

# فاکتورهای کنترل کننده بافت‌های مختلف انیدریتی و ارتباط آن با کیفیت مخزنی در مخزن آسماری میدان نفتی اهواز

نسترن آزادبخت<sup>(۱\*)</sup>، محمدحسین آدابی<sup>۲</sup>، محبوبه حسینی برزی<sup>۳</sup>، عباس صادقی<sup>۴</sup>، آرمین امیدپور<sup>۵</sup> و نسیم آزادبخت<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه

شهید بهشتی، تهران

۲. استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۴. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۵. کارشناس ارشد، شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز

۶. کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت، اهواز

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۲

## چکیده

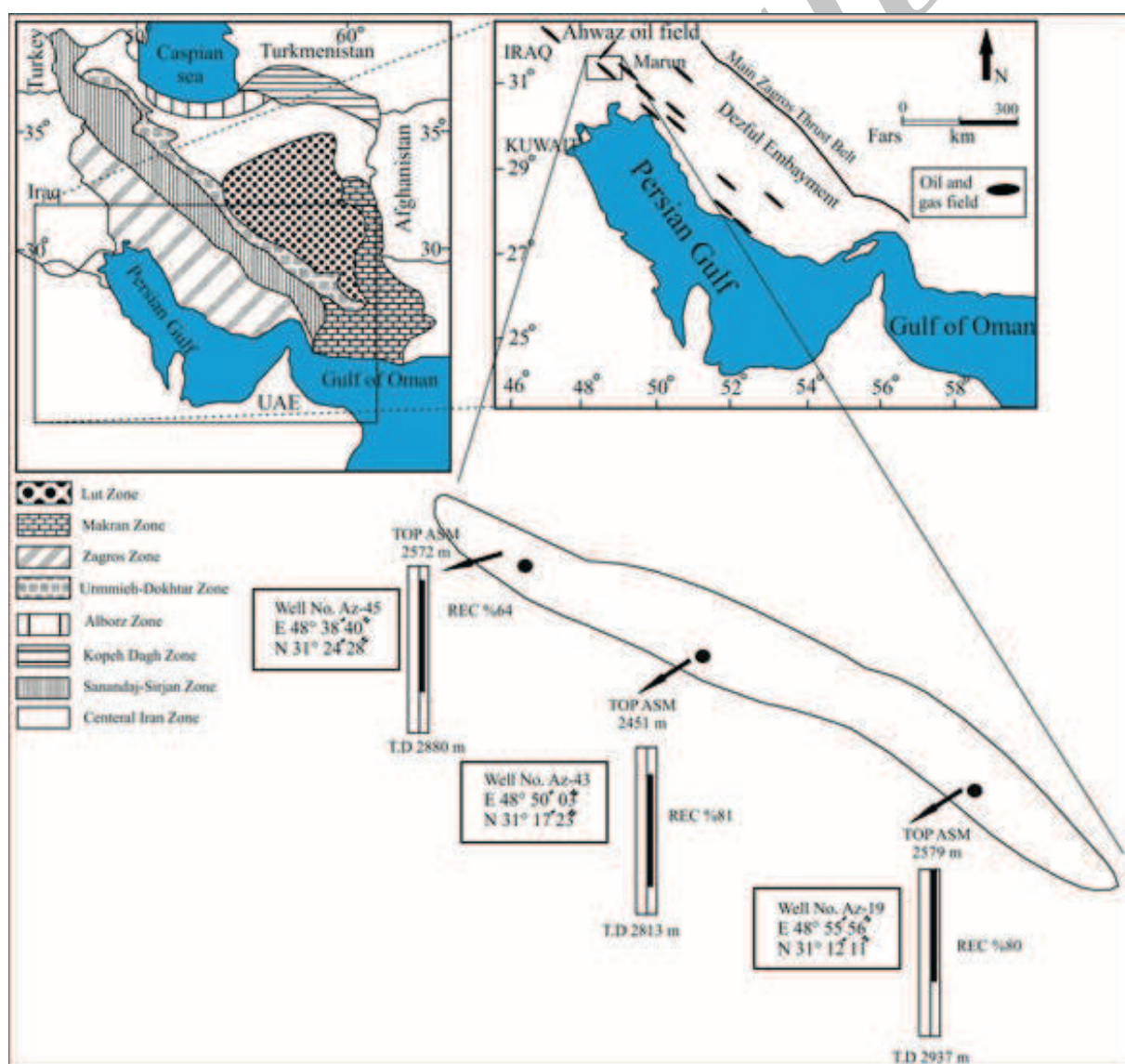
فرآیندهای دیاژنزی مختلفی کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی اهواز در چاه شماره ۱۹ به ضخامت ۳۵۷ متر و لیتولوژی آهک، دولومیت، آهک دولومیتی، دولومیت آهکی، دولومیت آهکی ماسه‌ای، ماسه‌سنگ آهکی و ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی ۱۱۰۰ مقطع نازک از مغزه‌های موجود از این چاه و نیز داده‌های رقومی چاه و تخلخل و تراوایی مغزه‌ها مهم‌ترین این فرآیندها را تشکیل می‌دهد. سیمان و بافت‌های مختلف انیدریتی نشان می‌دهد که به ترتیب فراوانی به صورت پویکیلتوپیک، پرکننده تخلخل و فراگیر، ندولی، پرکننده شکستگی و بلورهای پراکنده تبخیری و رگچه‌ای مشاهده می‌شوند. این بافت‌ها طی مراحل مختلف دیاژنزی، به صورت جانشینی و نیز پرکننده تخلخل (سیمان)، انواع رخساره‌ها را به درجات متفاوتی متاثر ساخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سیمان انیدریتی عمدتاً در رخساره‌های دولومیتی و ماسه‌سنگی تشکیل شده و بر کیفیت مخزنی آن‌ها تاثیر به‌سزایی داشته است که بیان‌گر تاثیر شوره‌های غنی از سولفات در فرایند دولومیتی شدن نیز می‌باشد. این در حالی است که در رخساره‌های آهکی، حضور سیمان انیدریتی به صورت پراکنده و خیلی اندک بوده و به همین سبب تاثیری بر روی کیفیت مخزنی آن‌ها نداشته است. هر چند بافت حفره پرکن و فراگیر انیدریت با پرکردن تمامی فضاهای خالی در رخساره‌های دولوگریستونی و دولوپکستونی دانه پشتیبان طی تدفین کم عمق کیفیت مخزنی آن‌ها را به شدت کاهش داده اما با انحلال این سیمان در مراحل بعدی دیاژنزی (ایجاد تخلخل ثانویه) کیفیت مخزنی بهبود یافته است. همچنین با انحلال بافت انیدریت پویکیلتوپیک در رخساره‌های ماسه‌سنگی و تبدیل آن به انیدریت پویکیلتوپیک با توزیع نامنظم و تکه‌ای تخلخل کاهش می‌یابد ولی سایز گلوگاه‌ها را تغییر نمی‌دهد بنابراین بافت تکه‌ای انیدریت پویکیلتوپیک با کم کردن تخلخل نمونه را از کلاس ۲ لوسیا به کلاس یک تبدیل می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سازند آسماری، بافت‌های انیدریتی، شوره‌های غنی از سولفات، کیفیت مخزنی، دیاژنزی.

## مقدمه

شروع و تا آشکوب بوردیگالین (میوسن پیشین) ادامه می‌یابد. با توجه به این که رسوبات تبخیری در ایران و خصوصاً در حوضه نفت خیز جنوب غرب ایران (حاشیه شمالی پلیت عربی) غالباً با رسوبات کربناته همراه هستند، مطالعه محیط رسوبی، دیاژنز و کیفیت مخزنی کربنات‌ها بدون توجه به نقش تبخیری‌ها ممکن نبوده و برای درک این مسائل نیاز مبرم به مطالعه و شناخت رسوبات تبخیری همراه وجود دارد. از طرف دیگر تبخیری‌ها مهم‌ترین عواملی هستند که در کنترل کیفیت مخزنی مخازن کربناته می‌توانند موثر باشند (Flugel, 2010; Cai-neng et al., 2008). تاثیر عمده این فرآیندها در افزایش یا کاهش کیفیت مخزنی با توجه به نوع رخساره‌ها و نیز نوع و شدت این فرآیندها می‌تواند متفاوت باشد. از جمله مهم‌ترین این فرآیندها تشکیل سیمان انیدریتی و بافت‌های مختلف انیدریتی در مخزن است. طبیعتاً گسترش انیدریت به‌ویژه به‌صورت سیمان حفره پرکن بر

میدان نفتی اهواز دارای تاقدیسی به طول ۶۷ کیلومتر و عرض ۴ تا ۶ کیلومتر است که روند شمال غربی - جنوب شرقی آن به موازات رشته‌کوه‌های زاگرس است و بین طول‌های جغرافیایی ۴۸ و ۴۹ درجه شرقی و عرض‌های ۳۱ و ۳۲ درجه شمالی قرار دارد (مطیعی، ۱۳۷۲) (شکل ۱). تاقدیس اهواز کم و بیش متقارن است و 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 از ۵ تا ۱۰ درجه و گاهی تا مرز ۲۰ درجه می‌رسد (مطیعی، ۱۳۷۲). سازند آسماری میدان نفتی اهواز در سال ۱۹۷۴ میلادی (۱۳۵۳ شمسی) بر اساس مطالعه Mc Cord (1974) به ده زون مختلف مخزنی بر اساس خصوصیات مخزنی و سنگ‌شناسی تقسیم گردید. سن سازند آسماری از الیگوسن



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی میدان نفتی اهواز که در خط القعر بزرگ ناودیس آسماری قرار دارد و یال شمالی آن تا نواحی مسجد سلیمان و یال جنوبی آن به سمت خلیج فارس و کویت کشیده می‌شود. با تغییرات از (Jafarzadeh and Hosseini Barzi, 2008)

می‌شود.

### رخساره دولومیکرایت<sup>۱</sup>

این رخساره عمدتاً در آسماری فوقانی به‌خصوص در زون A<sub>1</sub> مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های عمده این میکروفاسیس، ریز بلور بودن آن می‌باشد. (شکل ۳ A). گاهی ذرات سیلت با منشا بادی نیز در آن مشاهده می‌شود. لایه‌بندی ظریفی که در آن دیده می‌شود به دلیل تجمع قشرهای جلبکی می‌باشد. شواهد فوق حاکی از تشکیل این دولومیت‌ها در محیط سبخایی است که دارای ندول و لکه‌های انیدریتی فراوان می‌باشند. (Adabi, 2009) در این رخساره، استیلولیت، درزه و شکستگی به‌فراوانی یافت می‌شود و عمده درزه‌ها با انیدریت پر شده‌اند. این رخساره را می‌توان معادل میکروفاسیس‌های کمر بند رخساره‌ای شماره ۹ (Wilson 1975) و میکروفاسیس SMF23, RMF19 (Flugel 2010) در نظر گرفت و مربوط به بالای پهنه جزر ومدی<sup>۲</sup> یا رمپ داخلی Bur-chette and Wright (1992) است. این میکروفاسیس دارای حجم بالایی از انیدریت است و تخلخل‌های موجود در این رخساره عمدتاً با پلاگ‌های انیدریت پر شده‌اند. کیفیت مخزنی خوب این میکروفاسیس به دلیل گسترش شکستگی‌های فراوان می‌باشد. فراوانی ذرات کوارتز آواری در این رخساره متنوع است. رخساره هیبرید سندی دولومیکرایت<sup>۳</sup> و دولومیکریتیک سنداستون<sup>۴</sup> می‌باشد (Mount, 1985).

### رخساره مادستون آهکی دولومیتی شده<sup>۵</sup>

این رخساره شامل مادستون (گل کربناته) با فراوانی ساخت چشم پرنده‌ای (فنسترال) بوده که فاقد هر گونه آلومک یا فسیل و همچنین فاقد هر گونه لامیناسیون می‌باشد (شکل ۳ B). این رخساره نسبت به رخساره دولومیکرایت در قسمت‌هایی از سبخا که به‌طرف دریا واقع است (نزدیک دریا) تشکیل می‌شود. بیشترین گسترش این رخساره در قسمت‌های بالایی سازند آسماری و در زون A1 و A3 می‌باشد. این رخساره معادل میکروفاسیس کمر بند رخساره‌ای شماره ۹ (Wilson 1975) و میکروفاسیس RMF23 و SMF21 (Flugel 2010) است و مربوط به بالای پهنه جزر و مدی یا رمپ داخلی (Burchette and Wright 1992) می‌باشد. از نظر کیفیت مخزنی این رخساره یکی از ضعیف‌ترین رخساره‌ها محسوب می‌شود به‌طوری که تخلخل در آن توسعه زیادی ندارد و بیشتر فنسترال‌ها با انیدریت پر شده‌اند. ندول و لکه‌های انیدریتی در این رخساره معمول است. گاهی ذرات کوارتز آواری در این رخساره تا حدود ۱۰ درصد می‌رسد. این رخساره معادل رخساره هیبرید سندی مادستون<sup>۶</sup> می‌باشد (Mount, 1985).

کیفیت مخزنی تاثیرگذار است. با این حال، انحلال‌پذیری بیشتر این سیمان نسبت به سایر سیمان‌ها (کلسیتی و دولومیتی) و نیز گسترش آن به‌صورت بافت‌ها و اشکال مختلف در مخزن، تفسیر اثرات این سیمان را بر کیفیت مخزنی انواع رخساره‌های مخزنی پیچیده می‌سازد. این موضوع اهمیت بررسی تاثیر این سیمان و نیز بافت‌های مختلف آن را بر کیفیت مخزنی مشخص می‌نماید. هدف از این مطالعه شناسایی انواع مختلف بافت‌های انیدریتی در مخزن و اثرات آن بر کیفیت مخزنی انواع رخساره‌های مخزن سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز است. سازند آسماری در این مقطع دارای ۳۵۷ متر ضخامت است و به سه بخش آسماری پایینی (۱۳۱ متر)، آسماری میانی (۱۷۱ متر) و آسماری بالایی (۵۵ متر) تقسیم شده است (کریمی مصدق، ۱۳۸۸). در این مقطع فاصله مغزه‌گیری از عمق ۲۵۷۵ تا ۲۹۳۷ متری بوده که طول مغزه‌ها ۳۶۲ متر و میزان بازیافت حدود ۳۰۰ متر (۸۰٪) می‌باشد (شکل ۲).

