

عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی قلعه نار



محمد صادق عظیمی، کارشناسی ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی از دانشگاه تهران، azimi.sadeq2010@gmail.com،
حسین رحیم پور بناب، دکتری ژئوشیمی از دانشگاه آدلاید استرالیا ۱۹۹۷، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، hrahimpour@gmail.com،
بهروز اسرافیلی دیزجی، دانشجوی دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی از دانشگاه تهران، ESRAFILY@khayam.com



چکیده :

سازند آسماری مهمترین سنگ مخزن نفتی مخازن زاگرس، بویژه در فرو افتادگی دزفول می باشد. این سازند در میدان قلعه نار عمدتاً از رخساره های سنگ آهکی دانه غالب بیوکلستی-پلوئیدی (فرامینیفری- جلبیکی) تشکیل شده است. تحلیل های رخساره ای نشان می دهد که پلتفرم آسماری در این میدان از ۱۳ میکروفاسیس رسوبی تشکیل شده است. این رخساره ها مربوط به بخشهای لاگونی، شول و بنک نومولیتی و بخشهای دریای باز یک رمپ کربناته می باشد. بررسی های پتروگرافی و پتروفیزیکی نشان دهنده عوامل کنترل کننده رسوبی و هم دیاژنزی بر کیفیت مخزنی این سازند در میدان قلعه نار است. اگرچه گسترش رخساره های دانه غالب و بنک نومولیتی با زونهای متخلخل همراهی دارد، ولیدولومیتی شدن (دولومیت درشت بلور ساکاروزی) اصلی ترین عامل ایجاد زونهای مخزنی بوده است. همچنین چین قلعه نار در ارتباط با چندین گسل طولی و عرضی می باشد، لذا به نظر می رسد شکستگی ها عامل فزاینده مهم دیگری در کیفیت مخزنی این میدان باشد. مطالعات نشان می دهد که پراکندگی فضایی رخساره های گل غالب، تراکم فیزیکی، سیمانی شدن و دولومیتی شدن بیش از حد موجب کاهش کیفیت مخزنی شده است.

کلید واژه ها: سازند آسماری، میکروفاسیس، دیاژنز، دولومیتی شدن، کیفیت مخزنی، میدان قلعه نار

Abstract:

The Asmari formation is the most important reservoir rock in Zagros reservoirs, especially in Dezful embayment area. This formation in the Ghal'eNaar oil field is composed of bioclast-pelloidal (Foraminiferal-algal) grain-dominated limestone facies. Facies analyses show that Asmari platform is consist of 13 microfacies in this field. These facies are related to lagoon, shoal, nummolitic bank and open marine sub-environments of a carbonate ramp system. Petrographic and petrophysical investigations indicate the effects of both sedimentary and diagenetic factor on reservoir quality in Ghal'eNaar oil field. Expanses of nummolitic bank and grain-dominated facies are associated with porous zones, although dolomitization (sucrosic macro-crystalline dolomite) is the main factor to make reservoir intervals. As well as, Ghal'eNaar fold is related to several longitudinal and transverse faults, so looks fractures are another major factor to increase reservoir quality. Studies show that spatial expansion of mud-dominated facies, physical compaction, cementation and over-dolomitization decrease reservoir quality.

Keywords: Asmari Formation, microfacies, diagenesis, dolomitization, reservoir quality



مقدمه :

سازند آسماریه سن الیگو-میوسن تشکیل دهنده سنگ مخزن حدود ۶۰ میدان نفتی و گازی در زاگرس مرکزی می باشد. در این مطالعه به بررسی ویژگی های مخزنی و عوامل کنترل کننده آن در سازند آسماری در میدان قلعه نار پرداختیم. میدان قلعه نار در چهل کیلومتری شمال اندیمشک واقع شده و دارای ابعاد ۱۸ x ۲ کیلومتری است (شکل ۱). این میدان در سال ۱۳۵۴ کشف شده و در سازند آسماری و گروه بنگستان دارای نفت با درجه API ۳۰ می باشد. سازند آسماری در میدان قلعه نار از نظر لیتولوژیکی شامل لایه های سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی و سنگ آهک رسی می باشد. ساختمان قلعه نار در افق آسماری یک چین دو پلانژه (Double Plunge) است که البته دماغه ی شرقی آن با میدان بالارود تداخل پیدا کرده است. زاویه بین یالی این چین به طور متوسط حدود ۱۳۸° بوده که در نتیجه این چین از نوع ملایم می باشد. گسل اصلی بالارود یالی شمالی چین را تحت تأثیر قرار داده است. این گسل به موازات یال شمالی و در واقع بخشی از مرز شمالی فروافتادگی دزفول است. همچنین یک گسل تراستی دیگر دریال جنوبی و به موازات آن قرار گرفته است. همچنین بطور کلی هفت گسل عرضی نیز ساختمان قلعه نار را متأثر کرده است.



