

## بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم در میدان گازی سراج و آبخوان یورتشاه (قم، حوضه ایران مرکزی)

سیدبهبزاد میرزاده‌واقفی<sup>۱</sup>، داوود جهانی<sup>۲\*</sup>، محمدعلی آرین<sup>۲</sup> و محمود الماسیان<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲ - دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

۳ - استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

نویسنده مسئول: drdavoodjahani@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۳

نوع مقاله: پژوهشی

### چکیده

سازند قم مهم‌ترین سازند مخزنی در ایران مرکزی می‌باشد. در این مطالعه به شناسایی رخساره‌ها و محیط رسوبی این سازند در میدان گازی سراج و آبخوان یورتشاه پرداخته شده است که به ترتیب در جنوب خاور و شمال خاور شهر قم قرار دارند. بررسی برش‌های نازک و مغزه‌های مربوط به سازند قم در منطقه مورد مطالعه، منجر به شناسایی ۱۵ رخساره رسوبی گردید که با توجه به مدل‌های استاندارد، قابل تفکیک به ۹ کمرند یا گروه رخساره‌ای است. با توجه به مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه، گسترش نهشته‌های توربیدیتی و فراوانی بالای رخساره‌های ریفی/سدی محیط تشکیل سازند قم در میدان سراج و آبخوان یورتشاه یک شلف کربناته می‌باشد که رخساره‌های مرتبط به بخش‌های عمیق فراوانی کمتری دارند بنابراین موقعیت دیرینه دو میدان مورد مطالعه، بخش‌های کم عمق پلتفرم بوده است. سه ویژگی اصلی در رخساره‌های شناسایی شده در میادین مورد مطالعه وجود دارد که در سایر برش‌ها و مطالعات دیگر از سازند قم با هم معرفی نشده‌اند که شامل وجود رخساره‌های پهنه بالای جذر و مدی (به ویژه رخساره انیدریتی)، توالی پیوسته ریفی و وجود رخساره دارای فرام‌های پلانکتون است. کامل‌ترین توالی سازند قم مربوط به میدان سراج می‌باشد ولی در میدان یورتشاه این توالی کامل نبوده و همچنین ضخامت کمتری را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به تفاوت ضخامت سازند قم در این موقعیت‌ها، به نظر می‌رسد که در میدان سراج، شرایط دیرینه محیطی یک فروافتادگی ولی موقعیت یورتشاه، یک بلندای دیرینه بوده است که منجر به ناهمگنی و تغییرات شرایط محیط رسوبی سازند قم حتی در بعد منطقه‌ای شده است.

واژگان کلیدی: سازند قم، محیط رسوبی، شلف کربناته، محیط دیرینه

### ۱- پیشگفتار

حوضه رسوبی این سازند در زمان تشکیل متفاوت بوده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۸)، مطالعه جامع این سازند در همه مناطق مختلف اهمیت زیادی در تحلیل‌های حوضه‌ای و منطقه‌ای دارد. مطالعه مقطع نمونه این سازند در نزدیکی شهر قم توسط فورر و سودر (۱۹۵۵) صورت گرفت و شش واحد سنگی برای آن معرفی گردید. این واحدهای سنگی شامل a: سنگ‌آهک زیرین، b: مارن ماسه‌ای، c: تناوب مارن و سنگ‌آهک، d: تبخیری، e: مارن سبز و f: سنگ‌آهک بالایی. بر اساس مشخصات پالئوتولوژیک، بزرگ‌نیا (۱۹۶۵) این سازند را به ۱۰ عضو ارتقا داد. در مطالعات

سازند قم مهم‌ترین سنگ مخزن و سنگ منشأ هیدروکربور در ایران مرکزی محسوب می‌شود (مورلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۳؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۸) این ویژگی اهمیت مطالعه سازند قم را نشان می‌دهد. سازند قم همچنین نقش ارتباطی بین منطقه خاور تیس<sup>۱</sup> و منطقه باختر تیس<sup>۲</sup> را در یک زمان در صفحه ایران داشته است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به این که شرایط محیطی و رخساره‌های همزمان با رسوب‌گذاری در سازند قم به شدت در نقاط مختلف