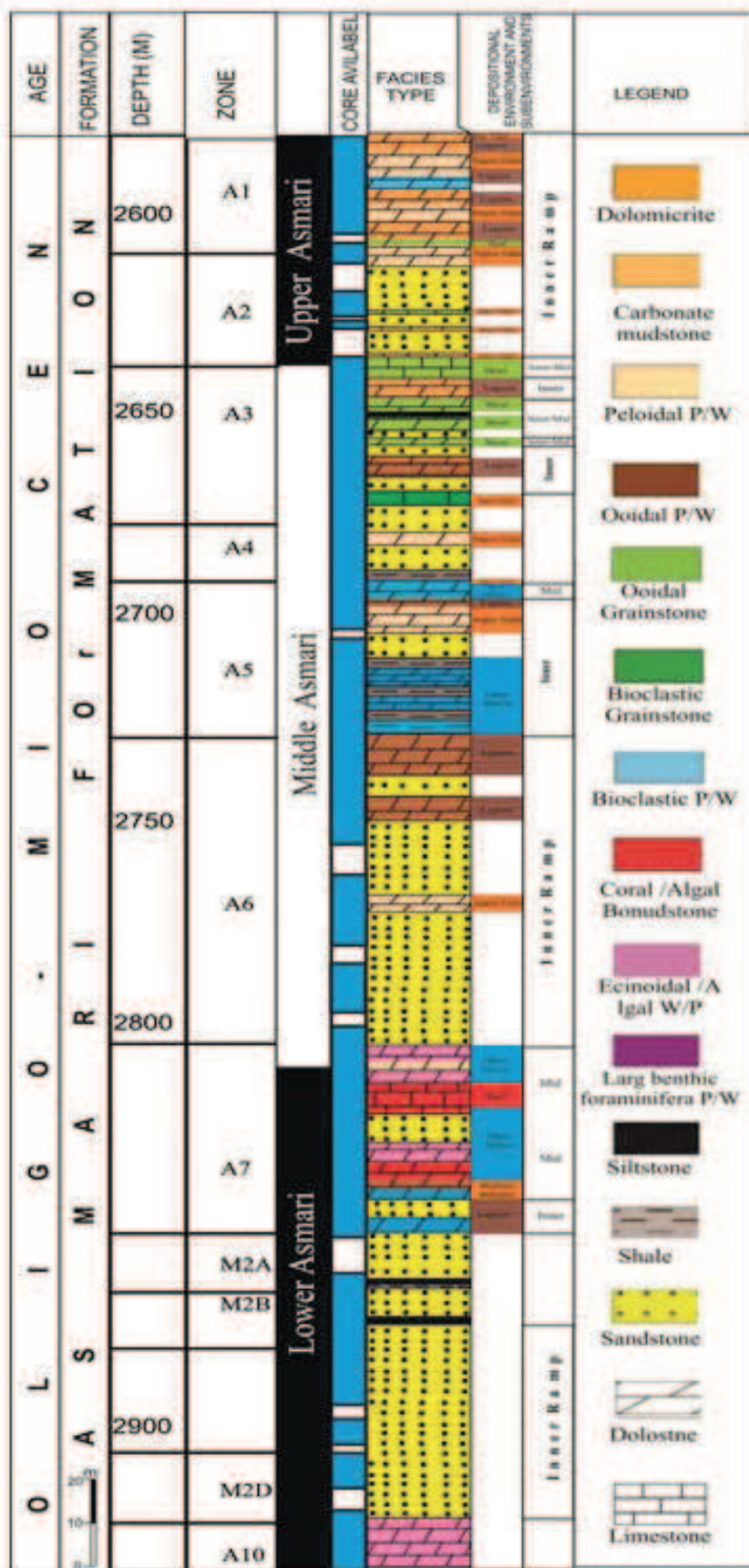
### روش مطالعه

در این مطالعه که بر روی سازند آسماری چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز صورت گرفته است، شناسایی انواع رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی حاکم بر آن‌ها با استفاده از مطالعات مقطع نازک میکروسکوپی (حدود ۱۱۰۰ مقطع) مغزه‌ها انجام شده است. انواع رخساره‌های میکروسکوپی بر اساس روش Dunham (1962) همراه با تغییراتی نام‌گذاری شدند. در تعیین محیط رسوبی رخساره‌های میکروسکوپی نیز از طبقه‌بندی (Wilson 1975) و (Buxton and Pedley 1989) استفاده شد. به‌منظور تفکیک رخساره‌های آهکی از دولومیتی کلیه مقاطع نازک با محلول آلزاین قرمز به روش (Dickson 1965) رنگ‌آمیزی شدند. به‌منظور تعیین درصد حجمی انیدریت در چاه مورد مطالعه از نرم افزار ژئولاگ استفاده شد. در این مطالعه تقسیم‌بندی بافت‌های انیدریتی بر اساس (Lucia 1999) و با تغییرات جزئی انجام شده است. علاوه بر بافت‌های اصلی معرفی شده توسط لوسیا تعدادی بافت‌های فرعی و با اهمیت کمتر نیز در مخزن شناسایی و معرفی گردید. در بررسی ویژگی‌های مخزنی انواع رخساره‌ها، از نمودار پتروفیزیکی (Lucia 1999)، بر اساس داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه چاه شماره ۱۹ استفاده گردید.

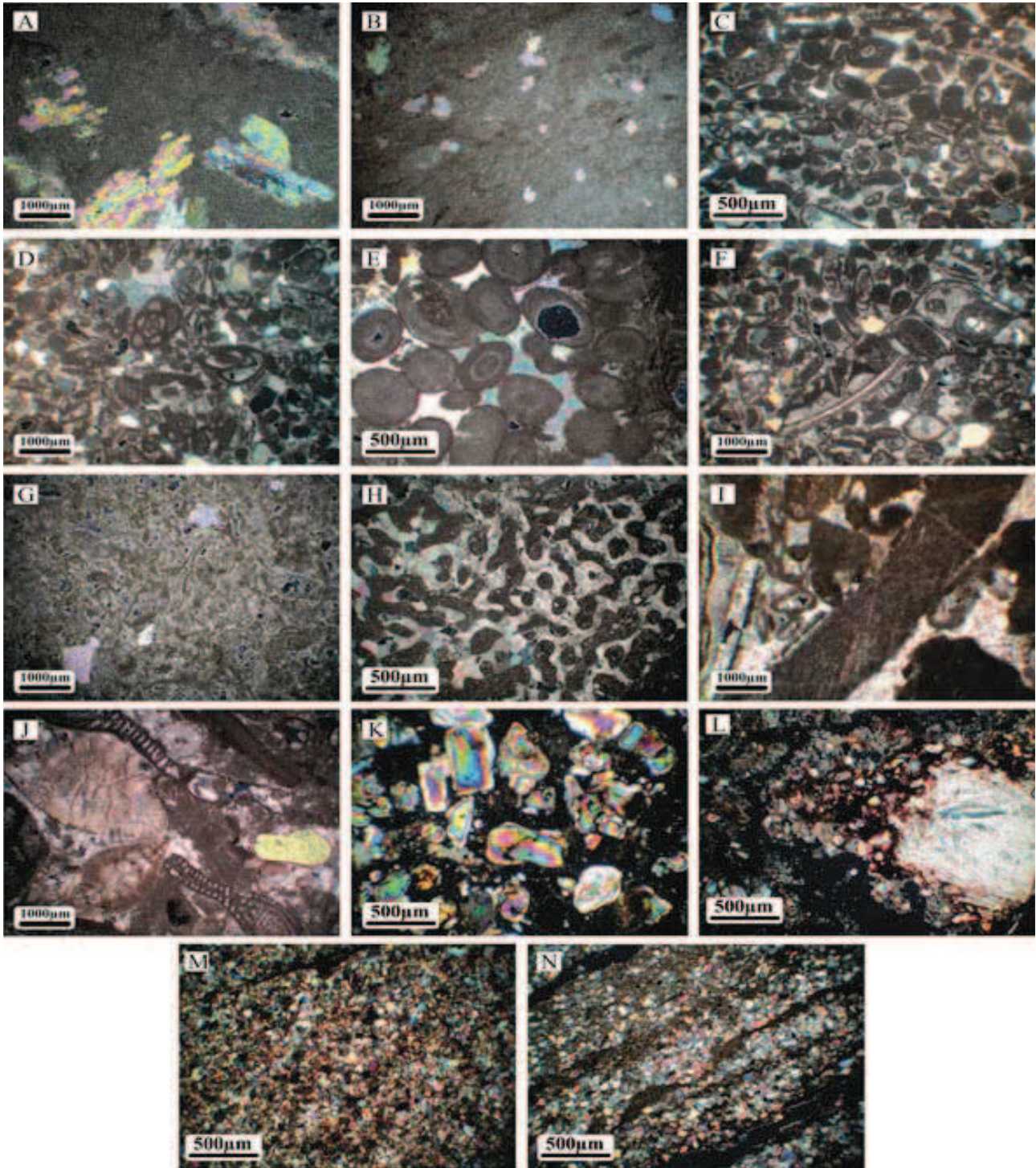
### رخساره‌ها و محیط رسوبی

پیش از بررسی انواع بافت‌های انیدریت و تاثیر آن‌ها بر کیفیت مخزنی ابتدا به شرح مختصری در ارتباط با انواع رخساره‌های میکروسکوپی موجود در مخزن که به‌نظر می‌رسد در گسترش دیاژنر نقش یک کنترل کننده عمده را بازی می‌کنند پرداخته

- 1- Dolomicrite
- 2- Supratidal
- 3- Sandy dolomicrite
- 4- Dolomitic sandstone
- 5- Dolomitic limy mudstone
- 6- Sandy mudstone



شکل ۲. توالی رسوبی سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز.



شکل ۳. رخساره های شناسایی شده در مخزن مورد مطالعه. (A) رخساره دولومیکرایت دارای گرهک‌های انیدریت، (B) رخساره مادستون آهکی دارای قالب بلورهای تبخیری، (C) رخساره پکستون/گرینستون پلوئیددار، (D) رخساره پکستون میلیولیددار، (E) رخساره گرینستون اییددار، (F) رخساره گرینستون خرده اسکلتی دار، (G) رخساره وکستون/پکستون خرده اسکلتی دار، (H) رخساره بانداستون مرجانی-جلبکی، (I) رخساره گرینستون اکنیوید-جلبک دار، (J) رخساره پکستون/وکستون فرامینیفرهای بنتیک بزرگ، (K) رخساره کوارتزآرنایت، (L) رخساره کوارتز وکی، (M) رخساره سیلستونی، (N) رخساره شیلی.

انیدریت با پر کردن فضای بین پلوئیدهای دولومیتی شده، موجب اتصال آنها به هم شده است. این رخساره بیشتر در بخش‌هایی از زون‌های  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  مشاهده می‌شود. این رخساره فاقد تخلخل

**رخساره پکستون تا گرینستون پلوئیددار دولومیتی شده<sup>۱</sup>**  
 پلوئید آلوم اصلی این رخساره محسوب می‌شود و در بعضی موارد اینتراکست نیز مشاهده می‌گردد (شکل ۳ C). همچنین

دارد. این رخساره دارای مشخصاتی شبیه میکروفاسیس کمر بند رخساره‌ای شماره ۳ (Buxton and Pedley 1989) است و به بخش سد یا بار<sup>۶</sup> نسبت داده می‌شود که معرف بخش انتهایی رمپ داخلی می‌باشد. تمرکز این رخساره در زون A<sub>3</sub> می‌باشد. از نظر مخزنی این رخساره دارای کیفیت متغیری است در جاهایی که در آن سیمانی شدن توسعه پیدا کرده است کیفیت مخزنی کاهش چشمگیری یافته است و بر عکس در جاهایی که سیمان توسعه نیافته باعث حفظ شدن تخلخل‌های بین دانه‌ای گردیده است. نرخ دولومیتی شدن در این رخساره خیلی بالاست. گاهی ذرات کوارتز آواری در این رخساره تا حدود ۱۰ درصد می‌رسد. این رخساره معادل رخساره هیبرید سندی دولوآلیتیک گرینستون<sup>۷</sup> می‌باشد (Mount, 1985).

### گرینستون خرده اسکلتی دار دولومیتی شده<sup>۸</sup>

در این رخساره، خرده‌های اسکلتی، آلوکم اصلی محسوب شده و خرده‌های جلبک به رنگ قهوه‌ای و فرامینفرهای روتالیا نیز در آن مشاهده می‌شود (شکل ۳ F). به ندرت قطعات دوکفه‌ای و اکیونید نیز در آن دیده می‌شود. این رخساره معادل رخساره کمر بند رخساره‌ای شماره ۳ (Buxton and Pedley 1989) در نظر گرفته شده است و به بخش سد یا بار نسبت داده می‌شود که معرف بخش انتهایی رمپ داخلی می‌باشد. تمرکز این رخساره در مجاورت میکروفاسیس گرینستون آئیدی در زون A<sub>3</sub> مشاهده می‌شود. از نظر مخزنی این رخساره نیز وضعیتی مشابه رخساره قبل دارد به طوری که در جاهایی که در آن سیمانی شدن توسعه پیدا کرده است کیفیت مخزنی کاهش چشمگیری یافته است و بر عکس در جاهایی که سیمان توسعه نیافته باعث حفظ شدن تخلخل‌های بین دانه‌ای گردیده است. سیمان انیدریتی پویکیلو تویپیک در این رخساره معمول است. میزان دولومیتی شدن در این رخساره بالاست. گاهی ذرات کوارتز آواری در این رخساره تا حدود ۱۰ درصد می‌رسد. این رخساره معادل رخساره هیبرید سندی دولوبایوکلاست گرینستون<sup>۹</sup> می‌باشد (Mount, 1985).

### وکستون تا پکستون خرده اسکلتی دار<sup>۱۰</sup>

قطعات آلوکم بیشتر شامل جلبک قرمز، صدف دوکفه‌ای و میلیولید می‌باشند. دولومیتی شدن در این رخساره اغلب به صورت انتخاب کننده فابریک صورت گرفته است (شکل ۳ G). این رخساره دارای مشخصات سنگ‌شناسی مشابه با میکروفاسیس‌های کمر بند رخساره‌ای شماره ۴ (Buxton and Pedley 1989)

مفید و از بخش‌های فاقد کیفیت مخزنی محسوب می‌شود. این رخساره معادل میکروفاسیس کمر بند رخساره‌ای شماره ۸ Wilson (1975) و میکروفاسیس RMF24 Flugel (2010) می‌باشد و به پهنه جزر و مدی و به رمپ داخلی Burchette and Wright (1992) نسبت داده می‌شود. نرخ دولومیتی شدن در این رخساره زیاد می‌باشد. سیمان انیدریتی فراگیر و پرکننده تخلخل در این رخساره معمول است. گاهی ذرات کوارتز آواری در این رخساره تا حدود ۱۰ درصد میرسد. این رخساره معادل رخساره هیبرید سندی دولو پلوئیدال پکستون/گرینستون<sup>۱</sup> می‌باشد (Mount, 1985).

