 3.68  |
| Al       | 19.55 | 20.47 | 26.64 | 12.92 | 12.82 | 6.82  | ----  | ----  | 3.28  |
| Na       | 1.71  | 1.24  | 4.88  | 1.07  | 1.69  | ----  | 0.97  | 0.65  | 0.57  |
| Mg       | 2.27  | 1.72  | 3.91  | 5.25  | 6.09  | 2.54  | 4.79  | 0.31  | 0.93  |
| K        | 1.95  | 3.78  | 2.26  | 10.27 | 7.69  | 9.72  | 13.8  | ----  | 0.47  |
| Ca       | 36.99 | 31.79 | 6.17  | 0.36  | 1.4   | 0.39  | 7.95  | 3.78  | 53.94 |
| Fe       | 2.05  | 3.99  | 11.34 | 8.27  | 6.46  | 29.44 | 18.39 | 23.85 | 2.37  |
| Cl       | 0.94  | 1.58  | 0.79  | 0.45  | 1.22  | 2.73  | 1.03  | ----  | 0.43  |
| Zn       | ---   | ---   | ---   | 0.64  | 1.26  | 0.11  | ----  | ----  | ----  |
| Cr       | ----  | ----  | ---   | 0.19  | 0.29  | 0.89  | ---   | ----  | ----  |
| Ti       | 0.43  | 0.75  | ---   | 0.27  | 0.73  | 0.28  | ----  | ----  | ----  |
| Ir       | ----  | ----- | ---   | 3.21  | 3.75  | 0.61  | ----  | 3.4   | 17.7  |
| Rb       | 10.59 | 9.94  | ---   | ---   | 0.29  | ---   | 11.56 | ----  | 3.67  |
| Cs       | ----- | ----- | ---   | ---   | 0.1   | ---   | ---   | ----  | ----  |
| Os       | ----- | ----- | ---   | 3.6   | 3.68  | 0.61  | 3.39  | ----  | ---   |
| Th       | ----- | ----- | ---   | ---   | 0.19  | ---   | ---   | ----  | ---   |
| Tl       | ----- | ----- | ---   | 1.44  | 2.83  | 0.98  | ----  | ----  | ---   |
| Hg       | ----- | ----- | ---   | 3.76  | 0.59  | ---   | ---   | ----  | ---   |
| Ag       | ----- | 1.14  | ---   | ---   | ---   | 4.54  | ----  | ----  | ---   |
| Au       |       |       | ---   | ---   | ---   | 16.7  | ----  | 14.53 | ---   |
| S        | 1.33  | ----  | ---   | ----  | ----  | ---   | 0.76  | 51.93 | 3.15  |
| P        | ---   | ----  | ---   | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | 4.27  |
| W        | ----  | ----  | ---   | ----  | ----  | ----  | ----  | ----  | 5.55  |



### زون ۳

این زون که معادل نیمه فوقانی آسماری تحتانی می باشد، بین دو زیر لایه ۲،۴ و ۴،۱ قرار داشته و به سه زیر زون مخزنی تقسیم شده است. به طور کلی میزان دولومیت در این لایه کاهش یافته و در ناحیه شمال غرب میدان، لایه های ماسه سنگ نیز در آن مشاهده می شود. این زون به طور عمده از سنگ های آهکی با درصد های متفاوتی از دولومیت با دانه بندی ریز تا متوسط در سرتاسر میدان تشکیل شده است. حداکثر مقدار نسبت ضخامت چینه ای خالص به ناخالص این زون در ناحیه مرکزی به میزان ۰/۵۴ در چاه ۱۲ بوده که به طرف یال شمالی و دماغه های شرقی و غربی میدان کاهش یافته و به حدود ۰/۰۱ در چاه ۱۴ می رسد (شکل-۹). بیشترین درصد تخلخل مفید این زون در مرکز میدان (چاه ۱۲) با تخلخل ۱۴ درصد می باشد. روند کاهشی تخلخل از شمال غرب میدان به سمت جنوب شرق است که به حدود ۱۰ درصد در چاه ۱۴ می رسد (شکل-۱۰). میزان ستون هیدروکربنی این زون در ناحیه مرکزی در چاه ۱۲ به مقدار حدود ۵ متر بیشترین مقدار خود را دارد که به سمت