<sup>2</sup> the proto-Mediterranean sea

<sup>1</sup> the proto-Indian ocean

قرار گرفته‌اند. تاق‌دیس یورت‌شاه در شمال خاور شهر قم قرار دارد (شکل ۱- A) و هم‌اکنون به عنوان آبخوان عمل می‌کند. از نگاه ساختاری، این تاق‌دیس تقریباً روند مشابهی با تاق‌دیس سراج‌ه دارد. بخش‌های مرتفع منطقه مورد مطالعه در نتیجه فرایندهای ساختاری به ویژه چین‌خوردگی رسوبات ترشیری به وجود آمده‌اند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱). از نظر تقسیمات ساختاری، این محدوده در پهنه ایران مرکزی قرار گرفته است. رخنمون‌های سنگی محدوده این میدان شامل گدازه‌ها و نهشته‌های آذرآواری ائوسن، رسوبات آواری و مارنی و سنگ‌های آتش‌فشانی الیگوسن، سنگ‌آهک، مارن و گچ الیگوسن، مارن و سنگ‌آهک، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و گچ میوسن و کنگلومرا و مارن‌های پلیوسن (ورقه 1:100000 ورامین) است. در این تاق‌دیس، عضو c4 از سازند قم به طور مستقیم روی ولکانیک‌های ائوسن نهشته شده است و سازند قرمز تحتانی در این ناحیه مشاهده نمی‌شود و عضوهای a، b و c1 تا c3 از سازند قم در این ناحیه نهشته نشده‌اند. در قاعده بخش c4، نهشته‌های کنگلومرای پیشرونده با ضخامت حدود ۴ متر وجود دارد که عمدتاً از ذرات ولکانیکی تشکیل شده است. با توجه به رخساره‌های گوناگون موجود در منطقه، رویداد چندین فاز کوهزایی محتمل است. تکاپوی زمین‌ساختی مربوط به میوسن بیشتر به صورت حرکات اپیروژنیک (قائم) و خشکی‌زایی بوده که تغییرات ژرفای حوضه رسوبی را در پی داشته است. هم‌اکنون بیشتر مطالعات وزارت نفت در منطقه، متمرکز بر استفاده از سازند قم در میدان سراج‌ه و آبخوان یورت‌شاه به منظور ذخیره‌گاز می‌باشد.

### ۳- داده‌ها و روش مطالعه

در این مطالعه، به بررسی چهار چاه از دو میدان پرداخته شد. در میدان سراج‌ه، چاه‌های S3 و S4 و در میدان یورت‌شاه، چاه‌های Y1 و Y4 مورد بررسی قرار گرفت. مهم‌ترین داده مورد استفاده از این چاه‌ها، برش‌نازک مربوط به مغزه و خرده‌های حفاری (کاتینگ) است که در سه چاه S3، S4 و Y1 تقریباً همه ضخامت سازند قم را پوشش می‌دهد. در شماره Y4 فقط برش‌نازک بخش‌هایی بالای سازند قم در دسترس قرار گرفت که برای تطابق بهتر از داده‌های لیتولوژی هم استفاده خواهد شد. تعداد برش‌های نازک مورد استفاده از چهار چاه حدوداً ۱۳۰۰