شکل ۱) موقعیت میدان قلعه نار در زاگرس مرکزی (فروافتادگی دزفول).



بحث :

رخساره ها و محیط رسوبی

مطالعه مقاطع نازک بر روی ۱۱۲۶ مقطع نازک (مقطع نازک مغزه و خرده های حفاری) مربوط به دو چاه از میدان قلعه نار منجر به شناسایی ۱۳ میکروفاسیس رسوبی در سازند آسماری شده است (شکل ۲). این رخساره ها در اینجا به اختصار توصیف و تفسیر می گردد:

الف) میکروفاسیس های لاگونی و پهنه های جزرومدی (Lagoon-Peritidal environments): در این رخساره ها حضور فرامینیفرهای کفزی از قبیل میلیویدا، پنیولیس، آستروتریلینا و آرکاباس، در کنار آلوکم هایی از قبیل پلوئید، جلبک های قرمز و سبز در یک زمینه ی نسبتاً روشن، حاکی از نهشت رسوبات در محیطی محدود و نسبتاً کم انرژی تا انرژی متوسط است. از این رو محیط تشکیل رخساره مذکور، لاگون محدود شده می باشد. وجود بلورهای ژیس و انیدریت حاکی از شرایط محیطی مناسب و پهنه های جزرومدی در محیط می باشد. میکروفاسیس های این محیط شامل این موارد می باشد: A-1) بایو کلاستیک پکستون تا وکستون (Biodlastic Packstone-Wackstone)، A-2) میلیولید-پلوئیدال پکستون (Miliolid-Pelloidal Packstone)، A-3) مادستون (Mudstone).

