

## تاریخچه رسوب‌گذاری - دیاژنزی توالی‌های پالئوسن - میوسن (سازندهای جهرم و آسماری) در بخش جنوبی فروافتادگی دزفول

یاسمن احمدی<sup>۱</sup>، حسین رحیم‌پوربناب<sup>۲\*</sup>، حمزه مهرابی<sup>۳</sup> و آرمین امیدپور<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استادیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

نویسنده مسئول: rahimpor@ut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱

نوع مقاله: پژوهشی

### چکیده

به منظور تفسیر تاریخچه رسوب‌گذاری و دیاژنزی توالی‌های پالئوسن - میوسن، سازندهای جهرم و آسماری در دو چاه از میدان نرگسی در بخش جنوبی فروافتادگی دزفول مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس مطالعه ۲۷۰ متر مغزه حفاری و ۴۹۵ عدد برش‌نازک میکروسکوپی، برای سازندهای جهرم و آسماری در مجموع ۱۴ رخساره میکروسکوپی مختلف شناسایی شد که به طور کلی در چهار مجموعه رخساره‌ای دریای باز، سد، لاگون و پهنه جزرومدی قرار می‌گیرند. ریزرخساره‌های سازند آسماری اغلب مربوط به بخش‌های کم‌عمق حوضه بوده و شامل زیرمحیط‌های جزرومدی و لاگون می‌باشند. ریزرخساره‌های سازند جهرم اغلب معرف بخش‌های عمیق مانند رمپ‌میانی و دریای باز می‌باشند و رخساره‌های پرانرژی محیط سد نیز به وفور در این سازند مشاهده شده و به میزان کمتر دارای رخساره‌های لاگونی نیز می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های رخساره‌های میکروسکوپی فوق، یک رمپ کربناته کم‌عمق با شیب ملایم به عنوان محیط رسوب‌گذاری سازندهای مزبور در میدان نرگسی پیشنهاد می‌شود که سازند آسماری در بخش‌های کم‌عمق تر این رمپ نهشته شده است. بر اساس شواهد پتروگرافی، توالی پاراژنزی سازندهای جهرم و آسماری در چهار محیط دریایی، جوی، تدفینی و بالآمدگی تفسیر و طی سه مرحله انوژن، مزوژن و تلوزن، رسوبات را تحت تاثیر قرار داده‌اند. فرآیندهای دیاژنزی غالب در این سازندها شامل دولومیتی‌شدن، سیمانی‌شدن، انیدریتی‌شدن، میکرایتی‌شدن، نوشکلی، فشردگی، انحلال و شکستگی می‌باشد. فرآیندهای دولومیتی‌شدن و انیدریتی‌شدن در سراسر سازند آسماری مشاهده شده و در سازند جهرم شدت کمتری دارند. سیمان‌های سازند آسماری اغلب دولومیتی و انیدریتی بوده و سیمان‌های سازند جهرم اغلب کلسیتی هستند. دولومیت‌های مربوط به محیط بالای جزرومدی در مرحله انوژن بوده و اغلب در سازند آسماری و به میزان اندک در بخش فوقانی سازند جهرم مشاهده شده‌اند. سایر دولومیت‌ها در محیط‌های با عمق و دمای بیشتر تشکیل شده و در هر دو سازند مخصوصاً سازند دولومیتی آسماری به وفور یافت می‌شوند.

**واژگان کلیدی:** سازند جهرم، سازند آسماری، میدان نفتی نرگسی، محیط رسوبی، دیاژنزی

### ۱- پیشگفتار

در ناحیه فروافتادگی دزفول بیشترین گسترش را دارد و در برش نمونه شامل سنگ‌آهک‌های کرم تا قهوه‌ای رنگ با کمی میان‌لایه‌های شیلی بوده که بصورت هم‌شیب بر روی رسوبات عمیق سازند پابده قرار گرفته‌اند (مطیعی، ۱۳۷۲). سازند جهرم در میادین نرگسی و گلخاری نفتخیز بوده و در میدان بوشگان دارای ذخائر غیراقتصادی می‌باشد. مطالعه مغزه‌های حاصل از حفاری نشان‌دهنده ماهیت سنگ‌شناسی متفاوت سازند جهرم در میدان نرگسی با برش نمونه آن بوده و عمدتاً از آهک و به مقداری کمتری

سازندهای جهرم و آسماری به ترتیب به سن‌های پالئوسن - آئوسن و الیگوسن - میوسن، مهم‌ترین سنگ مخزن‌های میدان نفتی نرگسی هستند که در حوضه فورلندی کمر بند کوهزایی زاگرس نهشته شده‌اند. سازند جهرم در برش نمونه از آهک‌ها و دولومیت‌های ضخیم‌لایه و مقادیر فرعی تبخیری تشکیل شده که بیشتر در ناحیه فارس گسترش دارد و مرز بالایی آن با سازند آسماری از نوع ناپیوستگی فرسایشی می‌باشد (جیمز و واینند، ۱۹۶۵). سازند آسماری

حفاری، بررسی فرآیندهای دیاژنزی سازندهای مذکور و تفسیر توالی پارائزنی آن‌ها و همچنین مقایسه تاریخیچه رسوب‌گذاری - دیاژنزی سازندهای جهرم و آسماری در این میدان است.

## ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

میدان نفتی نرگسی به مختصات ۱۷° ۲۹ شمالی ۱۵° ۵۱ خاوری در ۷۰ کیلومتری شمال بوشهر و در منتهی‌الیه بخش جنوب‌خاوری فروافتادگی دزفول قرار گرفته است. این میدان به طول ۳۹ کیلومتر و عرض ۶ تا ۸ کیلومتر با روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری امتداد یافته و از سمت خاور با میدان‌های نفتی خشت و گیساکن، از سمت باختر با میدان‌های نفتی شور و شاپور، از سمت شمال با میدان میلاتون و از سمت جنوب با تاق‌دیس برازجان هم‌جوار است. میدان نفتی نرگسی به همراه میادینی مانند خشت و میلاتون در مجاورت گسل کارزون قرار دارد. زون گسلی کارزون به ۴ قطعه برازجان، یاسوج، کمربیج و سی‌سخت با روند شمالی - جنوبی قابل تقسیم‌بندی می‌باشد (سپهر و کارگرو، ۲۰۰۴). و میدان نرگسی در قطعه برازجان قرار گرفته است. موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی میدان نفتی نرگسی در شکل ۱ و موقعیت چینه‌شناسی سازندهای جهرم و آسماری در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

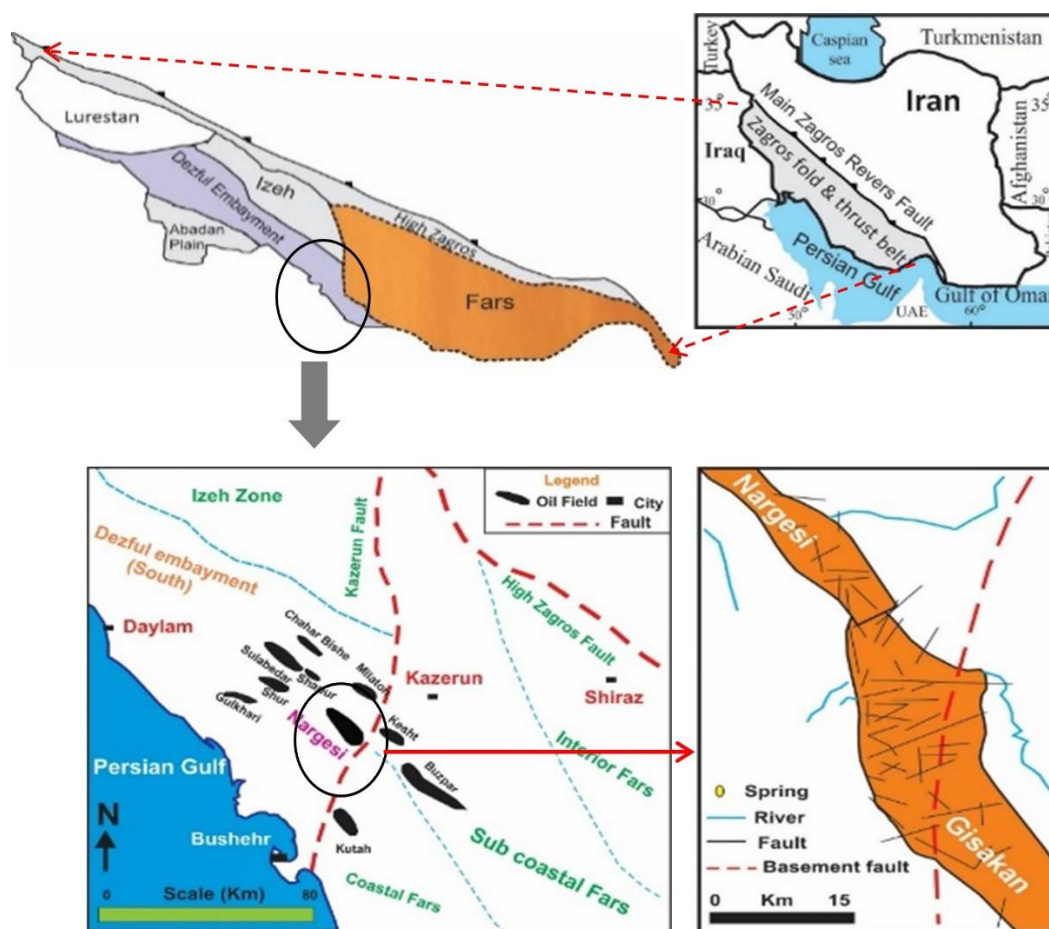
## ۳- تاریخچه زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه

طبق نمودار ارایه شده توسط توسط حق و همکاران (۱۹۸۷)، در طی پالئوژن تغییرات سطح آب دریا نوسانات کوچک مقیاس زیادی را نشان می‌دهد اما روند درازمدت مهمی تا بعد از الیگوسن پیشین وجود ندارد. در این مدت، سطح آب دریا بالا بوده است (حق و همکاران، ۱۹۸۷). رسوبات کربناته دریایی کم‌عمق بصورت پیشرونده در کراتون عربی نهشته شده و در زمان ائوسن آغازین به حداکثر پیشروی می‌رسند. به سمت جنوب حوضه و در ایالت فارس، رسوبات بخش عمیق پیش‌ژرفا تبدیل به مخلوطی از رخساره شیلی پابده و سازند آهکی جهرم می‌شود. در ناحیه فارس داخلی، یک ناپیوستگی پس از ائوسن میانی گزارش شده و این در حالی است که در فارس ساحلی در طول ائوسن رسوب‌گذاری به صورت پیوسته گزارش شده است (جیمز و واین، ۱۹۶۵). با توجه به مطالعات فسیل‌شناسی و ایزوتوپ استرانسیم، فقدان

از دولومیت و سنگ‌آهک دولومیتی تشکیل شده است. مطالعه مغزه‌های سازند آسماری مبین ماهیت سنگ‌شناسی متفاوت این سازند در میدان نرگسی با برش نمونه آن بوده و عمدتاً از دولومیت تشکیل شده است. سن رسوبات قاعده‌ی سازند آسماری چندزمانه است به صورتی که در امتداد جبهه‌ی کوهستان و میدان‌های جنوب آن، دارای سن الیگوسن و در میدان‌های نفتی شمال فروافتادگی دزفول، دارای سن آکی‌تانین می‌باشد (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۶). سازند آسماری در میدان نرگسی همانند منطقه شمال و خاور بوشهر (معلمی و همکاران، ۱۳۸۸) از دو جهت با رخنمون‌های نواحی دیگر زاگرس چین‌خورده تفاوت دارد. اول اینکه این سازند در منطقه مذکور تقریباً بطور کامل دولومیتی شده است. ثانیاً شرایط محیط‌رسوبی این سازند به گونه‌ای بوده که رخساره‌های سدی، ریفی، دریای باز و پلاژیک در آن تشکیل نشده است. سازندهای آسماری و جهرم تا کنون از جنبه‌های مختلف زمین‌شناختی و مخزنی در نقاط مختلف زاگرس مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (نجفی و همکاران، ۲۰۰۴؛ زهدی و همکاران، ۲۰۱۴؛ محسنی و همکاران، ۲۰۱۶؛ آورجانی، ۱۳۹۴؛ عزیززاده، ۱۳۹۶؛ ابراهیمی، ۱۳۹۶؛ حیدریان، ۱۳۹۶؛ فرشی و همکاران، ۱۳۹۶؛ رحیم‌پوریناب و همکاران، ۱۳۹۷؛ امیدپور و همکاران، ۲۰۲۱). در این مطالعه تاریخیچه رسوبی و پس از رسوب‌گذاری (دیاژنزی) این دو سازند در میدان نرگسی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته تا روند تغییرات محیطی در بازه‌ی زمانی پالئوسن - میوسن در منطقه مورد مطالعه بررسی گردد. این نهشته‌ها تاکنون از جنبه‌های مختلف زیست‌چینه‌نگاری، دیاژنزی و کیفیت مخزنی، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکاسی در بخش‌های مختلف حوضه رسوبی زاگرس مطالعه شده‌اند ولی مقایسه‌ای بین تاریخیچه رسوب‌گذاری - دیاژنزی آن‌ها صورت نگرفته است. از آنجایی‌که این دو سازند مخزن اصلی را در میدان مورد مطالعه تشکیل داده‌اند مقایسه آن‌ها می‌تواند تفاوت‌ها و شباهت‌هایشان را آشکار کند و در درک تحولات مخزنی آن‌ها کمک‌کننده باشد. لذا اهداف مطالعه حاضر شامل: شناسایی، تفکیک و نام‌گذاری رخساره‌های میکروسکوپی سازندهای جهرم و آسماری در میدان نرگسی به منظور تفسیر شرایط محیط رسوب‌گذاری آن‌ها از طریق مطالعه مغزه‌ها و برش‌های نازک تهیه شده از مغزه‌ها و خرده‌های

پیش‌ژرفای زاگرس در امتداد شمال‌خاوری صفحه به مقدار زیاد باریک شده و به طور عمده رسوبات کربناته در آن ته‌نشست کرده است (زیگلر، ۲۰۰۱). در بخش‌های حاشیه شمالی حوضه رسوبی زاگرس، سازند جهرم در امتداد نواری که احتمالاً برآمدگی<sup>۲</sup> جلوی تپیس فرورانش‌کننده می‌باشد، تشکیل شده است (جهانی، ۲۰۰۸). مرز زیرین سازند جهرم در این زیرپهنه در قسمت‌هایی که سازند ساچون حضور نداشته باشد، سازند پابده است. به طور کلی در عمده مناطق حوضه رسوبی زاگرس در مناطقی که سازند جهرم تشکیل شده، رسوبگذاری سازند آسماری بر روی آن انجام شده است. با این حال ناپیوستگی مهمی بین دو سازند آسماری و جهرم وجود دارد. در مناطقی از زیرپهنه فارس نیز سازند رازک بر روی سازند جهرم تشکیل شده است. رسوبات بعد از آسماری از میوسن تا عهد حاضر، در فروافتادگی دزفول به ضخامت بیش از ۵۰۰۰ متر می‌رسند است (زیگلر، ۲۰۰۱).

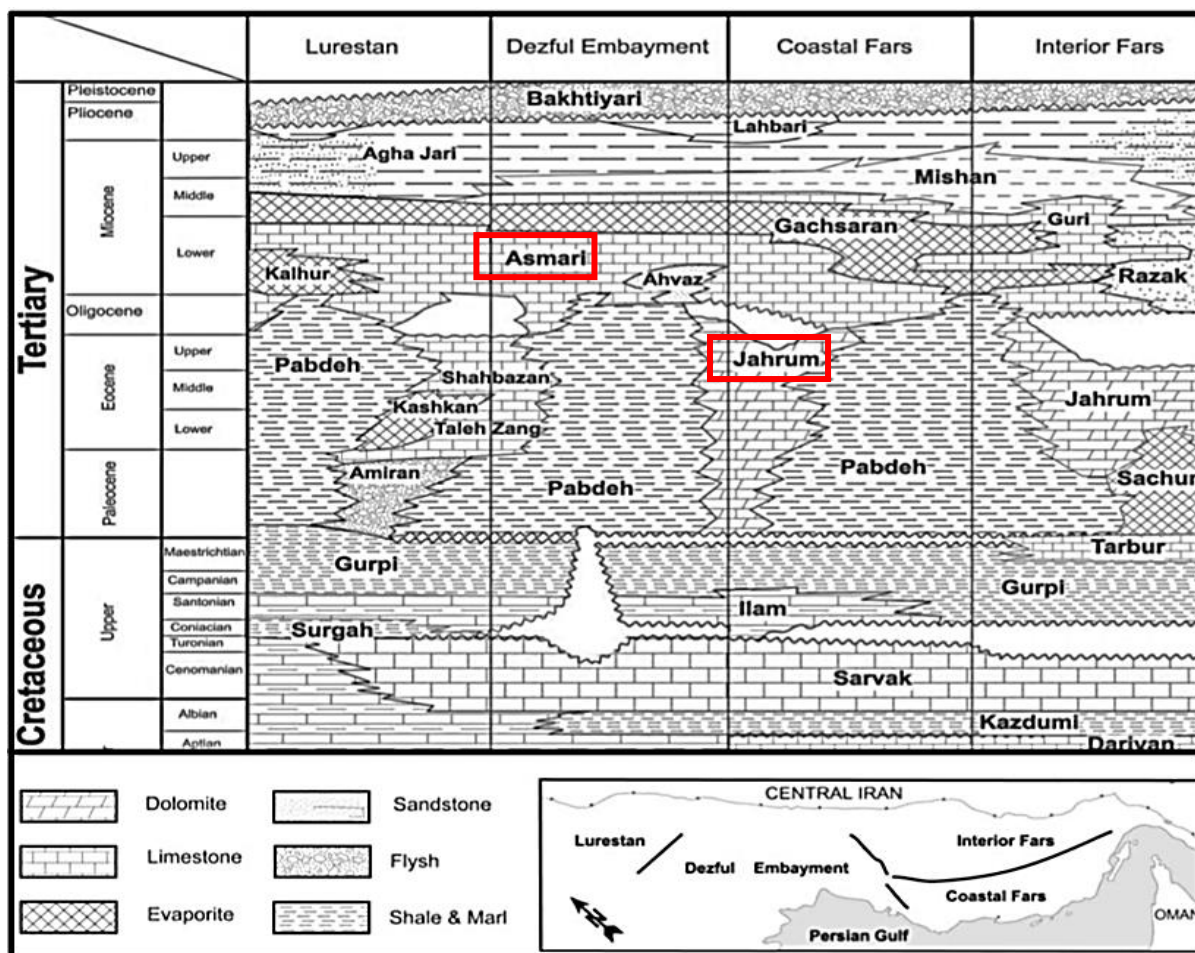
نهشته‌های آسماری به سن روپلین در برش گیسکان محرز شده است (معلمی و همکاران، ۱۳۸۸). در میدان نفتی نرگسی با توجه به گسترش شواهد خروج از آب و نیز حضور نومولیت فیچتلی<sup>۱</sup> (شاخص روپلین) بلافاصله در نهشته‌های بعد از این ناپیوستگی، می‌توان چنین برداشت کرد که احتمالاً تنها بخشی از روپلین خارج از آب بوده و ادامه روپلین با رسوبگذاری دریایی همراه بوده است. پس از این ناپیوستگی در میدان نرگسی، رسوبگذاری سازند آسماری با رخساره‌های کربناته پهنه جزرومدی - لاگونی آغاز می‌شود. در قسمت‌های بالایی سازند آسماری ناپیوستگی‌های ناشی از خروج آب دیده شده که ناپیوستگی‌های یاد شده در نهشته‌های سن الیگوسن قرار دارند. در زمان الیگوسن سطح آب دریا پایین رفت که منجر به خروج از آب بخش زیادی از قسمت‌های درونی صفحه عربی شد. دریای نئوتتیس به سرعت بسته شده و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی میدان نفتی نرگسی (گزارش مناطق نفت‌خیز جنوب، ۱۳۹۷)

<sup>2</sup> Bulge

<sup>1</sup> *Nomolites fichteli*



شکل ۲. چگونگی ارتباط جانبی نهشته‌های زیرپهنه‌های زاگرس (اقتباس از سپهر و کاگرو، ۲۰۰۴). موقعیت چینه‌شناسی سازندهای جهرم و آسماری بر روی شکل مشخص شده است.