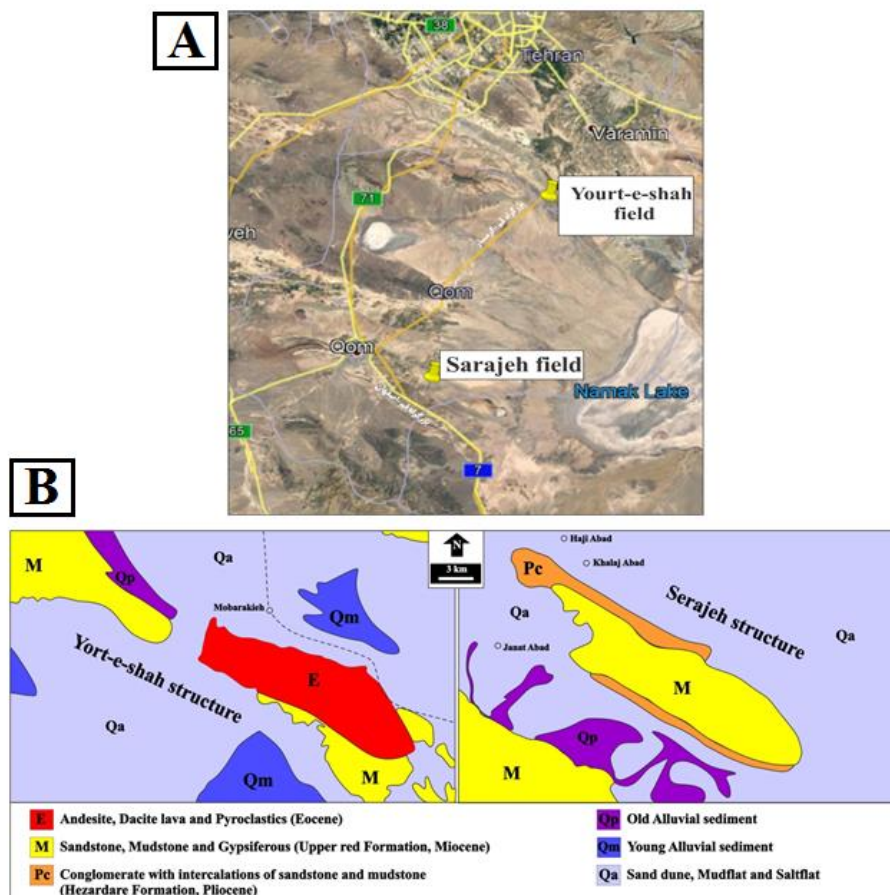
پیشین بر روی این سازند، محیط‌رسوبی و رخساره‌ای، چینه‌نگاری سکانشی و بایواستراتیگرافی آن مورد بررسی قرار گرفته است (مانند گوچیانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ دانشیان و دانا، ۲۰۰۷؛ رویتر و همکاران، ۲۰۰۹؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۱؛ انجم‌شعاع و امیرشاه‌کرمی، ۲۰۱۳؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵؛ محمدی، ۱۴۰۰؛ نوروزپور، ۱۴۰۰). مطالعه پیش‌رو به عنوان نخستین مطالعات دانشگاهی و علمی، به بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم در میدان گازی سراج‌ه، واقع در جنوب خاور قم و همچنین تاق‌دیس یورت‌شاه، واقع در شمال خاور شهر قم (شکل ۱- A) می‌پردازد.

### ۲- زمین‌شناسی عمومی

خرده قاره ایران در طی میوسن بر اثر برخورد قاره‌ای آفریقایی / عربی و بسته شدن اقیانوس تتیس (هارژاوزر و پیلر، ۲۰۰۷؛ رویتر و همکاران، ۲۰۰۹) تشکیل شد (کلمن-سد، ۱۹۸۲). سازند قم در زمان الیگومیوسن طی آخرین پیشروی دریا در زون‌های رسوبی-تکتونیکی حوضه پیش‌کمانی سنندج-سیرجان، حوضه درون‌کمانی ارومیه دختر و حوضه پشت‌کمانی ایران مرکزی نهشته شده است (خاکسار و مقدم، ۲۰۰۷؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۸). سازند قم در میدان گازی سراج‌ه واقع در جنوب خاور شهر قم (شکل ۱- A)، مقدار قابل‌ملاحظه‌ای میعانات گازی دارد. میدان گازی سراج‌ه در سال ۱۳۳۶ کشف شد، شکل ساختمانی میدان سراج‌ه در سطح زمین به صورت تاق‌دیزی است که محور طولی آن در امتداد ۱۲۰N است. وسعت این میدان ۱۲۵ کیلومتر مربع بوده و در حدود ۲۵ کیلومتر طول و ۵ کیلومتر عرض دارد. محل این ساختار در ناحیه ایران مرکزی است که حاوی مواد هیدروکربوری در سازند قم (الیگوسن-پسین - میوسن پیشین) می‌باشد. تاق‌دیس سراج‌ه در حال حاضر یکی از مخازن ذخیره‌سازی زیرزمینی گاز در ایران می‌باشد (مورلی و همکاران، ۲۰۱۳). در این میدان، سازند قم شامل بخش‌های a تا f بوده اما ضخامت آهک‌های ریفی زردرنگ بخش f به سمت جنوب باختر کاهش یافته به طوری که در مخزن سراج‌ه، بخش f وجود ندارد. در قاعده بخش a، نهشته‌های کنگلومرای پیشرونده وجود دارد که عمدتاً از ذرات ولکانیکی تشکیل شده است که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی نهشته‌های آذرآواری ائوسن

و عمودی آن‌ها، قانون والتر<sup>۳</sup> و مقایسه با محیط‌های امروزی و دیرین (تاکرو رایت، ۱۹۹۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰؛ عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶) انجام شد.