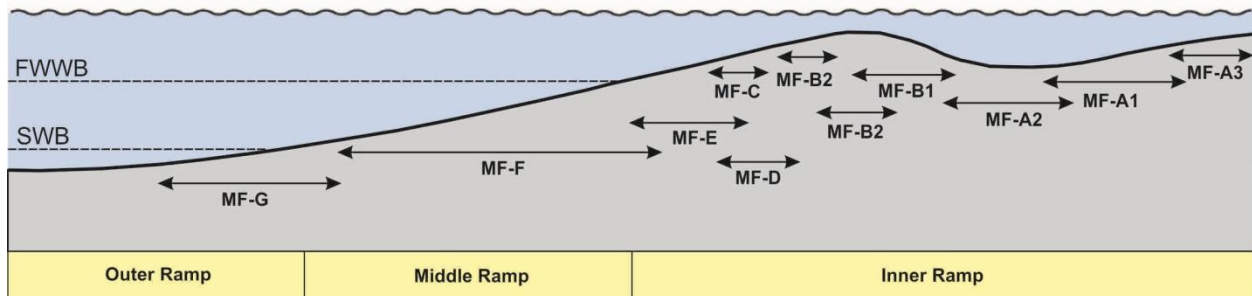
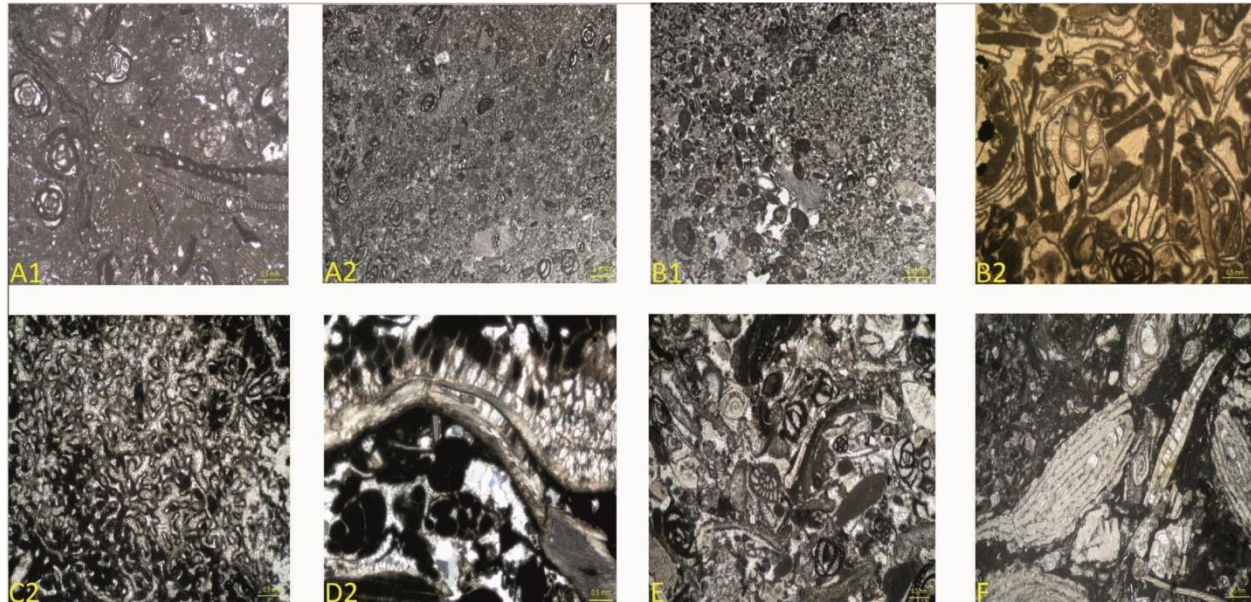
ب) میکروفاسیس های شول (Shoal): میلیولید، پلوئید، اوئید، فرامینیفرهای کفزی و خرده های دوکفه ای اجزای اصلی تشکیل دهنده ی این میکروفاسیس ها هستند. با توجه به بافت گرینستون تا پکستونی، حورشدهگی و گردشدهگی و سیمانی شدن خوبی در ذرات مشاهده می شود که در آب های کم عمق و با انرژی متوسط تا زیاد تشکیل شده اند که معرف محیط شول هستند. میکروفاسیس های شامل: B-1) میلیولید-پلوئیدال گرینستون تا پکستون (Miliolid-Pelloidal Grainstone-Packstone)، B-2) بایوکلاستیک گرینستون تا پکستون (Bioclastic Grainstone-Packstone)، B-3) اوئیدال گرینستون تا پکستون (Ooidal Grainstone-Packstone).

ج) میکروفاسیس های انتهای رمپ درونی (Distal Inner ramp): این میکروفاسیس ها شامل باندستون، رودستون و فلوتستونهای جلبکی مربوط به ریفهای کوچک رو به دریای باز و پکستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک و جلبک قرمز می باشد. میکروفاسیس باندستون (Boundstone).

این میکروفاسیس شامل دو زیر رخساره ی بایندستون (C1) (Bindstone) و فریم استون (C2) (Framestone) بوده که اجزای اصلی آنها به ترتیب شامل جلبک قرمز و استروماتولیت، مرجانهای چارچوب ساز می باشد. این میکروفاسیس ها معرف محیط های دریای باز (Open Marine) و انتهای رمپ داخلی هستند. رخساره C2 بیانگر ریف های منفرد (Patch Reef) هستند که در محیط های دریای باز عموماً جلوی شول ها که انرژی و نور کافی در اختیار دارند، گسترش یافته اند.

- میکروفاسیس های فلوتستون تا رودستون (Floatstone-Rudstone): این میکروفاسیس ها در واقع لیتولوژی سنگ آهکی با بافت فلوتستون (D1) تا رودستونی (D2) دارند که از قطعات بزرگ مرجان و اسفنج تشکیل شده است. این رخساره ها معرف محیط های دریای باز و انتهای رمپ درونی می باشند.