۳،۱ قرار داشته و به ۴ زیر زون مخزنی تقسیم شده است. این زون عمدتاً از سنگ آهک دولومیتی و دولومیت های آهکی تشکیل شده است. حداکثر نسبت ضخامت چینه ای خالص به ناخالص این زون برابر با حدود ۰/۸ در یال شمالی و در محدوده چاه ۹ می باشد (شکل-۹). در نیمه شمالی میدان، این نسبت یک روند کاهشی از یال شمالی به طرف یال جنوبی دارد و در نیمه جنوبی میدان کاهش این نسبت به سمت دماغه شرقی میدان می باشد، به طوری که در چاه ۱۴ به ۰/۰۷ می رسد. بیشترین تخلخل سنگ های خالص این زون در محدوده چاه ۲۸ در بخش های غربی میدان به میزان ۱۳ درصد تخمین زده می شود و حداقل تخلخل در حوالی چاه شماره ۳ در یال جنوبی به کمتر از ۶ درصد می رسد. روند افزایشی تخلخل از یال جنوبی به طرف یال شمالی است (شکل-۱۰). میزان ستون هیدروکربنی این زون به سمت شمال غرب میدان افزایش یافته و به حدود ۵ متر در چاه ۲۸ می رسد که به سمت جنوب شرق میدان کاهش می یابد.



شکل ۹ | تغییرات ضخامت های خالص به کل در زون های مختلف مخزن آسماری



یافته و در چاه ۲۸ به بیش از ۶ متر می‌رسد، ولی به سمت جنوب شرق میدان از میزان آن کاسته می‌شود.