عدد می‌باشد. در بررسی و رده‌بندی رخساره‌های کربناته، از روش (دانهام، ۱۹۶۲) و به منظور ارزیابی بافت‌ها، از روش (امبری و کلونین، ۱۹۷۱) استفاده شد. بررسی محیط‌رسوبی و رخساره‌ها بر پایه بررسی تغییرات جانبی



شکل ۱. A: موقعیت جغرافیایی میدان گازی سراج و تاقدیس یورت‌شاه. B: مهم‌ترین واحدهای سنگی-رسوبی رخنمون یافته در اطراف میدان (تاقدیس) سراج و آبخوان (تاقدیس) یورت‌شاه

۲- A). با توجه به مشخصات میکروسکوپی مشاهده شده به نظر می‌رسد بیشتر انیدریتی‌های سازند قم مربوط به پهنه بالای جزرومدی و یا سبخا می‌باشند (کندال و اکسپویت، ۱۹۶۹). این رخساره در میدان سراج (چاه S4) شناسایی شده است.

۲-۴- رخساره دولومادستون دارای بافت چشم‌پرنده‌ای یا فنسترال دولومادستون<sup>۴</sup> (MF2): این رخساره که در برخی از موارد همراه رخساره انیدریتی دیده می‌شود، دارای ساخت فنسترال<sup>۵</sup> یا چشم‌پرنده‌ای بوده که غالباً با سیمان انیدریتی همراه است (شکل ۲- B). در بیشتر

#### ۴- رخساره‌های رسوبی

مطالعه برش‌های نازک سازند قم در چاه‌های مورد مطالعه، ۱۵ رخساره رسوبی را نشان می‌دهد که با توجه به مدل‌های استلندارد، قلیل تفکیک به ۹ کمر بند یا گروه رخساره‌ای است و در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته شده است. لازم به ذکر است که تنوع و نوع رخساره‌ها در دو میدان به هم شبیه است، بنابراین تفکیک نشده‌اند.

۴-۱- رخساره انیدریتی<sup>۱</sup> (MF1): این رخساره به طور عمده از انیدریت تشکیل شده است و ساخت‌های متنوعی به ویژه قفس‌مرغی<sup>۲</sup> و روده‌ای<sup>۳</sup> را نشان می‌دهد (شکل

<sup>4</sup> Fenestral dolomudstone

<sup>5</sup> Fenestral

<sup>3</sup> Walther

<sup>1</sup> Anhydrite

<sup>2</sup> Chicken wire

<sup>3</sup> Entrolithic

۴-۵- رخساره استروماتولیت باندستون<sup>۸</sup> (MF5): رخساره استروماتولیت باندستون به صورت باندستون استروماتولیتی با لیتولوژی آهکی دیده می‌شود. این رخساره در برخی از موارد همراه با ندول‌های انیدریت و خرده‌های فسیلی است (شکل ۲- E) که توسط دانشیان و رضانی‌دانا (۱۳۹۷) نیز در برش خاور گرمسار برای سازند قم گزارش شده است. محل تشکیل این رخساره در موقعیت بین جزرومدی است (عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶). این رخساره در میدان سراج (چاه S3) شناسایی شده است.

۴-۶- رخساره مادستون تا وکستون دارای آشفستگی زیستی<sup>۹</sup> (MF6): این رخساره دارای درصد بالای گل کربناته بوده که خرده‌های بایوکلاستی کمی در آن قابل مشاهده است (شکل ۲- F). این رخساره به دلیل وجود مواد آلی و کانی‌های رسی و همچنین متراکم بودن، ظاهری تیره در مغزه دارد. رخساره مادستون تا وکستون دارای آشفستگی زیستی در موقعیت لاگون تشکیل شده و معادل RMF1 است (فلوگل، ۲۰۱۰). این رخساره در موقعیت‌های مختلف رسوبی، دارای انواع خاصی از فسیل‌ها است که وجه تمایز آن در کمر بند رخساره‌ای می‌باشد. این رخساره در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه‌های Y1 و Y4) شناسایی شده است.

