



Research Article

Effect of diagenetic processes on the distribution of reservoir and non-reservoir units in the Asmari Formation, Ahvaz Oilfield (Wells No, X, Y, Z)

Nastaran Azadbakht^{*1} , Mahboubeh Hosseini Barzi¹, Abdolreza Bavi Oweydi²

1-Department of Geology, Faculty of earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2-Department of Geology, Geology Department of National Iranian South Oil Company, Ahvaz, Iran

Received: 09 Jul 2022 Accepted: 02 Feb 2023

Extended Abstract

Introduction: The Asmari Formation in southwest Iran is the youngest and most important hydrocarbon reservoir in Iran. Asmari Formation in Ahvaz oil field in the studied wells consists of limestone, dolomite, dolomitic limestone, sandy dolomite and sandstone, siltstone and shale. In some cases, similar facies are subjected to similar diagenesis processes, but most of the time due to the high impact of diagenetic processes the porosity-permeability distribution is completely reversed. Therefore, it is necessary to carry out detailed diagenesis studies and investigate the effects of diagenesis on reservoir changes and evolutions in all systematic and fundamental studies of carbonate reservoirs and hybrid reservoirs (Lucia, 2007; Ahr, 2008).

Materials and methods: This study was conducted on wells No. X, Y and Z of Ahvaz oil field. In this study, 1100 thin sections of the drilling cores of the mentioned wells were studied. The types of facies and their governing diagenesis processes have been identified using microscopic thin-section studies of drill cores. Types of microfacies were named based on Dunham's method (Dunham, 1962). In order to distinguish limestone from dolomite, all thin sections were stained with alizarin red solution according to Dickson's method (1965). From digital well and porosity data (resulting from helium gas core testing) and core permeability (resulting from mercury saturation core testing) in order to distribute different units (reservoir and non-reservoir) in the studied wells and drawing the two-dimensional model of their distribution using Geolog, Excel software was used. This field was studied using flow hydraulic units in any rock type.

Results and discussion: Most of the diagenesis processes of the Asmari Formation in the studied field have occurred under conditions where the diagenesis environment was affected by the sedimentary environment. Dissolution and dolomitization, have played the greatest role in increasing the reservoir quality. These two processes, the development of which depended on the sedimentary environment, are the most important diagenetic processes controlling the reservoir quality. Dolomitization in the Asmari reservoir is very early and late diagenetic processes that and has had a dual effect (constructive and destructive) on the reservoir quality of the Asmari Formation, raising the reservoir quality in the limestone and in the Sandstones are in the form of cement Anhydrite cement is the most important diagenetic process with a negative impact on reservoir quality. The expansion of coarse-grained clastic facies are the best reservoir-prone facies, and the diagenesis processes of these facies have been mainly affected by their sedimentary environment. In the studied field, the higher the lateral expansion and thickness of the sandstone facies, the better its reservoir quality. The contribution of environmental conditions in controlling the reservoir quality of carbonate facies is less than that of clastic and mixed facies.

Conclusion: In the survey, eight hydraulic flow units were identified, the best of which are the 7th and 8th hydraulic flow units. These hydraulic flow units correspond to the rock type of loose sand. The worst hydraulic flow units 1 and 2, which corresponds to the dolomudstone rock type.

Keywords: Dolomitization, Meteoric Diagenesis, Asmari Formation, Anhydrite Cement, Reservoir Quality.

Citation: Nastaran Azadbakht, Mahboubeh Hosseini Barzi and Abdolreza Bavi Oweydi (2023). Effect of diagenetic processes on the distribution of reservoir and non-reservoir units, *Res. Earth. Sci.* 14(3), (68-93) DOI: 10.48308/ESRJ.2021.101034

* Corresponding author E-mail address: Natranazadbakht@gmail.com



تاثیر فرآیندهای دیاژنزی در توزیع واحدهای مخزنی و غیر مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی اهواز

(چاه‌های شماره X, Y, Z)

نسترن آزاد بخت^{۱*}، محبوبه حسینی برزی^۱، عبدالرضا باوی عویدی^۲
 ۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
 ۲- گروه زمین‌شناسی، اداره زمین‌شناسی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز، ایران
 (پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳

چکیده گسترده

مقدمه: سازند آسماری در جنوب غربی ایران جوان‌ترین و مهم‌ترین مخزن هیدروکربنی ایران است. سازند آسماری در میدان نفتی اهواز در چاه‌های مورد مطالعه شامل سنگ آهک، دولومیت، سنگ آهک دولومیتی، دولومیت شنی و ماسه سنگ، سیلت سنگ و شیل است. در برخی موارد، رخساره‌های مشابه تحت فرآیندهای دیاژنزی مشابهی قرار می‌گیرند اما در اکثر مواقع به دلیل تاثیر زیاد فرآیندهای دیاژنزی، توزیع تخلخل-نفوذ کاملاً معکوس می‌شود. بنابراین، انجام مطالعات دیاژنزی دقیق و بررسی اثرات دیاژنزی بر تغییرات و تحولات مخزن در کلیه مطالعات سیستماتیک و بنیادی مخازن کربناته و مخازن هیبریدی ضروری است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بر روی چاه‌های شماره X, Y و Z میدان نفتی اهواز انجام شد. در این تحقیق ۱۱۰۰ برش نازک از هسته‌های حفاری چاه‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفت. انواع رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی حاکم بر آنها با استفاده از مطالعات مقطع نازک میکروسکوپی هسته‌های مته شناسایی شده است. انواع ریز رخساره‌ها بر اساس روش دانهام نامگذاری شدند. به منظور تشخیص سنگ آهک از دولومیت، تمام مقاطع نازک با محلول قرمز آلزاین طبق روش دیکسون (۱۹۶۵) رنگ آمیزی شدند. از داده‌های دیجیتال چاه و تخلخل (ناشی از آزمایش هسته گاز هلیوم) و نفوذپذیری هسته (ناشی از آزمایش هسته اشباع جیوه) به منظور توزیع واحدهای مختلف (مخزن و غیر مخزن) در چاه‌های مورد مطالعه و ترسیم مدل دو بعدی توزیع آنها با استفاده از نرم‌افزار Geolog و Excel استفاده شد. میدان با استفاده از واحدهای هیدرولیک جریان در هر نوع سنگ مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج و بحث: اکثر فرآیندهای دیاژنزی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه در شرایطی رخ داده است که محیط دیاژنزی تحت تأثیر محیط رسوبی قرار گرفته است. انحلال و دولومیتی شدن بیشترین نقش را در افزایش کیفیت مخزن داشته است. این دو فرآیند مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنتیکی کنترل کننده کیفیت مخزن هستند. دولومیتیزاسیون در مخزن آسماری از فرآیندهای دیاژنتیکی بسیار زودرس و دیررس است که تأثیر دوگانه (سازنده و مخرب) بر کیفیت مخزن سازند آسماری داشته است، بالا بردن کیفیت مخزن در سنگ آهک و در ماسه سنگ‌ها به صورت سیمان است. سیمان انیدریت مهم‌ترین فرآیند دیاژنتیکی است که تأثیر منفی بر کیفیت مخزن دارد. گسترش رخساره‌های آواری درشت دانه بهترین رخساره‌های مستعد مخزن هستند و فرآیندهای دیاژنزی این رخساره‌ها عمدتاً متأثر از محیط رسوبی آنها بوده است. در میدان مورد مطالعه، هرچه انبساط جانبی و ضخامت رخساره ماسه سنگی بیشتر باشد، کیفیت مخزن آن بهتر است. سهم شرایط محیطی در کنترل کیفیت مخزن رخساره‌های کربناته کمتر از رخساره‌های آواری و مختلط است.

نتیجه‌گیری: در بررسی‌ها، هشت واحد جریان هیدرولیک شناسایی شد که بهترین آن‌ها واحدهای جریان هیدرولیک هفتم و هشتم هستند. این واحدهای جریان هیدرولیک مربوط به نوع سنگ ماسه سست است. بدترین واحدهای جریان هیدرولیک ۱ و ۲ که مربوط به دولومودستون است.

واژگان کلیدی: دولومیتی شدن، دیاژنزی جوی، سازند آسماری، سیمان انیدریتی، کیفیت مخزنی.

استناد: نسترن آزاد بخت، محبوبه حسینی برزی، عبدالرضا باوی عویدی (۱۴۰۲). تاثیر فرآیندهای دیاژنزی در توزیع واحدهای مخزنی و غیر مخزنی سازند آسماری، پژوهشهای دانش زمین: ۱۴(۳)، (۶۸-۹۳). DOI: 10.48308/ESRJ.2021.101034

E-mail: Natraranazadbakht@gmail.com

* نویسنده مسئول:



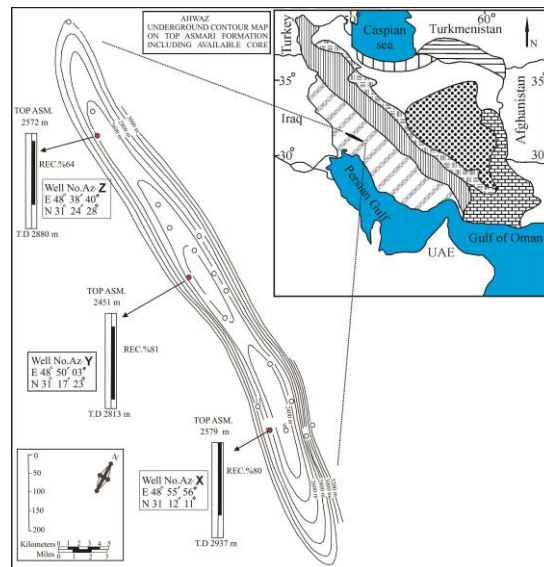
مقدمه

سازند مخزنی آسماری در جنوب غربی ایران به عنوان جوانترین و مهم‌ترین مخزن هیدروکربوری ایران می‌باشد که از نظر سنی، این سازند محدوده‌ای از انتهای الیگوسن (روپلین) تا ابتدای میوسن (بوردیگالین) را در بر می‌گیرد (Adams and Bourgeois 1967; Laursen et al, 2009). این سازند به دلیل اهمیت مخزنی بالای خود مورد مطالعات گسترده‌ای قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات جیمز و وایند (James and Wynd, 1965)، آدامز و بورژوا (Adams and Bourgeois, 1967)، صیرفیان (Seyrafian, 2000)، صیرفیان و موجی خلیفه (Seyrafian and Mojikhalifeh, 2005)، جعفرزاده (۱۳۸۵)، وزیری مقدم و همکاران (Vaziri-Moghaddam et al, 2006)، امیرشاه کرمی و همکاران (Amirshahkarami et al, 2007)، اهرنبرگ و همکاران (Ehrenberg et al, 2007)، آدابی و همکاران (Mossadegh et al, 2009)، مصدق و همکاران (Dill et al, 2010) صادق و همکاران (Sadeghi et al, 2011) اشاره نمود. با این وجود، تاکنون مطالعات محدودی بر روی ویژگی‌های مخزنی این سازند و نیز عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی آن در میدان هیدروکربوری صورت گرفته است (Aqrabi et al, 2006; Honarmand and Amini, 2012). سازند آسماری در میدان نفتی اهواز در برش‌های مطالعه شده از لیتولوژی آهک، دولومیت، آهک دولومیتی، دولومیت آهکی، دولومیت آهکی ماسه‌ای، ماسه‌سنگ آهکی و ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل تشکیل شده است. سازند آسماری در میدان نفتی اهواز از لحاظ خصوصیات سنگ چینه‌ای به ده زون تقسیم شده است (Mc Coard, 1974). فرآیندهای ثانویه (دیاژنزی) در کنار فرایندهای اولیه (رسوبی یا رخساره‌ای) به عنوان یکی از اصلی‌ترین فرایندهای کنترل کننده کیفیت مخزنی در مخازن کربناته دنیا به شمار می‌روند (Schlager, 2005; Ahr, 2008).

فرآیندهای دیاژنزی با اعمال تغییرات قابل ملاحظه بر رسوبات و سنگ‌های میزبان خود موجب تغییر در سیستم اولیه حفرات شده و توزیع اولیه کیفیت مخزنی را دچار تغییرات اساسی می‌سازند (Lucia, 2007). تغییرات زیاد در نحوه توزیع رخساره‌ها موجب ایجاد ناهمگنی در مخازن کربناته می‌گردند و در حالتی که دیاژنز چندان قابل ملاحظه نباشد، ناهمگنی‌های مخزنی تحت کنترل تغییرات بافتی (رخساره‌ای) است (Ahr, 2008). در برخی موارد، رخساره‌های مشابه تحت دیاژنز مشابه قرار می‌گیرند و کیفیت مخزنی مشابهی دارند و گونه‌های سنگی مشابهی را به وجود می‌آورند اما در اغلب اوقات به دلیل تاثیرپذیری بالای کربناته‌ها از فرایندها و تغییرات ثانویه (دیاژنزی)، توزیع تخلخل- تراوایی در این مخازن کاملاً معکوس می‌گردد (Gomes et al, 2008). از این رو، انجام مطالعات دیاژنزی دقیق و بررسی اثرات دیاژنز بر تغییر و تحولات مخزنی در تمام مطالعات سیستماتیک و اصولی مخازن کربناته و مخازن هیبریدی ضروری می‌باشد (Lucia, 2007; Ahr, 2008).

منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی اهواز تاقدیسی به طول ۶۷ و عرض ۴ تا ۶ کیلومتر است که روند شمال غربی- جنوب شرقی آن به موازات رشته کوه‌های زاگرس است و در افق آسماری به صورت دو برآمدگی^۱ می‌باشد و بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ و ۴۹ درجه و عرض‌های ۳۱ و ۳۲ درجه قرار دارد (مطیعی، ۱۳۷۲) (شکل ۱). تاقدیس میدان اهواز تقریباً از غربی‌ترین چین‌های ناحیه ساده چین خورده زاگرس^۲ به حساب می‌آید. تاقدیس اهواز کم و بیش متقارن است که شیب یال‌های شمالی و جنوبی آن به ترتیب ۱۲-۱۰ و ۱۲-۶ درجه می‌باشد. سطح این تاقدیس در راس سازند آسماری در حدود ۲۵۰۰ متری زیر سطح دریاست. شیب ساختمانی آن کم و معمولاً بین ۵ تا ۱۰ درجه و گاهی تا ۲۰ درجه می‌رسد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی میدان نفتی اهواز و چاه‌های مورد مطالعه.

با تغییرات و ترسیم مجدد از جعفرزاده و حسینی برزی (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008).

فرایندهای دیاژنزی اثرگذار بر تغییر و تحولات مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی اهواز پرداخته می‌شود و سپس نحوه توزیع واحدهای مختلف مخزنی و غیر مخزنی در چاه‌های شماره X, Y, Z از این میدان با استفاده از واحدهای هیدرولیکی جریان‌ی در هرگونه سنگی پرداخته شد. در نهایت کنترل فرایندهای دیاژنزی بر نحوه توزیع این واحدها در بخش‌های مختلف این سازند مورد بحث قرار می‌گیرد.