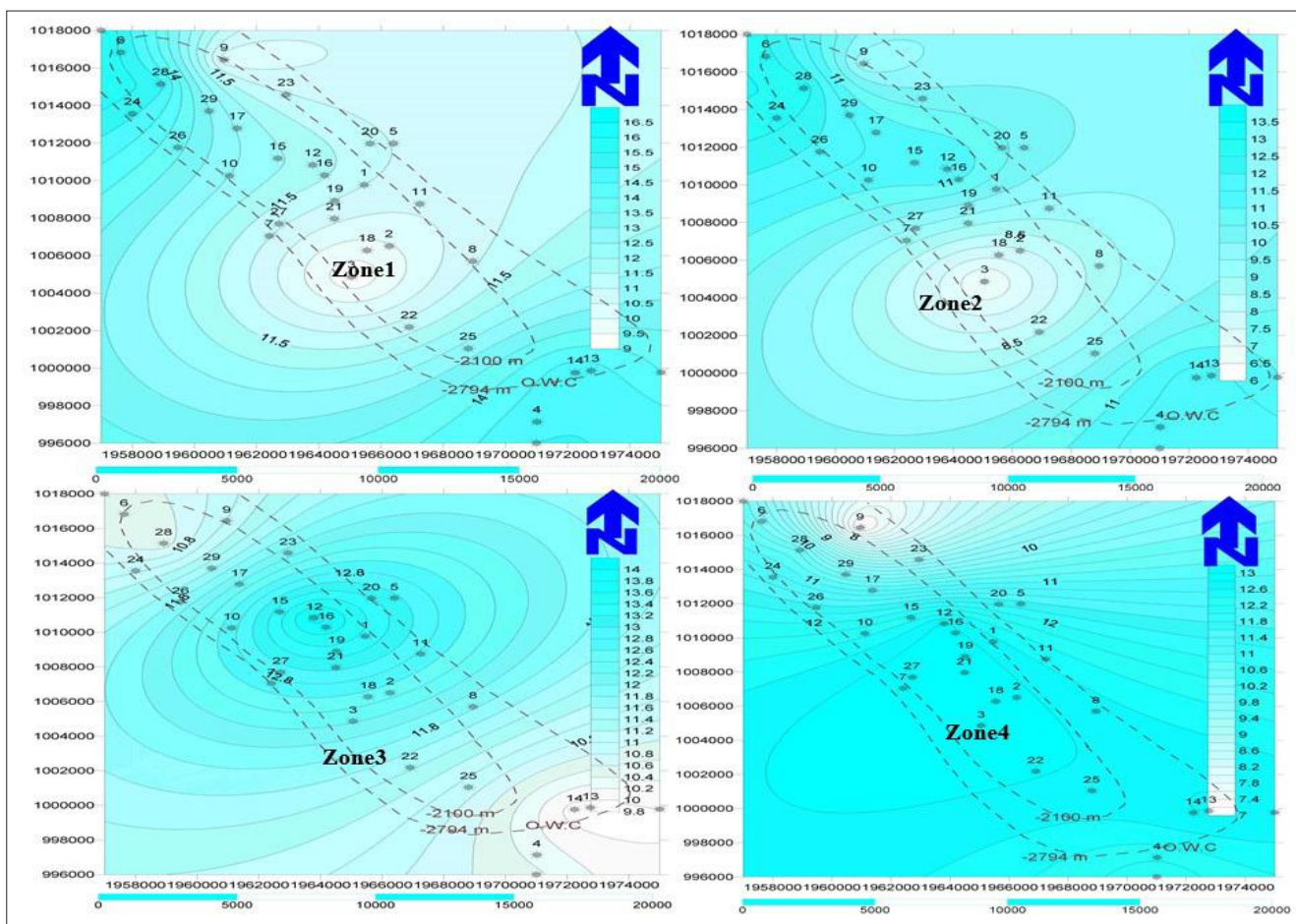
#### زون ۴

این زون آخرین زون سازند آسماری بوده که مرز بالایی آن زیر لایه ۳،۳ و مرز پایینی آن سازند پابده می‌باشد. این زون به ۳ زیر لایه مخزنی تقسیم می‌شود. این لایه به‌طور عمده از سنگ‌های آهکی و آهک‌های دولومیتی و آهک‌های رسی با لایه‌های شیل تشکیل شده است. افزایش نسبت ضخامت چینه‌ای خالص به ناخالص (شکل ۲-ج) در نیمه شمالی میدان از طرف مرکز به سمت دماغه غربی میدان است. چاه ۲۸ با ۴۳٪ بیشترین مقدار رادارد و چاه ۹ واقع در شمال میدان کمترین مقدار را داراست (شکل ۹).

میزان افزایش درصد تخلخل مفید در نیمه شمالی میدان از طرف دماغه غربی به طرف مرکز میدان و در نیمه جنوبی میدان از یال جنوبی به طرف یال شمالی است، به‌طوری‌که در چاه ۱۲ با تخلخل ۱۳ درصد بیشترین مقدار و چاه ۹ با تخلخل ۷ درصد، کمترین مقدار رادارد است (شکل ۱۰). میزان ستون هیدرو کربنی این زون به سمت شمال غرب میدان افزایش

#### ۵-۶- کیفیت مخزن آسماری

سازند آسماری در یک پلاتفرم رمپ کربناته از رخساره‌های وکستون، پکستون، مادستون و به مقدار کمتر گرینستون تشکیل شده است. محیط رسوب گذاری سازند در این میدان از دریای کم عمق تا محیط کشنندی با سطح انرژی کم را شامل می‌شود و اکثر رسوبات آن دارای بافت گل‌پشتیان می‌باشند. بر اساس مشاهدات مغزه‌ها و مقاطع نازک، رخساره‌های اصلی شامل لاگون، کشندی، سدی و دریای باز شناسایی گردید. رخساره سدی گرینستون گسترش ناچیز داشته ولی مادستون‌ها و وکستون‌های لاگونی دارای بیشترین گسترش و حداکثر تأثیرپذیری از فرایند دولومیتی شدن بوده‌اند. لذا بیشترین میزان تخلخل از نوع بین‌بلورین و حفره‌های انحلالی می‌باشد که سامانه



شکل ۱۰ | تغییرات تخلخل در زون‌های مختلف مخزن آسماری

شده‌اند. زمان جایگزینی هیدروکربن در این سازند آهکی بعد از عمل دولومیتی شدن آلوکم‌هاست. رخساره‌های آهکی و شیلی به دلیل دارا بودن شرایط احیا، میزان مناسبی برای تشکیل و انتشار گلاکونیت در این میدان هستند. حضور گوگرد نشانه وجود سولفید به همراه گلاکونیت است که نشانه محیط و شرایط احیا در تشکیل گلاکونیت می‌باشد. براساس داده‌های پتروفیزیکی در بخش آسماری میدان نفتی A، در اکثر چاه‌ها با افزایش عمق مقادیر ستون هیدروکربنی، تخلخل و نسبت ضخامت خالص به کل به طور نسبی از رأس مخزن تا زون‌های پایینی کاسته می‌شود. کاهش کیفیت مخزنی با افزایش عمق و هم‌خوانی آن با کاهش درصد دولومیتی شدن، نشان می‌دهد که فرایند دیاژنزی دولومیتی شدن بیشترین نقش را در توزیع خواص پتروفیزیکی مخزن داشته و سبب شده است که مخزن از نوع دیاژنتیکی باشد. شایان ذکر است، در اکثر چاه‌های مورد مطالعه، زون ۴ دارای کمترین میزان پارامترهای پتروفیزیکی در میان زون‌های مخزنی می‌باشد. ■