### رخساره وکستون تا پکستون میلیولید دار<sup>۲</sup>

در این رخساره فرامینفر بتتیک از نوع میلیولیدها نسبت به سایر فرامینفرها بیشتر مشاهده می‌شود. آلوکم اصلی در زمینه میکراتیتی، فرامینفرهای بتتیک از نوع میلیولید می‌باشد (شکل ۳ D). از دیگر آلوکم‌های موجود در این میکروفاسیس می‌توان به خرده‌های اسکلتی، قطعات اکینودرم و خرده‌های جلبک و گاهاً دانه‌های پلوئید، اشاره کرد. گاهی اوقات تخلخل قالبی و بین دانه‌ای در آن به طور پراکنده دیده می‌شود. این معادل رخساره کمر بند رخساره‌ای شماره ۲ (Buxton and Pedley 1989) در نظر گرفته شده و به بخش لاگون<sup>۳</sup> نسبت داده می‌شود. این رخساره معرف شرایط محیطی رمپ داخلی می‌باشد. بیشترین گسترش این رخساره در زون‌های A<sub>3</sub> و A<sub>5</sub> است. این رخساره نیز جزو رخساره‌های با کیفیت مخزنی پایین محسوب می‌شود. نرخ دولومیتی شدن این رخساره زیاد می‌باشد. سیمان انیدریتی فراگیر و پرکننده تخلخل در این رخساره معمول است. گاهی ذرات کوارتز آواری در این رخساره تا حدود ۱۰ درصد می‌رسد. رخساره هیبرید سندی دولو میلیولید وکستون / پکستون<sup>۴</sup> است (Mount, 1985).

### دولوگرینستون آئیدی<sup>۵</sup>

آلوکم اصلی این رخساره آئید است. از دیگر آلوکم‌ها می‌توان به فرامینفرهای نوع میلیولید و قطعات دوکفه‌ای اشاره کرد (شکل ۳ E). گاهی اوقات مقدار فرامینفرهای میلیولید و قطعات دوکفه‌ای و سایر فرامینفرها غالب شده و میکروفاسیس‌های گرینستون فرامینفر دار، گرینستون میلیولید دار و گرینستون دوکفه‌ای دار را تشکیل می‌دهد و عموماً در زون A<sub>3</sub> یافت می‌شود. در این رخساره سیمان انیدریت پویکیلو تویپیک گسترش زیادی دارد. در این رخساره دولومیتی شدن نیز گسترش زیادی

- 1- Sandy dolo peloidal packstone/grainstone
- 2- Miliolid wackestone/packstone
- 3- Lagoon
- 4- Sandy dolo milliolid wackestone/ packstone
- 5- Dolo oolitic grainstone
- 6- bar
- 7- Sandy dolo oolitic grainstone
- 9- dolobioclastic grainstone
- 9- Sandy dolo bioclastic grainstone
- 10- Bioclastic wackestone/packstone

انیدریتی این رخساره از نوع پویکیلو توپیک می باشد.

### پکستون تا وکستون حاوی فرامینفرهای بنتیک بزرگ<sup>۵</sup>

این رخساره با فرامینفرهای بنتیک بزرگ از نوع لپیدوسیکلینا<sup>۶</sup> و گاهی اپرکولینا<sup>۷</sup> مشخص می شود. عموماً حفرات درونی این فرامینفرها از کلسیت اسپاری پر شده است. در این رخساره فسیل های بریوزوئر و کرینوئید نیز مشاهده می شود (شکل ۳ J). این رخساره از سازندگان اصلی آسماری زیرین است ولی در چاه مطالعه شده در میدان اهواز گسترش چندانی ندارد و تنها در زون های  $M_2$  و  $A_{10}$  مشاهده می شود. از نظر مخزنی نیز این میکروفاسیس به دلیل محتوای رس بالا و تراکم فیزیکی زیاد فاقد تخلخل قابل توجه است لذا جزو میکروفاسیس های با کیفیت مخزنی خوب محسوب نمی شود. مشخصات سنگ شناسی این رخساره مشابه رخساره های کمر بند رخساره ای شماره ۷ Buxton and Pedley (1989) است که در بالای سطح اساس امواج طوفانی تشکیل می شوند. بر این اساس این رخساره به شرایط محیطی بخش انتهایی رمپ میانی نسبت داده می شود. میزان دولومیتی شدن این رخساره ناچیز است.

### پتروفاسیس های سازند آسماری

به دلیل این که در تشخیص رخساره های سنگی بخش های آواری عمدتاً از مطالعات پتروگرافی (میکروسکوپ پلاریزان) استفاده گردید لذا به تبعیت از تعاریف ارائه شده Reading, 1996; Tuck-er (1991). مجموعه سنگ های آواری با مشخصات یکسان قابل تشخیص در زیر میکروسکوپ، تحت عنوان رخساره های سنگی پتروگرافیکی<sup>۸</sup> و یا به اختصار پتروفاسیس<sup>۹</sup> نامیده شده اند. در توصیف پتروفاسیس ها بر فراوانی و نوع ذرات اصلی و فرعی، وجود یا نبود ماتریکس و در مواردی نوع ماتریکس تاکید شده است. در نام گذاری پتروفاسیس ها از طبقه بندی Pettijohn et al. (1987) استفاده گردیده است. در طی این بررسی تعداد ۴ پتروفاسیس که تغییر تدریجی بین آن ها نیز در برخی نمونه ها دیده می شود تعیین گردید که به شرح زیر توصیف می گردند.

### کوارتز آرنایت<sup>۱۰</sup>

این پتروفاسیس عمدتاً از کوارتز دانه ریز تشکیل شده است ولی گاهی دانه های ناپایدار و نیمه پایدار سنگی و فلدسپار نیز در آن دیده می شوند. همچنین آثاری از کانی های تیره نیز در آن دیده می شود. سیمان آن عمدتاً کربناته (آهکی یا دولومیتی) و ماتریکس

است و به بخش ساب تایدال با عمق کم در رمپ میانی نسبت داده می شود. این میکروفاسیس در زون  $A_3$  در مقایسه با سایر زون ها بیشتر دیده می شود. از نظر تخلخل دارای کیفیت مخزنی متوسطی است ولی معمولاً به طور بین لایه ای در بین لایه های شیلی زون  $A_3$  قرار می گیرد که همین امر باعث کاهش کیفیت مخزنی آن گردیده است. سیمان انیدریتی این رخساره از نوع حفره پرکن و پویکیلو توپیک می باشد. رخساره های هیبرید سندی دولوبایو کلاست وکستون / پکستون<sup>۱</sup> می باشند (Mount, 1985).

### باندستون مرجانی - جلبکی<sup>۲</sup>

این رخساره از کانی مرجان ها و فرش های جلبکی ساخته شده است. در این رخساره اسکلت اصلی و چهارچوب سنگ را مرجان<sup>۳</sup> تشکیل می دهد (شکل ۳ H). در مقاطع مطالعه شده رخساره باندستون مرجانی دارای گسترش زیادی نمی باشد ولی فرش های جلبکی دارای گسترش بیشتری هستند. این رخساره معادل میکروفاسیس کمر بند رخساره ای شماره ۶ Buxton and Pedley (1989) در نظر گرفته شده است و به بخش ریف کومه ای و فرش های جلبکی نسبت داده می شود که به همراه میکروفاسیس های شماره ۷ و ۹ معرف بخش میانی محیط رمپ میانی می باشد و معادل میکروفاسیس استاندارد ۷ Flugle (2010) است و به ریف کومه ای پراکنده در سطح رمپ داخلی نسبت داده می شود. این رخساره عمدتاً در بخش هایی از زون  $A_7$  گسترش دارد و بسته به شرایط دیاژنزی از نظر مخزنی وضعیت بسیار متغیری دارد. سیمان انیدریتی در این رخساره از نوع فراگیر و پر کننده تخلخل می باشد.

### وکستون تا پکستون اکینوئید - جلبک دار<sup>۴</sup>

در این رخساره فراوانترین آلومک، اکینوئید و جلبک قرمز می باشد که گاهی میکرایتی شده اند. سایر اجزا کربناته تشکیل دهنده در آن بریوزوئر، فرامینفر بنتیک و خرده های اسکلتی به مقدار کمتر می باشد (شکل ۳ I). دولومیتی شدن در این رخساره به صورت انتخاب کننده فابریک فقط زمینه آن را دولومیتی کرده است. این رخساره فاقد تخلخل مفید می باشد و جزو فواصل فاقد کیفیت مخزنی محسوب می شود. این رخساره که فقط در آسماری میانی و زیرین در زون های  $A_7$  و  $M_{2a}$  مشاهده می شود، دارای مشخصات سنگ شناسی مشابه با میکروفاسیس های کمر بند رخساره ای شماره ۵ Buxton and Pedley (1989) است که معرف شرایط محیطی بخش میانی رمپ میانی می باشد. سیمان

- 1- Dolo bioclastic sandstone
- 2- Coral- algal bondstone
- 3- Coral
- 4- Wackestone/packstone bearing echinoidal-algae
- 5- Large benthic foraminifera wackestone/packstone
- 6- Lepidocyclina
- 7- Opercolina
- 8- Petrographic Lithofacies
- 9- Petrofacies
- 10- Quartz arenite

پتروفاسیس با توجه به سیمان رسی که دارد فاقد کیفیت مخزنی است. در این پتروفاسیس کانی‌های تیره و گل‌های کربناته و گاهی آثاری از خرده‌های فسیلی دیده می‌شود و در زون  $M_2$  به ضخامت کم مشاهده می‌شود. مجاورت این پتروفاسیس با شیل‌های حاوی گلوکونیت و پیریت در بخش تحتانی آسماری می‌تواند نشان دهنده ته‌نشست این پتروفاسیس در شرایط کم انرژی و نسبتاً عمیق‌تر در انتهای رمپ میانی باشد.

### شیل<sup>۳</sup>

در مطالعه سنگ‌های آواری دانه ریز در جایی که مقدار ذرات در اندازه سیلت بین  $3/12$  تا  $3/2$  باشد و بقیه ذرات در اندازه رس باشند و در صورت وجود تورق از لفظ شیل استفاده می‌گردد (Blatt et al., 1980). در این پتروفاسیس ذرات سیلت به وفور مشاهده می‌شود (شکل ۳ N). علاوه بر این کانی‌های تیره، بیتومین، خرده‌های فسیلی و گلوکونیت نیز مشاهده می‌گردد. وجود کانی‌های درج‌ازا مانند پیریت (شکل ۳ N) و همچنین وجود مواد آلی حاکی از ته‌نشست این پتروفاسیس در شرایط نسبتاً عمیق و نیمه احیایی در انتهای رمپ میانی است. این رخساره جزو رخساره‌های اصلی آسماری زیرین می‌باشد و عمدتاً در زون‌های  $A_{10}$  و  $A_{11}$  دیده می‌شود. البته این پتروفاسیس در زون  $A_3$  نیز مشاهده می‌گردد.

در نهایت با توجه به مطالب گفته شده و مطالعه دقیق مقاطع نازک مدل محیط رسوبی برای سازند آسماری در چاه مورد مطالعه مطابق شکل ۴ ارائه گردیده است.

### انواع بافت‌های انیدریت موجود در مخزن مورد مطالعه

در این بخش بافت‌های مختلف انیدریت موجود در مخزن به‌طور جداگانه توصیف می‌شوند. این بافت‌ها از نظر فراوانی و تاثیر بر روی کیفیت مخزنی شامل انواع با اهمیت و گسترش بیشتر در مخزن، شامل انیدریت لایه‌ای، سیمان انیدریتی پرکننده تخلخل و فراگیر، انیدریت پویکیلو تویپیک و انیدریت ندولی (شکل ۵) و نیز انواع با اهمیت کمتر شامل بلورهای تبخیری پراکنده و منفرد، سیمان انیدریت پرکننده شکستگی، رگچه‌های تبخیری و ندول‌های انیدریت دفنی است.

### انیدریت لایه‌ای<sup>۴</sup>

در ابتدا ژپس به‌صورت اولیه از حجم‌های آبی حوضه‌ها یا لاگون‌های محدود شده نهشته می‌شود و سپس در طی دیازنز به انیدریت بدل می‌گردد. این انیدریت به شکل لایه‌هایی با گسترش جانبی و با ضخامت چند سانتی‌متر تا چند ده متر است. علاوه بر ندول‌های به‌هم پیوسته، به‌صورت ساختمان لایه‌ای هم دیده

آن بسیار ناچیز می‌باشد (شکل ۳ K). در بخشی از مقاطع، سیمان سیلیسی بین دانه‌های کوارتز را پر کرده است. این پتروفاسیس در بخش‌های زیرین سازند آسماری فاقد سیمان می‌باشد. در این رخساره هیچ گونه آثار فسیلی مشاهده نمی‌شود. دانه‌های کوارتز عموماً نیمه زاویه‌دار تا گرد شده هستند و دارای جورشدگی نسبتاً خوبی می‌باشند. ماسه‌های مربوط به بخش پایینی آسماری ( $M_2$ ) دانه درشت‌تر و جورشدگی آنها بسیار بالاتر می‌باشد و میزان گسترش سیمان در آن‌ها نسبت به بخش‌های بالایی بسیار کمتر می‌باشد. زاویه‌دار بودن دانه‌های ماسه به علت خوردگی دانه‌ها به‌وسیله کربنات می‌باشد. از نظر بلوغ کانی‌شناسی و بلوغ بافتی، بالغ می‌باشند. رنگ نمونه‌ها از خاکستری تا قهوه‌ای سوخته متغیر است. مشخصات اصلی این رخساره نشان می‌دهد که در یک محیط پر انرژی تا متوسط با جریان مستمر مانند درون کانال نهشته شده است. این رخساره دارای بهترین کیفیت مخزنی در میان سایر رخساره‌های شناسایی شده در مخزن آسماری میدان اهواز می‌باشد. سیمان انیدریتی پویکیلو تویپیک در این رخساره رایج می‌باشد.