۴-۷- رخساره‌هایی غالباً همراه با فسیل فرامنیفرا: براساس نوع پوسته انواع فرامنیفرا و متعاقباً موقعیت محیطی آن، سه رخساره‌ای که فسیل‌های آن غالباً فرامنیفرا می‌باشد، شناسایی شده است که در ادامه به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که پژوهشگران بر اساس ویژگی‌های پوسته فرامنیفرا آن‌ها را به دو نوع عمیق حوضه (منفذدار و اغلب دارای دیواره هیالین: لپیدوسیکلیناهای، نومولیتید، اوپروکلینا و هتروستژینا، نیوروتالیا و آمفیستژینا) و کم‌عمق حوضه (بدون منفذ و اغلب با دیواره پورسلانوز: آستروتیلینا، میلیولید، بورلیس، پتروپلیس) تقسیم کرده‌اند (اخروی و امینی، ۱۹۸۸؛ هاتینگر، ۱۹۹۷؛ رومرو و همکاران، ۲۰۰۲؛ فورنیه و همکاران، ۲۰۰۴؛ امیرشاکرمی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کادجنوویچ و همکاران، ۲۰۰۸؛ برلانو و همکاران، ۲۰۱۰). که در این مطالعه از این ویژگی و قابلیت به

موارد این رخساره دولومیتی شده است. ساخت فنسترال از ویژگی‌های محیط اینترتایدال تا سوپراتایدال (سب‌خا) است (تاکرو رایت، ۱۹۹۰؛ عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین مشابه این رخساره برای سازند قم در برش دلچان معرفی شده است (کاروان و همکاران، ۱۳۹۳). این رخساره در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

۴-۳- رخساره ندولار دولومادستون<sup>۶</sup> (MF3): در این رخساره بلورهای دولومیت از نوع بسیار دلنه‌ریز قلیل مشاهده است (وارن، ۲۰۰۶)، در بیشتر موارد دارای ندول‌های پراکنده انیدریتی می‌باشد (شکل ۲- C). رخساره مذکور هم در قسمت بین جزرومدی و هم در لاگون دیده می‌شود. وجود این رخساره با شواهدی همچون ندول‌های انیدریتی و عدم وجود (یا فراوانی بسیار کم) فسیل‌ها دلالت بر وجود شورابه‌های با غلظت بالای یون‌های تشکیل دهنده رسوبات تبخیری است (کندال و اکسپوایت، ۱۹۶۹؛ فلوگل، ۲۰۱۰). این رخساره در میدان سراج (چاه‌های S3 و S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y4) شناسایی شده است.

۴-۴- رخساره وکستون/پکستون داری اکستراکلاست<sup>۷</sup> (MF4): تنوع فسیلی غالباً در این رخساره بالا می‌باشد و مهم‌ترین ویژگی این رخساره وجود اکستراکلاست و یا خرده‌های سنگی حمل شده از خارج از حوضه رسوبی است. غالباً خرده‌های سنگی موجود در این رخساره از انواع خرده‌سنگ‌های ولکانیکی (VRF) و یا خرده‌سنگ‌های پلوتونیک است که در بیشتر موارد حاوی دانه‌های کوارتز است (شکل ۲- D). در این رخساره خرده‌های سنگی رسوبی که دارای سیمان کلسیتی یا سیلیسی است نیز به ندرت قابل مشاهده است. ورود رسوبات از خارج از حوضه رسوبی، یکی از ویژگی‌های مناطق کم‌عمق رسوبات مختلط کربناته-آواری است (فلوگل، ۲۰۱۰) که در سایر مطالعات دیگر از این سازند، چنین ویژگی‌هایی با همین تفسیر ارایه شده است (اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ امیرشاکرمی و کاروان، ۲۰۱۵ و بخشی و همکاران، ۱۳۹۴). این رخساره در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

<sup>8</sup> Stromatolite boundstone

<sup>9</sup> Bioturbidate mudstone/wackstone

<sup>6</sup> Nodular dolomudstone

<sup>7</sup> Extraclast bearing bioclastic wackstone/packstone

هستند، مانند کانال‌های جزرومدی و همچنین بخش‌هایی که حاشیه پلتفرم گسترده ندارد. این رخساره دارای فراوانی مختلفی از فرامینیفراهای بنتیک بدون منفذ و منفذدار مانند میلیولید و لپیدوسیکیلینا است. ذرات اسکلتی دیگر مانند اپرکولینا، اکینویید، بورلیس، دوکفه‌ای، نیوروتالیا و گاستروپود از اجزای دیگر این رخساره هستند. این رخساره در میدان سراج (چاه S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

۴-۷-۳- رخساره وکستون/پکستون دارای فرامینیفراهای منفذدار<sup>۱۳</sup> (MF7C): برخلاف دو رخساره قبلی، در این رخساره فسیل غالباً انواع فرام‌های منفذدار است (شکل ۲- I). با توجه به حضور چنین فسیل‌هایی در این رخساره و مطالعات دیگر (امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵)، این رخساره را می‌توان نماینده بخش‌های عمیق‌تر حوضه و به خصوص دریای باز در نظر گرفت. از مهم‌ترین فرام‌های این رخساره می‌توان به لپیدوسیکیلیناها، نومولیتید، اوپرکولینا و هتروسستژینا، نیوروتالیا و آمفیستژینا اشاره کرد. این رخساره در میدان سراج (چاه S4) شناسایی شده است.