زمین‌شناسی و چینه‌شناسی

سازند آسماری در محدوده زمانی الیگوسن پسین تا میوسن پیشین (Wynd, 1965; Adams and Bourgeois, 1967; Adams, 1969) در محیط دریایی کم عمق در حاشیه جنوبی دریای نئوتتیس گسترش یافته است (Sharland et al, 2001; Statoil, 2002; Karimi Mosaddegh, 2009; Amini et al, 2010). سازند آسماری در برش نمونه واقع در تنگ گل ترش کوه آسماری نمونه ۳۱۴ متر ضخامت دارد و از نظر لیتولوژی شامل آهک کرم تا قهوه‌ای رنگ می‌باشد که به‌طور هم شیب بر روی سازند پابده و در زیر سازند گچساران قرار گرفته است (مطیعی، ۱۳۷۲). این رمپ کربناته در بخش‌هایی از حوضه به دلیل متاثر شدن از خشکی مستعد گسترش رخساره‌های آواری بخش ماسه سنگی اهواز^۳ گردیده که بیشترین گستردگی را در میداين اهواز، آب تیمور، منصوری، مارون و چشمه خوش دارا هستند. این رمپ کربناته در بخش‌هایی از حوضه نیز به

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی مقاطع تحت الارضی سازند آسماری در چاه‌های شماره X (۳۵۷ متر ضخامت)، Y (۳۶۲ متر ضخامت) و Z (۳۰۸ متر ضخامت) میدان نفتی اهواز می‌باشد. در این بررسی ۱۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی از مغزه‌های حفاری چاه‌های نامبرده مطالعه شد. شناسایی انواع رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی حاکم بر آن‌ها با استفاده از مطالعات مقطع نازک میکروسکوپی از مغزه‌های حفاری انجام شده است. انواع رخساره‌های میکروسکوپی بر اساس روش دانهام (Dunham, 1962) همراه با تغییراتی نام‌گذاری شدند. در تعیین محیط رسوبی رخساره‌های میکروسکوپی نیز از طبقه‌بندی ویلسون (Wilson, 1975) و باکستون و پدلی (Buxton and Pedley, 1989) استفاده شد. به منظور تفکیک رخساره‌های آهکی از دولومیتی کلیه مقاطع نازک با محلول آلزارین قرمز به روش دیکسون (Dickson, 1965) رنگ آمیزی شدند. از چاه‌های مذکور ۱۴۵ داده تخلخل و تراوایی در دسترس بوده است که توسط روش استاندارد صنعت نفت تهیه شده‌اند. از داده‌های رقومی چاه و تخلخل (حاصل از آزمایش مغزه به روش گاز هلیوم) و تراوایی مغزه‌ها (حاصل از آزمایش مغزه به روش اشباع جیوه) به منظور توزیع واحدهای مختلف (مخزنی و غیر مخزنی) در چاه‌های مورد مطالعه و ترسیم مدل دوبعدی توزیع آنها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel, Geolog استفاده شد. در این بحث در ابتدا به معرفی مهم‌ترین

ساختی، پنج مجموعه رخساره‌ای کربناته- تبخیری تشخیص داده شد شرح این رخساره‌ها در جدول ۱ و موقعیت رخساره‌ای آنها در شکل ۳ و اشکال رخساره‌ای در شکل ۲ آورده شده است.

مجموعه‌های رخساره‌ای سیلیسی آواری

براساس اندازه دانه، ۲ مجموعه رخساره سنگی سیلیسی آواری ارائه گردید:

مجموعه رخساره‌های سنگی^۴ ماسه‌سنگی: در توصیف پتروفاسیس‌ها بر فراوانی و نوع ذرات اصلی و فرعی، وجود یا نبود ماتریکس و در مواردی نوع ماتریکس تاکید شده است. در نام‌گذاری پتروفاسیس‌ها از طبقه‌بندی پتی‌جان و همکاران (Pettijohn et al, 1987) استفاده گردیده است. در طی این بررسی تعداد ۴ پتروفاسیس که تغییر تدریجی بین آن‌ها نیز در برخی نمونه‌ها دیده می‌شود تعیین گردید (شکل ۲). این نمونه‌ها برحسب داده‌های نقطه شماری و براساس تقسیم‌بندی فولک (Folk, 1980) دارای سنگ- شناسی کوارتزآرنایت، ساب آرکوز و ساب‌لیت‌آرنایت می‌باشند. این ماسه‌سنگ‌ها در بسیاری از موارد توسط قطعات زیستی به صورت دورگه^۵ در آمده‌اند. (جدول ۲).
مجموعه رخساره‌های سنگی گل‌سنگی^۶: شامل رخساره‌های شیلی و سیلتستونی در مغزه‌ها و مقاطع مورد مطالعه می‌باشند (جدول ۲).

دلیل شرایط خاص محیطی مستعد گسترش رخساره‌های تبخیری بخش تبخیری کلهر گردیده است (Kavosi and Sherkat, 2012; Alavi, 2007; Amini et al, 2010). لذا این سازند در بخش‌هایی از حوضه نیز ماهیت مختلط کربناته-تبخیری پیدا کرده است. به نظر می‌رسد که تغییر شکل‌های ساختاری حاصل از فرورانش ورقه عربستان به زیر ورقه ایران عامل اصلی این تنوع شرایط محیطی و رخساره‌ای در منطقه است (Alavi, 2007). این فرورانش با روند شمال شرقی از سنوزوئیک پیشین و در اثر گسترش دریای سرخ آغاز گردیده و تا انتهای میوسن ادامه داشته است (Sharland et al, 2001). سازند آسماری در طی یک فاز فشارشی در منطقه زاگرس گسترش یافته است که در طول آن، صرف‌نظر از تغییرات متوسط و کوچک مقیاس، یک پایین افتادگی نسبی در سطح آب دریا به وقوع پیوسته است (Alavi, 2007).

بحث و نتایج

آنالیز رخساره‌ای و بررسی محیط رسوبی

در این مطالعه، سازند آسماری، تحت دو مجموعه کلی رخساره‌ای کربناته تبخیری و سیلیسی آواری، (شکل ۳) به شرح زیر ارائه می‌گردد.

مجموعه رخساره‌ای کربناته - تبخیری

براساس اجزای تشکیل دهنده و دیگر ویژگی‌های بافتی و

جدول ۱: میکروفاسیس‌های کربناته شناسایی شده همراه با برخی خصوصیات مهم آنها و فرآیندهای دیاژنزی اصلی در آنها

فرایند دیاژنزی اصلی	زیر محیط شناسایی شده	دانه‌ها (آلوکوم‌ها)		رخساره میکروسکوپی
		اجزای غیر اسکلتی	اجزای اسکلتی	
ندول و لکه‌های انیدریتی فراوان، استیلولیت، درزه و شکستگی فراوان، درزه‌ها با انیدریت پر شده‌اند، گسترش شکستگی در این رخساره زیاد است، سیمان انیدریت به صورت حفره پر کن و پویکیلوتوپیک	محیط سایخایی/رمپ داخلی	-	-	دولومیکرایت
فراوانی ساخت فنسترال، دولومیتی شدن، رگچه‌های انحلالی و میکرواستیلولیت، تخلخل توسعه ندارد	بالای پهنه جزر و مدی (Supratidal)/رمپ داخلی	-	-	مادستون آهکی دولومیتی شده
دولومیتی شدن، سیمان انیدریت حفره پر کن و پویکیلوتوپیک، فاقد تخلخل مفید	رمپ داخلی	پلوئید، اینتراکست	-	پکستون تا گرینستون پلوئیددار دولومیتی شده

فرامینیفرهای بنتیک میلیولیدا، خرده‌های اسکلتی، قطعات اکینودرم و خرده‌های جلبک، بروزوئر و کرم‌های حلقوی (Worm tube)	وکستون تا پکستون میلیولیدار	پلوئید	بخش لاگون (Lagoon) / رمپ داخلی	تخلخل قالبی و بین دانه‌ای، انیدریت ندولی
بیوکلاست‌ها، فرامینیفرهای میلیولید و قطعات دوکفه‌ای	دولوگرنیستون آئیدی	آئید	بخش سد یا بار (bar) / معرف مرز بین رمپ داخلی و رمپ میانی	سیمان دریایی متصل کننده دانه‌های اوئید، میکرایتی شدن، انحلال، تخلخل قالبی و بین دانه‌ای، سیمان انیدریت پوکیلوئوپیک گسترش زیاد دارد، دولومیتی شدن، تخلخل بین دانه‌ای ثانویه
خرده‌های اسکلتی، خرده- های جلبک به رنگ قهوه- ای و فرامینیفرهای روتالیا	گرینستون خرده اسکلتی- دار دولومیتی شده	-	بخش سد یا بار/ معرف مرز بین رمپ داخلی و رمپ میانی	شکسته شدن آلوکم‌ها، دولومیتی شدن، سیمان انیدریت پوکیلوئوپیک گسترش زیاد دارد، انحلال، تخلخل حفره‌ای
جلبک قرمز، صدف دوکفه‌ای، میلیولید، پنروپلیس (Peneroplis)	وکستون تا پکستون خرده اسکلتی‌دار	-	رمپ داخلی	دولومیتی شدن انتخاب کننده فابریک، انحلال، تخلخل حفره‌ای و قالبی، سیمان انیدریتی حفره پر کن
کلنی مرجان‌ها و جلبک قرمز	باندستون مرجانی- جلبکی	-	رمپ میانی	سیمان کلسیت اسپاری، میکرایتی شدن، ساخت ژئوپتال، سیمان کلسیتی و انیدریتی حفره پر کن
اکینوئید، جلبک قرمز، بروزوئر، فرامینیفرهای بنتیک و خرده اسکلتی	وکستون تا پکستون اکینوئید- جلبک‌دار	-	رمپ میانی	میکرایتی شدن، گسترش رگچه‌های انحلالی، دولومیتی شدن انتخاب کننده فابریک
فرامینیفرهای بنتیک و بزرگ لپیدوسیکلینا و گاهی اپرکولینا، بروزوئر و کرینوئید	پکستون تا وکستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک بزرگ	-	بخش انتهایی رمپ میانی	سیمان کلسیت اسپاری حفره پر کن، تراکم فیزیکی زیاد

جدول ۲: پتروفاسیس‌های شناسایی شده به همراه برخی خصوصیات آنها

پتروفاسیس- ها	فراوانی و نوع ذرات اصلی و فرعی	نوع و مقدار سیمان	وجود یا عدم وجود ماتریکس	نوع ماتریکس	جورشدگی	گردشدگی	سطح انرژی	محیط تشکیل
کوارتز آرنایت	عمدتاً از کوارتز دانه‌ریز، گاهی دانه‌های ناپایدار و نیمه پایدار لیتیک و فلدسپار، کانی- های تیره به مقدار کم	عمدتاً کربناته (آهکی یا دولومیتی)، سیمان سیلیسی به میزان کم	بسیار ناچیز	رسی	نسبتاً خوب	نیمه زاویه‌دار تا گرد شده	محیط پرانرژی تا متوسط با جریان مستمر	درون کانال (رودخانه‌ای جزر و مدی)
کوارتز وکی	اندازه دانه‌های کوارتز ریز تا بسیار ریز	-	زیاد	رسی و آهکی	جورشدگی ضعیف	نیمه زاویه‌دار تا نیمه گرد	محیط کم انرژی تا متوسط با جریان متوسط	درون کانال (جزر و مدی)

ذرات سیلت، کانی‌های تیره، بیتومین، خرده‌های فسیلی و گلوکونیت	نسبتاً عمیق و نیمه احیایی	انتهای رمپ میانی	متوسط	-	-	-	شیل
---	------------------------------------	---------------------	-------	---	---	---	-----

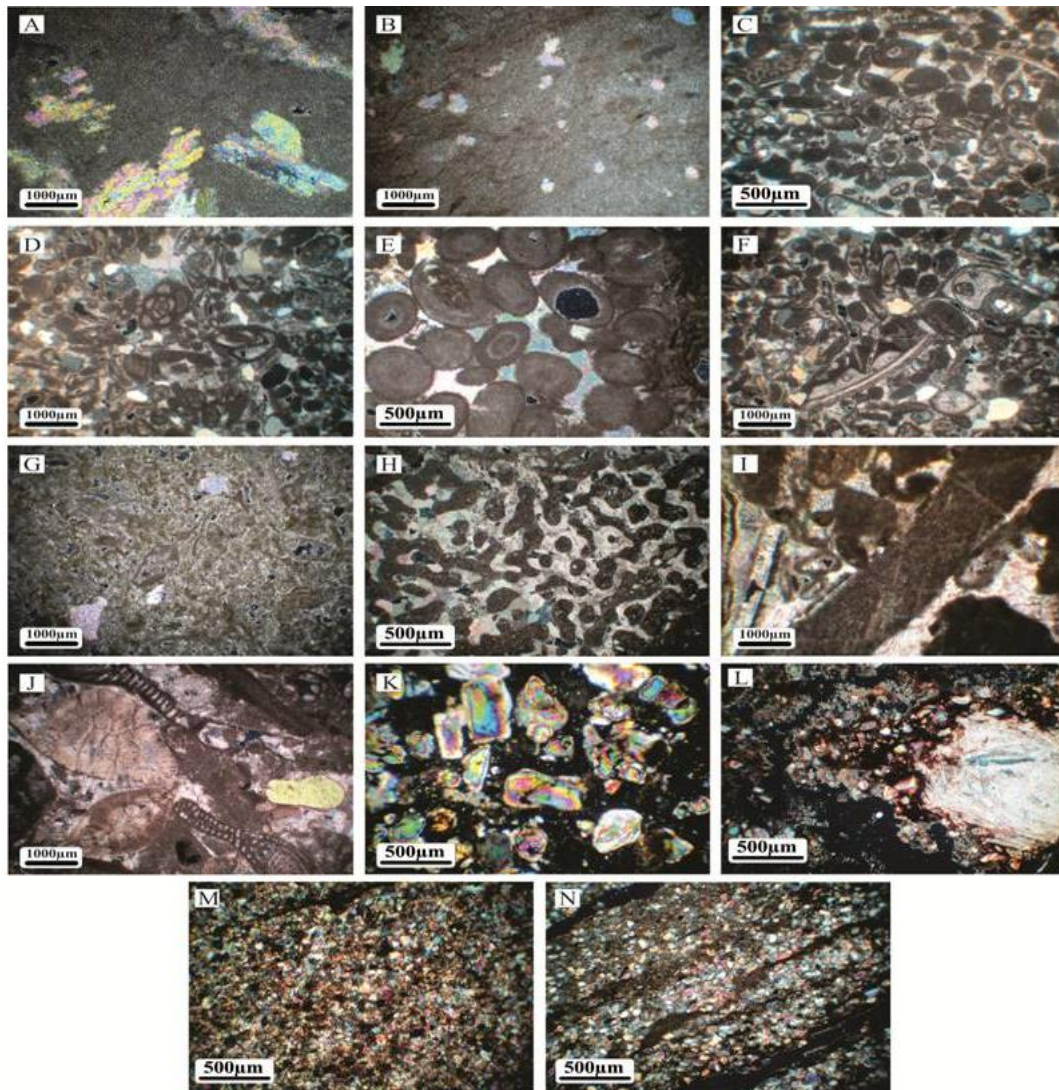
مانند *Heterostegina* sp.، *Lepidocyclina* sp. و *Operculina*، بریوزوا، جلبک‌های قرمز و اکیونوئیدها و نیز رخساره شیل در محیط رمپ میانی (دریایی باز) و رخساره های جلبکی-مرجانی (باندستون جلبکی-مرجانی) در یک محیط ریف‌های تکه‌ای^۸ رمپ داخلی تا میانی تشکیل شده‌اند. رخساره و وکستون تا پکستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک مانند *Dendritina rangi* sp.، *Peneroplis* sp.، *Triloculina* sp.، *Archaias* sp. و *Austrotrillina* sp. شاخص محیط لاگون می‌باشند. پهنه بالای جزر و مدی نیز از رخساره‌های دولومیکرایت، مادستون آهکی دولومیتی شده تشکیل شده‌اند. در این زمان (شاتین) تغییر رسوبگذاری بین کربناته و ماسه‌سنگ نشان دهنده نوسانات سطح آب دریا و تاثیر آن بر روی رسوبگذاری در محیط رمپ کربناته می‌باشد. به نظر می‌رسد به علت فرسایش کامل مناطق بالا آمده صفحه عربستان تا میوسن (Alsharhan and Nairn, 1997) و روند ملایم افزایش سطح آب دریا در طی آکی تانین و بوردیگالین (Vail et al, 1977) ورود آواری به حوضه کاهش یافته است. رخساره‌های کربناته حاوی *Faverina*، الیید و نیز فرامینیفرهای بنتیک *Elphidium* sp. 14 و *Miogypsina* sp. که شاخص آکی تانین می‌باشند (Laursen et al, 2009; Van Buchem et al, 2010) در زون های A4 تا A2 مشاهده شده‌اند. رخساره‌های گرینستون آئیددار و گرینستون بایوکلاستی متشکل از فرامینیفرهای بنتیک در محیط‌های پشته‌های کربناته^۹ نهشته شده‌اند (Wilson, 1975; Buxton and Pedley, 1989; Flugel, 2010; Burchette and Wright, 1992). حضور ذرات آواری در رخساره‌های پهنه جزرومدی و لاگونی این زون‌ها می‌توانند به علت تاثیرات کانال‌های جزر و مدی باشد. حضور فرامینیفر بنتیک *Borelis melocurdica* در نهشته‌های سازند آسماری نشان دهنده رسوبگذاری آنها در طی بوردیگالین است (Laursen et al, 2009) که چنین رخساره‌های لاگونی با بافت وکستونی تا پکستونی در زون A1 قرار دارند. به‌طور کلی این زون از تناوب رخساره‌های