### کوارتز وکی<sup>۱</sup>

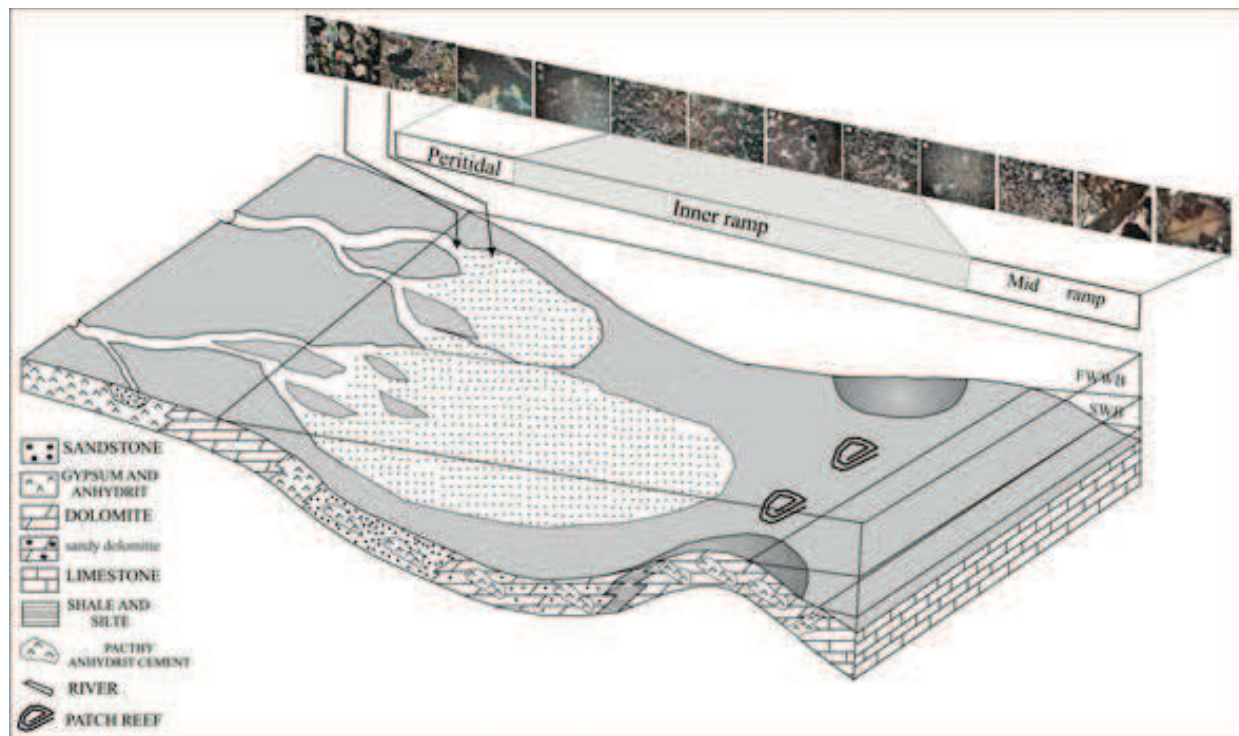
این پتروفاسیس یک گری وکی از نوع کوارتز وکی است. اندازه دانه‌های کوارتز ریز تا بسیار ریز می‌باشند. دانه‌های ماسه نیمه زاویه‌دار تا نیمه گرد شده می‌باشند و سنگ دارای جورشدگی ضعیف است (شکل ۳ L). از نظر بلوغ بافتی نابالغ هستند و دارای دو نوع ماتریکس رسی و آهکی است که ماتریکس آهکی از توسعه بیشتری برخوردار است. در پاره‌ای از موارد میزان ماتریکس آهکی به حدی زیاد می‌شود که سنگ ماهیت دو رگه به‌خود می‌گیرد. این پتروفاسیس به تدریج به مخلوط ماسه آهکی و با بالا رفتن میزان آهک به آهک ماسه‌ای تبدیل می‌شود. در ماتریکس آهکی این پتروفاسیس گاهی آثاری از خرده‌های فسیلی مشاهده می‌شود. این پتروفاسیس در یک محیط کم انرژی تا متوسط با جریان متغیر نهشته شده است. کیفیت مخزنی این رخساره متغیر می‌باشد زیرا به‌شدت متاثر از محتوای ماتریکس رسی آن است. لذا در جاهایی که محتوای رسی نزدیک ۱۵ درصد است مانند بخش‌های میانی زون  $M_2$ ، دارای کیفیت مخزنی بهتری است. سیمان انیدریتی این رخساره از نوع پویکیلو تویپیک می‌باشد.

### سیلتستون<sup>۲</sup>

در مطالعه سنگ‌های آواری دانه ریز در جایی که بیش از  $3/2$  ذرات تشکیل دهنده سنگ را ذرات در اندازه سیلت تشکیل دهند و خاصیت تورق در سنگ مشاهده نگردد از لفظ سیلتستون استفاده می‌گردد. این پتروفاسیس یک سیلتستون با برتری دانه‌های کوارتز می‌باشد که دارای ماتریکس رسی است (شکل ۳ M). این

1- Quartz Wackey  
2- Siltstone  
3- Shale  
4- Leyered Anhydrite cement





شکل ۴. مدل محیط رسوبی رمپ ارائه شده برای سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز.

می‌شود. این ندول‌های به هم پیوسته و جوش خورده حاصل رشد بلورهای بزرگ ژپس هستند. در مقاطع مطالعه شده، لایه انیدریت به صورت ترکیب فشرده‌ای از بلورهای هم بعد یا توفال‌های کشیده و در هم بافته با جهت‌گیری نیمه موازی یا نامنظم و تصادفی است (شکل ۶ A). البته در رسوبات نزدیک به سطح در محیط سبخایی به صورت جان‌شینی<sup>۱</sup> و جایگزینی (جابه‌جاری)<sup>۲</sup>، نیز تشکیل می‌شوند. انیدریت‌های لایه‌ای به صورت پوش سنگ‌های کاملاً موثری عمل می‌کنند و موجب مطبق شدن مخازن کربناته می‌شوند. البته شناسایی آن‌ها تنها توسط میکروسکوپ ممکن است دشوار باشد و برای این کار نیاز به اطلاعات بیشتری مانند توصیف مغزه، لاگ‌های تصویر (FMI, FMS) و غیره می‌باشد.

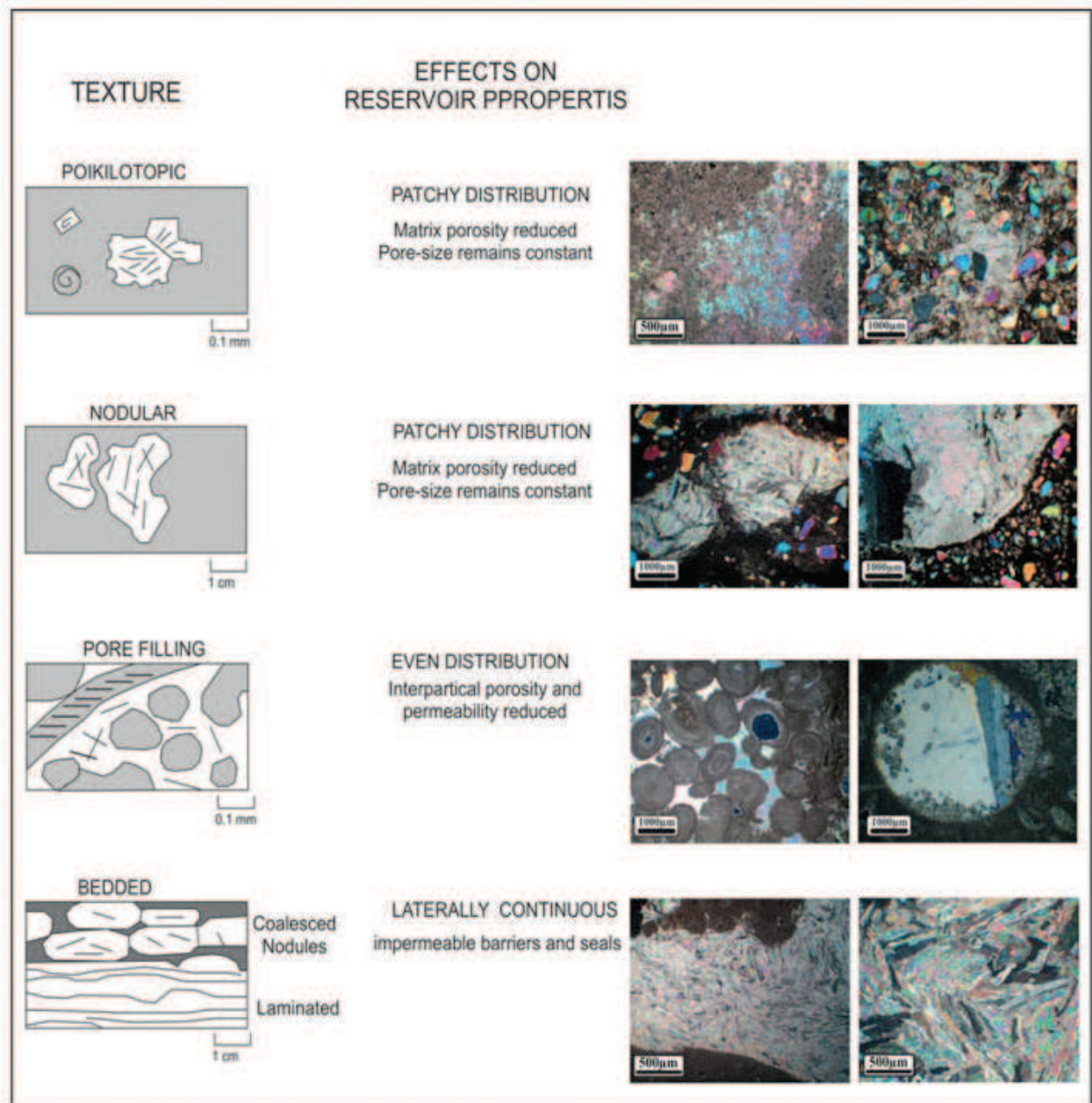
با ایجاد سیالات فقیر از منیزیم و غنی از کلسیم است. این امر ارتباط بین دولومیتی‌شدن و ته‌نشینی انیدریت را در جایی که سولفات کافی موجود باشد نشان می‌دهد که می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث کاهش تخلخل شود (Kendall and Walter, 1977; Wilson et al., 2001). در زیر میکروسکوپ این سیمان به صورت مجموعه‌ای از بلورهای بزرگ، یکنواخت و پیوسته فضای تخلخل دانه‌ها را پر نموده است (شکل ۶ B). با این حال، اندازه درشت بلورهای سیمان، نبود آن در سطح تماس بین دانه‌ها، تشکیل آن بعد از سیمان‌های کلسیتی مراحل اولیه دیاژنز و همچنین تشکیل آن به صورت سیمان پرکننده شکستگی‌ها و اجزا شکسته بیانگر تشکیل آن طی مراحل دیاژنز دینی کم عمق است (شکل ۶ C). با این حال، در رخساره‌های حاوی این نوع سیمان، اثرات شدید تراکم و استیلولیتی شدن مشاهده نمی‌شود. به این معنی که گسترش این سیمان در فضاهای باز بین دانه‌های (عدم تراکم و فشار - انحلال) موید آنست که رخساره‌های حاوی این نوع سیمان قبل از سیمانی شدن، تدفین قابل ملاحظه‌ای را متحمل نشده‌اند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که محیط تشکیل این سیمان و دولومیتی شدن مربوطه (که قبل از این سیمان روی داده است) تدفین کم عمق تا متوسط می‌باشد. این مورد همانند وضعیتی است که در مخازن کربناته پرمین غرب تگزاس گزارش شده است (Saller and Henderson (1998) (شکل ۶ D). تشکیل این نوع سیمان در رخساره‌های دانه غالب و دانه درشت و عدم تشکیل آن

این سیمان به صورت بلورهای بزرگ و عمدتاً پرکننده تخلخل بین‌دانه‌ای در دولوگرینستون‌ها و نیز در دولوپکستون‌های دانه پشتیبان<sup>۴</sup> گسترش یافته است. همچنین در مواردی انیدریت به صورت جان‌شینی در آئیدها و فسیل‌ها مشاهده می‌گردد. همراهی این سیمان با رخساره‌های دانه غالب دولومیتی بیانگر تاثیر شورابه‌های تبخیری در فرآیند دولومیتی شدن است. جالب آن‌که این سیمان در رخساره‌های مشابهی که دولومیتی نشده‌اند، مشاهده نمی‌شود. در تفسیر روند دولومیتی شدن و گسترش سیمان انیدریت همراه آن می‌توان گفت که دولومیتی شدن همراه

### سیمان انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر<sup>۳</sup>

این سیمان به صورت بلورهای بزرگ و عمدتاً پرکننده تخلخل بین‌دانه‌ای در دولوگرینستون‌ها و نیز در دولوپکستون‌های دانه پشتیبان<sup>۴</sup> گسترش یافته است. همچنین در مواردی انیدریت به صورت جان‌شینی در آئیدها و فسیل‌ها مشاهده می‌گردد. همراهی این سیمان با رخساره‌های دانه غالب دولومیتی بیانگر تاثیر شورابه‌های تبخیری در فرآیند دولومیتی شدن است. جالب آن‌که این سیمان در رخساره‌های مشابهی که دولومیتی نشده‌اند، مشاهده نمی‌شود. در تفسیر روند دولومیتی شدن و گسترش سیمان انیدریت همراه آن می‌توان گفت که دولومیتی شدن همراه

- 1- Replacement
- 2- Displacement
- 3- Pore- filling and pervasive Anhydrite cement
- 4- Grain- dominated