تخلخلی موثری را به وجود می‌آورد. تخلخل‌های بین‌بلورین حاصل از دولومیت‌های ثانویه متوسط تا درشت‌بلور و همچنین حفره‌های ایجاد شده در اثر انحلال در زمینه دولومیت، ظرفیت ذخیره و انتقال سیال در مخزن را به‌طور چشمگیر افزایش داده است. تخلخل اولیه مخزن به علت وجود گل‌آهکی در ماتریکس پایین می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های سنگ‌نگاری مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه شده از چاه‌های مورد مطالعه در این میدان مشخص گردید که فرایندهای دولومیتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، درج‌زایی و تراکم، مهمترین فرایندهای دیاژنتیکی موثر بر خصوصیات مخزنی آسماری در این میدان می‌باشد که در جهت افزایش یا کاهش کیفیت مخزنی عمل نموده‌اند. حفرات انحلالی و باقی‌مانده از تبلور رشد بلورها، در صورت عدم اشغال سیمان‌های انیدریتی باعث افزایش تخلخل مخزن

### منابع

- [1] - Tucker, M., 1991, Sedimentary Petrology. Blackwell, Oxford, 260 p
- [۲] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ صفحه
- [3] Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfipour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V., & Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. Geological Society, London, Special Publications, 329: 219263-.
- [4] - James, A.V., and Wynd, J.G., 1965, Stratigraphy nomenclature of Iranian oil consortium agreement area, AAPG Bulletin, 49, No.12, 2182245-.
- [5] Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafiyan, A., Taheri, A., & Motiei, H., 2010. Oligocene-Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 27: 5671-.
- [6] Sadeghi, R, Vaziri-Moghaddam, H., & Taheri, A., 2009. Biostratigraphy and Palaeoecology of the Oligo-Miocene succession in Fars and Khuzestan areas (Zagros Basin, SW Iran). Historical Biology, 21: 17-31.
- [7] Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., 2013. Paleoclimate and tectonic controls on the depositional and diagenetic history of the Cenomanian-early Turonian carbonate reservoirs, Dezful Embayment, SW Iran. Facies, DOI 10.1007/s103470-0374-013-.
- [8] Ehrenberg, S. N, Aqrabi, A. A. M., Nadeau, P. H., 2008. An

overview of reservoir quality in producing Cretaceous strata of the Middle East. Petrol. Geosci. 14(4):307-318.

[9] Machel, H. M., 2004- Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal. In: Braithwaite, C.J.R., Rizzi, G., Darke, G. (Eds), The Geometry and petrogenesis of dolomite hydrocarbon reservoirs, Geological Society, London, Special Publication, 235: 763-

[10] Murry, R.C., 1960, Origin of porosity in carbonate rocks, Journal of sedimentary petrology, 30, 5984-.

[11]. Machel H. M., "Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal," In: Braithwaite C. J. R., Rizzi G., Darke G. (Eds), The Geometry and petrogenesis of dolomite hydrocarbon reservoirs, Geological Society, London, Special Publication., Vol. 235, pp. 72004 ,63-.

[۱۲] مهدی پور، و.، و همکاران، ۱۳۹۰، تأثیر فرایندهای دیاژنتیکی بر روی کیفیت مخزن آسماری میدان نفتی کرنج، اولین همایش ملی توسعه تکنولوژی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، اهواز.

[۱۳] مهدی پور، و.، و همکاران، ۱۳۸۵، ارزیابی اختصاصات پتروفیزیکی و دیاژنتیکی مخزن آسماری پابده میدان نفتی کرنج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

[۱۴] گلستان، ی.، و همکاران، ۱۳۹۴، مطالعه بافت‌های مختلف انیدریت و تأثیر آنها بر مخزن آسماری در میدان نفتی کرنج، نوزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران.

[۱۵] سلیمانی، ب.، و همکاران، ۱۳۸۴، بررسی ژئوشیمیایی دانه‌های گلاکونیت در سازند پابده و گورپی میدان نفتی کرنج، بیست چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

[۱۶] تمیمی، م.، ۱۳۸۲، "مطالعه شکستگی‌های مخزن آسماری میدان کرنج"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز.

[۱۷] سلیمانی، ب.، و مهدی پور، و.، ۱۳۸۵، بررسی عملکرد دیاژن در تغییرات بافتی آلوکم‌ها در مخزن آسماری میدان نفتی کرنج، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.