محیط رسوبی سازند آسماری در میدان نفتی اهواز

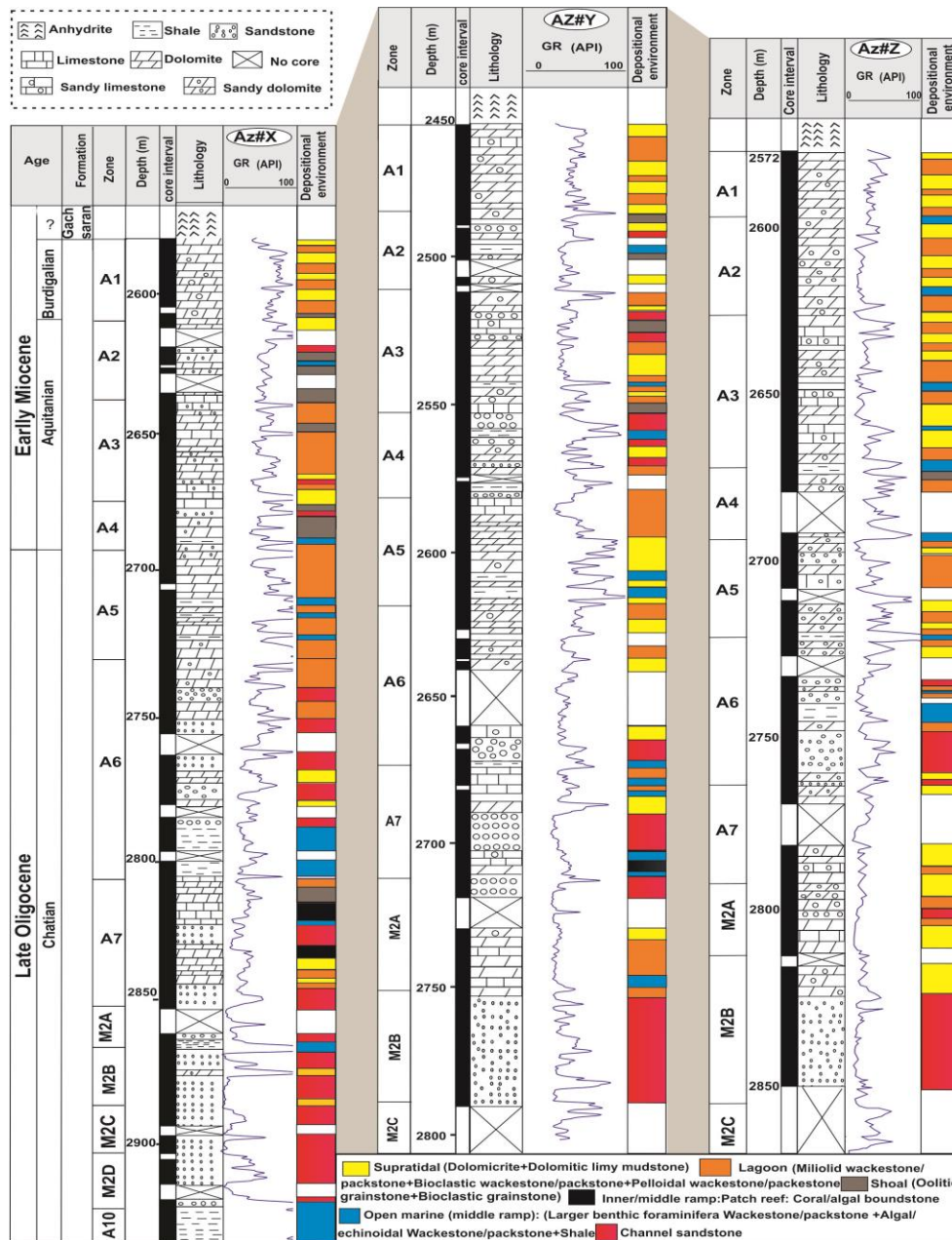
بر پایه زون‌بندی زیستی ارائه شده توسط لارسن (Laursen et al, 2009) و وان بوخوم (Van Buchem et al, 2010)، توالی با سن شاتین (الیگوسن) سازند آسماری در برگیرنده فرامینیفرهای بنتیک *Archaias* sp.، *Archaias sasmarius*، *hensoni*، *Lepidocyclina* sp. و *Operculina* sp. است. بر این اساس در چاه‌های مورد مطالعه میدان نفتی اهواز رسوبگذاری توالی سازند آسماری به سن شاتین تا انتهای زون A5 ادامه داشته است. همانگونه که از شکل ۳ پیداست ماسه‌سنگ‌ها در بخش زیرین سازند آسماری (شاتین) از فراوانی بیشتری نسبت به توالی‌های میوسن (آکی تانین-بوردیگالین) برخوردارند با این وجود این رسوبات به ویژه در زون M2 توزیع یکنواختی ندارند. ماسه‌سنگ‌ها عمدتاً از نظر بلوغ کانی‌شناسی و بافتی بالغ می‌باشند. چنین نهشته‌های می‌توانند به عنوان رسوبات کانال رودخانه‌ای تفسیر شوند (Wilson and Poter, 1990). داده‌های لرزه‌ای میداین شادگان (مهدیپور، ۱۳۸۲)، دارخوین (Van Buchem et al, 2010)، چشمه خوش (هنرمند، ۱۳۹۱) و کوپال (ارزانی و همکاران، ۱۳۹۳) شواهدی از آثار کانال و دره‌های حفر شده^۷ را بر روی رمپ کربناته سازند آسماری در طی شاتین نشان می‌دهد. تشکیل این کانال‌ها با افت نسبی سطح آب دریا در مقیاس جهانی در طی رسوبگذاری سازند آسماری (Ziegler, 2001) منطبق است که احتمالاً باز شدن دریای سرخ یک منشاء مهم برای رسوب سیلیسی آواری سازند آسماری بوده است (Avarjani et al, 2010). مخلوط شدگی این رخساره‌ها با اکثر رخساره‌های شناسایی شده (شکل ۲) متاثر شدن بخش‌های مختلف محیط رسوبی از خشکی را نشان می‌دهد. با انطباق رخساره‌های کربناته شاتین سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه میدان اهواز با مدل‌های رخساره‌ای ویلسون (Wilson, 1975)؛ باکستون و پدلی (Buxton and Pedley, 1989)؛ بورت وایت (Burchette and Wright, 1992) و فلوگل (Flugel, 2010) به نظر می‌رسد که رخساره‌های کربناته حاوی فرامینیفرهای بنتیک

رسوبگذاری بر نرخ رسوبگذاری برتری داشته ولی در موردیگالین این وضعیت حالت عکس پیدا کرده است. این وضعیت در انتها به شروع پایین افتادگی سطح نسبی آب دریا منتهی شده به طوری که ماهیت رسوبگذاری از حالت کربناته سازند آسماری به تبخیری سازند گچساران تغییر نموده است.

لاگونی و پهنه بالای جزر و مدی تشکیل شده است. بنابر شکل ۳ و مطالب بیان شده می توان دریافت که در طول میوسن زیرین (آکی تانین - بوردیگالین) به دلیل افزایش سطح نسبی آب دریا و کاهش تامین رسوب از خشکی این محیط شرایط یک رمپ کربناته غالب را پیدا کرده است. در این رمپ کربناته غالب در طی آکیتانین گسترش فضای



شکل ۲: میکروفاسیسها و پتروفاسیسهای شناسایی شده در مخزن مورد مطالعه. A: دولومیکرایت دارای گرهکهای انیدریت، B: مادستون آهکی دارای قالب بلورهای تبخیری، C: پکستون/گرینستون پلوییدار دولومیتی شده، D: پکستون میلیولیدار، E: دولو گرینستون الییدار، F: گرینستون خرده اسکلتی دار دولومیتی شده، G: وکستون/پکستون خرده اسکلتی دار، H: باندستون مرجانی- جلبکی، I: گرینستون آکینوئید- جلبکدار، L: پکستون/وکستون فرامینیفرهای بنتیک بزرگ، K: کوارتزآرنایت، L: کوارتز وکی، M: شیل، N: شیل کربناته. (تصاویر برشهای تحت الارضی X، Y و Z در نور پلاریزه گرفته شده‌اند).



شکل ۳: ستون چینه‌شناسی و پراکندگی محیط‌های رسوبی سازند آسماری در سه چاه مورد مطالعه در میدان نفتی اهواز

دیاژنز

سیمانی شدن: سیمانی شدن فرایندی است که طی آن کانی‌های درجا در فضاهای خالی رسوبات ته نشست می‌شوند و باعث سنگ شدگی رسوبات می‌شوند (Burley and Worden, 2003). کانی‌شناسی سیمان‌ها به شیمی آب به ویژه فشار CO₂ و نسبت Mg/Ca و نرخ تامین کربنات بستگی دارد (Tucker, 2001). اساساً این فرایند در جایی انجام می‌شود که مقدار زیادی از سیال درون حفره‌های نسبت به فاز سیمان که می‌تواند کلسیت بدون آهن یا آهن‌دار، سیلیس، دولومیت یا انیدریت و ژپس باشد به حد فوق اشباع برسد (Tucker and Wright, 1990). در بخش‌های

مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی که در سازند آسماری میدان نفتی اهواز رخ داده‌اند میکرایتی شدن، دولومیتی شدن، انحلال، سیمانی شدن، تراکم فیزیکی و شیمیایی و شکستگی است.

میکرایتی شدن: میکرایتی شدن در محیط فریاتیک دریایی روی می‌دهد. میکرایتی شدن به صورت کامل و ناقص در بعضی از نمونه‌های سازند آسماری مشاهده می‌شود اما این فرایند در رخساره‌های گرینستونی و پکستونی دانه پشتیبان فرآیندی غالب است.

تخلخل و سنگ‌شدگی رسوبات می‌باشد (Flugle, 2010). فرایندها و محصولات دیاژنزی تدفینی مربوط به این پدیده به دو صورت تراکم مکانیکی یا فیزیکی و فشار - انحلال مشاهده می‌شود.

تخلخل: انواع تخلخل در مخزن مورد مطالعه تخلخل بین دانه‌ای: در بخش‌های تخریبی فراوان‌ترین نوع تخلخل است و از نظر مخزنی دارای بیشترین اهمیت است (شکل F۸).

تخلخل شبکه‌ای: به ندرت مشاهده می‌شود و عمدتاً توسط سیمان انیدریت پر شده، لذا از نظر مخزنی فاقد اهمیت می‌باشد (شکل G۸). تخلخل قالبی: در محیط دیاژنزی جوی توسعه یافته و به دلیل دولومیتی شدن و برقراری ارتباط بین آنها از نظر مخزنی دارای اهمیت است (شکل ۸ لو K). تخلخل بین بلوری: در بخش‌هایی از سازند آسماری که فرایند دولومیتی شدن شدیدتر بوده بیشتر مشاهده می‌شود، با توجه به شدت دولومیتی شدن این نوع تخلخل نقش عمده و اساسی را در ایجاد مخزن خوب در بخش‌های کربناته سازند آسماری عهده‌دار می‌باشد (شکل L۸). تخلخل حاصل از شکستگی: نقش بسیار موثری در افزایش تراوایی در رخساره‌های غیرمخزنی دارد (شکل M۸). تخلخل کانالی: این نوع تخلخل در سازند مورد مطالعه توسعه فراوان دارد (شکل N۸ و V). تخلخل حفره‌ای: باعث ایجاد شرایط مخزنی خوبی در بخش‌های کربناته شده است (شکل W۸ و Z). تخلخل استیلولیتی: این نوع تخلخل در سازند مذکور کمیاب است (شکل X۸).

مرحله ائوزنز

محیط دیاژنزی دریایی: محصولات محیط دیاژنزی فریاتیکی دریایی شامل تشکیل پوشش‌های میکرایتی به همراه سیمان کلسیتی تیغه‌ای بوده‌اند. حضور دولومیکرایت-ها (دولومیت‌های ریزبلور) همراه با تخلخل فنسترال و سیمان و نودول تبخیری نشان دهنده تشکیل آنها در محیط سیخایی (منطقه وادوز محیط دریایی) است.

دیاژنز همزمان با رسوبگذاری: محیط دیاژنزی دریایی در کف دریا جایی که فرایندهای رسوب‌گذاری و دیاژنزی ممکن است همزمان اثرگذار باشند قرار دارد. فعالیت موجودات در محیط زیر جزرومدی باعث تولید رسوبات و سپس زیست‌آشفستگی و میکرایتی شدن (شکل A۶) رسوبات لاگون می‌شود. تأثیر کلی به صورت پر شدن بخشی تا گسترده تخلخل‌های اولیه با رسوبات درونگیر و سیمان‌های کربناته

کربناته سازند آسماری در میدان اهواز سیمان‌های دولومیتی گسترش زیادی دارند و در بخش‌های ماسه‌سنگی و بخش‌های مختلط کربناته - آواری سیمان دولومیتی غلبه کامل دارد. از دیگر سیمان‌های مهم موجود در بخش‌های کربناته و همچنین کربناته - آواری آسماری می‌توان از سیمان‌های سولفاته که اکثراً انیدریتی و گاه ژپیس می‌باشند، نام برد.

انحلال: سنگ‌های آهکی بر اثر عبور سیالات درون حفره‌های غیراشباع نسبت به فاز کربناته موجود، انحلال را تحمل می‌کنند (Tucker, 2001). در اغلب محیط‌های طبیعی، انحلال و نهشت کربنات کلسیم با ورود و خروج گاز CO₂، در آب-های جوی کنترل می‌شود.