#### ۴- داده‌ها و روش‌های مطالعه

بخش‌های بیشتری از دو سازند مذکور را در برمی‌گیرند. همچنین تعداد ۴۹۵ برش نازک میکروسکوپی تهیه شده از مغزه و خرده حفاری دو چاه نام برده در میدان نفتی نرگسی برای مطالعات میکروسکوپی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تعداد ۲۱۰ برش نازک از چاه شماره ۶ تهیه شده که ۱۱۲ عدد مربوط به سازند آسماری و ۹۸ عدد مربوط به سازند جهرم می‌باشد. تعداد ۲۸۵ برش نازک از چاه شماره ۹ تهیه شده که ۶۹ عدد مربوط به سازند آسماری و ۲۱۶ عدد مربوط به سازند جهرم می‌باشد. مطالعات پتروگرافی با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان صورت گرفته و برش‌های نازک میکروسکوپی از نظر سنگ‌شناسی رسوبی و دیرینه‌شناختی برای تعیین ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی بررسی شده و ترکیب کانی‌شناسی، ویژگی‌های بافتی، محتوای فیسیلی و عوارض دیاژنزی سنگ‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. برای نام‌گذاری سنگ‌های کربناته و تعیین بافت رسوبی از روش‌های دانام (۱۹۶۲) و امری و

اطلاعات مربوط به ۲۷۰ متر مغزه حفاری از سازندهای آسماری و جهرم در دو چاه از میدان نفتی نرگسی برای مطالعات رسوب‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از این میزان مغزه، ۱۹۰ متر مربوط به چاه شماره ۶ (۹۵ متر از سازند آسماری و ۹۵ متر از سازند جهرم) و ۸۰ متر مربوط به چاه شماره ۹ (۲۰ متر از سازند آسماری و ۶۰ متر از سازند جهرم) بوده‌اند. مطالعه مغزه‌های حفاری جهت بررسی دقیق‌تر لیتولوژی، ساخت‌های رسوبی، شکستگی‌ها، عوارض دیاژنزی، عوارض انحلالی و همچنین آثار رخنمون و خروج از آب، امری ضروری می‌باشد. مغزه‌گیری در چاه شماره ۶ و ۹ میدان نفتی نرگسی، به دلیل محدودیت‌های موجود به صورت پیوسته انجام نشده است. مغزه حفاری چاه شماره ۹ مربوط به مرز بین دو سازند است یعنی فقط بخش تحتانی سازند آسماری و بخش فوقانی سازند جهرم را پوشش می‌دهد. ولی مغزه‌های حفاری چاه شماره ۶

بوده و با چاقو به راحتی خراشیده نمی‌شوند. میزان جوشش دولومیت با اسید بسیار کم بوده و این امر مقیاس مناسبی برای تفکیک دولومیت از دولومیت آهکی و آهک دولومیتی می‌باشد. در این لایه‌ها و اغلب رخساره‌های سنگی موجود به دلیل فشارهای تکتونیکی حاکم بر منطقه و عمل تراکم، استیلولیت‌ها و شکستگی‌های فراوانی دیده می‌شوند که اغلب به خاطر جریان یافتن مواد آلی در امتداد آن‌ها پرشدگی‌هایی را با رنگ تیره نشان می‌دهند (شکل ۳-۳A).

**دولومیت آهکی و آهک دولومیتی:** این رخساره‌سنگی حدواسط دولومیت و آهک را به صورت دولومیت آهکی یا آهک دولومیتی نشان می‌دهد. از آنجایی که تفکیک بین این دو رخساره در مطالعات ماکروسکوپی امکان‌پذیر نیست لذا با هم ذکر می‌شوند. این لایه‌ها به رنگ‌های کرم و خاکستری اغلب در سازند آسماری مشاهده شده و به مقدار کمتر در بخش فوقانی سازند جهرم و یا به صورت میان لایه‌هایی در سایر بخش‌های سازند آهکی جهرم دیده می‌شوند. ندول‌های کوچک و پراکنده انیدریت، استیلولیت، رگچه‌های انحلالی و شکستگی‌های پر شده با مواد آلی در آن‌ها مشاهده شده است. میزان جوشش اسید با این لایه‌ها از رخساره سنگی دولومیت بیشتر است (شکل ۳-۳B).

**آهک:** این رخساره‌سنگی به صورت لایه‌های ضخیم چندمتری و به رنگ کرم و خاکستری روشن، فقط در سازند جهرم مشاهده شده است. در بخش‌هایی از آن آثاری از فسیل‌ها، عوارض انحلالی، استیلولیت‌ها (شکل ۴-۳A)، رگچه‌های انحلالی و شکستگی‌های پر شده با مواد آلی (شکل ۴-۳C) دیده می‌شود. به مقدار کم دارای ندول‌های کوچک انیدریت (شکل ۴-۳A) می‌باشد. در چاه شماره ۶ ندول‌های انیدریت فقط در بخش فوقانی سازند جهرم، و در چاه شماره ۹ ندول‌های انیدریت در بخش میانی این سازند مشاهده شده است. بیشترین میزان جوشش اسید مربوط به لایه‌های آهکی می‌باشد. آغستگی سنگ‌ها به مواد نفتی باعث می‌شود سنگ منظره کاملاً تیره‌ای داشته باشد (شکل ۴-۳B).

**مادستون:** این رخساره‌سنگی دانه‌ریز با سختی بسیار کم و ظاهر تیره‌رنگ به راحتی قابل تشخیص بوده و فقط در سازند آسماری مشاهده شده است. در بخش‌هایی از آن لامیناسیون بسیار ظریف قابل مشاهده است. به دلیل ماهیت ریزدانه آن، امکان توصیف دقیق این رخساره‌سنگی

کلوان (۱۹۷۱) و برای شناسایی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی و درصد فراوانی آن‌ها در برش‌های نازک، و تعیین نسبت سیمان به گل از روش فلوگل (۲۰۱۰) استفاده شده است. تفکیک رخساره‌ها با استفاده از طبقه‌بندی فلوگل (۲۰۱۰) و تفکیک کمربندهای رخساره‌ای با استفاده از مدل ویلسون (۱۹۷۵) صورت گرفته است. برای تشخیص انواع بافت دولومیت از تقسیم‌بندی سایبلی و گرگ (۱۹۸۷) استفاده شده است. تعیین و تفکیک بافت‌های انیدریتی با استفاده از طبقه‌بندی لوسیا (۲۰۰۷) و تفسیر محیط‌رسوبی با استفاده از مدل‌های استاندارد رخساره‌ای و نیز کمک گرفتن از مطالعات پیشین در این زمینه انجام شده است.

## ۵- نتایج

### ۵-۱- رخساره‌های رسوبی

به منظور توصیف دقیق رخساره‌ها، مشخصات ماکروسکوپی و میکروسکوپی آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا از طریق بررسی نمونه‌های مغزه، توصیف ماکروسکوپی انجام شده و رخساره‌های سنگی<sup>۱</sup> اصلی تعریف و تفکیک می‌شوند. سپس با بررسی برش‌های نازک نیز توصیف میکروسکوپی انجام شده و به تعریف و تفکیک ریزرخساره‌های<sup>۲</sup> اصلی پرداخته می‌شود.

### ۵-۱-۱- مشخصات ماکروسکوپی و تعیین رخساره‌های سنگی

به منظور توصیف مشخصات ماکروسکوپی و تعیین رخساره‌های سنگی، حدود ۲۷۰ متر مغزه حفاری چاه‌های ۶ و ۹ میدان نرگسی، مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به محدودیت‌های موجود در بررسی ماکروسکوپی مغزه‌ها، تا حد امکان لیتولوژی، ماهیت همبری، ساخت‌های رسوبی و آثار فسیلی مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در مغزه‌های مورد مطالعه پنج نوع رخساره‌سنگی متفاوت به شرح زیر قابل شناسایی است:

**دولومیت:** این رخساره‌سنگی به رنگ خاکستری روشن تا قهوه‌ای تیره (در صورت آغستگی به مواد نفتی) و حاوی ندول‌های سفیدرنگ انیدریت به صورت پراکنده، در بخش‌های مختلف سازند آسماری مشاهده شده است. افق‌های دولومیتی دارای سختی بیشتری نسبت به آهک

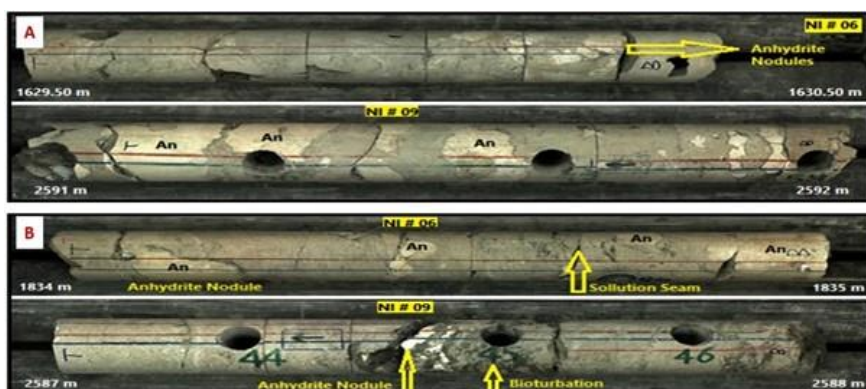
<sup>2</sup> Microfacies

<sup>1</sup> Lithofacies

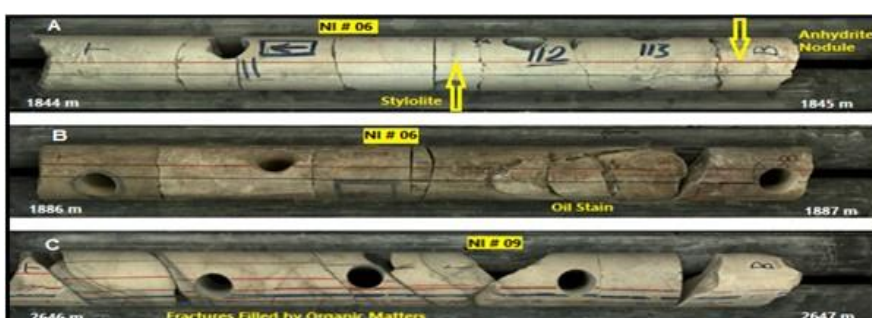
کوچک پراکنده است. و در مواردی به صورت میان‌لایه‌های ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری مشاهده می‌شود که دارای رگچه‌های انحلالی نیز می‌باشد (شکل ۵-B). در این توالی انیدریت با ساخت توری قفس‌مرغی<sup>۴</sup> (شکل ۶-A)، رگه‌های انیدریتی و شکستگی‌های حاصل از رشد انیدریت نیز مشاهده شده است.

در نمونه دستی میسر نیست. این افق‌ها در بخش‌هایی به شدت دچار شکستگی شده و به صورت زون خردشده<sup>۳</sup> مشاهده می‌شوند (شکل ۵-A).

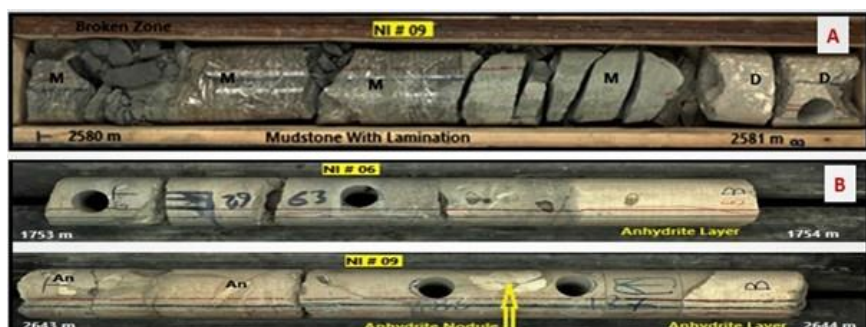
انیدریت: این رخساره‌سنگی به رنگ سفید عمدتاً در مغزه‌های تهیه شده از سازند آسماری دیده می‌شود که معمولاً همراه با دولومیت می‌باشد. انیدریت به رنگ سفید و روشن با سختی کم در زمینه سنگ به صورت ندول‌های



شکل ۳. A: رخساره‌سنگی دولومیت حاوی ندول‌های انیدریت در چاه‌های شماره ۶ و ۹ میدان نرگسی، B: رخساره‌سنگی دولومیت آهکی و آهک دولومیتی حاوی ندول‌های انیدریت در چاه‌های شماره ۶ و ۹ میدان نرگسی، ندول‌های انیدریت، رگچه‌های انحلالی و آثار آشفستگی زیستی<sup>۱</sup> روی مغزه‌ها مشخص شده است.



شکل ۴. A: رخساره‌سنگی آهک به رنگ روشن، دارای ندول انیدریت و استیلولیت، B: رخساره‌سنگی آهک به رنگ تیره، به دلیل آغشتگی زیاد به مواد نفتی، C: رخساره‌سنگی آهک به رنگ روشن، دارای شکستگی‌های تیره‌رنگ پر شده با مواد آلی



شکل ۵. A: رخساره‌سنگی مادستون با ظاهر تیره‌رنگ و دارای لامیناسیون ظریف در مجاورت با رخساره‌سنگی دولومیت حاوی ندول‌های کوچک انیدریت، زون خردشده نیز قابل مشاهده می‌باشد (چاه شماره ۹)، B: رخساره‌سنگی انیدریت به رنگ سفید و روشن، به صورت لایه انیدریتی در مجاورت با رخساره‌سنگی دولومیت و دولومیت آهکی در چاه شماره ۶ و ۹

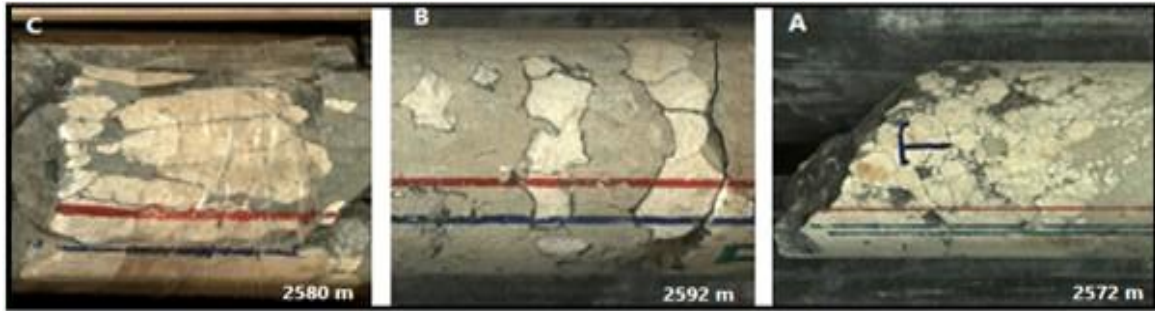
<sup>۱</sup> Bioturbation

<sup>۳</sup> Broken Zone

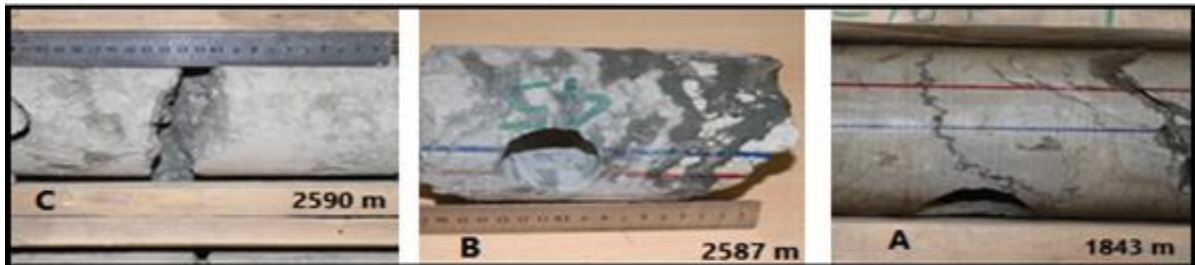
<sup>۴</sup> Chicken wire

شواهد خروج از آب در مغزه‌های حفاری مربوط به مرز بین این دو سازند می‌باشد که در چاه شماره ۹ این آثار مشخص‌تر است (شکل ۸).