- میکروفاسیس پکستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک و جلبک قرمز (Benthic Foraminifera & Algal Packstone) حضور همزمان فونای نرمال دریایی (جلبک قرمز و فرامینیفرهای کفزی هیالین) و فونای مربوط به بخش های داخلی پلاتفرم کریناته (platform interior) شامل فرامینیفرهای با دیواره ی بدون منفذ و ماتریکس میکریتی، نشانگر رسوب گذاری این رخساره در محیط دریایی با انرژی کم تا متوسط، در ابتدای بخش میانی پلاتفرم کریناته می باشد. هم چنین دلیلی است بر عدم وجود یک سد که به عنوان جدا کننده ی دریای باز از محیط لاگون عمل کند. حضور قابل توجه فرامینیفرهای بنتیک در کنار اینتراکست و جلبک های آهکی قرمز، حاکی از نهشت رسوبات در محیط لاگون باز (شلف داخلی) با انرژی متوسط تا زیاد می باشد.



شکل ۲) رخساره ها و مدل رسوبی سازند آسماری در میدان قلعه نار

د) میکروفاسیس رمپ درونی تا میانی، پکستون همراه با فرامینیفرهای بنتیک بزرگ (Packstone With Large Benthic Foraminifera)

تجمع فرامینیفرهای های بنتیک بزرگ نومولیت با مورفولوژی دوکی شکل تا بیضوی همراه با فرام های بنتیک بزرگی از قبیل میوژیپسینوئید، آمفیستژینا، هتروستژینا، روتالیا و لپیدوسیکلینا در کنار آلوکم هایی از قبیل میلیولید، آرکایاس، کرینوئید، جلبک قرمز و پلوئید پراکنده حاکی از نهشت رسوبات مذکور در رمپ میانی، تحت شرایط شوری نرمال آب دریا، با گردش آزاد آب و انرژی هیدرودینامیکی متوسط می باشد که شرایط اولیگوتراپیک نشان می دهد.

ه) میکروفاسیس رمپ میانی تا خارجی، بایوکلاستیپکستون تا وکستون حاوی فرامینیفرهای پلاژیک (Biodlastic Packstone-Wackstone with Pelagic Foraminifera)

حضور فرام های پلاژیک در متن گلی تقریباً تیره رنگ همراه با خرده های فسیلی پراکنده از قبیل میوژیپسینوئید، کرینوئید و جلبک قرمز حاکی از نهشت رسوبات مذکور در انتهای رمپ میانی و رمپ خارجی است. بافت گلی سنگ و رنگ نسبی تیره همراه با فسیل های غالب پلاژیک حاکی از نهشت این رسوبات در محیط های عمیق دریائی دارد.

تفسیر محیط رسوبی

عدم وجود رخساره های ریفی ضخیم، تبدیل تدریجی رخساره ها به یکدیگر بدون تغییرات سریع و نیز عدم حضور قطعات و بایوکلاست های مناطق کم عمق در مناطق عمیق (رخساره های حمل مجدد و تالوسی در پای شیب) که در شلف های لبه دار معمول می باشد، بیانگر نهشت توالی های کربناته سازند آسماری در یک رمپ کربناته است. از سویی وجود رخساره ی گرینستون اووئیدی (رخساره B3) که بیشتر شاخص محیط رمپ است، از شواهد نهشت این سازند در یک محیط رمپ کربناته است. این گونه از رمپ ها معمولاً در حاشیه رو به باد حوضه، در مقابل امواج و جریان ها توسعه یافته و ماهیت کلی رسوبات دانه غالب دارد. شول های اولیتی و سایر اقسام شول (مجموعه میکروفاسیس های B) و ریف های منفرد (میکروفاسیس C2) گسترش دارند که این موارد، نشان از وجود رمپ بادگیر (Windward ramp) است.