دولومیتی شدن: بخش عمده‌ای از دولومیت موجود در سنگ‌های کربناته منشا جانشینی دارند. جانشینی دولومیت به جای کربنات کلسیم به طرق مختلفی صورت می‌گیرد. طی این جانشینی فابریک اولیه سنگ می‌تواند حفظ شود که به آن حفظ کننده فابریک^{۱۰} گفته می‌شود. در این حالت جانشینی به صورت تقلیدی^{۱۱} خواهد بود و تولید تخلخل اضافی نخواهد کرد یعنی دولومیتی شدن به کندی صورت می‌گیرد (Lucia, 1999)

و بافت اولیه سنگ حفظ می‌شود (شکل A۷). و این فرایند در سیستم دیاژنزی بسته رخ می‌دهد. چنانچه فابریک اولیه سنگ در حین دولومیتی شدن تخریب شود به این نوع دولومیت جانشینی، تخریب کننده فابریک^{۱۲} گفته می‌شود. عمل جانشینی در این حالت به صورت غیر تقلیدی^{۱۳} است. و در سیستم دیاژنزی باز به علت سرعت بالای دولومیتی شدن رخ می‌دهد و منجر به از بین رفتن فابریک اولیه سنگ می‌شود و در بعضی قسمت‌ها منجر به ایجاد دولومیت دانه شکری با تخلخل بین بلوری خوب شده است (شکل B۷). در عین حال، طی جانشینی دولومیت به جای کربنات کلسیم، این عمل ممکن است به گونه انتخابی رخ دهد و فقط برخی از اجزاء سنگ دولومیتی شوند که به این نوع، دولومیت انتخاب کننده فابریک^{۱۴} اطلاق می‌شود. اگر دولومیتی شدن بدون تبعیض تمام اجزاء سنگ را تحت تأثیر قرار دهد آن فرایند را دولومیتی شدن فراگیر^{۱۵} گویند.

تراکم: فشردگی و انحلال فشاری دو فرایند اصلی دیاژنتیکی مرتبط هستند که عموماً به عمق دفن رسوبات بستگی دارند (Tucker, 2001). فشردگی از فرایندهای اساسی کاهش

تدفینی کم عمق از چندین متر زیر سطح شروع شده و تا چندین ده متر ادامه می یابد. محیط دیاژنزی تدفینی عمیق محدوده ای از چندین صد متر تا هزاران متر را در بر می گیرد (Tucker, 2001). سیمان کلسیت دروزی و دولومیکرواسپارایت ها و دولواسپارایت های به همراه فشردگی های فیزیکی که آثار آن به صورت گسترش شکستگی است، در محیط تدفینی کم عمق تشکیل شده اند. فرایند دیاژنزی فشردگی شیمیایی (فشار- انحلال) که به صورت رگچه های انحلالی و استیلولیت نمود پیدا کرده و در ادامه عمدتاً به وسیله مواد آلی پر شده اند، در نتیجه قرارگیری نهشته های سازند آسماری در محیط دیاژنزی تدفینی عمیق بوده است.

دیاژنز دفنی: این مرحله به دو قسمت دفن کم عمق و دفن متوسط تقسیم می شود. فرایندهای دیاژنزی چون سیمانی شدن (شکل A5، B، C، D، E، F، G، H)، تراکم (شکل K8 و N)، و فرایند انحلال (شکل S6) که در این محیط دیاژنزی از درجه اهمیت کمتری نسبت به سیمانی شدن قرار دارد، شکستگی (شکل M8)، نوشکلی دولومیت (شکل V6)، دولومیتی شدن (شکل A7، B، C، D) و سیمان انیدریتی (شکل C6، D، E، F، J) در نهایت باعث از بین رفتن بخشی از تخلخل ایجاد شده در مرحله قبلی شده و در نتیجه میزان تخلخل مخزن به مقادیر فعلی می رسد. همچنین در این محیط بر خلاف محیط های نزدیک سطح، فرآیندهای سیمانی شدن و کاهش تخلخل و نفوذپذیری غالب می باشد. به طور کلی می توان گفت که تاریخچه دیاژنز مخزن از رخساره ها و روندهای رسوبی پیروی می کند و می توان آن را جزء تله های دیاژنتیک تابع رخساره طبقه بندی کرد. این نوع تله ها انواعی هستند که با وجود منشأ دیاژنزی حفرات روند کلی توزیع رخساره های مخزنی به وسیله پتانسیل دیاژنزی رخساره و مرزهای تشکیل شده توسط محیط رسوبی و زیر محیط های آن کنترل می شود (Fryberger et al, 1983; Tucker and Wright, 1990; Flugel, 2010) بنابراین شناسایی مرزهای مخزنی با شناسایی رخساره های رسوبی امکان پذیر خواهد بود. شدت، گسترش و اهمیت فرایندهای دیاژنزی اولیه (دیاژنز نزدیک سطح و کم عمق) در این توالی ها بیشتر است. به عبارت بهتر سنگ مخزن یک دیاژنز کم عمق که با یک دیاژنز دفنی ساده دنبال شده است را پشت سر گذرانده است. تشکیل

دریایی می باشد که منجر به کاهش تخلخل می شود. به طور کلی رخساره های متخلخل و نفوذپذیرتر بیشتر از سایر رخساره ها تحت تأثیر قرار می گیرند (Machel, 2005).

دیاژنز هیپرسالین: در پهنه های سابخیایی توسعه یافته: در این محیط دیاژنزی تشکیل ندول های انیدریتی (شکل 6 M و N) و دولومیتی شدن سابخا (دولومیت های ریز بلور) بوفور صورت می گیرد (Adabi, 2009). دولومیتی شدن (شکل AV، B، C، D) و تشکیل سیمان انیدریتی (شکل B6، C، D، E، F، J) مخصوصاً در رسوبات سابخیایی و لاگون (Warren, 2000) مشاهده می شود. در این مرحله قسمت عمده ای از تخلخل اولیه رسوبات کربناته در طی ته نشینی انیدریت از بین می رود و فواصل سدی بین سازندی و یا طبقات فاقد کیفیت مخزنی ایجاد می شود. دولومیتی شدن فراگیرترین فرایند دیاژنزی در سازند آسماری است که به عنوان یکی از مهم ترین فاکتورهای کنترل کننده کیفیت مخزنی در سازند آسماری میدان نفتی اهواز در نظر گرفته شده است این فرآیند هم به شکل جانثینی و هم به صورت سیمانی شدن در توالی سازند مذکور دیده می شود. دولومیت های جانثینی در سازند مذکور از نظر اندازه، ریز تا متوسط، از نظر شکل، نیمه شکل دار، از نظر فابریک، صفحه ای نوع S و از نظر ارتباط با فابریک رسوبی، از نوع حفظ کننده فابریک و انتخاب کننده فابریک^{۱۶} هستند.

دیاژنز جوی: محیط دیاژنزی جوی در برگیرنده دو محیط دیاژنزی وادوز و فریاتیک است. در این منطقه انحلال، سیلیسی شدن و نوشکلی نهشته های کربناته رخ داده است. سیمان های این منطقه دیاژنزی کلسیتی بوده و به صورت دروزی، بلوکی و دندان سگی می باشند. انواع سیمان های جوی نیز در این محیط گسترش می یابند (Ahar, 2008). این محیط با عوارضی چون سیمان های کلسیت دروزی، بلوکی، انحلال، نوشکلی افزایشی شناخته می شود. ایجاد تخلخل انحلالی (شکل W8 و Z) و قالبی (شکل JV و K) از اثرات این محیط دیاژنزی می باشد. در کل تخلخل ثانویه ایجاد شده در این مرحله باعث ایجاد طبقات مخزنی مخصوصاً در بخش های کربناته توالی می شود.

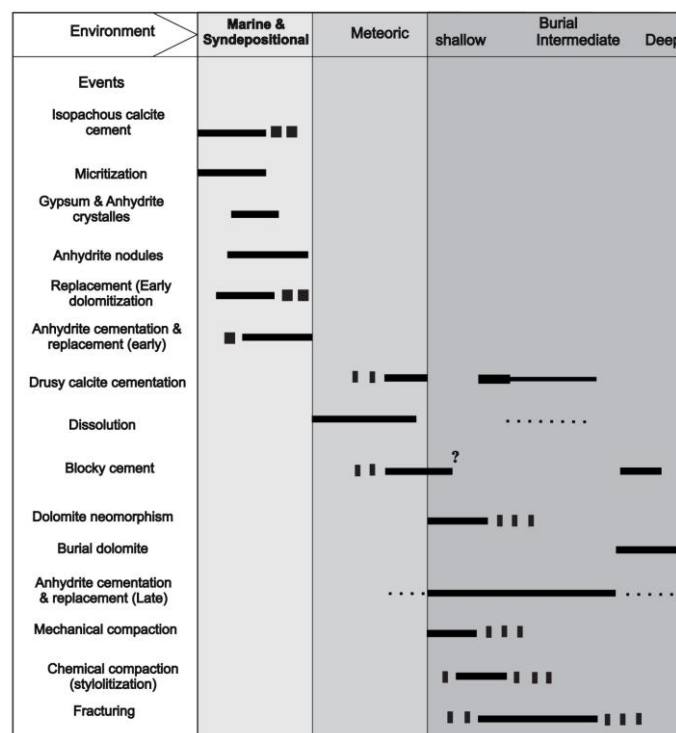
مرحله مزوژنز^{۱۷}

محصولات دیاژنزی این مرحله در محیط دیاژنزی تدفینی تشکیل شده اند. محیط دیاژنزی تدفینی خود به دو محیط تدفینی کم عمق و عمیق تقسیم بندی می شود. محیط

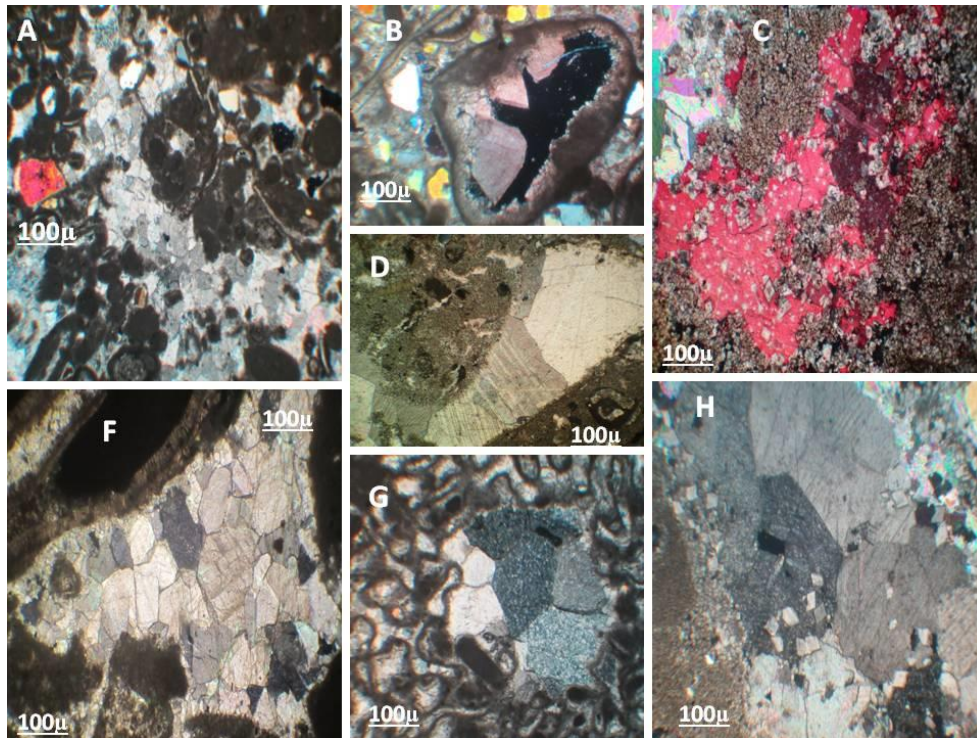
سنگ آهک‌های سازند آسماری روی داده است. میکرایتی‌شدن (شکل A۶) بیشتر در رخساره‌های دانه غالب مانند گرینستون و پکستون‌های اییدی-بایوکلاستی روی داده و حاشیه آلوکم‌ها را در بر گرفته است. ائیدها و پلوئیدها تحت تأثیر فشردگی قرار گرفته، شکسته یا جهت یافته شده‌اند. ائیدهای تغییر شکل یافته، ائیدهای خرد شده و پوشش‌های میکرایتی خرد شده و شکسته شده معرف فشردگی دفنی هستند. یکی از فرایندهای دیاژنتیکی مهم در سنگ‌های کربناته و آواری مورد مطالعه دولومیتی‌شدن (شکل A۷، B، C، D، E، F و G) می‌باشد. دولومیت‌های آسماری در محیط‌های سبخایی، محیط دفن کم‌عمق و عمیق تشکیل شده‌اند. دولومیت‌های ریز بلور همراه با ندول‌های انیدریتی (شکل G۶، H و N) شاخص تشکیل این دولومیت‌ها در محیط سبخایی می‌باشد و دولومیت‌های درشت بلور (شکل L۸) که بافت اولیه آنها مشخص نمی‌باشد نشان دهنده تشکیل این دولومیت‌ها در محیط-های عمیق‌تر و از تبلور دوباره دولومیت‌های ریز بلور مراحل اولیه دیاژنزی می‌باشد (Adabi, 2009). سیمان‌های انیدریتی (شکل C۶، D، E، G و H) در محدوده زمانی و مکانی بسیار وسیعی در سنگ مخزن آسماری گسترش یافته‌اند به طوری که می‌توان این سیمان‌ها را ابتدایی‌ترین و انتهایی‌ترین فازهای دیاژنز دانست (شکل ۴).

این نوع مخازن طبق مدل دیاژنز متئوریک سطح الارضی (آب شیرین) بوده که در زون‌های وادوز و فرآتیک آب شیرین رخ داده است (Mazzullo, 2004).

تاریخچه دیاژنز مخزن آسماری در چاه‌های مورد مطالعه
بر اساس مطالعات انجام شده بر روی سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگ‌های سازند آسماری چندین فرایند دیاژنتیکی قابل تشخیص می‌باشد که این فرایندها در سنگ‌های کربناته شامل سیمانی‌شدن، فشردگی، نوشکلی (شکل V۶)، جانیشینی، دولومیتی‌شدن، انحلال (شکل S۶) و میکرایتی‌شدن (شکل A۶) و در ماسه سنگ‌ها شامل سیمانی‌شدن (شکل B۸ و C)، فشردگی و انحلال می‌باشد. بررسی مشخصه‌های اصلی عوارض دیاژنزی، تفکیک سه محیط دیاژنزی دریایی، جوی و دفنی را در این سازند میسر ساخته است. سیمان دریایی به صورت سیمان تیغه‌ای (شکل E۵) که در اطراف آلوکم قرار دارند مشاهده می‌شود که به عنوان سیمان دریایی تفسیر می‌شود. این سیمان‌ها توسط سیمان-های کلسیت اسپاری دروزی (شکل F۵) و سیمان هم بعد (شکل A۵) بلوکی (شکل D۵) دنبال می‌شوند. میکرایتی‌شدن به عنوان فرایندی است که در محیط‌های فریاتیک دریایی عهد حاضر روی می‌دهد و عمدتاً در نزدیکی سطح تماس آب-رسوب اتفاق می‌افتد، اما ممکن است در اعماق بیشتر از یک متر نیز اتفاق بیفتد. این فرایند به فراوانی در



شکل ۴: تاریخچه فرآیندهای دیاژنتیک سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه



شکل ۵: A: سیمان کلسیت هم بعد (Az.X# 2585 ft)، B: سیمان کلسیت دندان سگی که به صورت پر کننده حفره می باشد (9212 ft)، C: سیمان کلسیت پویکیلوتوپیک که بلورهای دولومیت را در بر گرفته است، مقطع رنگ آمیزی شده با آلبرازین قرمز (9292 ft) (Az.Y#)، D: سیمان کلسیت بلوکی (Az.X# 9933 ft)، F: سیمان کلسیت دروزی (Az.Y# 8622 ft)، G: سیمان کلسیت حفره پر کن از نوع بلوکی (Az.X# 8451 ft)، H: سیمان کلسیت صفحه ای (Az.Z# 9002 ft). در این شکل Az و ft به ترتیب نشان دهنده میدان نفتی اهواز و عمق مقطع نازک میکروسکوپی بر حسب فوت می باشد. تصاویر برش های تحت الارضی X، Y و Z در نور پلاریزه گرفته شده اند.