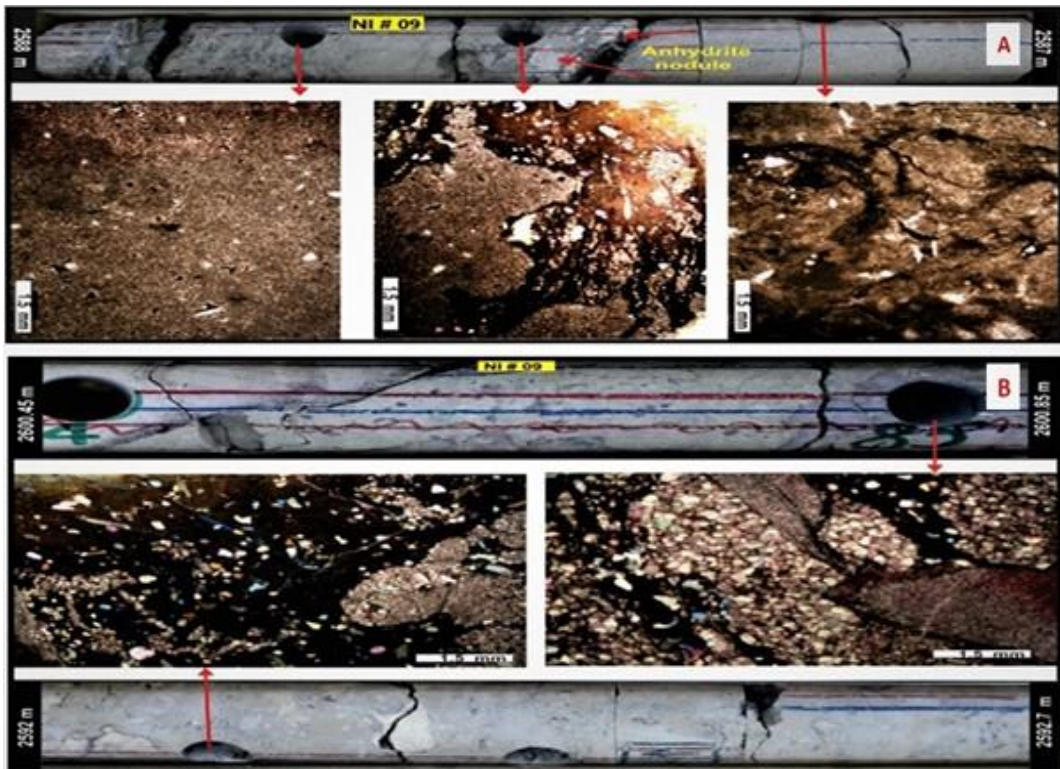
با توجه به مطالعات ماکروسکوپی مغزه‌های حفاری، مرز بین دو سازند جهرم و آسماری در میدان نرگسی، ناپیوسته است. و یکی از شواهد این امر، وجود عوارض انحلالی و



شکل ۶. A: انیدریت با ساخت توری قفس‌مرغی. B: ندول انیدریت با رشد افقی پیوسته. C: ندول انیدریت با رشد قائم



شکل ۷. A: استیلولیت در سازند آهکی جهرم، چاه شماره ۶. B: آثار آشفته‌گی زیستی در قاعده سازند آسماری، چاه شماره ۹. C: عوارض انحلالی و خوردگی مغزه در مرز بین دو سازند جهرم و آسماری، چاه شماره ۹



شکل ۸. A: شواهد خروج از آب در مرز سازندهای آسماری- جهرم در مغزه و برش نازک میکروسکوپی، به بافت دولومیتی شده به همراه ندول‌های انیدریت و گسترش رگه‌های انحلالی پر شده با مارن سیلت و ماسه‌دار توجه کنید (چاه شماره ۹)، B: رگه‌های پر شده با مارن سبز ماسه و سیلت‌دار (مغزه بالا) به همراه برشی شدن ناشی از انحلال (مغزه پایین) که از آثار خروج از آب تفسیر می‌شود (چاه شماره ۹)

### ۵-۱-۲- مشخصات میکروسکوپی و تعیین ریزرخساره‌ها

به منظور انجام مطالعات میکروسکوپی و تعیین ریزرخساره‌های سازندهای جهرم و آسماری، برش‌های نازک تهیه شده از مغزه‌های حفاری چاه ۶ و ۹ میدان نرگسی مورد بررسی قرار گرفتند. از بین دو چاه مذکور، کامل‌ترین توالی مربوط به چاه ۶ می‌باشد. در نتیجه مبنای مطالعه را این چاه قرار داده و رخساره‌ها به ترتیب ظهور در این چاه، از (MF-1) تا (MF-13) شماره‌گذاری شده‌اند و ریزرخساره (MF-14) فقط در چاه ۹ مشاهده شده است. عزیززاده (۱۳۹۶) برای سازندهای جهرم و آسماری در میدان نفتی نرگسی، ۱۷ ریزرخساره و ۴ کمر بند رخساره‌ای جزرومدی، لاگون، سد و دریای باز معرفی کرده است. در این مطالعه برای توالی جهرم - آسماری در میدان نرگسی مجموعاً ۱۴ رخساره میکروسکوپی مختلف شناسایی گردید که تعدادی از این رخساره‌ها در هر دو سازند مشاهده شده و برخی فقط مختص به یکی از سازندهای جهرم و آسماری می‌باشند. اجزای تشکیل‌دهنده ریزرخساره‌های شناسایی شده شامل دانه‌های اسکلتی مختلف و دانه‌های غیراسکلتی اینتراکلت و پلوئید می‌باشند. در اغلب رخساره‌های میکروسکوپی مقادیر جزئی دانه‌های آواری کوارتز نیز مشاهده می‌شود. مشخصات کلی رخساره‌های میکروسکوپی شناسایی شده به طور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.

**ریزرخساره‌های کمر بند رخساره‌ای پهنه جزرومدی مادستون دولومیتی‌شده (MF-1):** این ریزرخساره از دولومیکرایت‌هایی با بافت همگن و فاقد هرگونه آلوکم تشکیل شده است. این دولومیت‌ها با اندازه‌هایی کمتر از ۲۰ میکرون، اکثراً بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند. این ریزرخساره در چاه ۹ در هر دو سازند، ولی در چاه ۶ فقط در سازند آسماری مشاهده شده است (شکل ۹-A). این ریزرخساره در بخش‌های مختلف سازند آسماری (فوقانی، میانی و تحتانی) و بخش فوقانی سازند جهرم مشاهده شده است. دولومیکرایت‌های شناسایی شده، عمدتاً فاقد فسیل بوده و دارای شواهد پهنه‌های بالای جزرومدی مانند ندول‌های انیدریت با ساخت توری قفس‌مرغی می‌باشند (وارن، ۲۰۱۶). دولومیکرایت‌های سازند آسماری با ضخامت بین چندین سانتی‌متر تا حدود ۵ متر مشاهده

شده‌اند. این ریزرخساره در سازند آسماری در میادین نفتی نرگسی (عزیززاده، ۱۳۹۶)، کوه موند (ابراهیمی، ۱۳۹۶) و چهاربیشه (حیدریان، ۱۳۹۶) نیز شناسایی شده است. دولومیکرایت‌ها در نهشته‌های حاوی رسوبات تبخیری تشکیل می‌شوند مانند سازند گچساران (باوی عویدی، ۱۳۸۶) که بالا بودن مقادیر منیزیم نسبت به سایر دولومیت‌ها به دلیل منشاء دریایی آن‌ها تفسیر شده است. این نوع دولومیت‌ها در دمای پایین تشکیل می‌شوند (سایلی و گرگ، ۱۹۸۷). خصوصیتی از قبیل دانه‌ریز بودن و زمینه‌ی گلی، بافت همگن و عدم وجود آلوکم و نبود آشفته‌گی زیستی در این ریزرخساره، بیانگر تشکیل آن در پهنه‌های جزرومدی می‌باشد (کرمی‌موحد، ۲۰۱۶). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 22 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد.

**مادستون با تخلخل فنسترال (MF-2):** این ریزرخساره با ضخامت حدود ۱ متر فقط در بخش فوقانی سازند آسماری در چاه ۶، و در مجاورت با رخساره میکروسکوپی (MF-1) مشاهده شده و تخلخل فنسترال آن نیز با سیمان انیدریتی پر شده است. این ریزرخساره حاوی دولومیکرایت‌هایی با اندازه بین ۱۰ تا ۳۰ میکرون می‌باشد. تخلخل فنسترال، عدم وجود فسیل و ذرات آواری، حضور ندول تبخیری و شکستگی‌های پر شده با سیمان تبخیری از ویژگی‌های بارز این ریزرخساره می‌باشند (شکل ۹-B). این ریزرخساره در سازند آسماری در میادین نفتی هفتکل، کوپال و مارون (آورجانی، ۱۳۹۴)، میادین نفتی نرگسی، کوه موند و چهاربیشه (عزیززاده، ۱۳۹۶؛ ابراهیمی، ۱۳۹۶؛ حیدریان، ۱۳۹۶) نیز گزارش شده است. بافت مادستون حاکی از ته‌نشست این رخساره میکروسکوپی در محیط کم‌انرژی می‌باشد و ساخت فنسترال تشکیل این ریزرخساره را در پهنه‌های جزرومدی نشان می‌دهد (آدابی، ۲۰۰۹؛ وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 23 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط‌های جزرومدی است.

**انیدریت (MF-5):** این ریزرخساره فاقد هر گونه دانه اسکلتی یا غیراسکلتی می‌باشد و در تناوب با رخساره‌های دولومیتی‌شده در سازند آسماری مشاهده شده است. در این رخساره، انیدریت به صورت بلورهای بسیار نازک و کشیده به فرم موازی یا غیرموازی و درهم حضور دارد. این



فیجتلی در مقاطع اندکی از این ریزرخساره در چاه شماره ۹ (قاعده سازند آسماری) قابل توجه می‌باشد. اکثر خرده‌های اسکلتی تحت تاثیر فرایندهای انحلال، دولومیتی‌شدن و میکرایتی‌شدن قرار گرفته و در بسیاری از موارد در اثر انحلال قطعات اسکلتی، تخلخل قالبی ایجاد شده است. گسترش شکستگی‌هایی که تا حدودی با سیمان انیدریت پر شده‌اند نیز قابل توجه است. این ریزرخساره حاوی دولومیکرایت‌هایی با اندازه بین ۵ تا ۲۰ میکرون و دولومیکرواسپارایت‌هایی با اندازه بین ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون می‌باشد که در چاه ۶ فقط در سازند آسماری، و در چاه ۹ علاوه بر سازند آسماری در بخش فوقانی سازند جهرم نیز مشاهده شده است (شکل ۹-E). عزیززاده (۱۳۹۶) این ریزرخساره را فقط در سازند آسماری معرفی کرده است. این ریزرخساره در تماس با رخساره (MF-1) قرار دارد که می‌تواند بیانگر تشکیل آن در لاگون نزدیک به سبخا باشد. کم و پراکنده بودن فسیل‌های محیط‌های ساحلی بیانگر شوری بیش از حد نسبت به آب دریا است (فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 20 (فلوگل، ۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط لاگون است.

**مادستون فسیل‌دار-دولومیتی‌شده (MF-4):** این ریزرخساره با زمینه گل‌آهکی تا حدودی و در بعضی مقاطع به میزان بالا دولومیتی‌شده است. دارای شبیح فسیل‌هایی چون میلیولید<sup>۳</sup> و استراکد<sup>۴</sup> و همچنین خرده‌های نئومورف شده دوکفه‌ای می‌باشد. ذرات آواری کوارتز با فراوانی کمتر از ۵ درصد در حد سیلت بصورت پراکنده وجود دارند. در هر دو چاه فقط در سازند آسماری مشاهده شده است. این ریزرخساره تحت تاثیر فرایندهای انحلال، نئومورفیسیم و دولومیتی‌شدن قرار گرفته است. اندازه بلورهای دولومیت بین ۲۰-۵ میکرون متغیر است (شکل ۹-F). همراهی آن با ریزرخساره‌های محیط لاگونی، حضور فسیل‌های شاخص محیط‌های محدودشده دریایی، وجود سیمان و ندول انیدریت، تشکیل این رخساره را در قسمت رو به خشکی یک لاگون کم‌عمق محتمل می‌سازد (آدابی و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 19 (فلوگل، ۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط‌های پهنه جزرومدی و لاگون است.

رخساره میکروسکوپی در هر دو چاه فقط در سازند آسماری مشاهده شده است (شکل ۹-C). احتمالاً رسوب‌گذاری ریزرخساره‌ی انیدریت در حوضچه‌های بسته با شوری بالا صورت گرفته است (عزیززاده، ۱۳۹۶). نتایج آنالیز ایزوتوپ استرانسیم نیز بیانگر تشکیل انیدریت قاعده آسماری در حوضچه‌های بسته شور می‌باشد (اهرنبرگ و همکاران، ۲۰۰۷). امیدپور و همکاران (۲۰۲۱) مشابه این ریزرخساره را در میدان نفتی شادگان به پهنه بالای جزرومدی نسبت داده‌اند. این ریزرخساره، معادل رخساره RMF 25 (فلوگل، ۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط‌های بالای جزرومدی و سبخایی است.

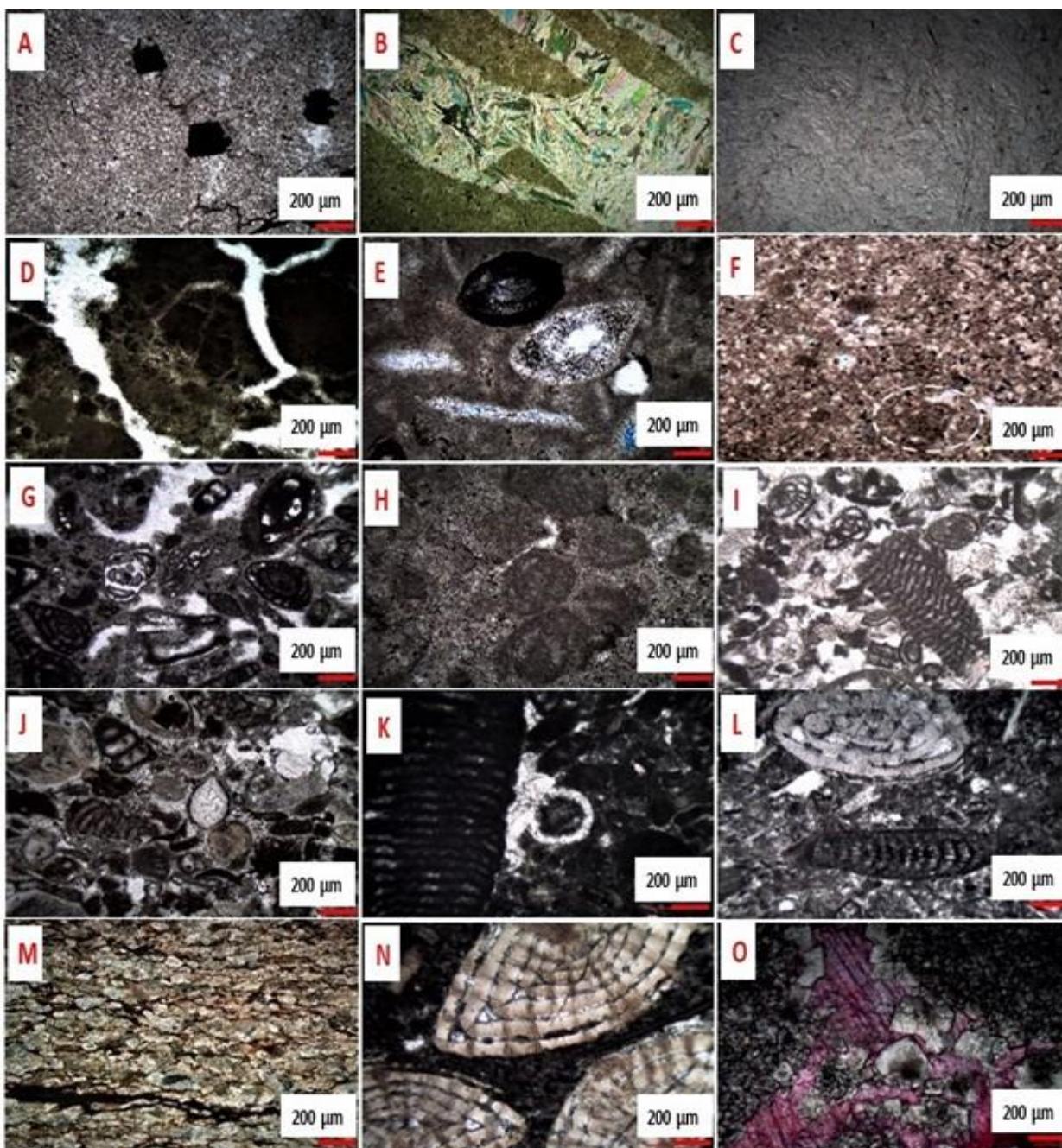
**مادستون/وکستون اینتراکلاستی-دولومیتی‌شده (MF-6):** آلوکم اصلی در این ریزرخساره، قطعات اینتراکلاست با فراوانی بیش از ۱۰ درصد می‌باشند. ذرات کوارتز نیز با فراوانی در حدود ۱ درصد به علاوه انیدریت در برخی قسمت‌ها به صورت پراکنده وجود دارند. زمینه از گل‌آهکی تشکیل شده که تا حدودی دولومیتی‌شده است و دارای دولومیت‌هایی با اندازه بلوری بین ۱۰-۱۰۰ میکرون می‌باشد. پلوئید نیز با مقادیر کمتر از ۵ درصد تشکیل شده است که با توجه به همراهی با اینتراکلاست احتمالاً با منشا جابجایی مجدد باشند (فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره تحت تاثیر فرایند دیاژنزی انحلال قرار گرفته و دارای تخلخل‌های حفره‌ای می‌باشد. شکستگی و پرشدگی متعاقب آن‌ها با سیمان تخریری مهم‌ترین فرایند دیاژنزی آن می‌باشد. در چاه ۶ فقط در سازند آسماری، و در چاه ۹ علاوه بر سازند آسماری در بخش فوقانی سازند جهرم نیز مشاهده شده است (شکل ۹-D). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 24 (فلوگل، ۲۰۱۰) بوده که معرف پهنه جزرومدی می‌باشد.

### ریزرخساره‌های کمر بند رخساره‌ای لاگون

**وکستون بایوکلاستی-دولومیتی‌شده (MF-3):** این ریزرخساره عمدتاً از گل‌آهکی تشکیل شده که تا حدودی دولومیتی‌شده است. آلوکم‌های آن شامل خرده‌های دوکفه‌ای<sup>۱</sup>، شکم‌پا<sup>۲</sup>، میلیولید<sup>۳</sup> و همچنین ذرات غیراسکلتی پلوئید می‌باشند. دانه‌های آواری کوارتز نیز با فراوانی اندک در زمینه پراکنده هستند. حضور نومولیت

<sup>3</sup> Miliolid  
<sup>4</sup> Ostracod

<sup>1</sup> Bivalve  
<sup>2</sup> Gastropod



شکل ۹. A: ریزرخساره (MF-1) (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۹۰/۷۷). B: ریزرخساره (MF-2) (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۱۵). C: ریزرخساره (MF-5) (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۹/۳۳). D: ریزرخساره (MF-6) (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۸۸/۶۴). E: ریزرخساره (MF-3) (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۱/۲۵). F: ریزرخساره (MF-4) (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۲۳/۶). G: ریزرخساره (MF-7) (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۴۴). H: ریزرخساره (MF-8) (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۵۶/۳). I: ریزرخساره (MF-9) (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۴۲/۱). J: ریزرخساره (MF-10) (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۶۰/۵). K: ریزرخساره (MF-14) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۱۱/۲۴). L: ریزرخساره (MF-11) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۰۱/۹۰). M: ریزرخساره (MF-12) (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۸۶/۸). N: ریزرخساره (MF-13) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۱۹/۸۴). O: ریزرخساره بلورین (MF-C) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۵۹۷/۷۴).

و فرامینیفرهای بنتیک دیگر تشکیل شده است. خرده‌های دوکفه‌ای و استراکد نیز در آن حضور دارند که در زمینه گل کربناته قرار گرفته‌اند. اجزای غیراسکلتی این ریزرخساره شامل دانه‌های پلویید و به میزان کمتر

وکستون/پکستون (گل‌غالب) بایوکلاستی دارای فرامینیفرهای بدون منفذ (MF-7): این ریزرخساره از فرامینیفرهای بنتیکی مانند میلیولید، آرکتیاس آسماریکوس<sup>۱</sup>، دندریتینا رنجی<sup>۲</sup>، تکستولاریا<sup>۳</sup>، پنه‌روپلیس<sup>۴</sup>

<sup>3</sup> Textularia

<sup>4</sup> Peneroplise

<sup>1</sup> Archaias asmaricus

<sup>2</sup> Dendritina Rangii

دولومیتی‌شدن، انحلال و نئومورفیسم از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی آن می‌باشد (شکل ۹-G). وجود بافت وکستون تا پکستون می‌تواند نشان‌دهنده محیط‌های کم انرژی باشد به گونه‌ای که حضور فرامینیفراهای بنتیک بدون منفذ با بافت‌های مذکور در قسمت‌های داخلی و کم عمق پلاتفرم تفسیر شده است (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۶). این ریزرخساره در سازند آسماری در میدان قلعه‌نار به زیرمحیط لاگون محدود نسبت داده شده است (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۱۳۹۷).

اینتراکلست می‌باشد. در برخی از نمونه‌ها زمینه میکرایتی سنگ به میکرواسپارایت تبدیل شده و در برخی دیگر نیز دولومیتی شده‌اند. بافت این ریزرخساره وکستون تا پکستون گل‌غالب می‌باشد و تشکیل سیمان‌های انیدریتی و دولومیتی و میکرایتی‌شدن اجزای فسیلی از ویژگی‌های آن است. اندازه بلورهای دولومیت از ۱۰ تا ۲۰ میکرون برای دولومیکرایت زمینه و ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون برای دولومیکرواسپارایت متغیر است. این ریزرخساره فقط در چاه ۶ و تنها در سازند آسماری مشاهده شده است.