دیاژنز سنگ مخزن

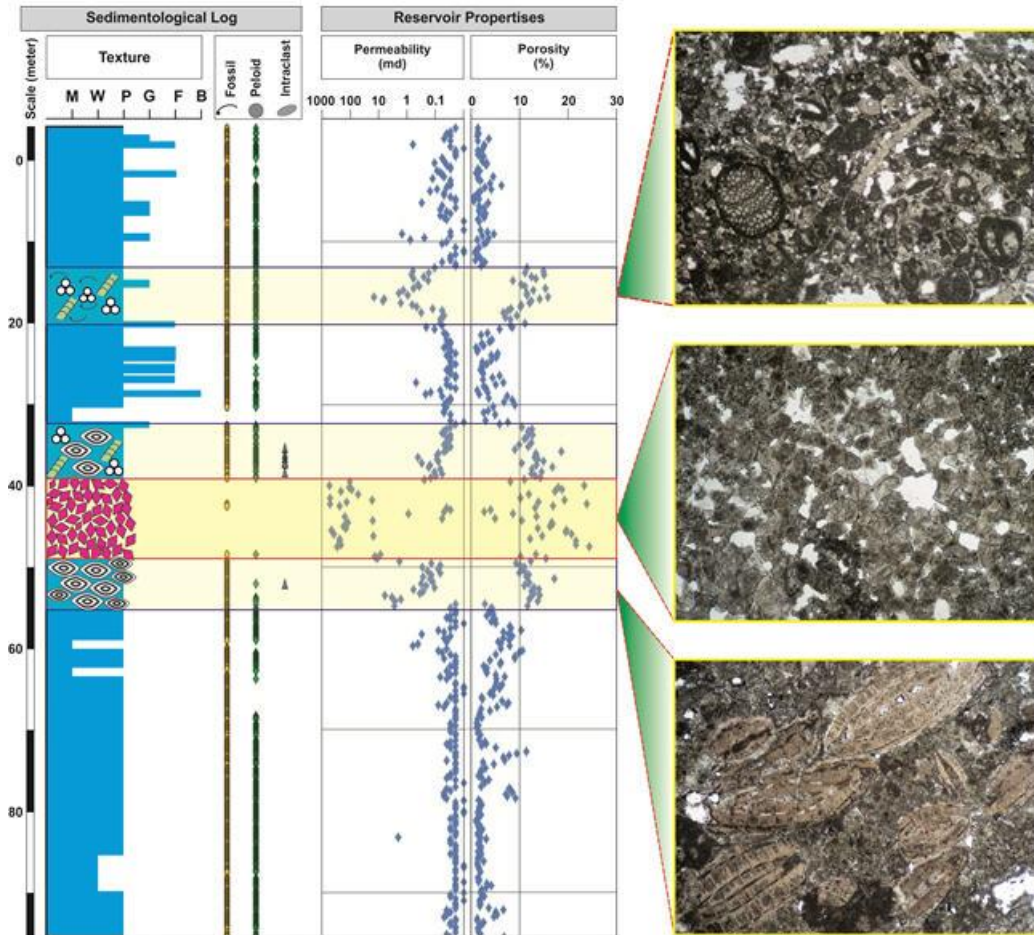
مطالعات نشان می دهد که فرآیندهای دیاژنتیکی اثر مهمی بر کیفیت مخزنسازند آسماری در این میدان داشته است. بررسی های پتروگرافی نشان داد که رخساره های سازند آسماری تحت تأثیر محیط های دیاژنزی دریایی، جوی و سپس دفنی قرار گرفته است. این فرآیندها در جدول ۱ خلاصه سازی و گروه بندی شده است. از جمله ی فرآیندهای مهم دیاژنزی می توان به تأثیر مشهود دولومیتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، تراکم (فیزیکی و شیمیایی) و شکستگی اشاره کرد. میکرایتی شدن، زیست آشفستگی و پایدار شدن ذرات آراگونیتی (نئومورفیزم) از دیگر فرآیندهای بعد رسوبگذاری است. در بسیاری موارد، دولومیتی شدن درشت بلور عمدتاً با رخساره ی F در مخزن همراهی دارد. دولومیت های شکل دار و نیمه شکل دار با اندازه درشت به نظر می رسد تحت تأثیر نئومورفیزم دولومیت تشکیل شده اند. بطور کلی دولومیتی شدن از فابریک اولیه تبعیت نکرده است. در بررسی های صورت گرفته چندین نسل سیمان همزمان با رسوبگذاری (انیدریتی حفره پرکن)، دریایی (ایزوپکوس، دوردانه ای پر کننده حفرات اولیه)، جوی (دروزی و بلوکی) و دفنی (پر کننده شکستگی ها و حفرات انحلالی) مشاهده شده است. به لحاظ کانی شناسی سیمانها انیدریتی، کلسیتی و دولومیتی می باشند. سیمانهای انیدریتی غالباً در رخساره های لاگونی و جزرومدی یافت می شوند در حالی که سیمانهای کلسیتی عمدتاً در رخساره های گرینستون شول گسترش دارند. به لحاظ حجمی بیش از ۹۰ درصد سیمان های موجود در سنگ مخزن از نوع آراگونیتی و کلسیتی است. انحلال نیز در مواردی باعث ایجاد حفرات قالبی (بویژه در رخساره های گرینستون اوئیدی) شده است. در مواردی این حفرات توسط سیمان پر شده اند. اگرچه تأثیر انحلال در ایجاد تخلخل به اهمیت دولومیتی شدن نمی باشد. تراکم فیزیکی موجب تماس محدب مقعر ذرات و تغییر شکل آنها شده است. در بیشتر موارد در سطح تماس ذرات سطوح میکرواستلولیتی تشکیل شده است. تراکم شیمیایی موجب توسعه رگچه های انحلالی و استیلولیتی شده است. تراکم و سیمانی شدن از اصلی ترین عوامل کاهش تخلخل در سنگ مخزن شده است. شکستگی های ریز از دیگر فرآیندهای دیاژنزی می باشد که در مواردی با سیمان کلسیتی پر شده است.