میکروسکوپی نشان می دهد که با تاثیر فرایندهای دیاژنزی، گروه های متفاوت سنگی، خصوصیات مخزنی یکسانی نشان می دهند و لذا با ادغام خصوصیات مخزنی (تخلخل و تراوایی) و پتروگرافی می توان لایه ها و فواصل مختلف مخزن را بهتر مورد بررسی قرار داد. مدل مخزنی کارآمد مدلی خواهد بود که در بر گیرنده روند تغییرات رخساره ای و دیاژنزی با تغییرات خواص مخزنی، به صورت توأم باشد.

روش تعیین واحد جریان

مطالعه واحدهای جریان براساس داده های مغزه انجام می شود که در میدان مورد مطالعه چاه های شماره X، Y و Z اطلاعات آنالیز مغزه معمولی دارند و بدین منظور استفاده شده اند. در تعیین و شناسایی واحدهای هیدرولیکی جریان از روش هیستوگرام استفاده شد. در این مطالعه تمامی محاسبات و تحلیل ها در محیط نرم افزار Excel انجام شد. در روش هیستوگرام توزیع لگاریتم شاخص ناحیه جریان در هر واحد جریان به صورت توزیع نرمال است در واقع هر توزیع نرمال در نمودار هیستوگرام نشان دهنده یک دسته منحصر به فرد است (شکل ۹). همچنین طبق اصول واحد

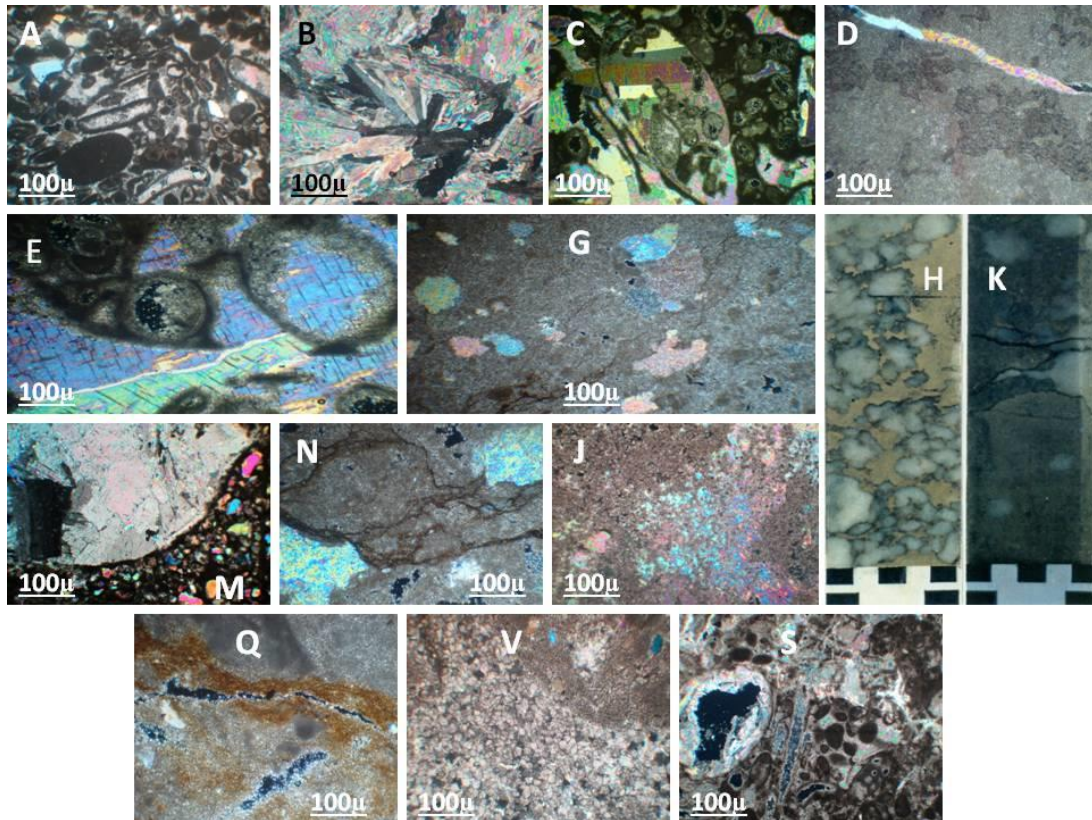
بررسی عوامل رسوب شناسی و دیاژنزی کنترل کننده

خواص مخزنی در سازند آسماری

مطالعه رخساره های رسوبی و فرایندهای دیاژنزی نمونه ها نشان می دهد که با وجود ارتباط بین بافت رسوبی و خواص پتروفیزیکی رسوبات، رخساره های رسوبی به تنهایی نمی تواند کنترل کننده تخلخل و تراوایی سنگ مخزن باشد. به عبارت دیگر ویژگی های مخزنی به طور کامل از رخساره های رسوبی آن تبعیت نمی کند (Moore, 2001). بنابراین نمونه های تشکیل شده در رخساره های مشابه ممکن است خواص پتروفیزیکی کاملاً متفاوتی داشته باشند و بر عکس نمونه های با رخساره های متفاوت از خواص پتروفیزیکی یکسانی برخوردار باشند. این موضوع باعث می شود که در بسیاری از موارد مدل های رخساره ای مخزن نشان دهنده توزیع پارامترهای مخزنی نباشند. از آنجا که فرایندهای دیاژنزی و محصولات متنوع آنها از عوامل مهم کنترل کننده کیفیت مخزنی محسوب می شوند، تاثیر عوامل دیاژنزی در سنگها باعث تغییر در کیفیت مخزنی آنها می شود و خصوصیات مخزنی آنها را کاهش یا افزایش می دهد. مطالعات

جریانی براساس تعیین نقاط شکستگی روی نمودار احتمالی مشخص می‌گردد.

های جریان هیدرولیکی، آنالیز احتمال نرمال لگاریتم شاخص ناحیه جریانی در هر واحد جریان به صورت توزیع خطی است. با رسم این نمودار، تعداد بهینه واحدهای



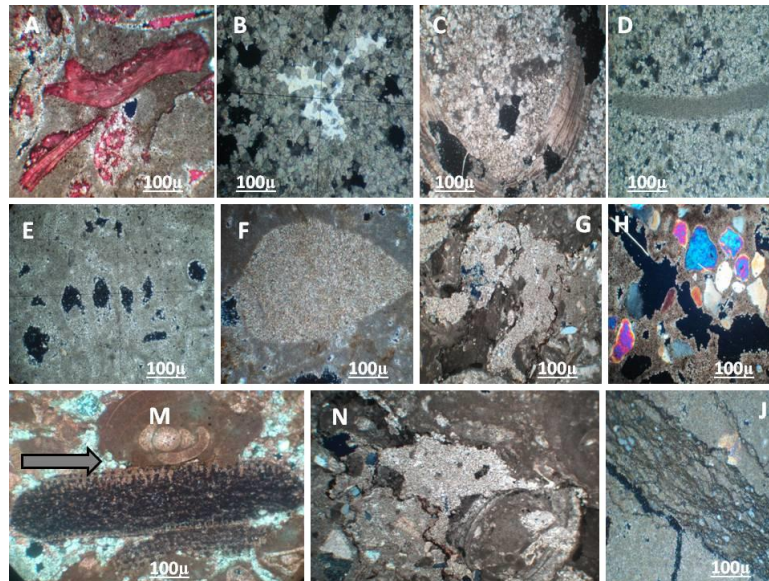
شکل ۶: A: فرایند دیانژی میکرایتی شدن در اطراف بعضی بایوکلستها و ایجاد حاشیه میکرایتی (Az.Y# 8816 ft)، B: انیدریت لایه‌ای (Az.X# 8703 ft)، C: سیمان انیدریت پر کننده تخلخل و فراگیر (Az.X# 8604 ft)، D: سیمان انیدریتی پر کننده شکستگی (9004 ft)، E: سیمان انیدریتی دفنی پر کننده تخلخل با رخ مشخص (Az.X# 8494 ft)، G: انیدریت به صورت کومه‌های پراکنده در یک زمینه دولومیکرایتی (Az.X# 8597 ft)، H: توسعه بخشی انیدریت ففس مرغی درون مادستون پلوئیدی دولومیتی شده (Az.Z# 8028 ft)، K: ندول‌های انیدریت در حال جاننشینی مادستون دولومیتی شده (Az.Y# 8122 ft)، M: ندول انیدریت دفنی در رخساره ماسه‌سنگی (8714 ft)، N: ندول‌های انیدریت دفنی در امتداد استیلولیت در رخساره دولومیکرایتی (Az.Y# 8484 ft)، J: انیدریت پویکیلوتوپیک که بلورهای بی‌شکل دولومیت را در بر گرفته است (Az.X# 8884 ft)، Q: آهن دار شدن (Az.X# 8517 ft)، V: پدیده نوشکلی که باعث تبدیل دولومیکرایت به دولو میکرو اسپارایت شده است (Az.X# 8535 ft)، S: پدیده انحلال (Az.X# 8684 ft). (در این شکل Az و ft به ترتیب نشان دهنده میدان نفتی اهواز و عمق مقطع نازک میکروسکوپی بر حسب فوت می‌باشد. تصاویر برش‌های تحت الارضی X، Y و Z در نور پلاریزه گرفته شده‌اند).

1993; Porras and Campos, 2001; Soto et al, 2001; Gomes et al, 2008). در این مطالعه اثر فرآیندهای دیانژی و تاثیر آن بر کیفیت مخزنی به صورت کمی تحلیل شده است. به این منظور سنگ مخزن آسماری براساس شاخص کیفیت مخزنی QI (RQI) و واحدهای جریانی به هشت گروه تقسیم بندی شده است. شاخص کیفیت مخزنی آمافوله و همکاران (Amaefule et al, 1993) به صورت رابطه ۱ محاسبه شد.

تعیین واحدهای جریانی هیدرولیکی 18 (HFU) با استفاده از نشانگر زون جریان 19 (FZI)

یک واحد جریانی به عنوان حجمی از مخزن تعریف می‌شود که خصوصیات گلوگاه منافذ در محیط متخلخل آن مشخص و قابل پیش‌بینی می‌باشند و به میزان قابل ملاحظه‌ای از سایر واحدها در حجم مخزن متفاوت می‌باشند.

خصوصیات منفذی واحدهای جریانی، خود کنترل کننده ویژگی‌های هیدرولیکی سنگ می‌باشند (Amaefule et al,)



شکل ۷: A: دولومیتی شدن در سیستم دیاژنزی بسته که به دلیل جانشینی تقلیدی یا جز به جز فابریک اولیه سنگ به طور کامل حفظ شده است (Az.X# 9005 ft). B: دولومیتی شدن در سیستم دیاژنزی باز که منجر به از بین بردن فابریک اولیه سنگ شده است (8713 ft). C: دولومیتی شدن به صورت تحت کنترل فابریک یا دولومیتی شدن انتخابی، که موجب مصون ماندن قطعه اسکلتی از دولومیتی شدن گردیده است (Az.Y# 8844 ft). D: دولومیتی شدن فراگیر با حفظ فابریک، در این حالت آلوکم با ترکیب کانی شناسی کلسیت پر منیزیم بدون تخریب ساختمان میکروسکوپی به دولومیت تبدیل می شود (Az.X# 8540 ft). E: دولومیتی شدن فراگیر با تخریب فابریک (Az.X# 8523 ft). F: دولومیتی شدن جانشینی (Az.X# 8476 ft). G: دولومیتی شدن مرتبط با استیلولیت (Az.X# 9253 ft). H: سیمان دولومیتی در یک ماسه سنگ (Az.X# 8624 ft). M: تماس طولی بین آلوکومها (Az.X# 9251 ft). N: استیلولیت در رخساره دولومیتی شده (Az.X# 8221 ft). J: رگچه‌های انحلالی به صورت آناستوموسینگ در یک دولومادستون، فابریک اولیه سنگ کاملاً از بین رفته است (8224 ft). (در این شکل Az و ft به ترتیب نشان دهنده میدان نفتی اهواز و عمق مقطع نازک میکروسکوپی برحسب فوت می باشد. تصاویر برش‌های تحت الارضی X، Y و Z در نور پلاریزه گرفته شده‌اند).

رابطه (۱)

$$\text{RQI} = 0.0314 \sqrt{K/\text{Ø}}$$

که در آن RQI شاخص کیفیت مخزنی برحسب μm ، K تراوایی بر حسب میلی داریسی (mD) و تخلخل (Ø) بر حسب کسری از یک (Fraction) می باشد. شکل ۱۰ روابط تخلخل، تراوایی و شاخص کیفیت مخزنی را در یکی از چاه‌های مخزن مورد مطالعه در مقابل عمق نشان می دهد. همانطور که از این شکل مشخص است تراوایی عامل اصلی کنترل کننده کیفیت مخزنی بوده که با افزایش آن RQI افزایش می یابد. تخلخل در صورتی که موثر باشد می تواند نقش مثبتی بر روی این شاخص داشته باشد. در مرحله بعد نسبت حجم فضاهای خالی به حجم قسمت جامد PMR^2 به صورت رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه (۲)

$$\text{PMR} = \text{Ø}/1-\text{Ø}$$

سپس شاخص زون‌های جریان از رابطه ۳ به دست آمد (Amaefule et al, 1993).

رابطه (۳)

$$\text{FZI} = \text{RQI}/\text{PMR}$$

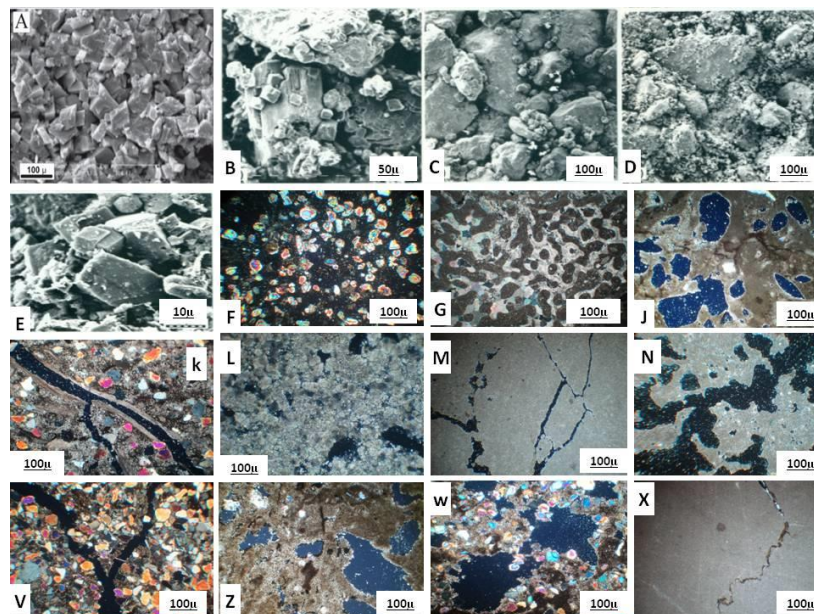
نمودار شکل ۸ تغییرات لگاریتم FZI را در مقابل شماره نمونه‌ها نشان می دهد. شکل ۱۰ سنگ مخزن آسماری براساس Log FZI به ۸ واحد جریانی هیدرولیکی (HFU) دسته بندی شد. در پلات لگاریتمی مقادیر اندیس کیفیت مخزنی (RQI) در برابر مقادیر تخلخل نرمال شده، نمونه های با مقادیر FZI مشابه بر روی خط مستقیمی با شیب واحد قرار می گیرند و نمونه های با مقادیر FZI متفاوت بر روی خطوط دیگری قرار می گیرند و این خطوط با یکدیگر موازی می باشند این روش یکی از روش های شناسایی تعداد بهینه واحدهای جریانی هیدرولیکی در روش نشانگر زون جریان به شمار می رود (شکل ۱۱).