جدول ۱. مشخصه‌های اصلی رخساره‌های میکروسکوپی مشاهده شده در سازندهای چهارم و آسماری (چاه ۶ و ۹) میدان نرگسی

| کد رخساره | بافت              | اجزای تشکیل‌دهنده   | رخساره معادل فلوگل (۲۰۱۰) | محیط تشکیل     | چاه/سازند                               |
|-----------|-------------------|---|---------------------------|----------------|---|
| MF-1      | مادستون           | فاقد هرگونه آلوکم   | RMF 22                    | سوپراتایدال    | چاه ۶ و ۹ / آسماری                      |
| MF-2      | مادستون           | فاقد هرگونه آلوکم   | RMF 23                    | اینترتایدال    | چاه ۶ / آسماری                          |
| MF-5      | بلورین            | فاقد هرگونه آلوکم   | RMF 25                    | سوپراتایدال    | چاه ۶ و ۹ / آسماری                      |
| MF-6      | مادستون / وکستون  | قطعات اینتراکلست، پلویید  | RMF 24                    | اینترتایدال    | چاه ۶ / آسماری - آسماری و چهارم         |
| MF-3      | وکستون            | خرده‌های دوکفه‌ای، شکم‌پا و جلبک، میلیولید، پلویید  | RMF 20                    | لاگون داخلی    | چاه ۶ / آسماری - چاه ۹ / آسماری و چهارم |
| MF-4      | مادستون           | خرده‌های دوکفه‌ای نئومورف شده، شیخ میلیولید و استراکد   | RMF 19                    | لاگون داخلی    | چاه ۶ و ۹ / آسماری                      |
| MF-7      | وکستون / پکستون   | میلیولید، آرکنیاس، دندرتینا، تکستولاریا، خرده دوکفه‌ای و مرجان - پلویید، اینتراکلست                                   | RMF 13                    | لاگون خارجی    | چاه ۶ / آسماری                          |
| MF-8      | وکستون / پکستون   | فرامینیفراهای بنتیک خانواده میلیولیده - پلویید  | RMF 16                    | لاگون خارجی    | چاه ۶ / آسماری                          |
| MF-9      | پکستون / گرینستون | اربیتولیتس، میلیولا، آرکنیاس، تکستولاریا، الفیدیوم و خرده‌های دوکفه‌ای، خارپوست، براکیوپد - پلویید                    | RMF 27                    | سد             | چاه ۶ / چهارم - ۹ / آسماری و چهارم      |
| MF-10     | گرینستون          | میلیولید، اربیتولیتس، رابدوریتس، دندرتینا، خرده‌های دوکفه‌ای، شکم‌پا، خارپوست، مرجان، جلبک قرمز - پلویید و اینتراکلست | RMF 26                    | سد             | چاه ۶ / چهارم                           |
| MF-14     | گرینستون          | جلبک قرمز لیتوفیلیوم و دوکفه‌ای، میلیولید، اربیتولیتس، خارپوست، اپرکولینا - پلویید                                    | RMF 27                    | سد             | چاه ۹ / چهارم                           |
| MF-11     | وکستون / پکستون   | میلیولید، اربیتولیتس، رابدوریتس، نومولیت، اپرکولینا، دوکفه‌ای، خارپوست، شکم‌پا، براکیوپد - پلویید                     | RMF 14                    | دریای باز      | چاه ۶ و ۹ / چهارم                       |
| MF-12     | وکستون / پکستون   | قطعات خارداران و لاله‌وشان، خرده‌های جلبک قرمز و دوکفه‌ای - پلویید  | RMF 7                     | دریای باز      | چاه ۶ و ۹ / چهارم                       |
| MF-13     | وکستون / فلوتستون | نومولیت، روزن‌داران شناور، قطعات خارداران، جلبک قرمز، دوکفه‌ای - پلویید   | RMF 9                     | رمپ میانی      | چاه ۶ و ۹ / چهارم                       |
| MF-C      | بلورین            | دولومیکرایت، دولومیکرواسپارایت، دولواسپارایت، دولومیت‌های زین‌اسبی، کلسیت بلورین                                      | -                         | غیر قابل تشخیص | چاه ۶ و ۹ / آسماری و چهارم              |

به میزان اندک مشاهده شده است. دولومیتی شدن، انحلال و نفومورفیسم از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی آن می‌باشند و شدت دولومیتی شدن نسبت به ریزرخساره‌های قبل کمتر است. اندازه بلورهای دولومیت بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکرون متغیر است (شکل ۹-I). فرامینیفرهای بنتیک یکی از سازندگان قطعات فسیلی مهم در محیط‌های پراثرژی می‌باشند و عمدتاً پشته‌های ماسه‌ای را تشکیل می‌دهند (آدابی و همکاران، ۲۰۰۸). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 27 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد که با وجود بافت دانه‌پشتیبان معرف محیط پراثرژی سد و پشته‌های ماسه‌ای است.

**گرینستون بایوکلاستی (MF-10):** این ریزرخساره حاوی قطعات اسکلتی مختلف در زمینه سیمان کلسیت‌اسپاری با بافت گرینستون می‌باشد. آلوکم‌های فسیلی آن فرامینیفرهای بنتیک میلیولید، اربیتولیتس، الفیدیوم اس پی، دندریتینا رنجی، رابدوریتس<sup>۴</sup> و قطعات اسکلتی دیگر مانند خارداران، مرجان<sup>۵</sup>، جلبک قرمز<sup>۶</sup>، خرده‌های دوکفه‌ای، شکم‌پا و استراکد بوده و آلوکم‌های غیراسکلتی آن اینتراکلت و پلویید می‌باشند. در برخی موارد انحلال قطعات اسکلتی باعث ایجاد تخلخل قالبی شده است. از دیگر خصوصیات این ریزرخساره می‌توان به سیمان بین‌دانه‌ای و دروزی از جنس کلسیت و میکرایتی شدن جزئی و کامل اجزای اسکلتی اشاره نمود که در بعضی موارد به تشکیل دانه‌های پلویید منجر شده است. دولومیت‌ها در این ریزرخساره بسیار اندک و پراکنده بوده و اندازه بلورهای آن‌ها بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکرون متغیر است. این ریزرخساره فقط در چاه ۶ و تنها در سازند جهرم مشاهده شده است (شکل ۹-J). وجود فرامینیفرهای بنتیک، کاهش میزان گل‌آهکی، بافت دانه‌غالب و بهبود جورشدگی دانه‌ها و همچنین قرار گرفتن این رخساره در بین رسوبات گرینستونی بیانگر رسوب‌گذاری این ریزرخساره در محیط پراثرژی سد است که در بالای سطح اثر امواج عادی قرار دارد و دریای باز را تا حدودی از دریای محصور جدا کرده است (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره با توجه به بافت گرینستون که بیانگر اثرژی بالای محیط است، می‌تواند معادل رخساره

فراوانی فرامینیفرهای شاخص محیط لاگون و تنوع کم سایر اجزای اسکلتی همراه با پلویید در یک ماتریکس گلی بیانگر تشکیل این ریزرخساره در یک محیط لاگونی کم‌عمق با اثرژی هیدرولیکی کم و چرخش آب محدود می‌باشد (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۱؛ جمالیان و آدابی، ۲۰۱۵). این ریزرخساره با توجه به بافت کم‌اثرژی آن، معادل رخساره RMF 13 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است که معرف محیط لاگون می‌باشد.

**وکستون / پکستون (گل غالب) بایوکلاستی دارای میلیولید (MF-8):** این ریزرخساره عمدتاً از فرامینیفرهای بنتیک خانواده میلیولید و مقادیر فرعی خرده‌های اسکلتی دیگر و پلویید تشکیل شده است. فرایند دیاژنزی عمده آن شامل میکرایتی شدن، دولومیتی شدن، نفومورفیسم و انحلال است که تخلخل ناشی از انحلال با انیدریت پر شده است. اندازه بلورهای دولومیت بین ۱۰ تا ۲۰ میکرون می‌باشد. این ریزرخساره فقط در چاه ۶ و تنها در سازند آسماری دیده شده است (شکل ۹-H). فراوانی میلیولیدها در یک ماتریکس گلی و میکرایتی شدن اجزای اسکلتی نشان‌دهنده شرایط محیطی دریای محصور شده، کم‌اثرژی و با شوری بالا مانند لاگون می‌باشد است (ذبیحی زوارم و همکاران، ۲۰۱۵). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 16 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط لاگون است.

### ریزرخساره‌های کمربند رخساره‌ای سد

**پکستون / گرینستون بایوکلاستی دارای فرامینیفرهای بدون منفذ (MF-9):** این ریزرخساره از فرامینیفرهای بنتیک مانند اربیتولیتس<sup>۱</sup>، میلیولید، آرکنیاس، تکستولاریا، الفیدیوم اس پی<sup>۲</sup> و فرامینیفرهای بدون منفذ دیگر تشکیل شده است. همچنین خرده‌های دوکفه‌ای که در حال حاضر با کلیست اسپاری پر شده‌اند و خارداران<sup>۳</sup> همراه با پلوییدهایی که حاصل میکرایتی شدن اجزای اسکلتی می‌باشند، در آن دیده می‌شوند. در برخی از نمونه‌ها زمینه میکرایتی سنگ به میکرواسپارایت تبدیل شده و در برخی دیگر نیز دولومیتی شده‌اند. این ریزرخساره با فراوانی زیاد در طول توالی، در چاه ۶ فقط در سازند جهرم و در چاه ۹ علاوه بر سازند جهرم در بخش پایینی سازند آسماری نیز

<sup>4</sup> Rabdorites

<sup>5</sup> Coral

<sup>6</sup> Red Algae

<sup>1</sup> Orbitolites

<sup>2</sup> Elphidium Sp

<sup>3</sup> Echinoid

دو چاه، فقط در سازند جهرم دیده شده است (شکل ۹-L). حضور فرامینیفرهای منفذدار با پوسته هیالین دریای باز و فرامینیفرهای بدون منفذ خاص بخش‌های درونی پلاتفرم حاکی از آن است که سد بیوکلاستی مؤثری برای تمایز پلاتفرم درونی از دریای باز وجود ندارد. بر این اساس با توجه به میزان انرژی، بافت سنگ از وکستون تا گرینستون متغیر می‌باشد است (رومرو و همکاران، ۲۰۰۲). معلمی و همکاران (۱۳۸۸) تشکیل این رخساره در سازند جهرم در برش گیسکان را در منطقه بین رمپ داخلی و میانی تفسیر نموده‌اند. این ریزرخساره معادل رخساره RMF 14 آرایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) می‌باشد که معرف محیط دریای باز است.

**وکستون/پکستون بایوکلاستی دارای خارپوست (MF-12):** این ریزرخساره در هر دو چاه فقط در سازند جهرم مشاهده شده است و از قطعات خارداران و به مقدار کمتر لاله‌وشان<sup>۱۰</sup> تشکیل شده است. خرده‌های جلبک قرمز و دوکفه‌ای و ذرات غیراسکلتی پلویید نیز در زمینه گل کربناته دیده می‌شوند. سیمان رورشدی هم‌محور در اطراف دانه خارپوست مشاهده شده است. در تعداد کمی از مقاطع مربوط به این ریزرخساره فرایند دولومیتی شدن رخ داده و اندازه بلورهای دولومیت بین ۲۰ تا بیش از ۲۰۰ میکرون متغیر است. این ریزرخساره در هر دو چاه ۶ و ۹ فقط در سازند جهرم مشاهده شده است (شکل ۹-M). رخساره‌های حاوی خارپوست عمدتاً در قسمت‌های انتهایی رمپ درونی و ابتدای رمپ میانی حضور دارند (فلوگل، ۲۰۱۰). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 7 آرایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است که معرف محیط دریای باز می‌باشد.

**وکستون/فلوتستون بایوکلاستی دارای نومولیت و پلوئید (MF-13):** این ریزرخساره که عمدتاً در قسمت‌های تحتانی سازند جهرم در هر دو چاه دیده شده است، از نومولیت‌های فابیانی و اس‌پی با میانگین اندازه ۲ میلی‌متر، به همراه مقادیر کمتر قطعات فسیلی مانند خارداران، جلبک قرمز، اپرکولینا<sup>۱۱</sup> و روزن‌داران شناور<sup>۱۲</sup> با فراوانی کمتر از ۵ درصد به همراه پلویید تشکیل شده است. فرایند دیاژنزی دولومیتی شدن به میزان کمی صورت گرفته و اندازه بلورهای دولومیت ایجاد شده بین ۱۰۰ تا بیش از

26 RMF آرایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) باشد که معرف محیط پشته‌های ماسه‌ای است.

**گرینستون بایوکلاستی دارای جلبک قرمز و پلویید (MF-14):** اصلی‌ترین آلوکم این ریزرخساره جلبک قرمز کورالین از جنس لیتوفیلیوم<sup>۷</sup> می‌باشد که همراه با پوسته دوکفه‌ای، میلیولید، نومولیت فابیانی، اربیتولیتس، رابدوریتس، شکم‌پا، قطعات خارداران و دانه‌های غیراسکلتی پلویید در زمینه میکرایتی و سیمان کلسیت اسپاری مشاهده می‌شوند. سیمان کلسیتی شفاف از نوع دروزی و بلوکی در زمینه و در داخل حجرات فسیل‌ها مشاهده شده است. انحلال، میکرایتی شدن، سیمانی شدن و دولومیتی شدن (با شدت کمتر نسبت به رخساره‌های لاگون و جزرومدی) از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی این ریزرخساره می‌باشد. اندازه بلورهای دولومیت بین ۲۰ تا ۲۰۰ میکرون متغیر است. این ریزرخساره فقط در چاه ۹ و تنها در سازند جهرم مشاهده شده است (شکل ۹-K). این ریزرخساره در مطالعات قبلی میدان نرگسی نیز فقط در سازند جهرم شناسایی شده است (عزیززاده، ۱۳۹۶). این ریزرخساره معادل رخساره RMF 27 آرایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است که معرف محیط پیرانرژی پشته‌های ماسه‌ای می‌باشد.

**ریزرخساره‌های کمر بند رخساره‌ای دریای باز وکستون/پکستون بایوکلاستی دارای فرامینیفرهای منفذدار و بدون منفذ (MF-11):** این ریزرخساره از فرامینیفرهای بنتیک بدون منفذ مانند اربیتولیتس، میلیولید، آرکیاس، رابدوریتس، و فرامینیفرهای بنتیک منفذدار مانند نومولیت فابیانی<sup>۸</sup> و نومولیت اس‌پی<sup>۹</sup> و قطعات فسیلی دیگر مانند دوکفه‌ای، شکم‌پا، خارداران، قطعات بازوپا و ذرات غیراسکلتی پلویید با فراوانی اندک در زمینه گل کربناته تشکیل شده است. در برخی مقاطع سیمان رورشدی هم‌محور بر روی قطعات خارداران تشکیل شده و سیمان‌های دروزی و بلوکی نیز در آن مشاهده شده است. انحلال، میکرایتی شدن، سیمانی شدن و دولومیتی شدن از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی این ریزرخساره می‌باشد. اندازه بلورهای دولومیت در این ریزرخساره از ۲۰ تا بیش از ۲۰۰ میکرون متغیر است. این ریزرخساره در هر

<sup>10</sup> Crinoid<sup>11</sup> Operculina<sup>12</sup> Pelagic foraminifera<sup>7</sup> Lithophyllum<sup>8</sup> Nummulites fabiani<sup>9</sup> Nummulites Sp

انیدریتی‌شدن و آبگیری انیدریت با فراوانی متغیر در این سازندها شناسایی گردید.

**میکرایتی‌شدن:** میکرایتی‌شدن یا تبلور مجدد پس‌رونده، فرایندی است که توسط فعالیت‌های زیستی جلبک‌های سبز - آبی، فعالیت میکروبی و باکتریایی بر سطح آلوکم‌ها صورت می‌گیرد و در نتیجه آن، آلوکم‌ها به دانه‌های ریز و میکروکریستالین کلسیت تبدیل می‌شوند و معمولا در اثر این فرایند ساختار داخلی آن‌ها از بین می‌رود (کرمی‌موحد و همکاران، ۲۰۱۶). میکرایتی‌شدن یکی از فرایندهای رایج محیط‌های لاگونی می‌باشد (جمالیان و آدابی، ۲۰۱۵). این فرآیند بیشتر به صورت پوشش میکرایتی معمولا در اطراف آلوکم‌هایی مانند فرامینیفرهای بنتیک در رخساره‌های لاگونی قابل مشاهده است اما برخی دانه‌ها در رخساره‌های پراثری مثل پشته‌های سدی نیز دارای دیواره میکرایتی بوده و فقط قالب آن‌ها باقی مانده که با سیمان ثانویه پر شده‌اند. در برخی از نمونه‌ها میکرایتی‌شدن فقط حاشیه و دیواره دانه‌های اسکلتی را تحت تاثیر قرار داده است (شکل ۱۰-۱۰A). اما در نمونه‌های دیگر، در اثر فعالیت شدید موجودات، آلوکم به طور کامل میکرایتی شده و ساختار داخلی آن از بین رفته و فقط یک اثر میکرایتی از آن بر جای مانده است (شکل ۱۰-۱۰B). میکرایتی‌شدن در نمونه‌های سازند جهرم مشهودتر است. این فرایند موجب پیشگیری از انحلال و گسترش تخلخل‌های حاصل از آن در بخش‌های کربناته می‌گردد (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۱۳۹۷).

**تراکم:** تراکم (فشرده‌گی) شامل مجموعه فرایندهایی است، که باعث کاهش حجم توده‌ی سنگ می‌شود (فلوگل، ۲۰۱۰). تراکم به دو صورت فیزیکی<sup>۱۶</sup> (بلافاصله بعد از رسوب‌گذاری) و شیمیایی<sup>۱۷</sup> (معمولا در اعماق زیاد) در توالی‌های مورد مطالعه رخ داده است. تراکم فیزیکی در رخساره‌های دانه‌پشتیبان سازند جهرم مانند (MF-9)، (MF-10) و (MF-14) مشهودتر می‌باشد. جهت‌یافتگی آلوکم‌ها (شکل ۱۰-۱۰C)، تغییرشکل پلاستیک آلوکم‌ها (شکل ۱۰-۱۰D) و شکستگی برخی از آلوکم‌های فسیلی (شکل ۱۰-۱۰E)، از آثار فشرده‌گی فیزیکی مشاهده شده می‌باشند. آثار تراکم شیمیایی به صورت استیلولیت (شکل ۱۰-۱۰F,G) و رگچه‌های انحلالی (شکل ۱۰-۱۰H) دیده

۲۰۰ میکرون متغیر می‌باشد. دولومیتی‌شدن به صورت انتخابی فقط در زمینه میکرایتی رخ داده است (شکل ۹-۹N). نومولیت‌ها نشان‌دهنده آب‌های استوایی تا نیمه استوایی با شوری نرمال و نرخ نسبتا بالای رسوب‌گذاری هستند که معمولا در زیر سطح موثر امواج در شرایط عادی حضور دارند (نجفی و همکاران، ۲۰۰۴؛ زهدی و همکاران، ۲۰۱۳). این ریزرخساره در میداین نفتی هفتکل، کوپال، مارون (آورجانی، ۱۳۹۴)، نرگسی (عزیززاده، ۱۳۹۶)، چهاربیشه (حیدریان، ۱۳۹۶) و قلعه‌نار (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۱۳۹۷) نیز شناسایی و به رمپ میانی نسبت داده شده است. این ریزرخساره معادل رخساره RMF 9 ارایه شده توسط فلوگل (۲۰۱۰) است که معرف محیط رمپ میانی می‌باشد.