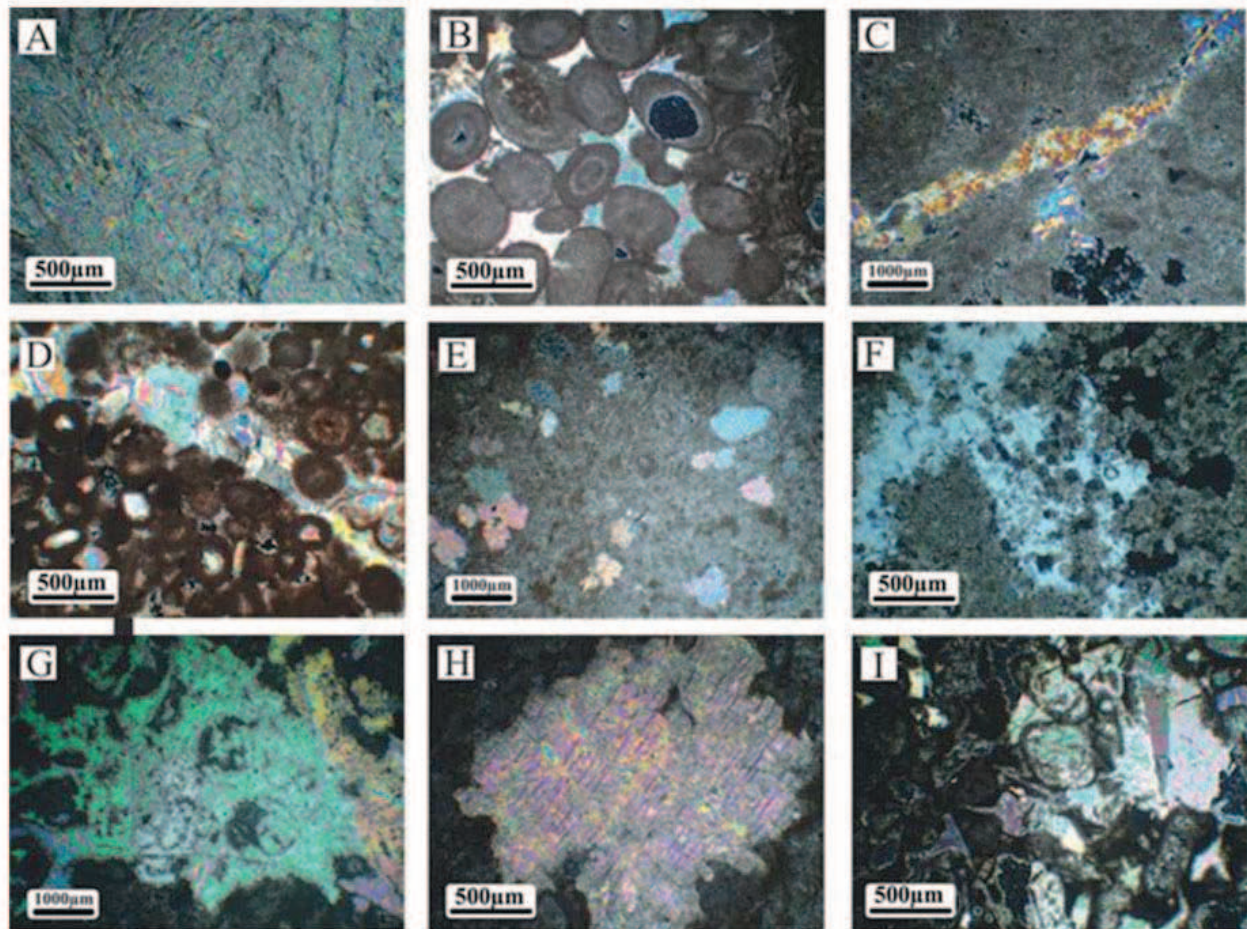
شکل ۵. تقسیم‌بندی انواع بافت‌های انیدریت (Lucia, 2007)

کاملاً دولومیتی شده، گریستون‌ها و عمدتاً در ماسه‌سنگ‌ها در طی مراحل مختلف دیاژنزی تشکیل شده است. این بافت بیشتر به صورت جانشینی ماتریکس، دانه‌ها و نیز سیمان‌های مراحل قبلی و در مواردی به صورت پرکننده تخلخل می‌باشد. در دولومیکرایت‌ها این بافت به شکل جانشینی و در مواردی همراه با ندول‌های انیدریت طی مراحل اولیه دیاژنزی تشکیل شده است (شکل ۶ E). اما برخی شواهد از قبیل وجود ادخال‌های دولومیت (شکل ۶ F) یا سیمان‌های مراحل قبلی درون این بافت، همراهی آن با سیمان‌های مراحل دفنی، تشکیل این بافت بعد از تراکم (در برگزیده آلوم‌های دارای اثرات تراکم) (شکل ۶ G)، تشکیل آن به صورت بلورهای بزرگ و نیز با رخ مشخص (شکل ۶ H)

در رخساره‌های گل غالب و هم‌چنین در رخساره‌های متراکم شده و دارای استیلولیت بیان‌گر کنترل هر دو عامل رخساره و دیاژنزی در تشکیل این سیمان است. این سیمان در مخزن مورد مطالعه، تمام منافذ بین بلوری و بین دانه‌ای و حتی ریز تخلخل‌ها را اشغال نموده بنابراین در بررسی‌های کیفیت مخزنی حائز اهمیت است.

### انیدریت پوکیلو تویک

این نوع انیدریت به صورت تجمعی از بلورهای بزرگ با گسترش پراکنده و نامنظم، همراه با ادخال‌های دولومیت و یا ماتریکس آهکی درون مخزن وجود دارد و در انواع رخساره‌های مخزنی مانند دولوپکستون‌های گل پشتیبان، دولومیکرایت‌ها، رخساره‌های



شکل ۶. (A) انیدریت لایه‌ای، (B) سیمان انیدریت به صورت فراگیر در گریستون، (C) سیمان انیدریت فراگیر به صورت پرکننده شکستگی، (D) سیمان انیدریت به صورت فراگیر و پرکننده تخلخل بین دانه و فضای باز بین ایدها، بیان‌گر این است که رخساره‌ها قبل از تشکیل این سیمان تدفین قابل ملاحظه‌ای را متحمل نشده‌اند. (E) انیدریت پویکیلو توپیک به صورت کومه‌ای پراکنده (F) سیمان انیدریت پویکیلو توپیک به صورت کومه‌ای با ادخال‌های دولومیت، (G) انیدریت کومه‌ای که بعد از تراکم دانه‌ها به صورت جانیشینی تشکیل شده‌اند، (H) سیمان انیدریت دفنی با رخ‌های مشخص و بلور درشت، (I) سیمان انیدریت کومه‌ای، انحلال سیمان انیدریت فراگیر آن را به صورت کومه‌ای و پراکنده نمایان ساخته است.

سبخیایی و در رسوبات دانه ریز مانند دولومیکرایت‌ها تشکیل می‌شوند (Hovorkal, 1992; Machel, 1993; Kasprzyk and Orti, 1998). این ندول‌ها در مواردی به صورت ژئیس اولیه تشکیل شده و سپس در اثر آب‌زدایی به انیدریت تبدیل می‌شوند. به سمت قسمت‌های فوقانی منطقه بالای جزر و مدی یا سبخا با افزایش شوری بتدریج بر تعداد و بزرگی ندول‌ها افزوده شده و ساخت قفس مرغی<sup>۲</sup> ایجاد شده است (Prothero and Schwab, 1996; Warren, 2006) (شکل ۷ C). فرآیند رشد ندول‌ها و همچنین بلورهای پراکنده‌ای از تبخیری‌ها بصورت جایگزینی و جانیشینی درون رسوبات کربناته، تقریباً هم‌زمان با دولومیتی شدن آن‌هاست (Pomoni Pappaioannou and Karakitsios, 2002). این نوع انیدریت به علت همراهی با رخساره‌های استروماتولیتی و دولومیکرایتی (بلورهای کوچکتر از ۲۰ میکرون) در مراحل اولیه دیاژنز تشکیل شده است (Rahimpour-Bonab et al., 2010). از طرفی قطع شدن این نوع انیدریت توسط شکستگی‌ها

بیان‌گر تشکیل بافت پویکیلو توپیک طی مراحل دیاژنز تدفینی می‌باشد. البته باید توجه داشت در مواردی انحلال انیدریت فراگیر به صورت بخشی، آن را به صورت کومه‌ای و پراکنده نمایان می‌سازد (شکل ۶ I). در این حالت انحلال این بافت همراه با ایجاد فضاهای تخلخل به هم مرتبط بوده که از دیدگاه مخزنی حائز اهمیت است (Lonoy, 2006). انیدریت پویکیلو توپیک از انواع بافت‌های انیدریت کومه‌ای و به عنوان فراوان‌ترین بافت انیدریت موجود در مخزن مورد مطالعه است.

### انیدریت ندولی<sup>۱</sup>

این نوع انیدریت به صورت مجموعه‌ای از بلورهای ریز و درهم بافته با جهت‌گیری تصادفی می‌باشد. اندازه این ندول‌ها در حد چند میلی‌متر تا سانتی‌متر و حتی بزرگتر است (شکل ۷ A-B). این بلورها در مواردی در نتیجه تبلور دوباره رشد کرده‌اند. ندول‌های انیدریت معمولاً طی مراحل اولیه دیاژنز در محیط‌های

1- Nodular Anhydrite  
2- Chickenwire Structure

تدفینی است.

### بلورهای تبخیری پراکنده و منفرد<sup>۱</sup>

این بلورها در اشکال و اندازه‌های مختلف و به صورت پراکنده در رخساره‌های مادستونی و دولومیکرایتی گسترش یافته‌اند. شکل بلورها به فرم لوزالوجهی، هم بعد و در مواردی به فرم چند بلوری است (شکل ۷ G). در مواردی در اثر رخنمون تحت‌الجوی و انحلال این بلورها، قالب‌های آن‌ها به صورت تخلخل‌های مجزا درون رسوبات باقی مانده است و یا توسط سیمان کلسیتی پر شده است. این تبخیری‌ها بیشتر در رخساره‌های بالای پهنه جزر و مدی تا ابتدای سبخا طی مراحل اولیه دیاژنز تشکیل شده‌اند.

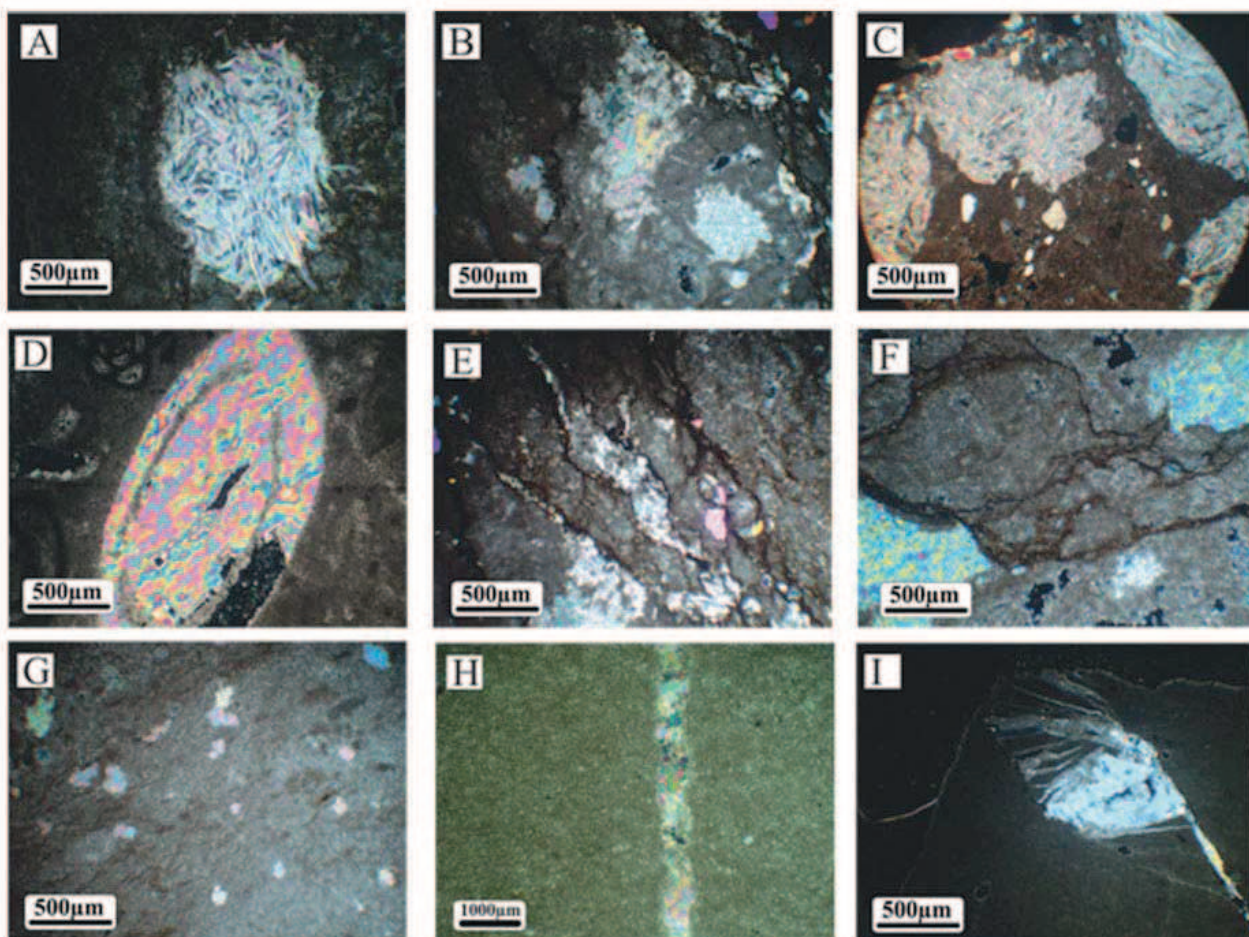
### سیمان انیدریت پرکننده شکستگی‌ها<sup>۱</sup>

این نوع انیدریت به صورت بلورهای درشت و پرکننده شکستگی‌ها در رخساره‌های دانه ریز دولومیکرایتی مشاهده

و نیز استیلولیت که نشان‌دهنده تشکیل آن قبل از فرایندهای فوق می‌باشد و نیز همراهی ندول‌ها با رگچه‌های تبخیری حاصل از تراکم و آب‌زدایی ژپس اولیه، تشکیل و گسترش آن‌ها را در طی دیاژنز اولیه تقویت می‌نماید. این نوع بافت انیدریت از فراوانی کمتری نسبت به انواع پویکیلو توپیک و سیمان انیدریت فراگیر و پرکننده تخلخل برخوردار است.