جدول ۱) توالی فرآیندهای دیاژنزی موجود در سنگ مخزن آسماری میدان قلعه نار

| محیط دیاژنتیکی | | | فرایندهای دیاژنتیکی |
|----------------|---------|---------------------|---------------------------|
| دفنی | متنوریک | همزمان با رسوبگذاری | |
| | | X | میکرایتی شدن |
| | | X | سیمان حاشیه ای هم ضخامت |
| | | X | سیمانانیدریتی |
| | | X | دولومیتی شدن |
| | X | | انحلال |
| X | X | | پایدار شدن ذرات آراگونیتی |
| X | X | | سیمان کلسیتی هم بعد |
| X | | | نئومورفیزم دولومیت |
| X | | | دولومیتی شدن بیش از حد |
| X | | | تراکم فیزیکی |
| X | | | تراکم شیمیایی |
| X | | | شکستگی |
| X | | | سیمان کلسیتی دفنی |

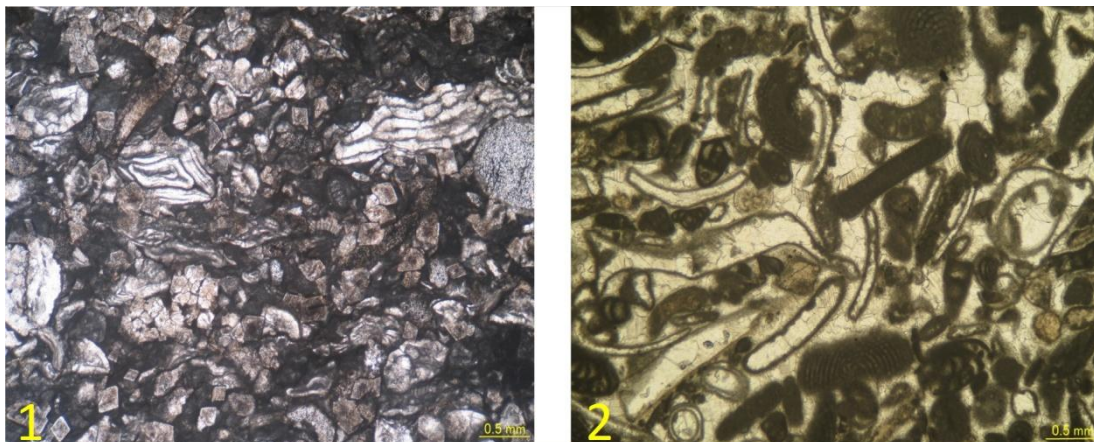
فاکتورهای کنترل کننده کیفیت مخزنی

۱. رخساره های مخزنی (بنک نومولیتی و رخساره های دانه غالب) : رخساره های رسوبیاز عوامل موثر در کنترل کیفیت مخزنی است. بویژه در رخساره های دانه غالب و نومولیتی که کمتر تحت تأثیر تراکم و سیمانی شدن قرار گرفته ایت. حضور نومولیت های نسبتاً درشت و دوکی شکل و فرامها با تخلخل درون دانه ای و بین دانه ای بالا تأثیر زیادی در افزایش تخلخل