**رخساره میکروسکوپی با بافت بلورین (MF-C):** فرایندهای دیاژنزی مانند تبلور مجدد<sup>۱۳</sup> و دولومیتی‌شدن بیش از حد<sup>۱۴</sup>، باعث از بین رفتن بافت رسوبی اولیه تعدادی از نمونه‌ها شده است. در برخی موارد نمونه کاملا دولومیتی شده و شامل دولومیکرواسپارایت، دولواسپارایت و دولومیت‌های زین‌اسبی<sup>۱۵</sup> است و در موارد دیگر زمینه شامل کلسیت و دولومیت بلورین می‌باشد. در این حالت تشخیص اجزای تشکیل‌دهنده رخساره و بافت اولیه آن از طریق مطالعات میکروسکوپی امکان‌پذیر نبوده و محیط رسوب‌گذاری نیز قابل شناسایی نخواهد بود. از این رو نمونه‌های با بافت بلورین در قالب رخساره میکروسکوپی بلورین (MF-C) از سایر ریزرخساره‌ها تفکیک شده‌اند (شکل ۹-۹O). با توجه به فراوانی دولومیت‌های متوسط و درشت‌بلور می‌توان گفت که این دولومیت‌ها مربوط به مراحل اولیه تدفین بوده و در اثر تبلور مجدد دولومیت‌های ریزبلور یا بر اثر جانمایی دولومیت‌های اولیه تشکیل شده‌اند (فلاح‌بکتاش و همکاران، ۱۴۰۰).

## ۵-۲- فرآیندهای دیاژنزی

بر پایه مطالعات پتروگرافی انجام شده بر روی مغزه‌های حفاری و برش‌های نازک میکروسکوپی بدست آمده از سازندهای آسماری و جهرم، فرایندهای دیاژنزی متنوعی از جمله میکرایتی‌شدن، سیمانی‌شدن، دولومیتی‌شدن، انحلال، نئومورفیسم، شکستگی، تراکم، پیریتی‌شدن،

<sup>16</sup> Physical Compaction

<sup>17</sup> Chemical Compaction

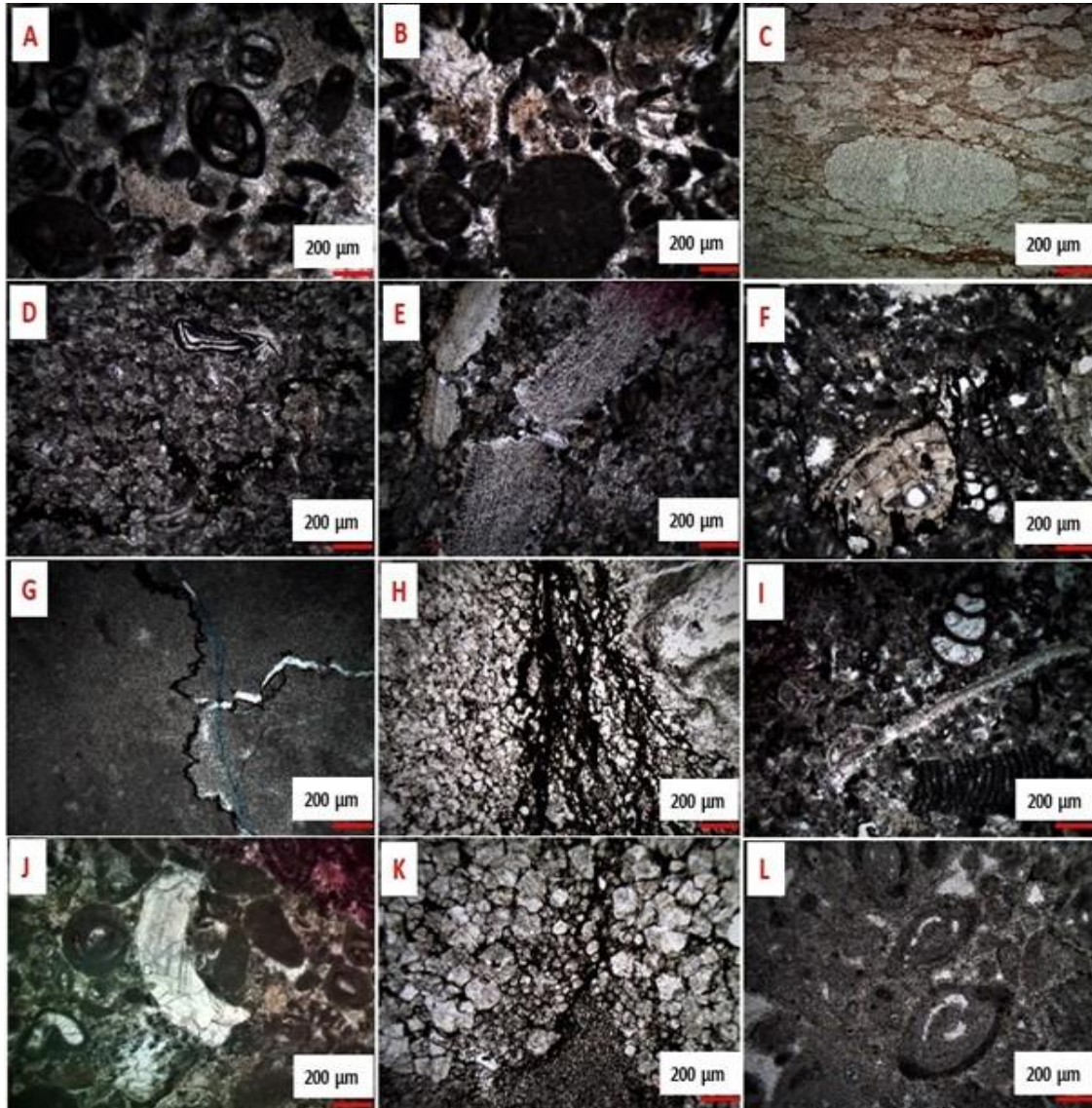
<sup>13</sup> Recrystallization

<sup>14</sup> Over Dolomitization

<sup>15</sup> Saddle Dolomite

(MF-4) نسبت به رخساره‌های دانه غالب به میزان بیشتری مشاهده شده است.

می‌شوند (هنرمند و امینی، ۱۳۹۱). تراکم شیمیایی در رخساره‌های گل غالب مانند (MF-1)، (MF-2)، (MF-3) و



شکل ۱۰. A: میکرایتی شدن بخشی (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۴۷/۸۶). B: میکرایتی شدن کامل (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۵۰/۲). C: تراکم فیزیکی (جهت‌گیری قطعات خارپوست) (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۶۹/۱۰). D: تراکم فیزیکی (تغییر شکل پلاستیک آلوم) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۱۷/۸۱). E: تراکم فیزیکی (شکستگی) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۳۱/۸۵). F, G: تراکم شیمیایی (استیلولیت) (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۰۶/۰۸ و آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۸۹/۴۷). H: تراکم شیمیایی (رگچه‌های انحلالی) (آسماری چاه ۶، عمق ۱۷۳۹/۷۰). I, J: فرایند نوشکلی در شکم‌پا و قطعه دوکفه‌ای (جهرم، چاه ۶، عمق ۲۶۰۰/۴۴ و چاه ۹، عمق ۲۶۲۴/۲۲). N: تبدیل میکرو دولومیت به میکرو دولواسپار و دولواسپار (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۵۹). O: جانشینی دولومیت به جای کلسیت (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۲۳).

تغییر ترکیب کانی‌شناسی) می‌باشد (فلوگل، ۲۰۱۰). نوشکلی به دو صورت افزایشی و کاهش‌ی صورت می‌گیرد و در سنگ‌های آهکی بیشتر به صورت نئومورفیسم افزایشی رخ می‌دهد (تاگر، ۲۰۰۱). در اثر نئومورفیسم افزایشی، اندازه ذرات ماتریکس بزرگ‌تر شده و ظاهر روشن‌تری را

نوشکلی<sup>۱</sup> واژه نئومورفیسم شامل تبدیلات کانی‌شناسی در حضور آب است و در برگیرنده فرایندهای جانشینی (انحلال یک کانی و تشکیل همزمان کانی دیگر) برگشتگی (جانشینی یک کانی بوسیله پلی‌مورف آن مانند کلسیتی شدن آراگونیت) و تبلور مجدد (تغییر اندازه بلوری بدون

<sup>1</sup> Neomorphism

هم‌رخامت از سیمان‌های نسل اول بوده و نشان‌دهنده محیط فریاتیکی دریایی می‌باشد (فلوگل، ۲۰۱۰). سیمان رورشدی هم‌محور در اطراف دانه‌های اسکلتی با ترکیب کانی‌شناسی کلسیت پرمینیزیم مانند خارپوست تشکیل می‌شود و در محیط‌های فریاتیکی دریایی و جوی دارای ادخال‌هایی می‌باشد در حالی که در محیط‌های دیاژنزی تدفینی به صورت شفاف است (فلوگل، ۲۰۱۰). با توجه به شفاف نبودن این سیمان در مقاطع مورد مطالعه، تشکیل آن در محیط تدفینی بعید به نظر می‌رسد. سیمان هم‌بعد از بلورهای کلسیت با ابعاد تقریباً مساوی تشکیل شده که حفرات را پر می‌کند و ممکن است از تبلور مجدد سیمان‌های نسل اول تشکیل شده باشد. این سیمان اغلب در محیط‌های دیاژنزی جوی تشکیل می‌شود (فلوگل، ۲۰۱۰). سیمان دروزی پرکننده حفرات و شکستگی‌ها می‌باشد و از بلورهای هم‌بعد تا طویل، بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار کلسیت تشکیل شده که اندازه آن‌ها از حاشیه به طرف مرکز افزایش می‌یابد. این سیمان شاخص محیط تدفینی یا جوی می‌باشد (جیمز، ۱۹۹۱). سیمان بلوکی از بلورهای درشت کلسیت تشکیل شده و خاص محیط‌های جوی و تدفینی می‌باشد. این سیمان پس از انحلال سیمان‌ها و دانه‌ها به صورت سیمان دیاژنزی تاخیری پرکننده فضاهای خالی بوده و گاهی نیز حاصل تبلور مجدد سیمان‌های دیگر است (تاگر و رایت، ۱۹۹۰). سیمان دربرگیرنده از یک یا چند بلور با ابعاد مختلف تشکیل شده و می‌تواند چندین دانه را دربرگیرد. این سیمان در محیط دفنی تشکیل می‌گردد (تاگر، ۱۹۹۳). به نظر می‌رسد که ارتباط مستقیمی بین دولومیتی شدن و سیمان تبخیری وجود دارد. ارتباط بین سیمان انیدریتی و دولومیتی شدن در مخزن آسماری میدان نفتی قلعه‌نار نیز گزارش شده است (باوی عویدی و همکاران، ۱۳۹۶).

**انحلال:** این فرایند زمانی اتفاق می‌افتد که سیالات منفذی نسبت به کربنات تحت‌اشباع باشند، بنابراین می‌توانند سبب انحلال دانه‌های کربناته ناپایدار، و سیمان‌ها در مقیاس کوچک و بزرگ شوند (فلوگل، ۲۰۱۰). در نمونه‌های جهرم و آسماری، گسترش فرایند انحلال عمدتاً به صورت انتخابی است، به نحوی که گاهی زمینه سنگ،

در رخساره‌های مادستونی و وکستونی پیدا کرده است و در بسیاری از نمونه‌ها به صورت تبدیل ماتریکس دولومیکریتی به میکرو دولوماسپار و دولواسپار است (شکل K-۱۰). در برخی موارد، کلسیت ریزبلور تبلور مجدد یافته و در مواردی تنها شبحی از آلوکم‌های اسکلتی اولیه باقی مانده است. در نمونه‌های سازند جهرم، خرده‌های نئومورف شده شکم‌پا (شکل I-۱۰) و دوکفه‌ای (شکل J-۱۰) به وفور مشاهده شده است. نوشکلی در نمونه‌های سازند آسماری بیشتر به صورت جانیشینی دولومیت به جای کلسیت مشاهده شده است (شکل L-۱۰).

**سیمانی شدن:** سیمانی شدن فرایندی است که همزمان و یا اندکی بعد از فشردگی در سنگ‌ها اعمال شده و در طی آن کانی‌های درج‌ازا، در فضای خالی رسوبات ته‌نشین شده و باعث سنگی شدن رسوبات می‌شوند. این فرایند در جایی انجام می‌شود که مقدار زیادی از سیال درون حفره‌ای نسبت به فاز سیمان که می‌تواند کلسیت، سیلیس، دولومیت و یا انیدریت و ژپس باشد به حد فوق‌اشباع برسد (تاگر و رایت، ۱۹۹۰). سیمان‌های مشاهده شده در سازند آسماری اغلب دارای کانی‌شناسی دولومیتی، انیدریتی و مقادیر فرعی سیمان آهن‌دار هماتی می‌باشند. مهم‌ترین سیمان‌های مشاهده شده در سازند آسماری شامل سیمان دولومیت حفره‌پرکن (شکل A-۱۱)، سیمان انیدریت دربرگیرنده<sup>۲</sup> (شکل B-۱۱)، سیمان انیدریت فراگیر<sup>۳</sup> پرکننده فضای خالی و شکستگی‌ها (شکل C-۱۱) و به مقدار کمتر سیمان کلسیت‌اسپاری و سیمان آهن‌دار هماتی می‌باشد. سیمان‌های موجود در سازند جهرم اغلب دارای ترکیب کلسیتی، و به میزان کمتر انیدریتی و دولومیتی بوده و سیمان آهن‌دار به صورت فرعی می‌باشد. از مهم‌ترین سیمان‌های مشاهده شده در سازند جهرم می‌توان به سیمان کلسیتی حاشیه‌ای هم‌رخامت<sup>۴</sup> (شکل D-۱۱)، سیمان کلسیتی رورشدی هم‌محور<sup>۵</sup> (شکل E-۱۱)، سیمان کلسیتی دربرگیرنده (شکل F-۱۱)، سیمان کلسیتی هم‌بعد<sup>۶</sup> (شکل G-۱۱)، سیمان کلسیتی دروزی<sup>۷</sup> (شکل H-۱۱)، سیمان کلسیتی بلوکی<sup>۸</sup> (شکل I-۱۱)، سیمان دولومیتی، سیمان تبخیری انیدریت و سیمان آهن‌دار هماتی (شکل J-۱۱) اشاره نمود. سیمان حاشیه‌ای

<sup>۶</sup> Equant

<sup>۷</sup> Drusy

<sup>۸</sup> Blocky

<sup>۲</sup> Poikilotopic

<sup>۳</sup> Pervasive

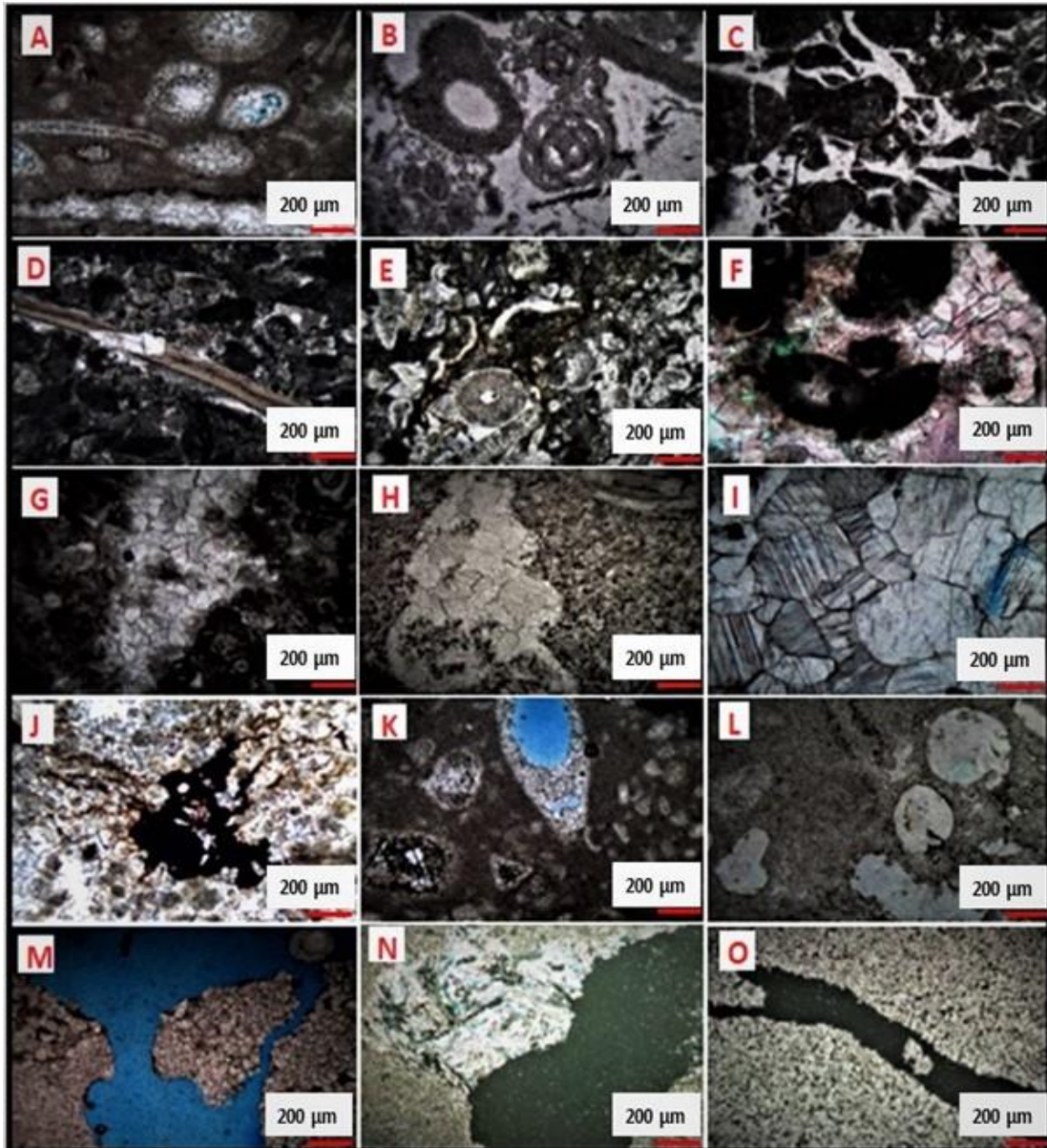
<sup>۴</sup> Isopachous Rim

<sup>۵</sup> Syntaxial Overgrowth



حفره پرکن و یا انیدریت فراگیر) پر شده است (شکل ۱۱-  
L, N). در رخساره‌های دولومیتی‌شده، علاوه بر تخلخل  
ناشی از دولومیتی‌شدن، انحلال نیز این تخلخل را توسعه  
داده که باعث ایجاد تخلخل‌های حفره‌ای تا کانالی شده  
است (شکل ۱۱-M, N, O). فرایند انحلال در محیط‌های  
جوی نزدیک به سطح و محیط‌های دیاژنزی تدفینی صورت  
می‌گیرد (مور، ۱۹۸۹).