### ندول‌های انیدریت دفنی<sup>۱</sup>

ندول‌های انیدریت می‌توانند از عمق صفر تا چند هزار متر تشکیل شوند (Machel, 1993). در مخزن مورد مطالعه ندول‌های دفنی از فراوانی کمتری نسبت به ندول‌های مراحل اولیه دیاژنز برخوردارند. این ندول‌ها درون رخساره‌های دانه غالب و همچنین در امتداد استیلولیت تشکیل شده‌اند. این ندول‌ها شواهدی از فرآیند آب‌زدایی، شکستگی و همراهی با رگچه تبخیری را نشان می‌دهند (شکل ۷ D-E-F) که بیان‌گر تشکیل این ندول‌ها طی مراحل دیاژنز



شکل ۷. A) تصویر میکروسکوپی از ندول انیدریت با بلورهای ریز، درهم بافته و با جهت‌گیری نامشخص (فابریک نمدی) که شاخص پهنه‌های جزر و مدی است، B) ندول پراکنده در متن ماتریکس، C) تجمع ندول‌های انیدریت و ایجاد ساخت شبیه قفس مرغی، D) ندول انیدریت دفنی، E) ندول انیدریت در امتداد استیلولیت که بیان‌گر تشکیل آنها در طی دیاژنز دفنی است، F) تصویر دیگر از ندول انیدریت در زمینه دولومیکرایتی، G) بلورهای پراکنده تبخیری در متن ماتریکس که مربوط به قسمت فوقانی پهنه جزر و مدی تا محیط سبخایی است، H) سیمان انیدریت پرکننده شکستگی، I) رگچه‌های تبخیری همراه با ندول انیدریت.

1- Burial Anhydrite Nodules

2- Sparse and isolated evaporate crystals

نمودار تخلخل و تراوایی مغزه در مقابل درصد فراوانی انیدریت در انواع رخساره‌های مخزن عمدتاً ارتباط معکوس و مشخصی را که قابل انتظار است نشان نمی‌دهد (شکل ۸). این مسئله می‌تواند در ارتباط با بافت‌های مختلف انیدریت، تنوع رخساره‌های دارای سیمان انیدریتی و تاثیر انحلال و شکستگی در مخازن باشد که شرح آن در ادامه آمده است:

به‌منظور به‌دست آوردن یک ارتباط مناسب و منطقی در تاثیر سیمان انیدریت بر کیفیت مخزنی، نمودار ترکیبی چاه‌پیمایی درچاه مورد مطالعه (بافت رسوبی در کنار داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه، درصد حجمی انیدریت و چگالی) بررسی شده است (شکل ۸) انطباق این داده‌ها و مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که انیدریت در رخساره‌های آهکی به‌صورت پراکنده و اندک مشاهده می‌شود و درصد کمی را در رخساره‌های آهکی شامل می‌شود. بنابراین انیدریت بر کیفیت مخزنی این رخساره‌ها تاثیری نداشته است. فراوانی انیدریت عمدتاً در ارتباط با گسترش سیمان انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر درون رخساره‌های دانه غالب (دولوپکستون دانه غالب و دولوگریستون) مخزن است که باعث کاهش شدید تخلخل و تراوایی آنها شده است. علاوه بر این انطباق قابل ملاحظه‌ای بین درصد حجمی انیدریت و چگالی مشاهده می‌شود (متوسط چگالی در رخساره‌های کلسیتی ۲/۷۴ و در رخساره‌های دولومیتی با سیمان انیدریت فراگیر ۲/۸۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شد). از سوی دیگر نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه برای انواع رخساره‌های مخزن متأثر از سیمان انیدریت نشان می‌دهد که به‌طور کلی رخساره‌های دارای انیدریت با گسترش پراکنده و کومه‌ای نسبت به انواع با سیمان انیدریت فراگیر از کیفیت مخزنی بهتری برخوردارند (شکل ۹). در آسماری پایینی برخلاف آنچه تصور می‌شود، با افزایش درصد حجمی انیدریت پارامترهای مخزنی تخلخل مفید و تراوایی کاهش نمی‌یابد، مطابق مطالعات انجام شده بر روی مقاطع مختلف، این پدیده جالب با گسترش انحلال در بافت‌های انیدریتی فراگیر و پویکیلتوپیک و تبدیل آن به انیدریت پویکیلتوپیک با توزیع نامنظم و تکه‌ای، تخلخل کل کاهش می‌یابد ولی سائز گلوگاه‌ها را تغییر نمی‌دهد بنابراین بافت تکه‌ای<sup>۲</sup> انیدریت پویکیلتوپیک با کم کردن تخلخل کل، نمونه را از کلاس ۲ لوسیا به کلاس یک لوسیا می‌برد که این امر موجب افزایش کیفیت مخزنی می‌شود (Lonoy, 2006) (شکل ۱۰).

### فرآیند دولومیتی شدن و ارتباط آن با تبخیری‌ها در مخزن مورد مطالعه

چنانچه قبلاً نیز ذکر شد بخش عمده تبخیری‌ها و از جمله انیدریت موجود در مخزن مورد مطالعه، درون رخساره‌های دولومیتی به‌صورت سیمان، جان‌شینی، جایگیری (نودولی) و به‌ویژه پرکننده حفرات تخلخل یا رگه‌ها تشکیل شده‌اند که خود

می‌شود که معمولاً به‌صورت یک سیمان دیاژنز تدفینی و همراه با سایر سیمان‌های دفنی یافت می‌شوند. این نوع انیدریت به مقدار کمی در مخزن مورد مطالعه وجود دارد (شکل ۷ H).

### رگچه‌های تبخیری<sup>۲</sup>

این رگچه‌ها به‌صورت نازک و با حاشیه نامنظم همراه با ندول‌های انیدریت بوده و از آن‌ها منشعب می‌شوند (شکل ۷ I). احتمالاً در نتیجه آب‌زدایی ژپس اولیه و تبدیل آن به انیدریت، آب حاصل از این فرآیند به‌صورت رگچه‌ها و نیز شکستگی‌هایی که بیشتر از ژپس هستند درون رسوبات دانه ریز دولومیکرایتی گسترش می‌یابد. این رگچه‌ها در مواردی همراه با استیلولیت بوده و به آن ختم می‌شوند، به‌عبارت دیگر در طول مسیر خود در نهایت توسط استیلولیت قطع می‌شوند که می‌تواند به‌عنوان شاهدهی بر تشکیل آنها طی مراحل دیاژنز تدفینی باشد. این رگچه‌ها و نیز شکستگی‌ها خود می‌توانند به‌عنوان مجرای برای سیالات عمل نموده و تا حدودی در افزایش تراوایی رخساره‌های دانه ریز و ناتراوا موثر باشند.

### توالی دیاژنتیکی تشکیل انواع بافت‌های انیدریت در مخزن

انواع بافت‌های مختلف انیدریت در مخزن مورد مطالعه طی مراحل مختلف از محیط دیاژنز سطحی تا محیط تدفین کم عمق و عمیق تشکیل شده‌اند. بر این اساس گسترش لایه‌ها و نیز بلورها و ندول‌های پراکنده تبخیری در پهنه جزر و مدی و سبخایی به‌صورت تقریباً هم‌زمان با رسوب‌گذاری یا تحت تاثیر دیاژنز اولیه قابل تفسیر است.

گسترش این نوع تبخیری‌ها در ارتباط تنگاتنگی با دولومیتی شدن اولیه رسوبات و تشکیل دولومیت‌های ریز بلورین و نیمه پایدار در این محیط‌هاست. بافت‌های دیگر انیدریت مانند سیمان انیدریت فراگیر، بخش عمده سیمان انیدریت پویکیلتوپیک و انیدریت پرکننده شکستگی‌ها طی مراحل دیاژنز تدفینی و با نفوذ شورابه‌های تبخیری به‌درون رخساره‌ها تشکیل شده‌اند. جدول (۱) به‌طور خلاصه توالی دیاژنتی تشکیل این بافت‌ها را در مخزن مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشخص است سیمان انیدریت پویکیلتوپیک در گستره وسیعی از محیط‌های دیاژنتی تشکیل می‌شود و همچنین فراوان‌ترین بافت انیدریت شناخته شده در مخزن مورد مطالعه است.

### ارزیابی کیفیت مخزنی

چنانچه در مقدمه نیز اشاره گردید سیمان انیدریت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و معمول‌ترین سیمان‌های موجود در مخزن آسماری است. علاوه بر این انیدریت به اشکال و بافت‌های متفاوت در انواع رخساره‌های مخزن تشکیل شده است. ترسیم

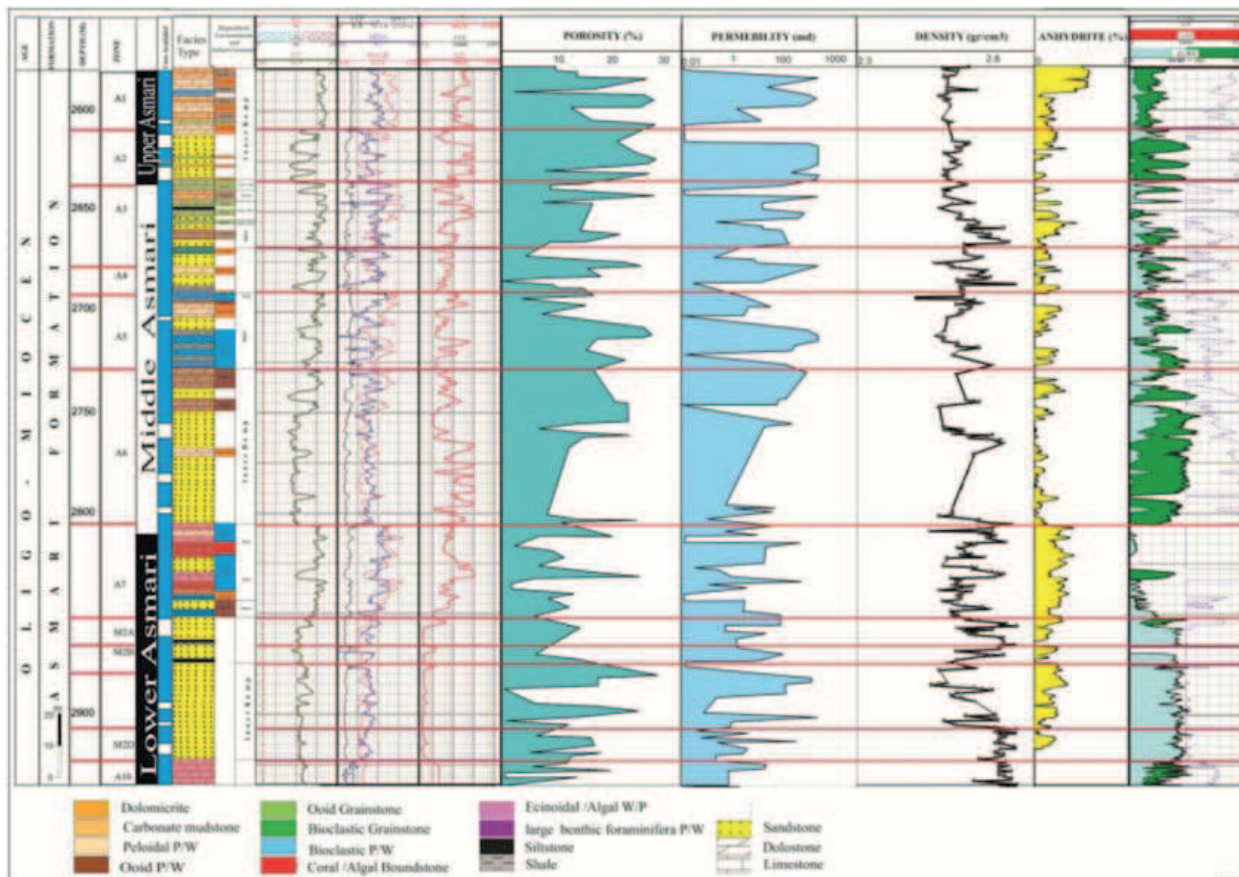
1- Fracture Filling Anhydrite  
2- Evaporite Veins  
3. Patchy Anhydrite Cement

جدول ۱. توالی دیاژنتیکی بافت‌های مختلف انیدریت در سازند آسماری در چاه مورد مطالعه.

وقایع دیاژنتیکی	محیط‌های دیاژنتزی			توضیحات
	محیط دیاژنتزی سطحی	تدفین کم عمق	تدفین عمیق	
متداول  کم متداول 				
بلورهای تبخیری پراکنده				ژئوپس و انیدریت که عمدتاً در ارتباط با پهنه جزرومدی است
انیدریت ندولی				بیشتر در ارتباط با محیط‌های سبخایی و تحت تاثیر شورابه‌های منفذی درون رسوبات تشکیل شده است و می‌تواند به‌صورت ژئوپس اولیه تشکیل شده باشد.
انیدریت لایه‌ای				درون شورابه‌های سبخایی و احتمالاً به‌صورت ژئوپس اولیه ته‌نشین شده است
رگچه‌های تبخیری				در نتیجه آب‌زدایی ندول‌هایی ژئوپس اولیه تشکیل شده اند
انیدریت پویکیلو توییک				به‌صورت پرکننده تخلخل و جانیشینی در مواردی همراه با ادخال-های دولومیت است و فراوان‌ترین نوع بافت انیدریت موجود در مخزن می‌باشد
انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر				متشکل از بلورهای درشت و با گسترش یکنواخت است که کل منافذ موجود در رخساره‌های دانه پشتیبان را پر کرده است
انیدریت پرکننده شکستگی				به‌صورت بلورهای درشت و عمدتاً درون شکستگی‌های موجود در دولومادستون‌ها گسترش دارد
		<b>افزایش عمق و پیشرفت زمان</b> 		

تاییدی بر تاثیر شورابه‌های تبخیری در فرآیند دولومیتی شدن است (Ehrenberg, 2006). به‌طور کلی فرآیند دولومیتی شدن به دو صورت جانیشینی (حفظ‌کننده و تخریب‌کننده فابریک) و سیمان دولومیتی در مخزن عمل نموده است که بر اساس شواهد بافتی و مطالعات میکروسکوپ الکترونی قابل تفکیک است. دولومیت‌های جانیشینی با حفظ فابریک اولیه که بخش عمده دولومیت‌ها را شامل می‌شوند همراه با انیدریت و در طول مراحل اولیه دیاژنتزی (دولومیکرایت‌ها) تا تدفین کم عمق (دولوگریستون‌ها و دولوپکستون‌ها) تشکیل شده‌اند. دولومیکرایت‌ها عمدتاً ریز بلورین بوده و توسط عوارض دیاژنتزی بعدی (استیلولیت و شکستگی) قطع شده‌اند. دولومیتی شدن با تخریب فابریک اولیه همراه با ایجاد بلورهای درشت‌تری نسبت به نوع حفظ‌کننده فابریک است و شواهد بافتی از قبیل وجود آثاری از استیلولیت درون این دولومیت‌ها بیان‌گر تشکیل آن‌ها در نتیجه تبلور دوباره دولومیت‌های اولیه طی مراحل دیاژنتزی تدفینی است (Rahimpour