در این رخساره ها داشته اند. تجمعات نومولیتی بصورت بنک دارای تخلخل میانگین ۱۰/۸۳ درصد و تراوایی میانگین ۰/۸۵ میلی داری می باشد. در مواردی که همین رخساره ها تحت تأثیر دولومیتی شدن بیش از حد، سیمانی شدن و فشردگی قرار گرفته و کیفیت مخزنی خود را از دست داده است (شکل ۳).



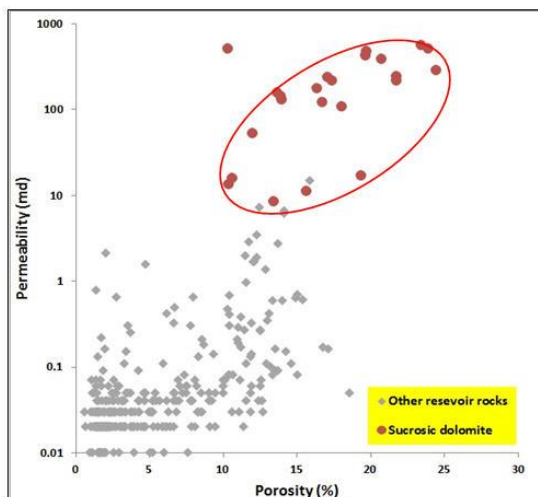
شکل ۳) لاگ رسوبی از مخزن آسماری میدان قلعه نار و تطابق آن با داد های تخلخل و تراوایی

۲. تراکم و سیمانی شدن: بررسی ها و تخمین های چشمی نشان می دهد تراکم و سیمانی شدن از مهمترین فرایندهای دیاژنزی کاهنده حفرات بین دانه ای است (شکل ۴). تراکم فیزیکی موجب آرایش متراکم ذرات رسوبی شده و تأثیر منفی در کیفیت مخزنی دارد. تراکم شیمیایی نیز با تشکیل رگچه های انحلالی و استیلولیتی شدن موجب تأمین کربنات کلسیم برای فرآیند سیمانی شدن تأخیری می گردد. این سیمانها با پر کردن شکستگی ها و فضاهای خالی بین ذره ای، درون ذره ای و انحلالی تخلخل و تراوایی را کاهش داده یا از بین می برد و در کل باعث کاهش کیفیت مخزنی می شود.



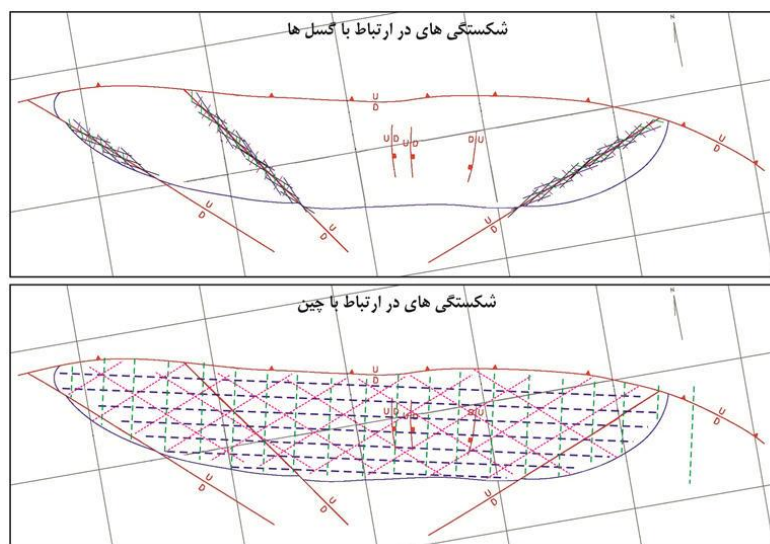
شکل ۴) تراکم (شماره ۱)، سیمانی شدن و میکریتی شدن (شماره ۲)