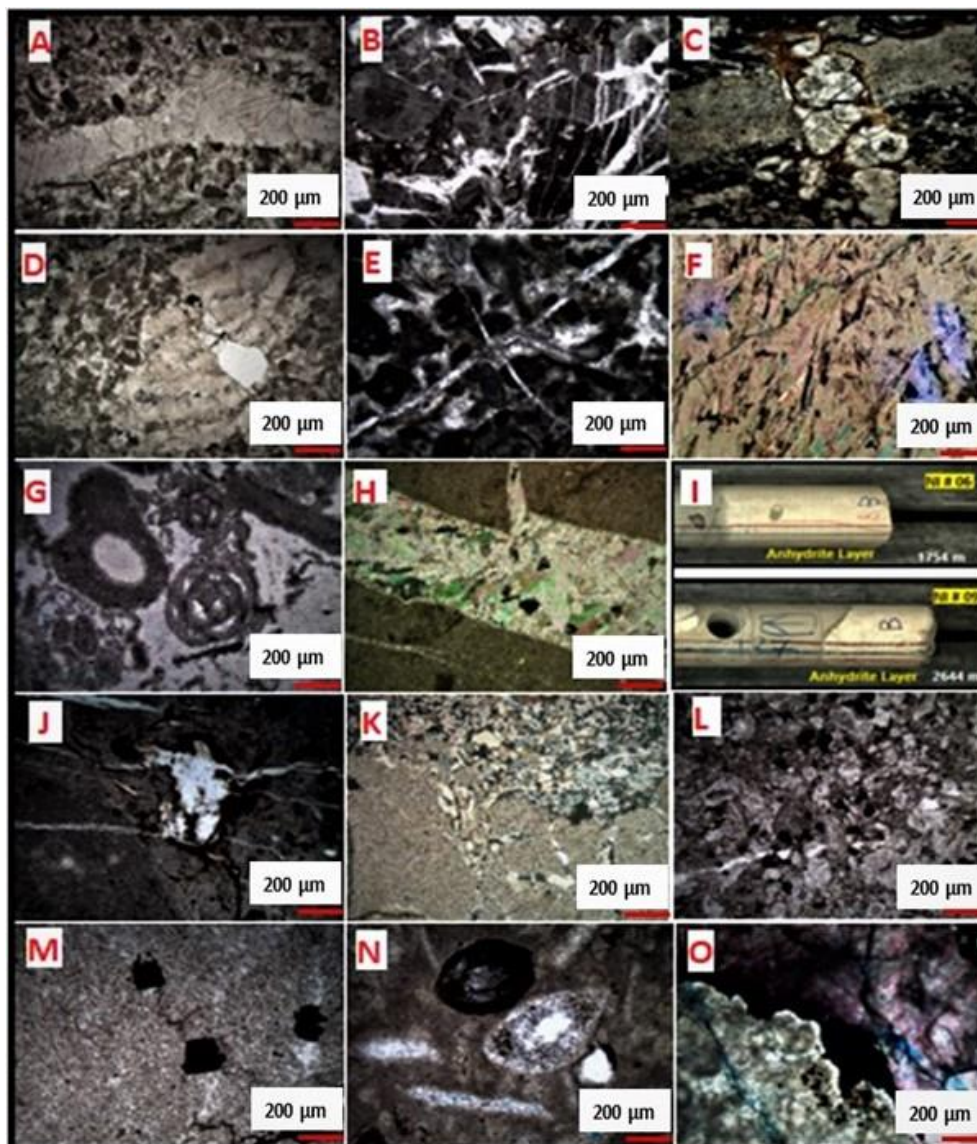
گاهی سیمان و گاهی دانه را متاثر کرده است (شکل ۱۱-  
K, L). البته این فرایند گاهی هم صورت غیرانتخابی رخ  
داده و طی آن، به طور هم‌زمان سیمان، دانه و یا ماتریکس  
سنگ حل شده‌اند (شکل ۱۱-M, N, O). در برخی از  
نمونه‌ها، فضای ناشی از انحلال به صورت تخلخل باقی  
مانده است و گاهی نیز این فضاها توسط فازهای بعدی  
سیمان (مانند سیمان‌های کلسیت‌دروزی، دولومیتی



شکل ۱۱. A: سیمان دولومیتی پرکننده تخلخل‌های قالبی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۱/۲۵). B: سیمان انیدریت دربرگیرنده (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۳۳). C: سیمان انیدریت فراگیر (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۴۳/۷). D: سیمان کلسیت حاشیه‌ای هم‌ضخامت (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۲۳/۸۲). E: سیمان کلسیت رورشدی هم‌محور (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۴۴/۵۰). F: سیمان کلسیتی دربرگیرنده (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۴۷/۱۲). G: سیمان کلسیتی هم‌بعد (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۴۱/۶۰). H: سیمان کلسیتی دروزی (چهرم، چاه ۶، عمق ۱۹۵۵). I: سیمان کلسیت بلوکی (چهرم، چاه ۹ - عمق ۲۶۴۳/۲۶). J: سیمان آهن‌دار هماتیتی (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۵۴/۵). K: تخلخل قالبی ناشی از انحلال انتخابی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۱/۲۵). L: پرشدگی قالب آلوکم‌های فسیلی انحلال یافته با سیمان انیدریت (چهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۲۹/۶۰). M: تخلخل حفره‌ای ناشی از انحلال غیرانتخابی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۹۲/۱۴). N: تخلخل حفره‌ای که تا حدودی توسط سیمان انیدریتی پر شده است (آسماری، چاه ۶ - عمق ۱۶۲۵/۵۵). O: تخلخل کانالی (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۵۸/۶).

قابل مشاهده هستند و تخلخل‌های حاصل از شکستگی را ایجاد کرده‌اند (شکل ۱۲-D)، در برخی نمونه‌ها شکستگی‌های متقاطع مشاهده شده است (شکل ۱۲-E) و در برخی موارد شکستگی‌ها عوارض دیاژنز دفنی مانند استیلولیت‌ها را قطع کرده‌اند. به طور کلی شکستگی در سازند دولومیتی آسماری در مقایسه با سازند آهکی جهرم فراوانی بیشتری در طول توالی دارد زیرا دولومیت‌ها نسبت به آهک‌ها شکننده‌تر هستند (فلوگل، ۲۰۰۴).

شکستگی: در مراحل نهایی دیاژنز در اثر فعالیت‌های تکتونیکی رسوبات چین‌خورده و بالا می‌آیند، بنابراین شکستگی‌هایی شکل می‌گیرد که بعدها توسط سایر کانی‌ها پر می‌شوند (مراد و همکاران، ۲۰۱۰). در نمونه‌های مورد مطالعه، شکستگی‌ها با ابعاد مختلف قابل مشاهده هستند، که در اکثر موارد توسط سیمان کلسیتی (شکل ۱۲-A)، انیدریتی (شکل ۱۲-B) و دولومیتی (شکل ۱۲-C) پر شده‌اند، اما در نمونه‌های مورد مطالعه شکستگی‌ها باز هم



شکل ۱۲. A: پرشدگی شکستگی با سیمان کلسیتی هم‌بعد (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۴۶/۹). B: پرشدگی شکستگی با سیمان انیدریتی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۸۸/۶۴). C: پرشدگی شکستگی خارپوست با سیمان دولومیتی (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۰۱/۱۶). D: تخلخل حاصل از شکستگی در نومولیت (جهرم، چاه ۶، عمق ۱۸۵۹/۶). E: شکستگی‌های متقاطع (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۵۳/۲۰). F: قطع شدن ندول انیدریت توسط استیلولیت (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۸۵/۸۳). G: سیمان انیدریت دربرگیرنده (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۳۳). H: انیدریت پرکننده شکستگی (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۳۱/۷). I: انیدریت لایه‌ای (سازند آسماری چاه ۶ و ۹). J: رگچه‌های تبخیری منشعب شده از ندول انیدریت (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۸/۴۷). K: ژپیس و انیدریت پرکننده فضای خالی و شکستگی دولومیت‌ها (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۴۳/۷). L: پیریت‌های دانه‌تمشکی (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۶۲۳/۶). M: پیریت‌های خودشکل (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۵۹۰/۷۷). N: جانشین پیریت در آلوکم فیسیلی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۱/۲۵). O: سیمان پیریتی (جهرم، چاه ۹، عمق ۲۵۹۴/۵۳).

انیدریتی‌شدن: معمول‌ترین کانی تبخیری در سطح زمین، ژئوپس است که طی تدفین در اعماق چندصد متری تا یک کیلومتری بر اثر آزدایی به انیدریت تبدیل می‌شود (وارن، ۲۰۱۶). انیدریتی‌شدن در بخش‌های مختلف سازند آسماری و بخش فوقانی سازند جهرم، به وفور مشاهده شده است. انیدریت از تنوع بافتی بالایی برخوردار است که ناشی از مکانیسم تشکیل آن‌هاست (ال‌طباخ و همکاران، ۱۹۹۸). در مواردی که رخساره‌ها به شدت دولومیتی شده‌اند، انیدریت به صورت ندول همراه آن‌ها دیده می‌شود. انیدریت‌های موجود در نمونه‌ها بر اساس طبقه‌بندی لوسیا (۲۰۰۷)، شامل انیدریت ندولی (شکل F-۱۲)، انیدریت لایه‌ای (شکل I-۱۲)، انیدریت دربرگیرنده (شکل G-۱۲)، انیدریت فراگیر پرکننده فضای خالی و شکستگی‌ها (شکل H-۱۲) و رگچه‌های تبخیری (شکل J-۱۲) می‌باشد.

لایه‌های انیدریتی، رگچه‌های تبخیری و ندول‌های انیدریتی اولیه در محیط سب‌خا به همراه دولومیکرایت‌ها تشکیل می‌شوند ولی ندول‌های انیدریتی متشکل از بلورهایی که نسبت به ندول دارای رشد مماسی باشند، نشان‌دهنده رشد در محیط دیاژنزی تدفینی هستند (ماشل و برتون، ۱۹۹۱). سیمان انیدریت دربرگیرنده و انیدریت فراگیر پرکننده فضای خالی و شکستگی‌ها نیز مربوط به محیط‌های دیاژنزی تدفینی می‌باشند.

آبگیری انیدریت / ژئوپسی‌شدن: ژئوپس به صورت اولیه یا به صورت دیاژنزی و بر اثر آبگیری از انیدریت در طی بالآمدگی تشکیل می‌شود (وارن، ۲۰۱۶). موارد معدودی از تشکیل ژئوپس بر اثر آبگیری از انیدریت در اعماق بیش از یک کیلومتری گزارش شده است (عمدی و همکاران، ۲۰۱۲). در بررسی پتروگرافی در سازند آسماری، مقادیر بسیار فرعی ژئوپس تا اعماق ۱۷۵۵ متری شناسایی گردید که عمدتاً جانشین انیدریت پرکننده شکستگی‌ها شده‌اند. تشخیص انیدریت و ژئوپس در مطالعات پتروگرافی، از روی بیرفرنژانس متفاوت آن‌ها در نور XPL، به راحتی امکان‌پذیر است (شکل K-۱۲). این فرایند با فراوانی بسیار اندک فقط در سازند آسماری مشاهده شده است. احتمالاً حضور سیالات تحت‌اشباع از انیدریت به همراه کاهش فشار ناشی از گسترش شکستگی‌ها باعث تبدیل انیدریت به ژئوپس ثانویه در سازند آسماری شده است.

پیریتی‌شدن: در توالی‌های مورد مطالعه پیریت به دو شکل دانه‌تمشکی<sup>۱</sup> (شکل L-۱۲) و خودشکل<sup>۲</sup> (شکل M-۱۲) در رخساره‌های کم‌عمق (سازند آسماری) و عمیق (سازند جهرم) مشاهده شده است. در مواردی نیز پیریت جانشین خرده‌های اسکلتی شده (شکل N-۱۲) و یا به صورت سیمان دیده می‌شود (شکل O-۱۲). پیریت دانه‌تمشکی در طی دیاژنزی بسیار اولیه از آب‌های منفذی فوق‌اشباع از مونوسولفید آهن ( $FeS_2$ ) و پیریت خودشکل در طول تدفین در اثر کاهش غلظت سولفید حل‌شده از آب‌های منفذی تحت‌اشباع از مونوسولفید آهن ( $FeS_2$ )، ته‌نشست می‌یابد (رایزول، ۱۹۸۲). نوری و همکاران (۱۳۹۴) نیز پیریت‌های بی‌شکل را به دیاژنزی دریایی و تشکیل پیریت‌های شکل‌دار با سیستم تبلور کوبیک را به صورت ثانویه و در طی دیاژنزی دفنی معرفی کرده‌اند.

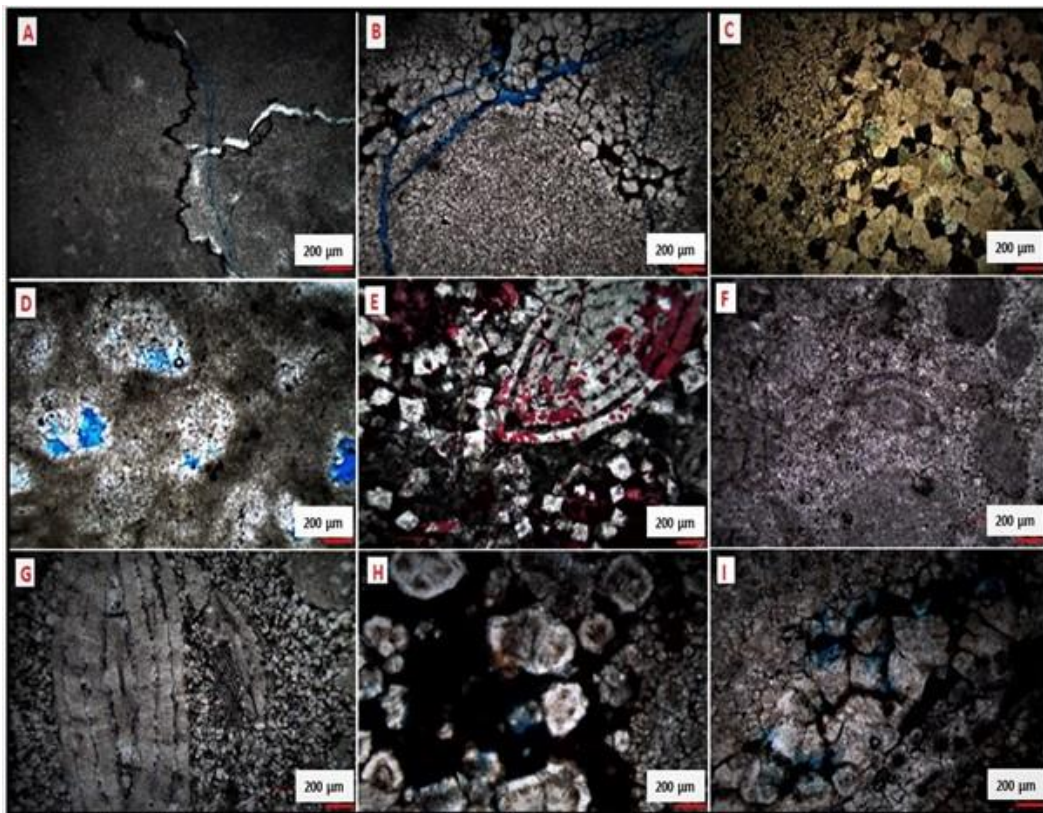
دولومیتی‌شدن: از نظر نحوه تشکیل، دولومیت‌ها به دو گروه کلی شامل دولومیت‌های اولیه یا دولومیت‌های دیاژنزی آغازین و دولومیت‌های ثانویه یا دولومیت‌های دیاژنزی تاخیری تقسیم می‌شوند. به نظر می‌رسد که بیشتر دولومیت‌ها منشا جانشینی دارند (فلوگل، ۲۰۱۰). از پایین (سازند جهرم) به سمت بالا (سازند جهرم) در توالی مورد مطالعه، میزان دولومیت و همچنین انیدریت افزایش می‌یابد به گونه‌ای که فرایند دولومیتی‌شدن در سراسر سازند آسماری در این میدان رخ داده است. دولومیت‌های موجود در نمونه‌های مورد مطالعه، با توجه به طبقه‌بندی سایلی و گرگ (۱۹۸۷)، شامل دولومیت‌های بسیار ریزبلور یا دولومیکرایت (D1)، دولومیت‌های ریزبلور یا دولومیکرواسپارایت (D2)، دولومیت‌های متوسط بلور یا دولواسپارایت (D3) و دولومیت درشت بلور یا زین‌اسبی (D4)، می‌باشند. دولومیت‌های (D1) در طول توالی سازند آسماری (بویژه بخش فوقانی و در نزدیکی سازند تبخیری گچساران) و همچنین در بخش فوقانی سازند جهرم مشاهده شده‌اند (شکل A-۱۳). این دولومیت‌ها مربوط به مراحل اولیه دیاژنزی با اندازه‌ی بلوری ریز هستند و سایر دولومیت‌ها ثانویه با ابعاد بلوری بزرگ‌تری بوده و مربوط به مراحل تاخیری دیاژنزی می‌باشند (آکروی و همکاران، ۲۰۰۶). دولومیت‌های (D2) عمدتاً به صورت انتخابی در زمینه میکرایتی از تبلور مجدد دولومیکرایت‌ها تشکیل

۱ Framboidal

<sup>2</sup> Euhedral

شده‌اند (شکل ۱۳- B, C). این دولومیتی‌شدن به صورت حفظ‌کننده فابریک می‌باشد و تخلخل بین‌بلوری ایجاد شده در اثر آن از دولومیت‌های نوع (D1) بیشتر است (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۲). این دولومیت‌ها در اثر تبلور مجدد دولومیت‌های اولیه و یا جایگزینی در سنگ‌آهک در اواخر مراحل دیاژنز تشکیل شده‌اند (آدابی، ۲۰۰۹). دولومیت‌های نوع (D3) متوسط تا درشت‌بلور و تخریب‌کننده فابریک هستند (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۲). این دولومیت‌ها در دفن عمیق‌تر و دمایی بیشتر از نوع (D1) و (D2) و از تبلور مجدد دولومیکرواسپارایت‌ها تشکیل می‌شوند (شکل ۱۳- B, C). دولومیت‌های نوع (D3)، اغلب انواع دولومیت

(D1 و D2) را قطع می‌کنند (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۲). دولواسپارایت‌ها به دو صورت جاننشینی و سیمان حفره‌پرکن شناسایی شده‌اند. جاننشینی گاهی به صورت انتخابی رخ داده و فقط برخی از اجزای سنگ دولومیتی شده‌اند و آلومک‌هایی با ترکیب کانی‌شناسی پایدارتر مانند فرامینیفراهای بنتیک، کمتر تحت تاثیر دولومیتی‌شدن قرار گرفته‌اند (شکل ۱۳- E, G). در برخی موارد دولومیتی‌شدن بدون تبعیض تمام اجزاء سنگ را تحت تاثیر قرار داده است و تنها شبی‌های از آلومک‌های اسکلتی مشاهده شده‌اند (شکل ۱۳- F). سیمان‌های دولومیتی نیز عموماً حفرات انحلالی و تخلخل‌های قالبی را پر کرده‌اند (شکل ۱۳- D).



شکل ۱۳. A: دولومیکرایت دارای استیلولیت (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۸۹/۴۷). B, C: تبدیل دولومیکرواسپارایت به دولواسپارایت، به ترتیب در نور PPL و XPL (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۵۹۲/۱۴ و آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۴۰/۵). D: دولومیکرایت و سیمان دولواسپارایتی پرکننده تخلخل‌های قالبی (آسماری، چاه ۹، عمق ۲۵۷۱/۷۹). E: دولومیت‌های درشت و شکل‌دار (چهرم، چاه ۹، عمق ۲۶۱۵/۱۲). F: دولومیتی‌شدن و حفظ‌شدگی شبی‌هایی از آلومک‌ها (آسماری، چاه ۶، عمق ۱۷۵۶/۳). G: دولومیکرواسپارایت که فقط زمینه را دولومیتی کرده است (چهرم، چاه ۶، عمق ۱۹۲۸/۴). H, I: دولومیت‌های درشت بلور زین‌اسبی (آسماری، چاه ۹، اعماق ۲۵۹۴/۸۲ و ۲۵۹۸/۴۱).