اما باید توجه داشت که تاثیر شورابه‌های تبخیری در فرآیند دولومیتی شدن متفاوت است. بخشی در ارتباط با محیط رسوبی (محیط سبخایی و شورابه‌های لاگونی) و طی مراحل دیاژنتزی آغازین است. چنانچه گسترش ندول‌ها و بلورهای پراکنده تبخیری (ژئوپس و انیدریت) درون رخساره‌های دانه ریز دولومیکرایتی و دولووکستونی مثالی از این حالت است که طی آن در نتیجه تبخیر سطحی و تغلیظ و ته‌نشست تبخیری‌ها، نسبت  $Mg/Ca$  در محیط بالا رفته و باعث دولومیتی شدن رسوبات آهکی اولیه شده است. در این حالت فرآیند دولومیتی شدن و تشکیل تبخیری‌ها تقریباً هم‌زمان صورت گرفته است. اما بخشی از فرآیند دولومیتی شدن در ارتباط با جریان و نفوذ شورابه‌های حاصل از انحلال تبخیری‌های اولیه به درون رسوبات عمدتاً متخلخل و نفوذپذیر مخزن و همراه با گسترش سیمان انیدریتی درون این رخساره‌ها می‌باشد. بنابراین این دولومیت‌ها طی دیاژنتزی بعدی و بعد از دولومیت‌های دیاژنتزی اولیه تشکیل شده‌اند. این موضوع



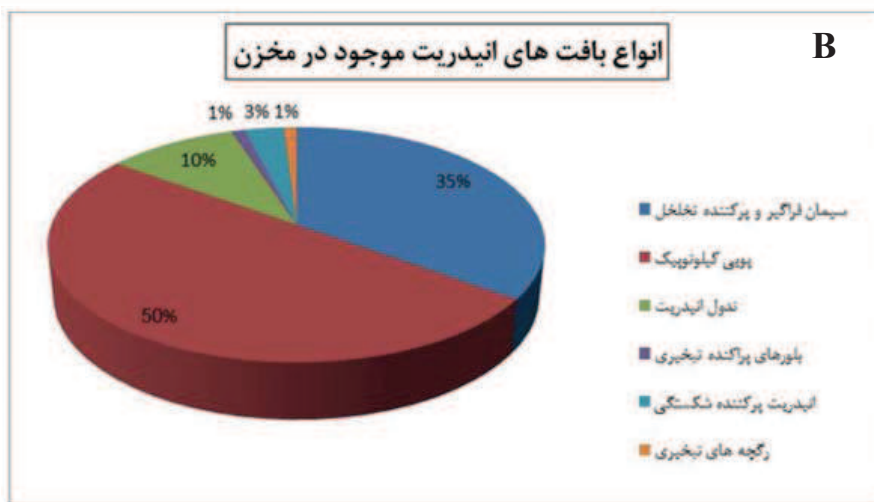
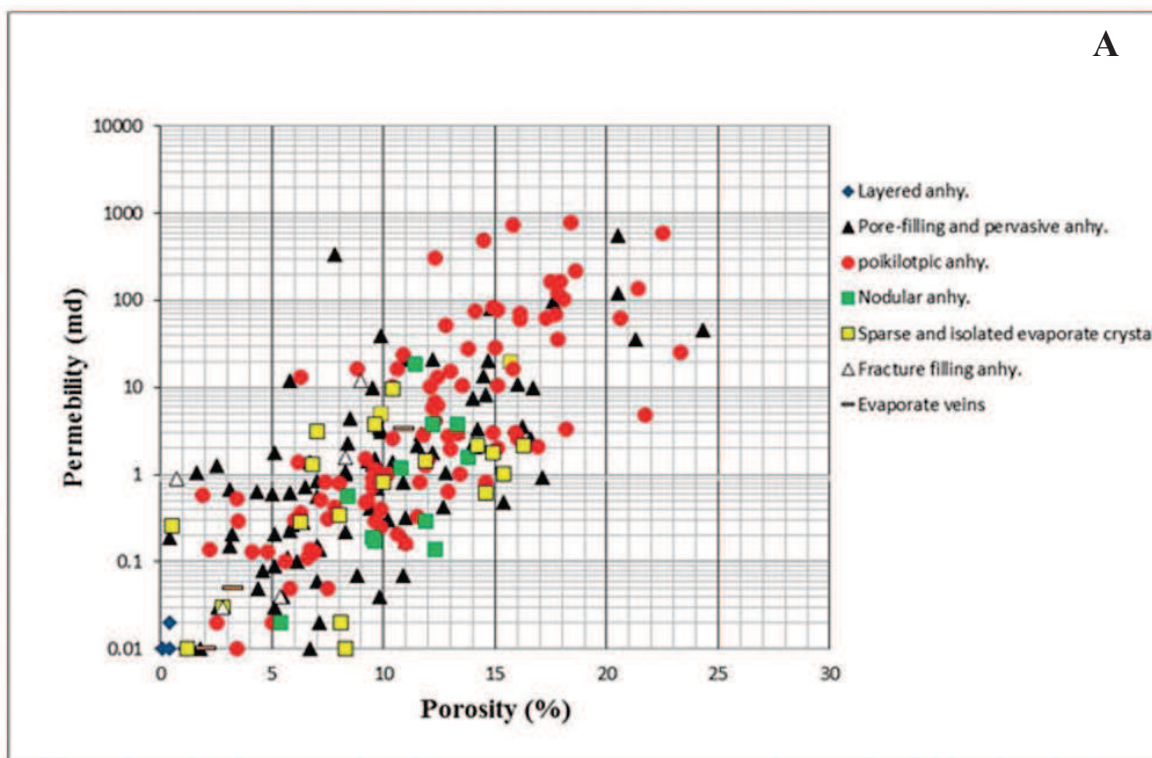
شکل ۸ توالی رسوبی سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز به همراه داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه، درصد انیدریت و داده‌های چگالی.

و پکستون‌های گل غالب و دولومیت‌های درشت بلور در رخساره‌هایی با بافت دانه پشتیبان بنابراین در بررسی تاثیر سیمان انیدریتی بر کیفیت مخزنی در مخزن مورد مطالعه باید به این نکته توجه داشت که این سیمان عمدتاً بر رخساره‌های دولومیتی موثر بوده است.

### عوامل کنترل کننده تشکیل و نوع سیمان انیدریتی

شکل (۱۱) به صورت شماتیک عوامل اصلی کنترل کننده گسترش انیدریت و تاثیر آن بر کیفیت مخزنی را در مخزن مورد مطالعه نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشخص است تشکیل این سیمان و تاثیر آن بر کیفیت مخزنی متأثر از سه عامل اصلی (۱) حضور شورابه‌های غنی از سولفات در محیط، (۲) بافت رسوبی (رخساره) و (۳) تاثیر فرآیند انحلال در مراحل بعدی دیاژنز و ارتباط متقابل بین این سه عامل است. در واقع حضور شورابه‌های سولفاته حاصل از انحلال لایه‌های تبخیری و نفوذ آن به داخل رخساره‌های عمدتاً نفوذپذیر و دانه غالب مخزن (گریستون‌ها و پکستون‌های دانه غالب) عاملی است که ضمن دولومیتی کردن این رخساره‌ها، با ته‌نشست سیمان انیدریت به صورت پرکننده تخلخل بین دانه‌ای و فراگیر، باعث از بین رفتن کیفیت مخزنی در آن‌ها شده است (شکل ۱۲ A). از طرفی انحلال بعدی این سیمان طی مراحل بعدی دیاژنز به عنوان عامل مهمی در بهبود کیفیت مخزنی آنها عمل نموده است (شکل ۱۲ B).

به‌ویژه در مورد سیمان انیدریت فراگیر و پرکننده تخلخل درون رخساره‌های دانه غالب و دانه درشت مخزن (دولوگریستون‌ها و دولوپکستون‌های دانه غالب) به‌خوبی مشهود است. فرآیند گسترش سیمان انیدریتی در این رخساره‌ها (که قبلاً کلسیتی بوده) و دولومیتی شدن آن‌ها را می‌توان به نفوذ شورابه‌های حاصل از انحلال تبخیری‌های اولیه به‌درون آنها طی تدفین کم عمق نسبت داد که فضای باز بین دانه‌های کربناته امکان جریان و حرکت شورابه‌ها را درون رخساره تسهیل نموده است. این شورابه‌ها غنی از یون‌های منیزیم و به‌ویژه سولفات بوده لذا با عبور از میان رخساره‌های دانه غالب مخزن و تبادلات یونی با آن‌ها، منیزیم و کلسیم موجب فرآیند دولومیتی شدن می‌گردند. از آنجا که در دولومیت نصف کلسیت است، یون کلسیم اضافی با یون سولفات ترکیب یافته و به‌صورت سیمان انیدریتی در فضای باز درون این رخساره‌ها ته‌نشست کرده است. لذا فرآیند گسترش سیمان انیدریتی در این رخساره‌ها نیز تقریباً هم‌زمان با دولومیتی شدن آن‌ها یا اندکی پس از آن صورت گرفته است. به‌طور کلی موضوع این مطالعه در خصوص فرآیند دولومیتی شدن و ارتباط آن با تبخیری‌ها است که دو مکانیسم تبخیر سطحی (سبخا) و نشست شورابه‌ای مورد توجه قرار گرفته است و دو فابریک دولومیتی شدن را می‌توان بر اساس بافت‌های رخساره رسوبی تشخیص داد این دو دسته عبارتند از: دولومیت‌های فراگیر ریز بلور در رخساره‌هایی با بافت گلی نظیر مادستون‌ها، وکستون‌ها



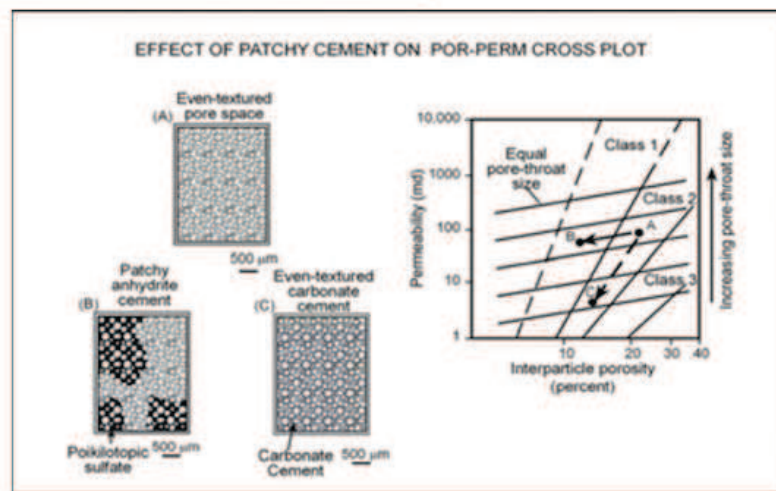
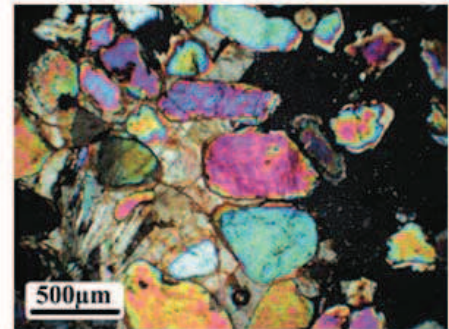
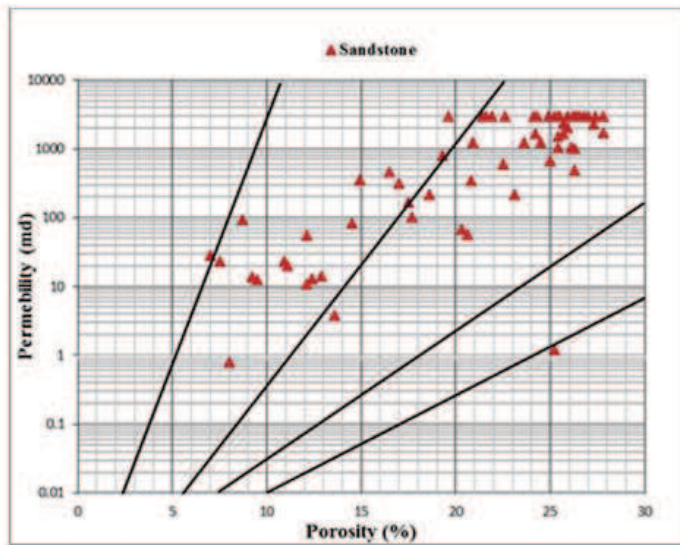
شکل ۹. A) نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه در انواع رخساره‌های مخزن متأثر از سیمان انیدریت و B) انواع بافت‌های انیدریت موجود در مخزن.

(Gareth and Xiao, 2005). به‌طور کلی این سیمان با گسترش در بین رخساره‌های دولوگرینستونی و دولوپکستونی مخازن مورد مطالعه باعث از بین رفتن کیفیت مخزنی آنها شده است. این موضوع با ترسیم داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه در این رخساره‌ها بر روی نمودار پتروفیزیکی (Lucia 1999) به‌خوبی نشان داده شده است (شکل ۱۲). لذا به‌عنوان یک عامل مهم کاهش کیفیت مخزنی در این رخساره‌ها محسوب می‌شود. اما تأثیر مثبت این سیمان به‌این صورت است که با گسترش در بین اجزا کربناته و سیمانی کردن کامل آن طی تدفین کم عمق و در نتیجه اشغال بخش عمده فضاهای خالی سنگ از تراکم بیشتر آن طی مراحل تدفین عمیق‌تر جلوگیری می‌نماید. سپس طی مراحل بعدی در

### تأثیر دوگانه سیمان انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر بر کیفیت مخزنی

تأثیر سیمان انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر بر کیفیت مخزنی آن‌ها برخلاف سایر بررسی‌های میکروسکوپی و داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه در رخساره‌های دانه غالب مخزن (دولوگرینستون و دولوپکستون دانه غالب) که تحت تأثیر سیمان انیدریت و سایر سیمان‌ها (کلسیتی و دولومیتی) که عمدتاً کاهش کیفیت مخزنی هستند، به‌صورت دوگانه است. این دوگانگی اساساً می‌تواند مرتبط با انحلال‌پذیری بیشتر این سیمان نسبت به سیمان‌های کلسیتی و دولومیتی باشد. انیدریت به‌علت حساسیت زیاد می‌تواند به‌راحتی و به‌صورت کامل یا بخشی انحلال یابد





شکل ۱۰. در آسماری پایینی بر خلاف آنچه تصور می‌شود، با افزایش درصد حجمی انیدریت پارامترهای مخزنی تخلخل مفید و تراوایی کاهش نمی‌یابد. مطابق مطالعات انجام شده بر روی مقاطع مختلف، این پدیده جالب با گسترش انحلال (طی مراحل بعدی دیاژنز (متئوریک-دفنی)) در بافت انیدریتی پویکیلوئوپیک و تبدیل آن به انیدریت پویکیلوئوپیک با توزیع نامنظم و تکه‌ای (به عنوان مثال نمونه بالا)، تخلخل کل کاهش می‌یابد ولی سایز گلوگاه‌ها را تغییر نمی‌دهد بنابراین بافت تکه‌ای انیدریت پویکیلوئوپیک نه تنها افق‌های متراکم غیر مخزنی نمی‌سازد بلکه با کم کردن تخلخل بین ذره‌ای نمونه را از کلاس ۲ لوسیا به کلاس ۱ تبدیل می‌کند (از موقعیت A به (B)). (Lonoy, 2006).