گونه‌های سنگی

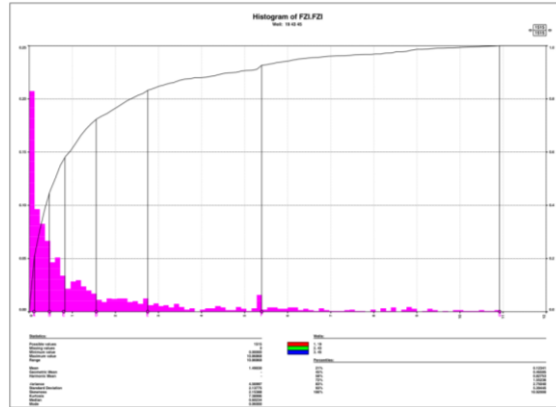
تاثیر عوامل دیاژنزی در سنگ‌ها باعث تغییر در کیفیت مخزنی آنها می شود و خصوصیات مخزنی آنها را کاهش یا افزایش می دهد. مطالعات میکروسکوپی نشان می دهد که با

های سنگی با توجه به روندهای دیاژنزی حاکم بر آنها واحد های جریانیه مختلفی را نشان می دهند و در هرگونه سنگی و بسته به نوع فرایند دیاژنزی آن واحد جریانیه خاصی غلبه دارد (شکل ۱۶). براساس موقعیت نمونه ها بر روی نمودار مذکور تعداد ۸ گروه سنگی شناسایی شدند (شکل ۱۲). چهار فرایند دیاژنزی عمده شامل انحلال های جوی و دولومیتی شدن دفنی مرتبط با استیلولیت و دولومیتی شدن جانیشینی و شکستگی ها به عنوان اصلی ترین فرایند های دیاژنزی ایجاد کننده واحدهای با کیفیت مخزنی بالا معرفی گردیده اند. فرایند دیاژنزی اصلی، سیمانی شدن گسترده جوی و دفنی به عنوان اصلی ترین فرایندهای دیاژنزی کاهنده کیفیت مخزنی و ایجاد کننده واحدهای غیر مخزنی معرفی گردیده اند.

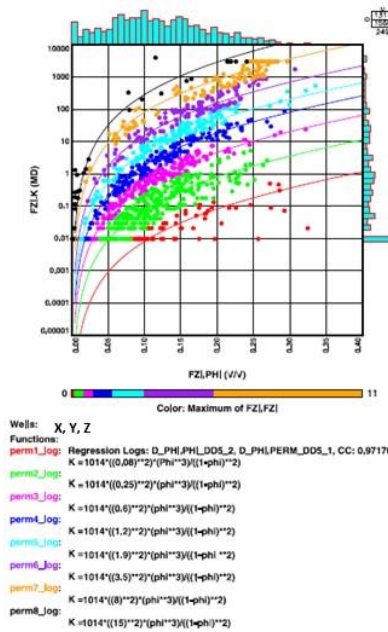
تاثیر فرایندهای دیاژنزی، گروه های متفاوت سنگی، خصوصیات مخزنی یکسانی نشان می دهند و لذا با ادغام خصوصیات مخزنی (تخلخل و تراوایی) و پتروگرافی می توان لایه ها و فواصل مختلف مخزن را بهتر مورد بررسی قرار داد. به منظور درک بهتر تاثیر عوامل دیاژنزی در افزایش و یا کاهش تخلخل و تراوایی و چگونگی عملکرد فرایندهای دیاژنزی سعی در بررسی گونه های سنگی^{۲۲} شد. در مرحله بعد فراوانی هرگونه سنگی در هر واحد جریانیه (یک واحد جریانیه بخشی از مخزن است که به طور جانبی و قائم پیوسته بوده و خصوصیات لایه بندی، تخلخل و تراوایی مشابه دارد و ویژگی های زمین شناسی و پترو فیزیکی که بر جریان سیال اثر می گذارد از لحاظ درونی در هر واحد ثابت است) تعیین گردید تا بتوان به نتیجه ای منطقی در تاثیر فرایندهای دیاژنزی در افزایش کیفیت مخزنی رسید. واحد



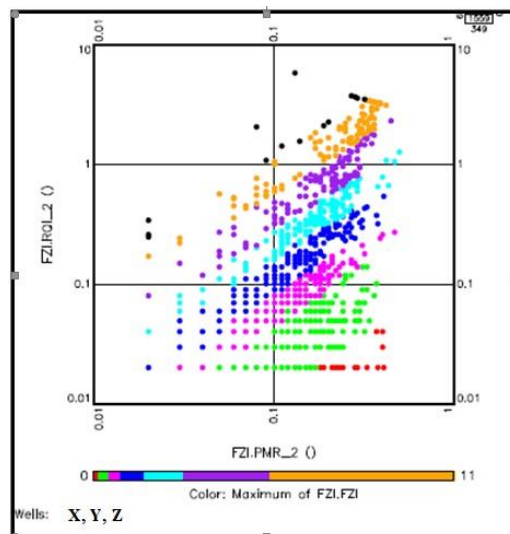
شکل ۸: A: تصویر میکروسکوپی الکترونی از دولومیت ریزبلور (Az.X# 8501 ft)، B: رمل های کوچک دولومیت به صورت سیمان پراکنده در بین حفرات بین دانه ای که باعث کاهش خصوصیات مخزنی در قسمت های ماسه سنگی می شود (Az.Y# 8996 ft)، C: تصویر میکروسکوپی الکترونی از بلورهای دولومیت در اطراف دانه ای ماسه سنگ ریزدانه (Az.Y# 8996 ft)، D: ماسه سنگ ریز دانه ای که سیمان آن دولومیت است (Az.Y# 9162 ft)، E: رمل های دولومیتی، بلورهای موزائیکی به هم پیوسته با منافذ ریز بین کریستال ها (Az.Y# 9012 ft)، F: تخلخل بین دانه ای در ماسه سست (Az.X# 8996 ft)، G: تخلخل شبکه ای، این نوع تخلخل به ندرت مشاهده می شود و عمدتاً توسط سیمان انیدریت پر شده است (Az.Y# 9111 ft)، J و K: تخلخل قالبی (Az.X# 9222 ft و Az.X# 8922 ft)، L: تخلخل بین بلوری، در بخش هایی از سازند که فرآیند دولومیتی شدن شدیدتر بوده بیشتر مشاهده می شود (Az.X# 8535 ft)، M: تخلخل حاصل از شکستگی در رخساره دولومادستون (Az.Y# 8760 ft)، N و V: تخلخل کانالی (Az.X# 8523 ft و Az.X# 8721 ft)، Z و W: تخلخل حفره ای، باعث ایجاد شرایط مخزنی خوبی در بخش های کرناته شده است (Az.Z# 8816 ft و Az.Z# 8612 ft)، X: تخلخل استیلولیتی (Az.Y# 8503 ft) (در این شکل Az و ft به ترتیب نشان دهنده میدان نفتی اهواز و عمق مقطع نازک میکروسکوپی برحسب فوت می باشد). تصاویر F تا X برش های تحت الارضی X، Y و Z در نور پلاریزه و A تا E به وسیله میکروسکوپی الکترونی تهیه شده اند.



شکل ۹: هیستوگرام تغییرات فراوانی Log FZI



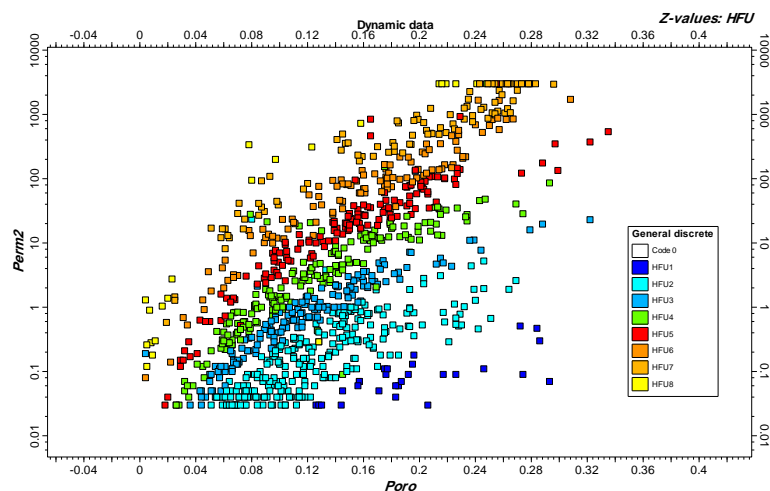
شکل ۱۰: نمودار تخلخل در برابر تراوایی به تفکیک واحدهای جریان هیدرولیکی به دست آمده از متد نشانگر زون جریان در سه چاه مطالعه شده نشان داده شده است. دامنه تغییرات Log FZI در هر یک از این واحدهای جریان نیز ارائه گردیده است.



شکل ۱۱: نمودار مقادیر تخلخل نرمالایز شده در برابر اندیس کیفیت مخزنی

برخورداری از کیفیت مخزنی پایین‌تر، تنوع پتروفیزیکی کمتری را نشان می‌دهند. افق‌های ماسه‌سنگی از بهترین کیفیت مخزنی برخوردار بوده و کیفیت مخزنی آنها بیشتر تابع ویژگی‌های بافتی و رخساره‌ای است. محدوده تغییرات شاخص کیفیت مخزنی و تخلخل برای گروه‌های سنگی مختلف در شکل‌های ۱۳ الف و ب، ۱۴ الف و ب، ۱۵ الف و ب نشان داده شده است و در شکل ۱۷ لیتولوژی واحدهای هیدرولیکی جریان‌ی در سه مقطع تحت الارضی مطالعه شده در ستون‌های عمودی ترسیم چاه آورده شده است.

ویژگی‌های متفاوت رسوب‌شناسی و دیاژنزی باعث شده تا نمونه‌های با سنگ‌شناسی و یا رخساره یکسان در گروه‌های سنگی مختلف قرار گیرند. براساس موقعیت نمونه‌ها بر روی نمودار مذکور تعداد ۸ گروه سنگی شناسایی شدند. نمونه‌های ماسه‌سنگی در ۳ گروه سنگی، نمونه‌های دولومیتی در ۴ گروه سنگی و آهک‌ها در ۱ گروه سنگی قرار گرفته‌اند (شکل ۱۷). به این ترتیب افق‌های دولومیتی از بیشترین دامنه تغییرات تخلخل و تراوایی برخوردار بوده و بیشترین ناهمگونی مخزنی را نشان می‌دهند. افق‌های آهکی ضمن



شکل ۱۲: ترسیم مقادیر تخلخل و تراوایی برای هر یک از واحدهای هیدرولیکی جریان‌ی در سه چاه مورد مطالعه

کربناته دارای تخلخل قالبی و زمینه دولومیتی نیمه شکل دار تا خودشکل دارای تخلخل بین‌بلوری می‌باشد. تخلخل این نمونه‌ها از ۵ - ۳۱ درصد در تغییر است و تراوایی آنها از ۰/۱ تا ۱۵۰۰ میلی داری متغیر می‌باشد. کیفیت مخزنی این نمونه‌ها درگیر عوامل مختلفی است. پراکندگی توزیع واحدهای جریان‌ی و غلبه واحدهای جریان‌ی ضعیف‌تر نیز موید تاثیر فرایندهای دیاژنزی (نوع دولومیت‌ها) می‌باشد. این گونه سنگی بیشتر در زون‌های A₂ و بخش‌های بالای زون A₅، A₆ و A₇ گسترش دارد (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۴: ماسه سنگ شیلی: شامل ماسه سنگ‌هایی با ماتریکس ریزدانه و شیلی - کربناته می‌باشد که با توجه به خواص پتروفیزیکی یکسانی که از خود نشان می‌دهند در یک گونه سنگی قرار گرفته‌اند. این ماسه‌سنگ‌ها که تحت عنوان گری‌وک معرفی شده‌اند از تراوایی پایینی برخوردار می‌باشند و تخلخل آنها گاه تا ۳۰ درصد نیز می‌رسد. سیمان این نمونه‌ها بیشتر به صورت سیمان انیدریتی، هماتی و

گونه سنگی ۱: ماسه سست: ماسه‌های سست^{۲۲} شامل ماسه‌های تمیز و بدون سیمان و یا سیمان بسیار ضعیفی از بلورهای خودشکل دولومیت می‌باشد. تخلخل آنها بیش از ۲۰ درصد و تراوایی آنها بیش از ۵۰۰ میلی داری که تا ۶ داری هم می‌رسد. بخش عمده‌ای از این نمونه‌ها مربوط به زون M₂ می‌باشد اما در بخش‌های تحتانی زون A₆ و فواصل ماسه‌سنگی زون A₇ و بخش‌هایی از زون A₂ این ماسه‌ها حضور دارند. فراوان‌ترین واحد جریان‌ی، واحد جریان‌ی ۷ و ۶ می‌باشد که بیانگر کیفیت مخزنی خوب این گونه سنگی می‌باشد. علت حضور دیگر واحدهای جریان‌ی در این گونه سنگی به دلیل تاثیر عوامل بافتی از قبیل جورشدگی و اندازه ذرات و تا حدی نیز وجود سیمان دولومیتی می‌باشد (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۲: ماسه سنگ کربناته: حدواسط گونه سنگی ۷ و ۹ می‌باشد با این تفاوت که در این گونه سنگی رخساره‌های شیلی گسترش کمتری دارند و غلبه با ماسه سنگ‌های

بیشترین گسترش را در زون A7 و بخش کربناته زون M2 دارد. پراکندگی توزیع واحدهای جریانی در این گونه سنگی موید تاثیر عوامل دیاژنزی (به صورت مخرب و سازنده) در نحوه گسترش آنها می‌باشد (شکل ۱۶). ولی فرایندهای دیاژنزی از قبیل انحلال و دولومیتی شدن در گونه سنگی ۵ گسترش فراوان تری دارد. گونه سنگی ۵ بیشتر شامل میکروفاسیس‌های شاخص ریف‌های کومه‌ای رمپ میانی-داخلی می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در این گونه سنگی دیاژنز نقش برجسته‌تری در ایجاد کیفیت مخزنی ایفا کرده است (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۶: گرینستون و باندستون سیمان شده: شامل گرینستون دوکفه‌ای‌دار، گرینستون فرامینفردار، گرینستون پلوئیددار، گرینستون اینتراکستی - پلوئیدی و باندستون مرجانی می‌باشد. انواع سیمان‌های میکرواسپارایت، سیمان انیدریتی فراگیر و سیمان اولیه هم ضخامت، بین آلوکم‌ها و درون حجرات فسیلی را پر کرده و سبب کاهش تخلخل شده است. این گونه سنگی به دو دسته دولومیتی شده و دولومیتی نشده تقسیم می‌شود. نمونه‌های دولومیتی شده بیشتر دولومیت‌های ریزبلور درهم قفل شده‌ای هستند که تخلخل بین‌بلوری آنها بسیار پایین و دولومیتی شدن باعث افزایش کیفیت مخزنی آنها نشده است. در گرینستون‌های دولومیتی نشده که بیشترین گسترش را در چاه شماره ۴۵ دارند سیمان انیدریت فراگیر و سیمان حاشیه هم ضخامت و سیمان میکرواسپار گسترش دارد. فراوانی ماسه در این گونه سنگی کم و حداکثر تا ۱۰ درصد می‌رسد که با توجه به گسترش اندک هیچ‌گونه تاثیری در کیفیت مخزنی و پارامترهای پتروفیزیکی ندارد. فراوان ترین واحد جریانی در این گونه سنگی، واحد جریانی ۲، ۳ و ۶ می‌باشد که دلیل این امر تشکیل سیمان انیدریت فراگیر و سیمان‌های کلسیتی و دولومیت‌های ریزبلور و نبود ارتباط خوب بین منافذ می‌باشد (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۷: دولوپکستون دارای تخلخل حفره‌ای و درون دانه‌ای: تخلخل حفره‌ای و درون دانه‌ای در این گونه سنگی گسترش بیشتری دارد که دلیل این امر گذشته از تاثیر بیشتر انحلال به خصوصیت بافتی این گونه سنگی مربوط است. این گونه سنگی نسبت به گونه سنگی قبلی، از فراوانی بیشتر آلوکم‌ها برخوردار بوده و بافت به صورت دانه پشتیبان می‌باشد. سیمان انیدریتی چه به صورت کومه‌ای و چه به صورت پرکننده تخلخل‌های قالبی گسترش کمتری