برش‌های مورد مطالعه نیز به صورت پرکننده حفرات و شکستگی‌ها مشاهده شده است (شکل ۱۳- H, I). متنوع بودن دولومیت‌ها و روابط بین آن‌ها با سایر فرایندهای دیاژنزی، بیانگر این است که دولومیتی‌شدن در سازندهای چهرم و آسماری الگوی ساده‌ای ندارد و در بیش از یک فاز

برخی از دولومیت‌های سازند چهرم به صورت پورفیری در زمینه سنگ پراکنده شده‌اند (شکل ۱۳- E). دولومیت نوع (D4) درشت‌بلور و عمدتاً به صورت سیمان است که تا حدی یا به طور کامل حفرات، قالب‌ها و شکستگی‌ها را مسدود می‌کند (امیدپور و همکاران، ۲۰۲۲). این دولومیت در

آسماری در میدان نفتی نرگسی در تناوب با نهشته‌های کربناته لاگون‌های کم‌عمق قرار گرفته‌اند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده تشکیل آن‌ها در حوضه رسوبی با شیب و عمق کم باشد که در انتها به رسوب‌گذاری سازند تبخیری گچساران منجر شده است. با توجه به توالی ریزرخساره‌های شناسایی شده و نیز ارتباط عمودی آن‌ها، عدم رشد ریف‌های سدی و ریف‌های کومه‌ای، وجود رخساره‌های پهنه جزرومدی و نبود رخساره‌های توریدایتی که شاخص شیب زیاد محیط می‌باشند (فلوگل، ۲۰۱۰)، سازندهای جهرم و آسماری در میدان نرگسی، در یک پلاتفرم کربناته با شیب ملایم<sup>۱</sup> شامل رمپ داخلی، رمپ میانی و رمپ خارجی و در چهار زیرمحیط پهنه جزرومدی، لاگون (مربوط به سازند آسماری)، پشته فرامینیفری و دریای باز (مربوط به سازند جهرم) در آب‌های کم‌عمق تا عمیق با شوری نرمال تا نسبتاً شور و در سطح انرژی محیطی پایین (در قسمت‌های رمپ میانی و لاگون) تا بالاترین سطح انرژی محیطی (در رخساره‌های سدی) نهشته شده‌اند. عمیق‌ترین رخساره (MF-13) مربوط به محیط دریای باز و رمپ‌میانی می‌باشد و فقط در سازند جهرم مشاهده شده است. رخساره‌های مربوط به بخش‌های عمیق‌تر حوضه و رمپ خارجی در این مطالعه مشاهده نشده‌اند. پروفیل محیط رسوبی و گسترش فرامینیفرها در سازند جهرم در شکل A-14 و مدل رسوب‌گذاری سازندهای جهرم و آسماری به همراه رخساره‌های میکروسکوپی شناسایی شده در شکل B-14 قابل مشاهده می‌باشند. در میدان نرگسی روند تغییرات رخساره‌ای از محیط عمیق‌تر سازند جهرم به سمت محیط کم‌عمق‌تر سازند آسماری مشاهده می‌شود. رخساره‌های میکروسکوپی سازند جهرم عمدتاً از فرامینیفرها بنتیک بزرگ مانند نومولیت و اربیتولیتس تشکیل شده است که در محیط دریایی باز تا پشته‌های فرامینیفری و لاگونی نهشته شده‌اند. با این وجود در چاه شماره ۹ در بخش‌های فوقانی سازند جهرم نهشته‌های پهنه جزرومدی نیز شناسایی شده است. رخساره‌های میکروسکوپی سازند آسماری نیز عمدتاً در پهنه‌های جزرومدی و محیط‌های محصورشده لاگونی نهشته شده‌اند. میزان فرایند دولومیتی شدن در نهشته‌های سازند آسماری برخلاف سازند جهرم، با شدت بالایی صورت گرفته است. در هر دو چاه، در قسمت

صورت گرفته است. سه مدل دولومیتی‌شدن برای سازندهای مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود که شامل مدل‌های سبخی، اختلاطی و تدفینی می‌باشند. فراوانی دولومیکرایت‌ها در رخساره‌های پهنه بالای جزرومدی و همراهی آن‌ها با سولفات‌ها (انیدریت) بیانگر منشا سبخی برای این دولومیت‌ها می‌باشد. در این مدل، شورابه‌های هیبرسالیین در اثر شدت تبخیر منجر به دولومیتی‌شدن در سبخی می‌شوند (فلوگل، ۲۰۱۰). این دولومیت‌ها در درجه حرارت پایین، همزمان با رسوب‌گذاری در پهنه‌های جزرومدی تشکیل می‌شوند (گرگ و سایبلی، ۱۹۸۴). مدل دولومیتی‌شدن زون مخلوط می‌تواند پاسخگوی مکانیسم دولومیتی‌شدن برای دولومیت‌های بخش‌های میانی سازند جهرم و همچنین سازند آسماری باشد. هر فاز پسروی دریا، با نفوذ آب‌های جوی به توالی‌های کربناته همراه بوده و در طی پیشروی با نفوذ آب دریا، شرایط برای ایجاد زون مخلوط و دولومیتی‌شدن کربنات‌ها، فراهم می‌شود، وجود دولومیت‌های متوسط‌بلور (۲۰ تا ۲۰۰ میکرون) می‌تواند از شواهد مدل دولومیتی‌شدن زون مخلوط باشد (عزیززاده، ۱۳۹۶). نوع سوم مدل دولومیتی‌شدن، دولومیت‌های تدفینی هستند. در اعماق با افزایش درجه حرارت، موانع کینتیکی و ترمودینامیکی تشکیل دولومیت رفع شده و یون منیزیم مورد نیاز برای دولومیتی‌شدن نیز از تراکم فیزیکی و شیمیایی رس‌های موجود تامین می‌شود (لی و فریدمن، ۱۹۸۷).

## ۶- تفسیر نتایج و بحث

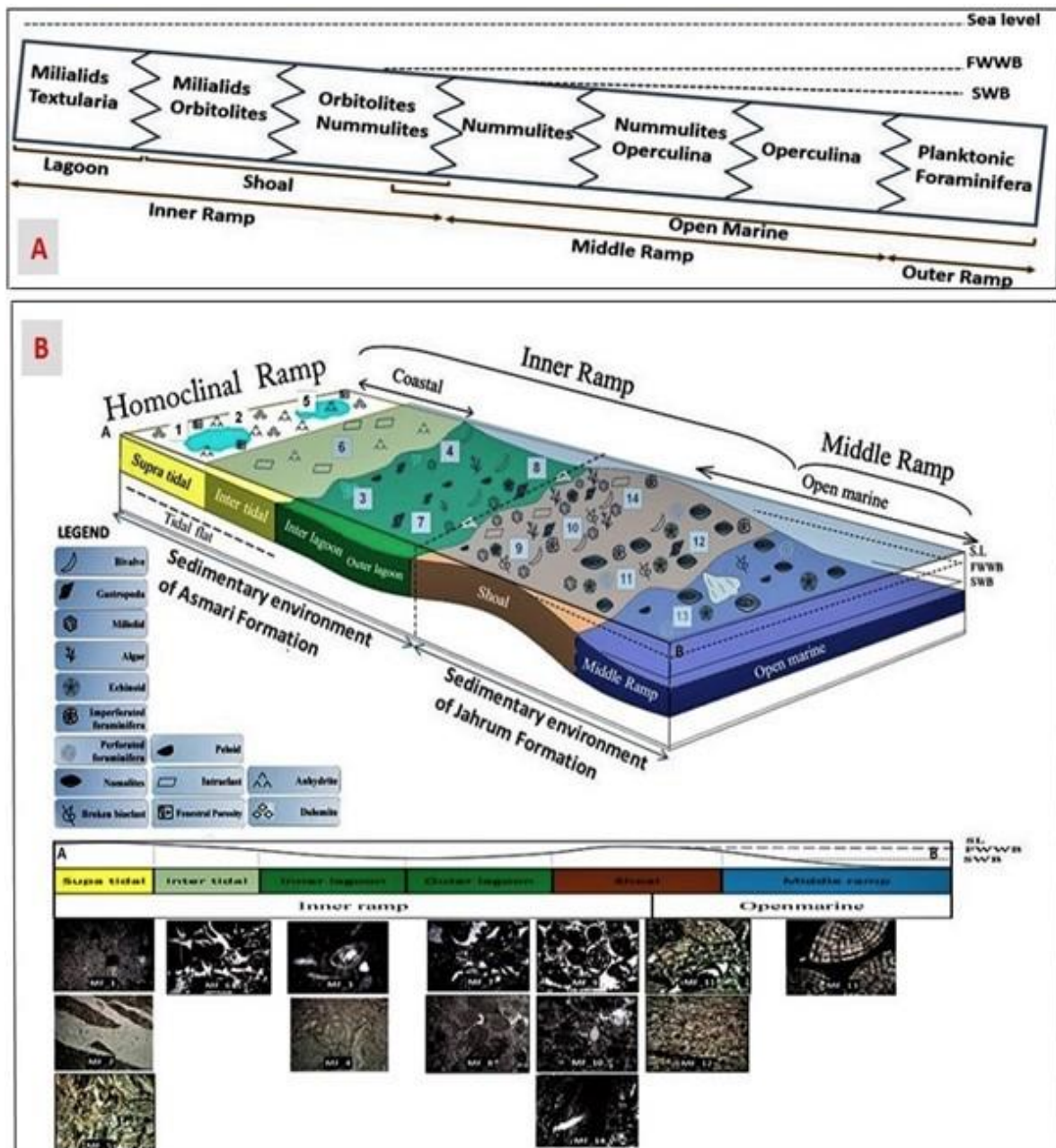
### ۶-۱- مدل رسوب‌گذاری پالئوسن - میوسن

شرایط سازند آسماری در میدان نفتی نرگسی با بیشتر رخنمون‌های نواحی دیگر زاگرس چین‌خورده متفاوت است. به گونه‌ای که این سازند در منطقه مذکور تقریباً بطور کامل دولومیتی شده و شرایط محیط رسوبی آن به گونه‌ای بوده که هیچ‌گونه شواهدی از رخساره‌های سدی، ریفی، دریای باز و پلاژیک مناطقی مانند شمال و شمال‌خاور لالی (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۶)، تاقدیس خویز (رحمانی و همکاران، ۲۰۰۹)، زون ایزه (شب‌افروز و همکاران، ۲۰۱۵) و معمولان لرستان (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۰) در آن تشکیل نشده است. کربنات‌های پهنه جزرومدی سازند

<sup>1</sup> Homoclinal ramp

سانتی‌گرا می‌باشد (آدامز و بورجویس، ۱۹۶۷). از فرامینیف‌هایی که نشان‌دهنده محیط‌های حاره‌ای و نیمه حاره‌ای هستند می‌توان به بورلیس<sup>۲</sup>، اپرکولینا و نومولیت اشاره نمود (کاکم، ۲۰۱۶). به این ترتیب سازندهای چهارم و آسماری در میدان نرگسی، مبین محیطی حاره‌ای تا نیمه حاره‌ای هستند.

فوقانی سازند جهرم شواهد خروج از آب مشاهده شده که اثرات آن در چاه شماره ۹ نسبت به چاه شماره ۶ مشهودتر بوده است. حضور هم‌زمان جلبک‌های قرمز و فرامینیف‌های بنتیک بزرگ با پوسته هیالین مانند نومولیت بیانگر تنه‌نشست این کربنات‌ها در شرایط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با میانگین دمایی ۲۰ - ۱۸ درجه



شکل ۱۴. A: پروفیل محیط‌رسوبی و گسترش فرامینیف‌های سازند جهرم در میدان نرگسی. B: مدل رسوب‌گذاری سازندهای جهرم (پالئوسن - ائوسن) و آسماری (الیگوسن - میوسن) در میدان نفتی نرگسی. رسوبات سازند آسماری در پهنه جزرومدی و محیط لاکون تشکیل شده در صورتی که رسوبات سازند جهرم در محیط پیشته‌های ماسه‌ای و محیط دریای باز (رمپ میانی) تنه‌نشست شده است.

سیالات با درجه شوری کمتر نسبت به سیالات تشکیل دهنده انیدریت، به همراه کاهش فشار ناشی از گسترش شکستگی‌ها در مرحله تلوزنز، موجب تبدیل انیدریت به ژپیس ثانویه شده که صرفاً در سازند آسماری مشاهده شده است. توالی پارائزنی فرایندهای دیاژنزی سازندهای جهرم و آسماری در شکل ۱۵ ارائه شده است. ستون رسوب‌شناسی چاه شماره ۶ که شامل توزیع رخساره‌های میکروسکوپی و فرایندهای دیاژنزی در این چاه است، در شکل ۱۶ آورده شده است.

#### ۷- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات پتروگرافی صورت گرفته، ۱۴ ریزرخساره در توالی جهرم - آسماری میدان نرگسی شناسایی شد که در چهار زیرمحیط رسوبی پهنه جزرومدی، لاگون، سد و دریای باز نهشته شده‌اند. در سازند آسماری تنوع رخساره‌ای چندانی وجود ندارد و این سازند تنها از رخساره‌های رسوبی پهنه جزرومدی و لاگونی کم‌عمق تشکیل شده که شامل رخساره‌های (MF-1) تا (MF-8) می‌باشند. رخساره‌های (MF-2)، (MF-4) و (MF-5) فقط در این سازند مشاهده شده‌اند. شرایط محیط رسوبی سازند آسماری به گونه‌ای بوده که رخساره‌های سدی، ریفی، دریای باز و پلاژیک در آن تشکیل نشده است. سازند آسماری از نظر محتوای فسیلی شامل فرامینیفرهای بنتیک بدون‌منفذ مانند میلیولید و همچنین خرده‌های دوکفه‌ای، شکم‌پا و استراکد، با فراوانی کم می‌باشد. فرامینیفرهای بدون‌منفذ مانند میلیولید نشان‌دهنده کاهش عمق، افزایش نور و شوری می‌باشند. تنوع رخساره‌ای و محتوای فسیلی در سازند جهرم نسبت به آسماری بیشتر بوده و رخساره‌های آن اغلب مربوط به محیط پشته‌های سدی و دریای باز است که شامل رخساره‌های (MF-9) تا (MF-14) می‌باشند و فقط در این سازند مشاهده شده‌اند. شرایط محیط رسوبی سازند جهرم به گونه‌ای بوده که رخساره‌های محیط لاگونی و پهنه جزرومدی در آن توسعه اندکی دارند. سازند جهرم از نظر محتوای فسیلی شامل فرامینیفرهای بنتیک بدون‌منفذ و منفذدار، جلبک قرمز، قطعات خارپوست، خرده‌های مرجان، بازوپا، شکم‌پا و دوکفه‌ای می‌باشد. فرامینیفرهای بزرگ منفذدار مانند نومولیت‌های بزرگ بیانگر عمق زیاد، نور و انرژی کم، شوری نرمال دریایی و قرار گرفتن در زیرمحیط دریای باز می‌باشند. در اعماق کمتر این فرامینیفرها به علت

۶-۲- تاریخچه دیاژنزی سازندهای جهرم و آسماری  
بر اساس مطالعات پتروگرافی و شناسایی فرایندهای دیاژنزی و با توجه به تعیین تقدم و تاخر آن‌ها نسبت به یکدیگر مشخص گردید که سازندهای جهرم و آسماری میدان نرگسی در طول زمان تحت تاثیر محیط‌های دیاژنزی دریایی، جوی، دفنی و بالآمدگی قرار گرفته‌اند. به طور کلی فرایندهای دیاژنزی در طی سه مرحله ائوزنز، مزوزنز و تلوزنز سنگ‌های مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داده‌اند. در مرحله ائوزنز ابتدا در محیط دریایی فرایندهای میکرایتی‌شدن، سیمان دریایی حاشیه‌ای هم‌ضخامت، پیریتی‌شدن (پیریت‌های دانه‌تمشکی) و تراکم فیزیکی صورت می‌گیرد. سپس فرایندهای انحلال، نئومورفیسم، تشکیل سیمان‌های هم‌بعد، دروزی، رورشدی هم‌محور، تشکیل دولومیکرایت و ندول و رگه‌های انیدریتی در محیط جوی رخ می‌دهد. در اثر پسروی‌های سطح آب دریا و خروج رسوبات از آب، رسوبات در معرض هوا قرار گرفته و عوارض انحلالی ناشی از رخنمون، مهم‌ترین آثار دیاژنزی جوی در مرز بین سازندهای جهرم و آسماری میدان نرگسی می‌باشند. در ادامه تداوم تراکم فیزیکی و تشکیل دولومیکرواسپارایت و دولواسپارایت‌ها در محیط اختلاطی صورت می‌گیرد.

طی مرحله مزوزنز در محیط تدفینی، عوارض تراکم فیزیکی تدریجاً به آثار تراکم شیمیایی تبدیل می‌شوند. سیمان‌های هم‌بعد و دروزی کمتر شده و اغلب سیمان‌ها از نوع بلوکی، دربرگیرنده و فراگیر هستند. در این مرحله پیریت اغلب به صورت خودشکل تشکیل می‌شود. تشکیل دولومیت‌های درشت زین‌اسبی مربوط به این مرحله می‌باشد و انیدریت نیز به صورت سیمان دربرگیرنده و فراگیر تشکیل می‌شود. تشکیل ندول‌های تبخیری متشکل از بلورهای انیدریت با رشد مماسی نسبت به بدنه اصلی ندول نیز در نتیجه قرارگیری در محیط دیاژنزی دفنی عمیق می‌باشد. در مرحله تلوزنز رسوبات تحجیرشده چین‌خورده و بالا می‌آیند. طی این بالآمدگی، شکستگی‌ها گسترش یافته و فرایند شکستگی و پرشدگی مربوط به این مرحله می‌باشد. به طور کلی شکستگی در سازند دولومیتی آسماری در مقایسه با سازند آهکی جهرم فراوانی بیشتری در طول توالی دارد. در مرحله تلوزنز فرایند انحلال صورت گرفته که در مقایسه با انحلال محیط جوی به میزان کمتری است. در این مرحله رگه‌های اکسید آهن تشکیل شده و فرایند ژپسی‌شدن نیز مربوط به این مرحله می‌باشد. حضور