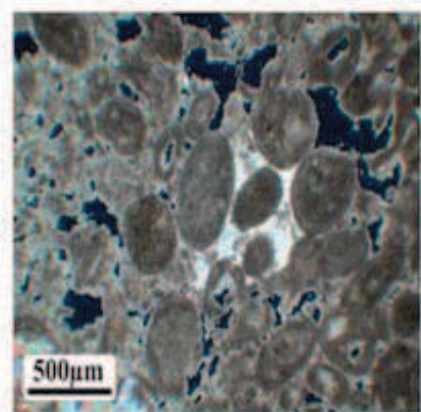
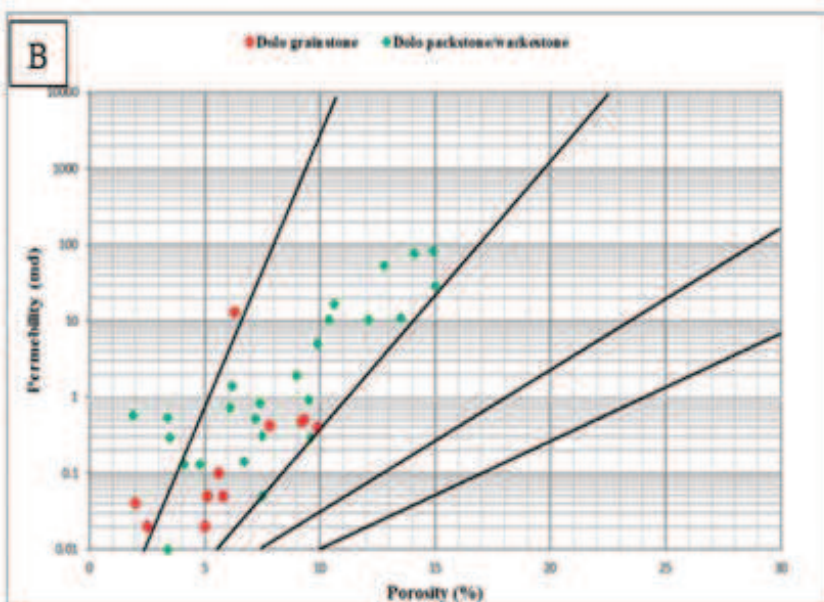
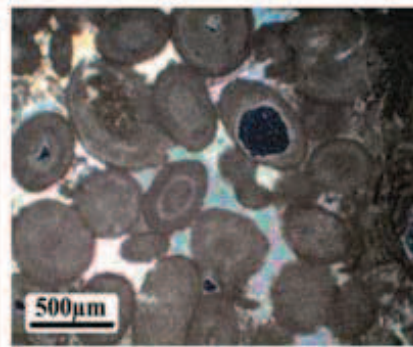
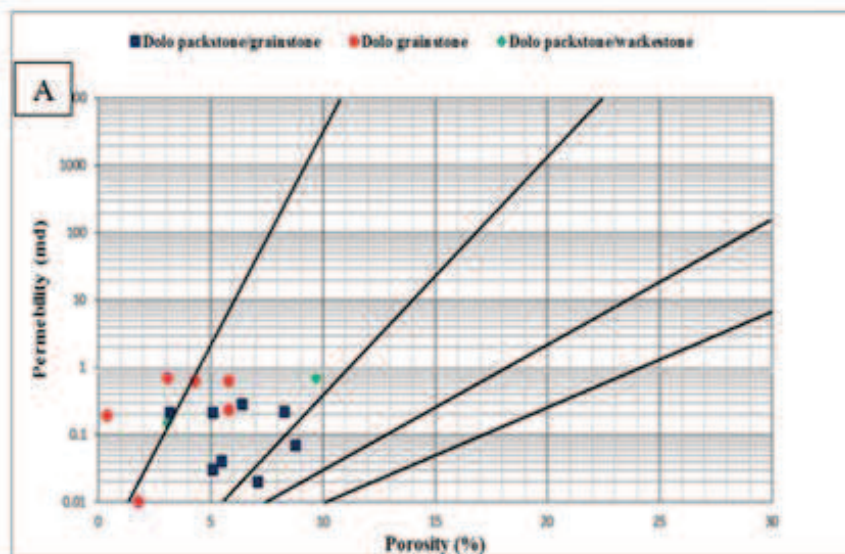
چنانچه در شکل (۹) مشخص است ترسیم داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه در رخساره‌های دانه پشتیبان با سیمان انیدریت فراگیر و پرکننده تخلخل که در مراحل بعدی تحت تاثیر انحلال و شکستگی قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد که این رخساره‌ها از موقعیت با کیفیت مخزنی پایین به سمت گروه پتروفیزیکی ۱ لوسیا جابجایی پیدا کرده و کیفیت مخزنی آنها بهبود یافته است. جدول (۲) به‌طور خلاصه انواع بافت‌های انیدریت را در ارتباط با رخساره‌های مختلف مخزن و کیفیت مخزنی آنها نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی اهواز دارای ۳۵۷ متر ضخامت است که عمدتاً از سنگ‌های کربناته و تخریبی تشکیل شده است. با بررسی رخساره‌های سنگی در مقاطع نازک

جاهایی که این رخساره‌ها در نتیجه عملکرد سیالات تحت اشباع از سولفات، تحت تاثیر فرآیند انحلال واقع شده‌اند، کیفیت مخزنی آنها بهبود یافته است. در برخی موارد به دلیل انحلال بخشی سیمان انیدریت در این رخساره‌ها، حفرات تخلخل به صورت پراکنده و غیر یکنواخت ایجاد می‌شود که نسبت به نوع با توزیع یکنواخت تراوایی بالاتری دارد. زیرا در این حالت سیستم فضاهای خالی در نتیجه انحلال ثانویه ارتباط بهتری با هم داشته و در واقع از نوع فضاهای تخلخل موثر است (Lonoy, 2006). از طرفی سیمانی شدن کامل رخساره‌های دانه غالب توسط این انیدریت فراگیر احتمالاً باعث افزایش شکنندگی آنها شده است. بنابراین به‌منظور بررسی کیفیت مخزن در مخازنی که تحت تاثیر این سیمان واقع شده‌اند باید تاثیر فرآیندهای دیاژنزی دیگری همچون انحلال و شکستگی را نیز در مراحل بعدی دیاژنز در نظر گرفت. همچنین





شکل ۱۲. (A) موقعیت دولوگرینستون‌ها و دولوپکستون‌های کامل سیمانی شده با سیمان انیدریت فراگیر در نمودار پتروفیزیکی Lucia (1999) همانطور که مشخص است این سیمان باعث کاهش تخلخل و تراوایی در این رخساره شده است. (B) موقعیت دولوگرینستون‌ها و دولوپکستون‌ها همراه با شکستگی و انحلال سیمان انیدریت فراگیر در ارتباط با نمودار پتروفیزیکی Lucia (1999). انحلال در این رخساره باعث بهبود کیفیت مخزنی شده است.

انیدریت در رخساره‌های دولومیتی و عدم حضور و یا مقدار بسیار ناچیز آن در رخساره‌های آهکی بیان‌گر تاثیر شوره‌های غنی از منیزیم در فرآیند دولومیتی شدن است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بافت پویکیلو توپیک و سیمان پرکننده تخلخل و فراگیر با حضور گسترده در رخساره‌های آواری و کربناته در ضخامت مورد مطالعه بیشترین تاثیر را بر کیفیت مخزنی نسبت به دیگر انواع بافت‌های انیدریت در مخزن مورد مطالعه داشته‌اند. سیمان پرکننده تخلخل و فراگیر با گسترش در بین رخساره‌های دانه غالب مخزن طی مراحل تدفین کم عمق، تخلخل و تراوایی آن‌ها را به شدت کاهش داده است. اما از طرف دیگر تاثیر فرآیندهای دیگری مانند شکستگی و به‌ویژه انحلال را در این رخساره‌ها طی

سازند آسماری در چاه شماره ۱۹، پنج مجموعه رخساره کربناته - تبخیری شامل رخساره‌های سوپراتایدال، ایترتایدال، لاگون، سد و دریای باز و همچنین دو رخساره ماسه‌سنگی و گل‌سنگی در بخش ماسه‌سنگی اهواز شناسایی گردید.

گسترش انیدریت به صورت بافت‌ها و اشکال مختلف در مخزن از جمله مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی در مخزن آسماری است. این بافت‌ها شامل انیدریت لایه‌ای، سیمان انیدریت پرکننده تخلخل و فراگیر، انیدریت پویکیلو توپیک، ندول‌ها و بلورهای پراکنده تبخیری، سیمان انیدریت پرکننده شکستگی و رگچه‌های تبخیری است. این بافت‌ها طی مراحل مختلف دیاژنز و به درجات متفاوت، انواع رخساره‌های مخزن را متاثر ساخته‌اند. حضور سیمان

1089-1111.

- Kasprzyk, A. and Otri, F., 1998. Palaeogeographic and burial controls on anhydrite genesis: the Badenian basin in the Carpathian Fore deep (southern Poland, western Ukraine). *Sedimentology*, 45, 889-907.

- Kendall, A.C. and Walters, K.L., 1977. The age of metasomatic anhydrite in Mississippian reservoir carbonates, southeastern Saskatchewan: Canadian Journal of Earth Sciences, 15, 424-430.

- Lonoy, A., 2006. Making sense of carbonate pore systems. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 90(9), 1381-1405.

- Lucia, F.J., 1999. Carbonate Reservoir Characterization. New York, Springer-Verlag, 226.

- Mount, J., 1985. Mixed siliciclastic and carbonate sediment: a proposed first order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 32, 435-442.

- Machel, H.G., 1993. Anhydrite nodules formed during deep burial: Journal of Sedimentary Research, 63(4), 659-662.

- Pettijohn, F.J. Potter, P.E. and Siever, R., 1987. Sand and Sandstone: Berlin, Springer-Verlag, 553.

- Pomoni-Papaioannou, F. and Karakitsios, V., 2002. Facies analysis of the Trypali carbonate unit central-western Crete (Greece): an evaporite formation transformed into solution-collapse breccias. *Sedimentology*, 49(5), 1113-1132.

- Prothero, D.R. and Schwab, F., 1996. Sedimentary Geology: An introduction to sedimentary rocks and stratigraphy. New York: W.H. Freeman and Company Publishers. 575p.

- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B. and Tavakoli, V., 2010. Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gasfield, offshore Iran: Controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, 33 (2), 1-24.

- Saller, A.H. and Henderson, N., 1998. Distribution of porosity and permeability in platform dolomites: Insight from the Permian of West Texas. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 82(8), 1528-1550.

- Warren, J.K., 2006. Evaporites: Sediment, Resources and Hydrocarbons. Springer-Verlag, Brunei. 1035.

- Wilson, J.L., 1975. Carbonate Facies in Geologic History. Springer-Verlag, New York, 471

- Wilson, A., Sanford, W., Whitaker, F. and Smart, P.,

مراحل بعدی دیاژنز باید در بررسی‌های مخزنی مد نظر داشت. همچنین بافت تکه‌ای انیدریت پویکیلو توپیک که حاصل انحلال بافت پویکیلو توپیک است، تخلخل کل را کم می‌کند اما اندازه گلوگاه‌ها را تغییر نمی‌دهد که این امر نه تنها افق‌های مترکم غیر مخزنی ایجاد نمی‌کند بلکه با کم کردن تخلخل کل، نمونه‌ها را از کلاس دو لوسیا به کلاس یک لوسیا می‌برد. بنابراین گسترش انیدریت و بافت‌های مختلف آن و ارتباط آن‌ها با کیفیت مخزنی تحت کنترل سه عامل بافت رسوبی اولیه، حضور شورا به‌های غنی از سولفات در محیط و در نهایت تاثیر فرآیندهای دیاژنزی دیگری مانند انحلال و شکستگی طی مراحل بعدی می‌باشد.

### منابع

- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. زمین‌شناسی ایران - چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۳.

- کریمی مصدق، ز.، ۱۳۸۸، چینه‌شناسی زیستی، چینه‌شناسی توالی‌ها و تفسیر محیط رسوبی سازند آسماری در بخش مرکزی فروافتادگی دزفول، رساله دکتری دانشگاه شهید بهشتی.

- Adabi, M. H., 2009. Multistage dolomitization of upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh basin, N. E. Iran. *Carbonates and Evaporites*, 24(1), 16-32.

- Buxton, M.W.N. and Pedley, M.H., 1989. A standardized model for Tethyan carbonates ramps. *Journal of the Geological Society of London*, 146, 746-748.

- Cai-neng, Z., Shi-zhen, T., Hui, Z., Xiang-xiang, H., Dong-bo, Z., Chuan-min, W., Lan, W., Xue-song, L., Fu-heng, Z., Ru-kai, L., Ping, Y., Xuan-jun, X., Chun-chen, and Hua, Y., 2008. Genesis, classification, and evaluation method of diagenetic facies. *Petroleum Exploration and Development*, 35(5), 526-540.

- Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1, 108-121.

- Ehrenberg, S.N., 2006. Porosity destruction in carbonate platforms. *Journal of Petroleum Geology*, 29, 41-52.

- Flugel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Springer Verlag, New York, 996.

- Gareth, D.J. and Xiao, Y., 2005. Porosity evolution in a reflux system: insights from reactive transport models: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 89(5), 577-601.

- Hovorka, S.D., 1992. Halite pseudomorphs after gypsum in bedded anhydrite - clue to gypsum - anhydrite relationships. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62(6),

2001. Spatial patterns of diagenesis during geothermal circulation in carbonate platforms: American Journal of Science, 301,727-752.

Archive of SID