۳. دولومیتی شدن و دولومیتی شدن بیش از حد (Dolomite and over-dolomitization): مطالعات نشان می دهد که دولومیتی شدن اصلی ترین فرآیند دیاژنتیک موثر در افزایش کیفیت مخزنی است (شکل ۵). در شکل ۵ مشهود است که دولومیتی شدن به میزان قابل توجهی موجب افزایش تخلخل و تراوایی شده است. بطوری که رخساره های دولومیتی شده دارای مقادیر تخلخل و تراوایی بیش از ۱۰ درصد و ۱۰ میلی داری می باشد. همچنین فرآیند دولومیتی بیش از حد (بیش از ۹۰ درصد سنگ از فاز دولومیت اشغال شده است)، باعث کاهش یا از بین رفتن کیفیت مخزنی می شود. به نظر می رسد بلورهای دولومیت اولیه، در اعماق دچار نومورفیزم شده و کیفیت مخزنی را افزایش داده است.



شکل ۵) اثر دولومیتی شدن درشت بلور ساکاروزی بر کیفیت مخزنی.

۴. گسل ها و شکستگی ها : سازند آسماری به دلیل لیتولوژی آهکی، تحت تأثیر نیروهای تکتونیکی حالت شکننده دارد. بررسی های ژئوفیزیکی نشان می دهد که سازند آسماری، تحت تأثیر چندین گسل قرار گرفته است. چین خوردگی و گسلش اثر خود را به صورت وجود ریز شکستگی ها نشان می دهند. بر حسب امتداد چین و گسل ها چندین دسته شکستگی در ارتباط با چین و گسلش قابل توسعه می باشند. بر اساس مطالعات آزمایشگاهی و تجربی آزیموت این شکستگی ها در شکل نمایش داده شده است (شکل شکستگی ها).



شکل ۶) شکستگی های موجود در ناقدیس قلعه نار در افق آسماری بر اساس محاسبات تجربی



نتیجه گیری :

نتایج مطالعات نشان داد که کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان قلعه نار توسط محیط رسوبی دیرینه و دیاژنز کنترل شده است. وجود و گسترش رخساره های دانه غالب وینک نومولیتی (رخساره F) اثر مهمی بر کیفیت مخزنی داشته است. چنین رخساره های مخزنی از دیگر مخازن ناحیه تتیس در توالی های معادل گزارش شده است. دولومیتی شدن و شکستگی از مهمترین عوامل توسعه کیفیت مخزنی بوده است در حالی که تراکم و سیمانی شدن از عوامل مهم کاهش تخلخل و تراوایی است. فرآیند انحلال که یکی از شایع ترین فرآیندهای ایجاد تخلخل در مخازن کربناته است بصورت فراگیری در این میدان تأثیرگذار نبوده است.



References:

1. Adams, C. G., and Bourgeois, E., (1967): Asmari biostratigraphy. Geological and Exploration Div., Iranian Oil Offshore Company Report 1074, Unpubl.
2. Burchette, T. P., and Wright, V. P. (1992): Carbonate ramp depositional systems. Sed. Geol., v. 79, p. 3-57.
3. Flügel, E., (2004): Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application, Springer Berlin, Heidelberg, New York, 976 pp.
4. Geel, T. (2000): Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits, empirical models based on microfacies analysis of palaeogene deposits in southeastern Spain. PalaeogeogrPalaeoclimatolPalaeoecol, v. 155, p. 211–238.
5. Lucia, G. F., (1990): Carbonate Reservoir Characterization", ISBN, 964-03-4865
6. Moore, C.H., 1989. Carbonate Diagenesis and Porosity. Elsevier, Amsterdam. 338pp.
7. Pedley, M., (1998): A review of sediment distributions and processes in Oligo-Miocene ramps of Southern Italy and Malta (Mediterranean divide), Geol. Soc. London, No. 149: 163-180.
8. Price, N.J., 1966, Fault and Joint Development in Brittle and Semi-Brittle Rock (Pergamon Press, London).
9. Read, J.F., (1982): Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins-types, characteristics and evolution. Tectonophysics, 81:195–212.
10. Tchalenko, J. S. 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. Bull. geol. Sot. Am. 81, 1625-1640.
11. Tucker, M.E, and Wright, V.P., (1990): Carbonate sedimentology. Blackwell Scientific Publications; 482 pp.