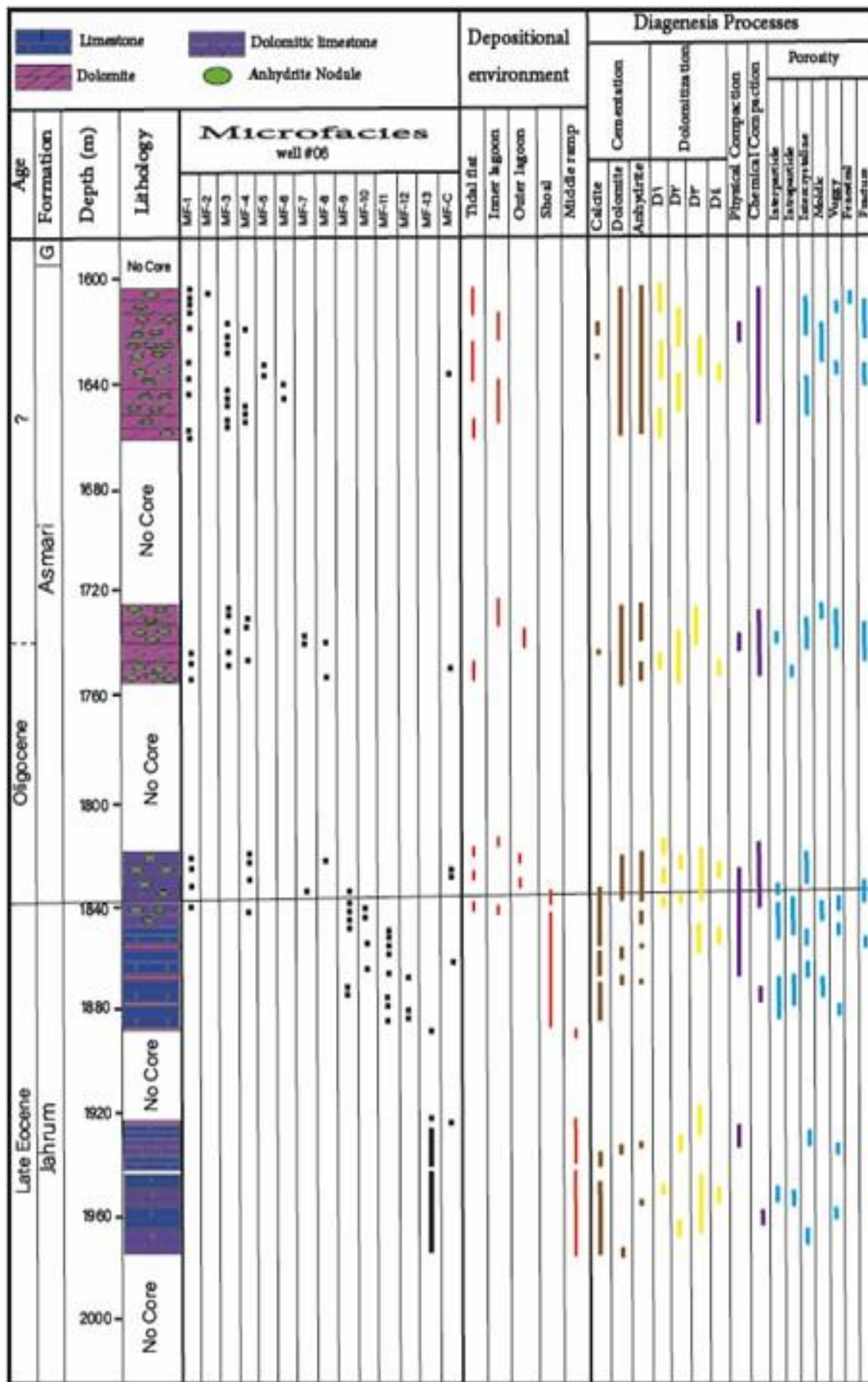
چهرم مشاهده شده‌اند. سایر دولومیت‌ها در محیط‌های با عمق و دمای بیشتر تشکیل شده و در هر دو سازند مخصوصا سازند دولومیتی آسماری به وفور یافت می‌شوند. دولومیت‌های (D3, D2) مربوط به مراحل پایانی ائوژنز بوده و اغلب در محیط‌های اختلاطی تشکیل شده‌اند. دولومیت (D4) در محیط دفنی تشکیل شده و مربوط به مرحله مزوژنز می‌باشد. تراکم شیمیایی به صورت استیلولیت و رگچه‌های انحلالی در هر دو سازند مشاهده شده است. آثار تراکم فیزیکی در سازند چهرم بهتر دیده می‌شود. فرایند نئومورفیسم در سازند آسماری بیشتر به صورت جانشینی دولومیت به جای کلسیت می‌باشد و در سازند چهرم اغلب به صورت تبدیل دانه‌های آراگونیتی به کلسیت رخ داده است. تخلخل‌های حاصل از شکستگی و بین بلوری بیشتر در سازند آسماری مشاهده شده است. تخلخل فنسترال نیز فقط در این سازند دیده شده است. اما تخلخل‌های بین دانه‌ای و درون دانه‌ای بیشتر در سازند چهرم مشاهده شده‌اند. تخلخل‌های ناشی از انحلال غیر انتخابی مانند تخلخل حفره‌ای و کانالی در هر دو سازند چهرم و آسماری دیده شده‌اند.

کاهش عمق، افزایش شدت نور و میزان انرژی، دارای پوسته‌های ضخیم‌تر و اندازه کوچک‌تری هستند. بر اساس تغییرات و درصد فراوانی رخساره‌های شناسایی شده در توالی مورد نظر، محیط رسوبی سازندهای چهرم و آسماری در میدان نفتی نرگسی، پلتفرم کربناته از نوع رمپ با شیب ملایم تشخیص داده شد. مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی در توالی مورد مطالعه شامل دولومیتی‌شدن، انیدریتی‌شدن و شکستگی (مخصوصا در سازند آسماری)، سیمانی‌شدن (مخصوصا در سازند چهرم) و انحلال (در هر دو سازند) می‌باشند. این توالی سه مرحله دیاژنزی ائوژنز، مزوژنز و تلوژنز را پشت سر گذاشته است. فرایندهای دولومیتی‌شدن و انیدریتی‌شدن در سراسر سازند آسماری مشاهده شده و در سازند چهرم شدت کمتری دارند. سیمان‌های سازند آسماری اغلب دولومیتی و انیدریتی بوده و سیمان‌های سازند چهرم اغلب کلسیتی هستند. انواع سیمان‌های کلسیتی به ترتیب حضور در محیط‌های دیاژنزی مختلف در سازند چهرم مشاهده شده‌اند. دولومیت‌های (D1) مربوط به محیط بالای جزرومدی در مرحله ائوژنز بوده و اغلب در سازند آسماری و به میزان اندک در بخش فوقانی سازند

| Time<br>Diagenetic Process | Late Eocene.....Recent       |          |       |             |             |
|----------------------------|------------------------------|----------|-------|-------------|-------------|
|                            | Eogenetic (Early diagenesis) |          |       | Mesogenetic | Telogenetic |
|                            | Marine                       | Meteoric | Mixed | Burial      | Uplifting   |
| Micritization              | —                            |          |       |             |             |
| Pyritization               | —                            |          |       | —           |             |
| Ca Isopachous Cement       | —                            |          |       |             |             |
| Physical Compaction        | —                            | -----    | —     | -----       |             |
| Dolomitization (D1)        |                              | —        |       |             |             |
| Anhydrite Nodule           |                              | —        |       | -----       |             |
| Anhydrite Seam             |                              | —        |       |             |             |
| Ca Syntaxial Cement        | -----                        | —        |       |             |             |
| Dissolution                |                              | —        |       |             | -----       |
| Neomorphism                |                              | —        | ----- |             |             |
| Ca Drusy Cement            |                              | —        |       | -----       |             |
| Ca Equant Cement           |                              | —        |       | -----       |             |
| Dolomitization (D2)        |                              |          | —     |             |             |
| Dolomitization (D3)        |                              |          | —     |             |             |
| Ca Blocky Cement           |                              | -----    |       | —           |             |
| Ca Poikilotopic Cement     |                              |          |       | —           |             |
| Ca Pervasive Cement        |                              |          |       | —           |             |
| An Poikilotopic Cement     |                              |          |       | —           |             |
| An Pervasive Cement        |                              |          |       | —           |             |
| Dolomitization (D4)        |                              |          |       | —           |             |
| Chemical Compaction        |                              |          |       | —           |             |
| Fracture and Filling       |                              |          |       |             | —           |
| Gypsification              |                              |          |       |             | —           |
| Fe-Oxide Seam              |                              |          |       |             | —           |

شکل ۱۵. توالی پاراژنزی سازندهای چهرم و آسماری در میدان نفتی نرگسی





شکل ۱۶. ستون رسوب‌شناسی و توزیع ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی سازندهای جهرم و آسماری در چاه شماره ۶ میدان نرگسی، ریزرخساره (MF-14) فقط در بخش محدودی از سازند جهرم در چاه شماره ۹ دیده شده و یکی از رخساره‌های زیرمحیط سد می‌باشد.

## منابع

- معلمی، ع.، آدابی، م. ح.، صادقی، ع. (۱۳۸۸) تفسیر تاریخیچه رسوبگذاری سازند جهرم در ناحیه بوشهر، بر مبنای فرامینیفراهای بنتیک و ایزوتوپ استرانسیم، مجله علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، سال نوزدهم، شماره ۷۴، ص ۱۷۶-۱۶۹.
- نوری، ح.، رحیم‌پوریناب، ح. (۱۳۹۴) محیط رسوبی و دیاژنز سازند فهلیان در تاقدیس لار، جنوب زون ایذه، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۲۵-۱.
- هنرمند، ج.، امینی، ع. ا. (۱۳۹۱)، فرآیندهای دیاژنزی کنترل کننده کیفیت مخزنی توالی کربناته سازند آسماری در میدان چشمه‌خوش جنوب غرب ایران. مجله زمین‌شناسی نفت ایران، ۴(۴): ۴۲-۱۶.
- Adabi, M. H., and Asadi-Mehmandosti, E (2008) Microfacies and Geochemistry of the Ilam Formation in Tang-E Rashid area, Izeh, S. W. Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 267-277.
- Adabi, M. H (2009) Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, N. E. Iran, *Carbonates and Evaporites*, 24: 1-19.
- Adabi, M. H., Salehi, M. A., Ghabeishavi, A (2010) Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of Lower Cretaceous carbonates (Fahliyan Formation), south-west Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 39: 148-160.
- Adams, C., and Bourgeois, E (1967) *Asmari Biostratigraphy, Geological and Exploration Div, Iranian Oil Offshore Company, Report 1074, Unpublished.*
- Amadi, F. O., Major, R. P., and Baria, L. R (2012) Origins of gypsum in deep carbonate reservoirs: Implications for hydrocarbon exploration and production, *American Association Petroleum Geologists Bulletin*, 96: 375-390.
- Aqrabi, A. A. M., Keramati, M., Ehrenberg, S. N., Pickard, N., Moallemi, A., Svåná, T., Darke G., Dickson, J. A. D. and Oxtoby, A (2006) Origin of dolomite in the Asmari Formation (Oligocene-lower Miocene), Dezful Embayment, SW Iran, *Journal of Petroleum Geology*, 29: 381-402.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture, In W.E. Ham (editor), *Classification of Carbonate Rocks*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 108-121.
- Ehrenberg, S. N., Pickard, N. A. H., Laursen, G. V., Monibi, S., Mossadegh, Z. K., Svåná, T. A., Aqrabi, A. A. M. and Thirlwall, M. F (2007) Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene-Miocene), SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, 30 (2): 107-128.
- El-Tabakh, M., Schreiber, B. C., Utha-Aroon, C., Coshell, L., and Warren, J. K (1998) Diagenetic آورجانی، ش (۱۳۹۴) چینه‌نگاری سکانسی و بررسی کیفیت مخزنی سازند آسماری در فروافتادگی دزفول شمالی (میدان‌های نفتی هفتکل، کوپال و مارون) حوضه زاگرس، جنوب‌غرب ایران، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۳۰۸.
- ابراهیمی، س. م. (۱۳۹۶) چینه‌نگاری سکانسی، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازندهای جهرم - آسماری در میدان نفتی کوه موند، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۵۷.
- باوی عویدی، ع. (۱۳۸۶) چینه‌نگاری و تفسیر تاریخیچه رسوب-گذاری سازند گچساران در میدان نفتی آب‌تیمور، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۸۶.
- باوی عویدی، ع.، هوشمند کوچی، ح.، طاهری، م.، جمیل‌پور، م. (۱۳۹۶) مکانیسم‌های تشکیل کانی انیدریت در مخزن آسماری میدان نفتی قلعه‌نار، بیست و پنجمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه یزد.
- حیدریان، ر. (۱۳۹۶) چینه‌نگاری سکانسی، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازند آسماری در چاه شماره ۲ میدان چهاربیشه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۰۰ ص.
- رحیم‌پوریناب، ح.، سلمانی، ع.، رنجبران، م.، آل‌علی، س. م. (۱۳۹۷) تاثیر محیط رسوبی و فرایندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان قلعه‌نار، فروافتادگی دزفول، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۶، شماره ۱۱، ص ۳۴-۱۵.
- فرشی، م.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، خانه‌باد، م. (۱۳۹۶) رخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی و تاثیر آن‌ها بر توزیع ویژگی‌های پتروفیزیکی و کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان نفتی گچساران، دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۵، شماره ۹، ص ۵۷-۴۰.
- فلاح‌یکتاش، ر.، آدابی، م. ح.، صادقی، ع.، امیدپور، ا. (۱۴۰۰) مطالعه‌ی ریزرخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی سازند آسماری در میدان نفتی خشت با تاکید بر خصوصیات مخزنی مطالعه موردی: حوضه رسوبی زاگرس، فارس، جنوب‌غرب ایران، نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره سوم، ص ۳۴-۱.
- عزیززاده، ج. (۱۳۹۶) چینه‌نگاری سکانسی، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازندهای جهرم و آسماری در میدان نرگسی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۷۸.
- مطیعی، ه. (۱۳۷۲) چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.

- Jahrum reservoir in Gulkhari oil field, Zagros basin, SW Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2): 1-21.
- Machel, H. S., and Burton, E. A (1991) Burial–Diagenetic Sabkha-like gypsum and anhydrite nodules, *Journal of Sedimentary Petrology*, 61: 394-405.
- Moore, C. H (1989) Carbonate Diagenesis and Porosity, *Development in Sedimentology*, 46: 338 p.
- Morad, S., Al-Ramadan, K, H., Ketzer, J, M., DeRos, L. F (2010) The impact of diagenesis on the heterogeneity of sandstone reservoirs, a review of the role of depositional facies and sequence stratigraphy, *American Association of petroleum Geologist Bulletin*, 94: 1267- 1309.
- Najafi, M., A., Mahbubi, Moussavi-Harami, R., and Mirzaee, R (2004) Depositional history and sequence stratigraphy of outcropping Tertiary carbonates in the Jahrum and Asmari formations, Shiraz area (SW Iran), *Journal of Petroleum Geology*, 27: 179- 190.
- Omidpour, A., Moussavi-Harami, R., Van Loon, A. J., Mahboubi, A., Rahimpour-Bonab, H (2021) Depositional environment, geochemistry and diagenetic control of the reservoir quality of the Oligo-Miocene Asmari Formation, a carbonate platform in SW Iran. *Journal of Geological Quarterly*, 65(2), dx.doi.org/10.7306/gq.1596.
- Omidpour, A., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Rahimpour-Bonab, H (2021) Application of stable isotopes, trace elements and spectral gamma-ray log in resolving high-frequency stratigraphic sequence of a mixed carbonate-siliciclastic reservoirs, *Marine and Petroleum Geology*, 104845.
- Omidpour, A., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Rahimpour-Bonab, H (2022) Effects of dolomitization on porosity – Permeability distribution in depositional sequences and its effects on reservoir quality, a case from Asmari Formation, SW Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 109348.
- Rahmani, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A., and Ghobeishavi, A (2009) A model for the paleoenvironmental distribution of larger foraminifera of Oligocene–Miocene carbonate rocks at Khaviz Anticline, Zagros Basin, SW Iran. *Historical Biology*, 21: 215-227.
- Risewell, R (1982) Pyrite texture, isotopic composition and the availability of iron. *Am. J. Sci*, 82: 1244-1263.
- Romero, J., Caus, E., and Rosell, J (2002) A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179: 43-56.
- Sepehr, M. A., and Cosgrow, J (2005) Role of the Kazerun Fault Zone in the formation and origin of basal anhydrite in the Cretaceous Mahasarkham Salt, Khorat Plateau, NE Thailand. *Sedimentology*, 45: 579-594.
- Embry III, A. F., Klovan, J. E (1971) A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19(4): 730-781.
- Flügel, E (2004) *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application*: Springer, Berlin Heidelberg, New York, 976 p.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin, 984 p.
- Gregg, J. M. and D. F. Sibley (1984) Epigenetic dolomitization and the origin of xenotopic dolomite texture; *Journal of Sedimentary Petrology*, 54: 908 –931.
- Haq, B. H., Hardenbol, L., and Vail, P. R (1987) Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1167.
- Jahani, S (2008) Salt tectonic, folding and faulting in Eastern Fars and southern offshore Province (Iran), PhD thesis, Cergy Pontoise university, 245p. *Arabian Journal of Geoscience*, (in press). doi.org/10.1007/s12517-015-2152-5.
- Jamalian, M., Adabi, M. H (2015) Geochemistry, microfacies and diagenetic evidences for original aragonite mineralogy and open diagenetic system of Lower Cretaceous carbonates Fahliyan Formation (Kuh-e Siah area, Zagros Basin, South Iran). *Carbonates and Evaporites*, 30: 77-98.
- James, N. P (1991) *Diagenesis of carbonate sediments a short course*: Geological Society of Australia, Sedimentologists Specialist Group, 194 p.
- James, G. A., and Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian consortium agreement area. *A.A.P.G. Bull*, 49: 2182–2245.
- Kakemem, U., Adabi, M. H., Sadeghi, A., Kazemzadeh, M, H (2016) Biostratigraphy, paleoecology, and paleoenvironmental reconstruction of the Asmari Formation in Zagros basin. Southwest Iran.
- Karami-Movahed, F., Aleali, M., Ghazanfari, P (2016) Facies Analysis, Depositional Environment and Diagenetic Features of the Qom Formation in the Saran Semnan, Central Iran. *Open Journal of Geology*, 6(06): 349-362.
- Lee, Y. I., Friedman, G. M (1987) Deep-burial dolomitization in the lower Ordovician Ellenburger Group carbonates in west Texas and southeastern New Mexico, *Journal of Sedimentary Petrology*, 57: 544- 557.
- Lucia, F. J (2007) *Carbonate reservoir characterization*, Springer, 2nd ed., New York, 226p.
- Mohseni, H., Hassanvand, V. And Homaie, M (2016) Microfacies analysis, depositional environment, and diagenesis of the Asmari–

- deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran, *Tectonics*, 24, C500.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., VaziriMoghaddam, H., Moussavi-Harami, R., Ghabeishavi, A., Al-Aasm, I. S (2015) Facies analysis and carbonate ramp evolution of Oligo-Miocene Asmari Formation in the Gachsaran and Bibi-Hakimeh oilfields and the nearby Mish Anticline, Zagros Basin, Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 276: 121–146.
- Sibley, D. F., and Gregg, J. M (1987) Classification of dolomite rock textures, *Journal of Sedimentary Petrology*, 57: 967–975.
- Tucker, M. E., and Wright, V. P (1990) *Carbonate Sedimentology*, Blackwell Science, Oxford, 482 p.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary Petrology: an Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*, Blackwell Science, Oxford, 262 p.
- Vaziri-Moghaddam, H., Kimiagari, M., and Taheri, A (2006) Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligocene-Miocene Asmari Formation in SW Iran, *Facies*, 52: 41–51.
- Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A., Taheri, A., and Motiei, H (2010) OligoceneMiocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27: 56-71.
- Warren, J. k (2016) *Evaporites: A Geological Compendium*. London, Springer, 1822 p.
- Wilson, J. L (1975) *Carbonate Facies in Geologic History*: Springer- Verlag, Berlin, 471 p.
- Zabihi Zoeram, F., Vahidinia, M., Sadeghi, A., Mahboubi, A., Amiri Bakhtiar, H (2015) Larger benthic foraminifera: a tool for biostratigraphy, facies analysis and paleoenvironmental interpretations of the Oligo-Miocene carbonates, NW Central Zagros Basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(2): 931-949.
- Ziegler, M. A (2001) Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian plate and its hydrocarbon occurrences, *Geo Arabia*, 6: 445–504.
- Zohdi, A., Mousavi-Harami, R., Moallemi, S. A., Mahboubi, A., and Immenhauser, A (2013) Evolution, paleoecology and sequence architecture of an Eocene carbonate ramp, southeast Zagros Basin, Iran, *GeoArabia*, 18: 49-80.
- Zohdi, A., Moallemi, S. A., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Richter, D. K., Geske, A., Nickandish, A. A, Immenhauser, A (2014) Shallow burial dolomitization of an Eocene carbonate platform, southeast Zagros Basin, Iran. *GeoArabia, Journal of the Middle East Petroleum Geosciences*, 19(4): 17-54.