دولومیتی ریزبلور، حاصل تبلور دوباره زمینه میکرایتی، می‌باشد. در نمونه‌هایی که دارای ماتریکس کربناته‌اند وجود قطعات بایوکلاستی و انحلال آنها باعث ایجاد تخلخل قالبی شده ولی به دلیل ایزوله بودن نقشی در افزایش کیفیت مخزنی آنها نداشته است. عواملی چون جورشدگی بد ذرات، زاویه‌دار بودن آنها نیز در کیفیت مخزنی بد آنها بی‌تاثیر نمی‌باشد. فراوان ترین واحد جریانی، واحد جریانی ۲ می‌باشد (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۴: آهک دولومیتی شده: شامل سنگ‌های کربناته کاملاً دولومیتی شده است و دارای تخلخل بین‌بلوری و تخلخل قالبی می‌باشد. سیمان انیدریتی گسترش زیادی ندارد و تخلخل‌ها تا حد زیادی حفظ شده‌اند. با توجه به نوع بلورهای دولومیت میزان تخلخل و تراوایی، متفاوت می‌باشد. گسترش این گونه سنگی بیشتر در زون‌های A7 و بخش کربناته زون M2 می‌باشد. استیلولیتی شدن گسترش زیادی ندارد و عدم گسترش استیلولیت به مقاومت بیشتر دولومیت‌ها در مقابل انحلال فشاری و نبود شیل به عنوان یک عامل تسهیل کننده می‌توان نسبت داد.

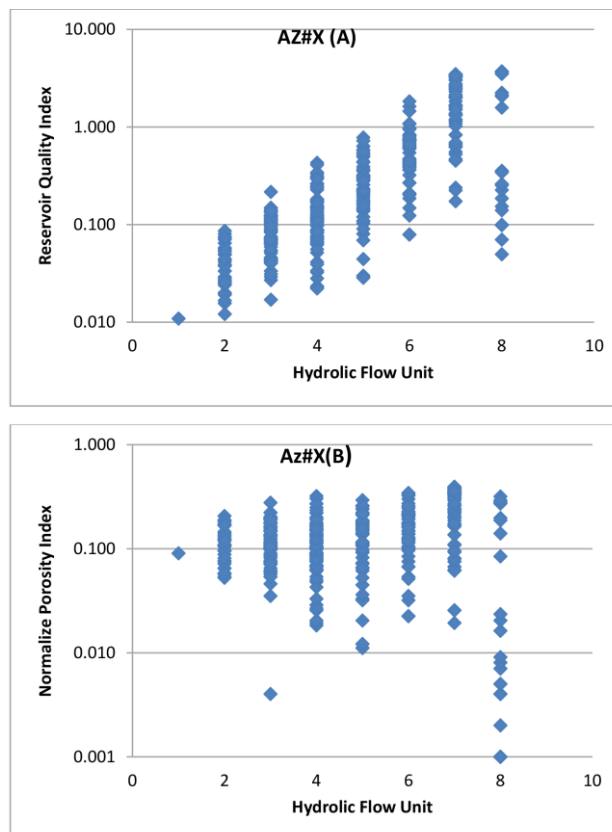
فراوان ترین واحد جریانی در این گونه سنگی واحد جریانی ۵ و ۲ می‌باشد. دلیل تنوع و گستردگی واحدهای جریانی وجود سیمان انیدریتی به صورت کومه‌ای و اندازه بلورهای دولومیت می‌باشد (شکل ۱۶).

گونه سنگی ۵: دولوگرینستون با تخلخل بین دانه‌ای و قالبی: متشکل از بایوگرینستون‌های دولومیتی شده و به مقدار کمتر آگرینستون‌های دولومیتی شده می‌باشد. دولومیتی شدن به صورت بخشی و یا کامل جانشین قطعات آلوکم و سیمان پرکننده بین دانه‌ها و درون دانه شده است. به دنبال دولومیتی شدن زمینه و عدم دولومیتی شدن آلوکم‌ها زمینه‌ای برای تشکیل تخلخل قالبی به وجود آمده است و این امر نشان می‌دهد که تخلخل قالبی بعد از فرایند دولومیتی شدن ایجاد شده است و دولومیت به صورت سیمان پرکننده تخلخل عمل نکرده است. در بعضی از نمونه‌های این گونه سنگی همانند آگرینستون‌ها گسترش سیمان انیدریتی از گسترش دولومیت به عنوان سیمان پرکننده بین‌دانه‌ای جلوگیری کرده است و انحلال این سیمان در مراحل دفنی باعث ایجاد تخلخل بین‌دانه‌ای ثانویه در آنها شده است. نمونه‌های این گونه سنگی در بخش‌های کربناته سازند آسماری و در زون‌های A1، A3،

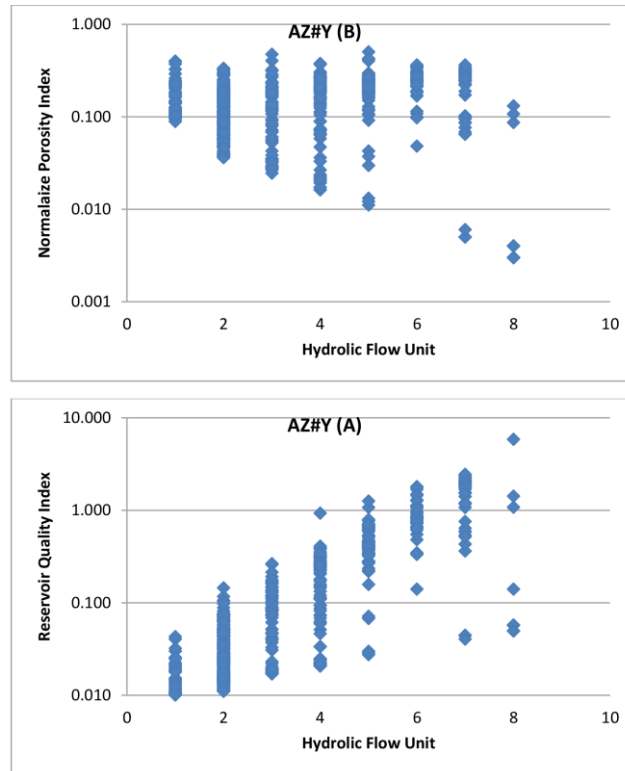
A5 و A7 و بخش کربناته زون M2 می‌توان مشاهده کرد ولی

سنگی در زون‌های A_1 ، A_3 و A_5 می‌باشد اما در بخش‌های کربناته زون‌های A_2 ، A_4 و A_6 نیز تا حدی گسترش دارد. استیلولیتی شدن گسترش زیادی دارد که هم به صورت رگه‌های انحلال فشاری و هم به صورت استیلولیت‌ها با دامنه تضاریس بالا مشاهده شدند. همانند گونه سنگی ۱ دارای حداکثر ۴۰ درصد ذرات ماسه می‌باشد. دانه‌های کوارتز در اندازه ماسه متوسط تا سیلت، زاویه‌دار تا گرد شده می‌باشند. با توجه به داده‌های تخلخل و تراوایی موجود و بررسی واحدهای جریان به نظر می‌رسد که حضور دانه‌های ماسه باعث افزایش شماره واحد جریانی و کیفیت مخزنی بدتر دولوکستون‌های ماسه‌دار شده است. دلیل این امر را می‌توان عملکرد این دانه‌ها به عنوان سدهای تراوایی در گلوگاه‌های کوچک تخلخل‌های بین بلوری در نظر گرفت. فراوان‌ترین واحد جریانی آن واحد جریانی ۱ و ۲ می‌باشد (شکل ۱۶).

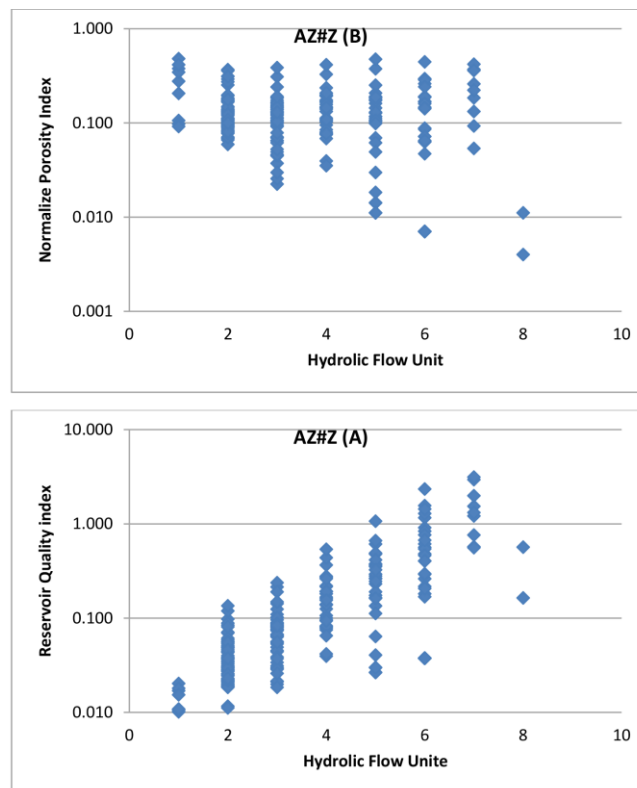
دارد. تخلخل بین‌بلوری به علت افزایش اندازه بلورهای دولومیت و افزایش اندازه گلوگاه تخلخل گسترش بیشتری دارد. نسبت به گونه سنگی قبل ماسه گسترش خیلی کمتری دارد. کیفیت مخزنی آن بیشتر تحت‌تاثیر عوامل دیاژنزی می‌باشد که شدت دولومیتی شدن و عملکرد انحلال و گسترش انواع تخلخل‌های قالبی تعیین‌کننده نوع واحد جریانی در این گونه سنگی می‌باشد. فراوان‌ترین واحد جریانی، واحد جریانی ۱ و ۲ می‌باشد (شکل ۱۶).
گونه سنگی ۸: دولوکستون: این گونه سنگی عمدتاً شامل بایومیکرایت و پل میکرایت‌های دولومیتی شده می‌باشد که وجود سیمان انیدریتی به صورت کومه‌ای و پرکننده تخلخل‌های قالبی باعث کاهش تخلخل این نمونه‌ها شده است. در کل تخلخل قالبی و حفره‌ای در این گونه سنگی گسترش زیادی ندارد. زمینه آنها کاملاً دولومیتی و اکثراً به صورت بلورهای پلانار S در هم قفل شده می‌باشد و منافذ ارتباط خوبی با هم ندارند. بیشترین گسترش این گونه



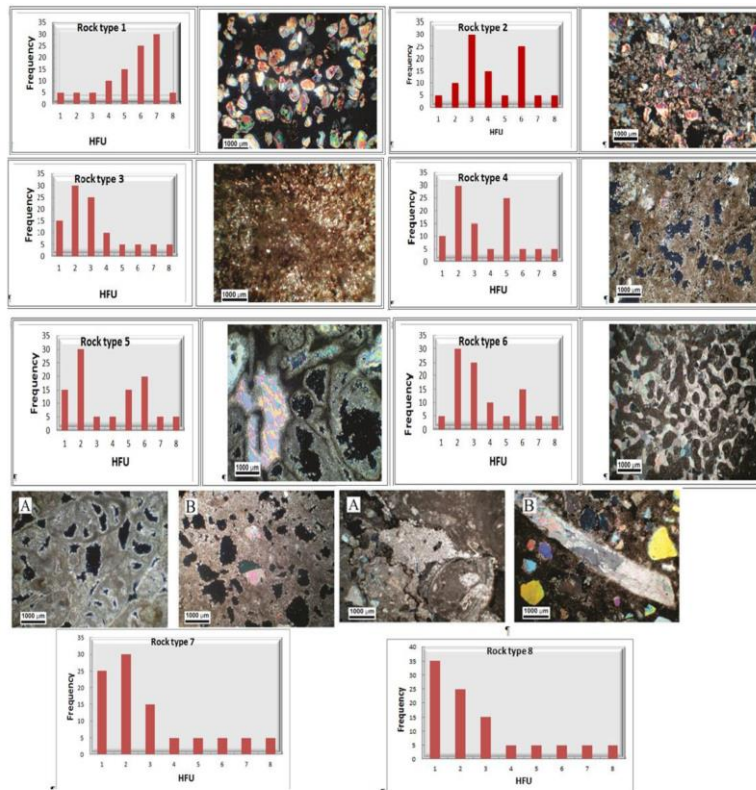
شکل ۱۳: A: محدوده تغییرات شاخص کیفیت مخزنی در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه X و B محدوده تغییرات شاخص تخلخل نرمالیزه شده در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه X



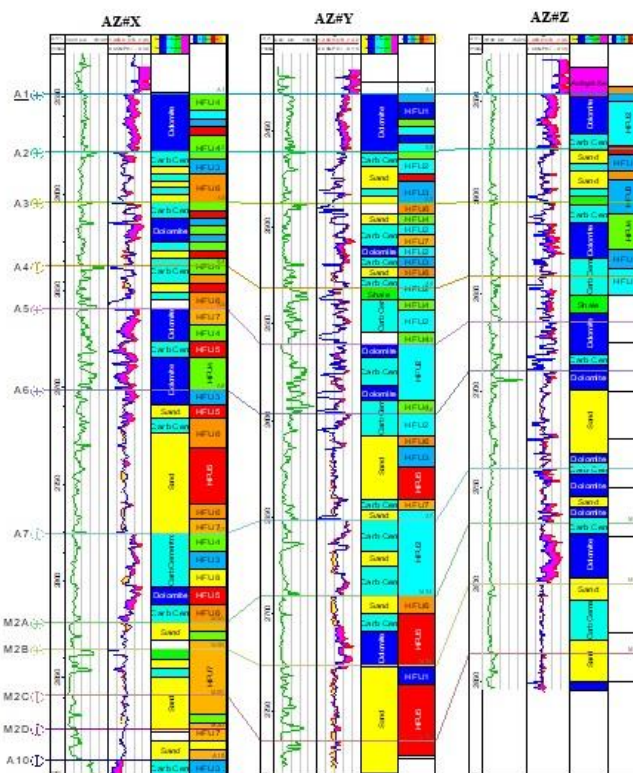
شکل ۱۴: A: محدوده تغییرات شاخص کیفیت مخزنی در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه Y و B محدوده تغییرات شاخص تخلخل نرمالیزه شده در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه Y



شکل ۱۵: A: محدوده تغییرات شاخص کیفیت مخزنی در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه Z و B محدوده تغییرات شاخص تخلخل نرمالیزه شده در گروه‌های سنگی سازند آسماری در چاه Z



شکل ۱۶: خصوصیات رخساره‌ای و پتروفیزیکی هشت گونه سنگی شناسایی شده در چاه‌های مورد مطالعه



شکل ۱۷: لیتولوژی واحدهای هیدرولیکی جریانی با استفاده از داده‌های تخلخل و تراوی مغزه‌های حفاری و داده‌های نمودارهای پتروفیزیکی گاما (GR)، نوترن (NPHI)، چگالی (RHOB) در سه چاه مطالعه شده

نتیجه‌گیری

مخزنی، سهم برتر شرایط محیطی بهتر قابل درک است. طبیعی است که این نقش در تمام رخساره‌ها و زون‌ها یکسان نیست و بسته به پراکندگی رخساره‌های اصلی و ضخامت آنها نقش شرایط محیطی (به عنوان پارامتر غالب) نیز تغییر می‌نماید. گسترش رخساره‌های آواری دانه درشت، بهترین رخساره‌های مستعد مخزن هستند که فرایندهای دیاژنزی این رخساره‌ها نیز عمدتاً متأثر از محیط رسوبگذاری آنها (ائوژنز) بوده است. بر این اساس می‌توان از شرایط محیطی به عنوان عامل اصلی کنترل کننده کیفیت مخزنی در آنها نام برد. در یک بیان کلی می‌توان گفت در میدان مورد مطالعه هر قدر گسترش جانبی و ضخامت رخساره‌های ماسه‌سنگی بیشتر باشد کیفیت مخزنی آن مطلوب‌تر است و این پارامترها (گسترش جانبی و ضخامت ماسه سنگ‌ها) کاملاً توسط شرایط محیطی کنترل گردیده اند. این وضعیت درباره رخساره‌های مختلط آواری- کربناته نیز صادق است. سهم شرایط محیطی در کنترل کیفیت مخزنی رخساره‌های کربناته نسبت به رخساره‌های آواری و مختلط کمتر است، لیکن با توجه به ائوژنز بودن اغلب فرایندهای دیاژنزی در این رخساره‌ها، نقش برتر شرایط محیطی در کنترل کیفیت مخزنی مشهود است. در بررسی انجام شده ۸ واحد جریانی شناسایی شد که بهترین آنها واحد جریانی ۷ و ۸ می‌باشد. این واحدهای جریانی منطبق بر گونه سنگی ماسه سست می‌باشد. بدترین واحد جریانی واحد جریانی ۱ و ۲ می‌باشد که منطبق بر گونه سنگی دولومادستون می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

بیشتر فرایندهای دیاژنزی سازند آسماری (حدود ۸۰ درصد) در میدان مورد مطالعه (به ویژه انواع موثر بر کیفیت مخزنی) در شرایطی به وقوع پیوسته‌اند که محیط دیاژنزی متأثر از محیط رسوبگذاری بوده است. به عبارت دیگر بیشتر این فرایندها ائوژنتیک هستند. انحلال و دولومیتی شدن که به طور گسترده در رخساره‌های مورد مطالعه به وقوع پیوسته‌اند، بیشترین نقش را در افزایش کیفیت مخزنی داشته‌اند. این دو فرایند که گسترش آنها تابع شرایط محیط رسوبگذاری رخساره بوده است مهم‌ترین فرایندهای دیاژنتیک کنترل کننده کیفیت مخزنی هستند. البته دولومیتی شدن در مخزن آسماری از نوع دیاژنتیکی اولیه یا همزمان با رسوبگذاری و ثانویه بوده و بر روی کیفیت مخزنی سازند آسماری تأثیر دوگانه (سازنده و مخرب) داشته است به طوری که در بخش‌های آهکی در جهت بالا بردن کیفیت مخزنی عمل نموده و در بخش‌های ماسه‌سنگی به صورت سیمان بوده و کیفیت مخزنی را پایین آورده است. گسترش سیمان کربناته اگر چه در ظاهر باعث پر شدن فضاهای خالی در سنگ‌ها و کاهش تخلخل در آنها شده، از آن جهت که بلافاصله بعد از رسوبگذاری به وقوع پیوسته و مانع تراکم در رخساره‌ها شده دارای تأثیر مثبت بر کیفیت مخزنی است. نوشکلی و زیست آشفستگی نیز از فرایندهایی هستند که تأثیر آنها در افزایش کیفیت مخزنی مثبت بوده است. گسترش سیمان انیدریتی مهم‌ترین فرایند دیاژنتیک با تأثیر منفی بر روی کیفیت مخزنی است. این فرایند که گسترش آن تابع شرایط محیط رسوبگذاری رخساره بوده نقش اساسی در کاهش کیفیت مخزنی بسیاری از رخساره‌های مورد مطالعه داشته است. تأثیر شکستگی، مهم‌ترین نقش را در کنترل کیفیت مخزنی دارد. با در نظر گرفتن ائوژنتیک بودن بیشتر فرایندهای دیاژنزی موثر در کیفیت

پانویس

- 1-Culmination
- 2-Simply folded zagros zone
- 3-Ahwaz member
- 4-Petrofacies
- 5-Hybrid
- 6-Mud rock
- 7-Incised valley
- 8-Patch reefs
- 9-Shoal
- 10-Fabric retentive

- 11-Mimict
- 12-Fabric destructive
- 13-Nonmimict
- 14-Fabric selective
- 15-Pervasive dolomitization
- 16-Fabric- retentive and fabric- selective
- 17-Mesogeneic stage
- 18-Hydraulic flow unit
- 19-Flow zone index
- 20-Reservoir quality index

21-Pore to matrix ratio
22-Rock type

23-Loose sand

(References) منابع

- Adabi, M.H., 1997. Application of carbon isotope chemostratigraphy to the Renison dolomites, Tasmania: A Neoproterozoic age, Australian Journal of Earth Sciences, v. 44, p. 775-767.
- Adabi, M.H., 2009. Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, N.E. Iran, Carbonates and Evaporites, v. 24, p. 1-19.
- Adabi, M., 2010. investigation of the expansion and origin of the sandstone horizons of the Asmari formation in the Izeh zone, research and development management project of the National Iranian Oil Company and Shahid Beheshti University, 369 p (in Persian).
- Adams, C.G. and Bourgeois, E., 1967. Asmari biostratigraphy: Iranian Oil Operation Companies: Geological and Exploration Division, v. 1074, p. 1-74.
- Adams, T.D., 1969. The Asmari Formation of Lurestan and Khuzestan Provinces: IOOC Report, v. 1154, 34 p.
- Ahr, W.M., 2008. Geology of carbonate reservoirs, John Wiley and sons, inc., publication, 296 p.
- Allan, J.R. and Wiggins, W.D., 1993. Dolomite reservoir-geochemical techniques for evaluating origin and distribution, AAPG Continuing Education Course, v. 36, 129 p.
- Alsharhan, A.S. and Nairn, A.E.M., 1997. Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East: Amsterdam, Elsevier, 843 p.
- Amini, A., Ranjbaran, M., Sajadi, F., Lankarani, M., Honarmand, J., Mahdipor, Z., Tavakoli, V., Daraei, M., Ansari, M., Mohammadpor, H. and Ramazani, F., 2010. Facies analysis and sequence stratigraphy of Asmari, Ilam, and Sarvak formations in the Danan Block, National Iranian Oil Company, internal report.
- Amini, A., Karimi, M.R., Omidpour, A., Safidari, A., Daraie, M. and Razazi, M., 2013. Investigating the contribution of environmental conditions and diagenesis in controlling the reservoir quality of the Asmari Formation in the Ahvaz oil field with a special view on the M2 zone, Research Project No. 0275-11-87 (in Persian).
- Amirshahkarami, M., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2007. Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin, Iran: Journal of Asian Earth Sciences, v. 9(5-6), p. 947-959.
- Aqrabi, A.A.M., Keramati, M., Ehrenberg, S.N., Pickard, N., Moallemi, A., Svana, T., Darke, G., Dickson, J.A.D. and Oxtoby, N.H., 2006. The origin of dolomite in the Asmari Formation (Oligocene-Lower Miocene), Dezful embayment, SW Iran, Journal of Petroleum Geology, v. 29(4), p. 381-402.
- Arzani, A., Hosseinifar, M. and Ashtari Takhlestani, A., 2013. Structural interpretation, seismic inversion and spectral analysis of the Asmari reservoir in the Kupal field, National Iranian South Oil Company, Report No. P-8163 (in Persian).
- Buck, S.G., 1991. Ahvaz reservoir characterisation study, Schlumberger- NIOC (unpubled report).
- Burchette, T.P. and Wrigh, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional system, In: Sedimentary Geology, v. 79, p. 3-57.
- Buxton, M.W.N. and Pedley, M.H., 1989. A standardized model for Tethyan carbonates ramps: J. Geol. Sco. London, v. 146, p. 746-748.
- Choquette, P.W. and Pray, L.C., 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates, Bull. Am. Ass. Petrol. Geology, v. 54, p. 207-250.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique in thin section: Nature, verlag 205, 587 p.
- Dill, M.A., Seyrafian, A. and Vaziri-Moghaddam, H., 2010. The Asmari formation, north of the Gachsaran (Dill anticline), Southwest Iran: Facies analysis, depositional environments and sequence stratigraphy: Carbonates and Evaporites, v. 25(2), p.145-160.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 1, p. 108-121.
- Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqrabi, A.A.M., McArthur, J.M. and Thirlwall, M.F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the asmari formation (Oligocene - Lower Miocene), SW Iran: Journal of Petroleum Geology, v. 30(2), p. 107-128.

- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, Springer Verlag, New York, 996 p.
- Folk, R.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 182 p.
- Gomes, J.S., Riberio, M.T., Strohmenger, C.J., Negahban, S. and Kalam, M.Z., 2008. Carbonate reservoir rock typing the link between geology and SCAL. SPE paper 118284.
- Gunter, G.W., Finneran, J.M., Hartmann, D.J. and Miller, J.D., 1997. Early determination of reservoir flow units using an integrated petrophysical method, SPE 38679, Annual Technical Conference and Exhibition, p. 373-380.
- Honarmand, J. and Amini, A., 2012. Diagenetic processes and reservoir properties in the ooid grainstones of the Asmari Formation, Cheshmeh Khush Oil Field, SW Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 81, p. 70-79.
- Honarmand, J., 2013. Sedimentological and diagenetic factors controlling the reservoir quality of Asmari Formation in Cheshmeh-Khoosh oil field. PhD Thesis, University of Tehran (in Persian).
- Jafarzadeh, M. and Hosseini-Barzi, M., 2008. Petrography and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member of Asmari Formation, Zagros, Iran: implication on provenance and tectonic setting. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 25(2), p. 247-260.
- James, G. and Wynd, J., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area: AAPG Bulletin, v. 49(12), p. 2182-2245.
- Kavoosi, M.A. and Sherkati, Sh., 2012. Depositional environments of the Kallhur Member evaporate and tectonosedimentary evolution of the Zagros fold-thrust belt during Early Miocene in south westernmost of Iran, *Journal of Carbonates and Evaporites*, v. 26, p. 87-96.
- Laursen, G.V., Monibi, S., Allan, T.L., Pickard, N.A., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van-Buchem, F.S.P., Moallemi, A. and Druillion, G., 2009. The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation: Shiraz, First International Petroleum Conference & Exhibition, European Association of Geoscientists and Engineers.
- Laursen, G., Allen, T., Tahmasbi, A., Karimi, Z., Monibi, A., Vincent, B., Moallemi, A. and Van Buchem, F., 2006. Reassessment of the age of the Asmari formation, Iran, *Abstract, Forums*, p. 10-15.
- Lonoy, A., 2006. Making sense of carbonate pore systems: AAPG Bulletin, v. 90(9), p. 1381-1405.
- Lucia, F.J., 1999. *Carbonate Reservoir Characterization*, New York, Springer-Verlag, 226 p.
- Lucia, F.J., 2007. *Carbonate reservoir characterization*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 341 p.
- Machel, H.G., 1993. Anhydrite nodules formed during deep burial, *Journal of Sedimentary Research*, v. 63(4), p. 659-662.
- Machel, H.G., 2005. Investigations of burial diagenesis in carbonate hydrocarbon reservoir rocks, *Geo Science Canada*, <http://calbears.findarticles.com/p/articles/mimoQQS/is-3-32/ai-n15950862/pg-31>.
- Mazullo, S.J., 2004. Overview of porosity evolution in carbonate reservoirs. *Kansas Geological Society Bulletin*, v. 79(1), p. 22-28.
- Mc Coard, D.R., 1974. Regional geology of the Asmari of Ahwaz and Marun area. (un pub).
- Mehdipour, Z., 2012. sequence stratigraphy and reservoir quality of Asmari formation in Shadgan oil field. MSc thesis, Faculty of Geology, University of Tehran (in Persian).
- Moore, C.H., 2001. Carbonate reservoirs porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework: Elsevier, 444 p.
- Mossadegh, Z.K., Haig, D.W., Allan, T., Adabi, M.H. and Sadeghi, A., 2009. Salinity changes during Late Oligocene to Early Miocene Asmari Formation deposition, Zagros Mountains, Iran: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 272(1-2), p. 17-36.
- Motiei, H., 1372. *Geology of Iran - Stratigraphy of Zagros*, Publications of the Organization of Geology and Mineral Exploration of the Country, 583 p (in Persian).
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987. *Sand and Sandstone*: Berlin, Springer-Verlag, 553 p.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*, Harper and Row, New York, 628 p.
- Sadeghi, R., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2011. Microfacies and sedimentary environment of the Oligocene sequence (Asmari Formation) in Fars sub-basin, Zagros

- Mountains, southwest Iran: *Facies*, v. 57(3), p. 431-446.
- Schlager, W., 2005. Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy, SEPM, concepts in Sedimentology and Paleontology Series 8, 200 p.
- Seyrafian, A., 2000. Microfacies and depositional environments of the Asmari Formation, at Dehdez area (a correlation across Central Zagros Basin): *Carbonates and Evaporites*, v. 15(2), p. 121-129.
- Seyrafian, A. and Mojikhalifeh, A., 2005. Biostratigraphy of the Late Paleogene- Early Neogene succession, north-central border of Persian Gulf, Iran: *Carbonates and Evaporites*, v. 20(1), p. 91-97.
- Sinha-Roy, S., 2002. Kinetics of differentiated stylolite formation. *Current Science*, v. 82, p. 1038-1046.
- Statoil, 2002. Sedimentology, stratigraphy, and reservoir quality of the Asmari Formation in Marun Field, NIOC internal report (unpublished).
- Tucker, M. and Wright, V.P., 1990. *Carbonate Sedimentology*, Black-well Scientific Publications, Oxford, 482 p.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. and Thompson, S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level; Part 4, Global cycles of relative changes of sea level: *AAPG Memoir*, v. 26, p. 83-97.
- Vaziri-Moghaddam, H., Kimiagari, M. and Taheri, A., 2006. Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran: *Facies*, v. 52(1), p. 41-51.
- Wanless, H.R., 1979. Limestone response to stress: Pressure solution and dolomitization, *J. S. P.*, v. 55, p. 407-420.
- Warren, J.K., 2000. Dolomite: occurrence, evolution, and economically important associations. *Earth-Science Reviews*, v. 52, p. 1-18.
- Wigley, T.M.L., 1973. Chemical evolution of the system calcite- gypsum water. *C. J. E. S.*, v. 10, p. 306-315.
- Wilson, A., Sanford, W., Whitaker, F. and Smart, P., 2001. Spatial patterns of diagenesis during geothermal circulation in carbonate platforms, *American Journal of Science*, v. 301, p. 727-752.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, New York, 471 p.