۴-۸- رخساره پکستون تا گرینستون دارای فسیل‌های فرامینیفرا، اکینودرم، بریوزویر و کورالین<sup>۱۳</sup> (MF8): این رخساره دارای بافت پکستون و گرینستون و تنوع فسیلی زیادی است (شکل ۲- G). در این رخساره و در سایر رخساره‌های بعدی که ذکر می‌شود، کورالیناسه (کورالین) مهم‌ترین جلبک موجود در توالی مورد مطالعه است. خصوصیات بافتی از جمله ماهیت فاقد یا کمبود گل در این رخساره از ویژگی‌های محیط‌های پرانرژی است (تاگر و رایت، ۱۹۹۰). این رخساره، در موقعیت محیطی سد حاشیه‌ای و یا پشت سد<sup>۱۴</sup> تشکیل می‌شود. نظیر این رخساره، در قسمت جلوی سدهای ماسه‌ای از لبه شلف‌های کربناته گزارش شده است و می‌تواند تحت تأثیر جریان‌ها و توفان‌ها در محیط جلوی سدهای ماسه‌ای و قسمت رو به دریای آن‌ها تشکیل شود (تاگر و رایت، ۱۹۹۰؛ فلوجل، ۲۰۱۰). این رخساره در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

منظور تحلیل رخساره‌ای و محیط‌رسوبی دیرینه این رخساره‌ها استفاده می‌شود. مشابه این رخساره‌ها برای سازند قم در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (منصوری و صفری، ۱۳۸۴؛ بهفروزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ انجم شعاع و امیرشاه‌کرمی، ۱۳۹۲؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۳ و امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵). فرامینیفرا با دیواره هیالین، آب‌های دریایی با شوری نرمال را برای زندگی ترجیح می‌دهند، در حالی که فرامینیفرا با دیواره پورسلانوز، معمولاً آب‌های دریایی کم‌عمق با گردش محدود و شوری بالا را ترجیح می‌دهند. حضور روزن‌داران بنتیک منفذدار و بدون منفذ در ریز رخساره در کنار یکدیگر، بیانگر رسوبگذاری آن در لاگون فلات (محیط‌های کم‌عمق و نیمه‌محصور فلات) و یا وجود ارتباط بین بخش‌های عمیق و کم‌عمق حوضه رسوبی است (گیل، ۲۰۰۰؛ رومرو و همکاران، ۲۰۰۲؛ امیرشاه‌کرمی و همکاران، ۲۰۰۷؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵).

۴-۷-۱- رخساره وکستون/پکستون دارای فرامینیفراهای غیرمنفذدار<sup>۱۰</sup> (MF7A): مهم‌ترین ویژگی این رخساره که دارای بافت وکستون تا پکستون است، وجود انواع فرامینیفراهای دارای پوسته بدون منفذ می‌باشد (شکل ۲- G). وجود این فسیل‌ها از ویژگی‌های بخش‌های کم‌عمق و لاگون محیط رسوبی است (گیل، ۲۰۰۰) که در مطالعات دیگر سازند قم نیز گزارش شده است (کاروان و همکاران، ۱۳۹۳؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵). این رخساره غالباً دارای فرامینیفراهای بنتیک با دیواره پرسلانوز مانند استروتولینا، میلیولید، بورلیس، پنروپلیس است. این رخساره در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

۴-۷-۲- رخساره وکستون/پکستون دارای فرامینیفراهای غیرمنفذدار و منفذدار<sup>۱۱</sup> (MF7B): در این رخساره فرامینیفراهای دارای پوسته منفذدار و بدون منفذ مشاهده می‌شود (شکل ۲- H) که در مطالعات دیگر سازند قم (مانند امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵) نیز گزارش شده است. با توجه به نوع فسیل‌های موجود در این رخساره، می‌توان آن را حاصل ته‌نشینی بخش‌هایی از حوضه رسوبی در نظر گرفت که این بخش‌ها مرتبط کننده بخش‌های عمیق و کم‌عمق حوضه رسوبی در ارتباط

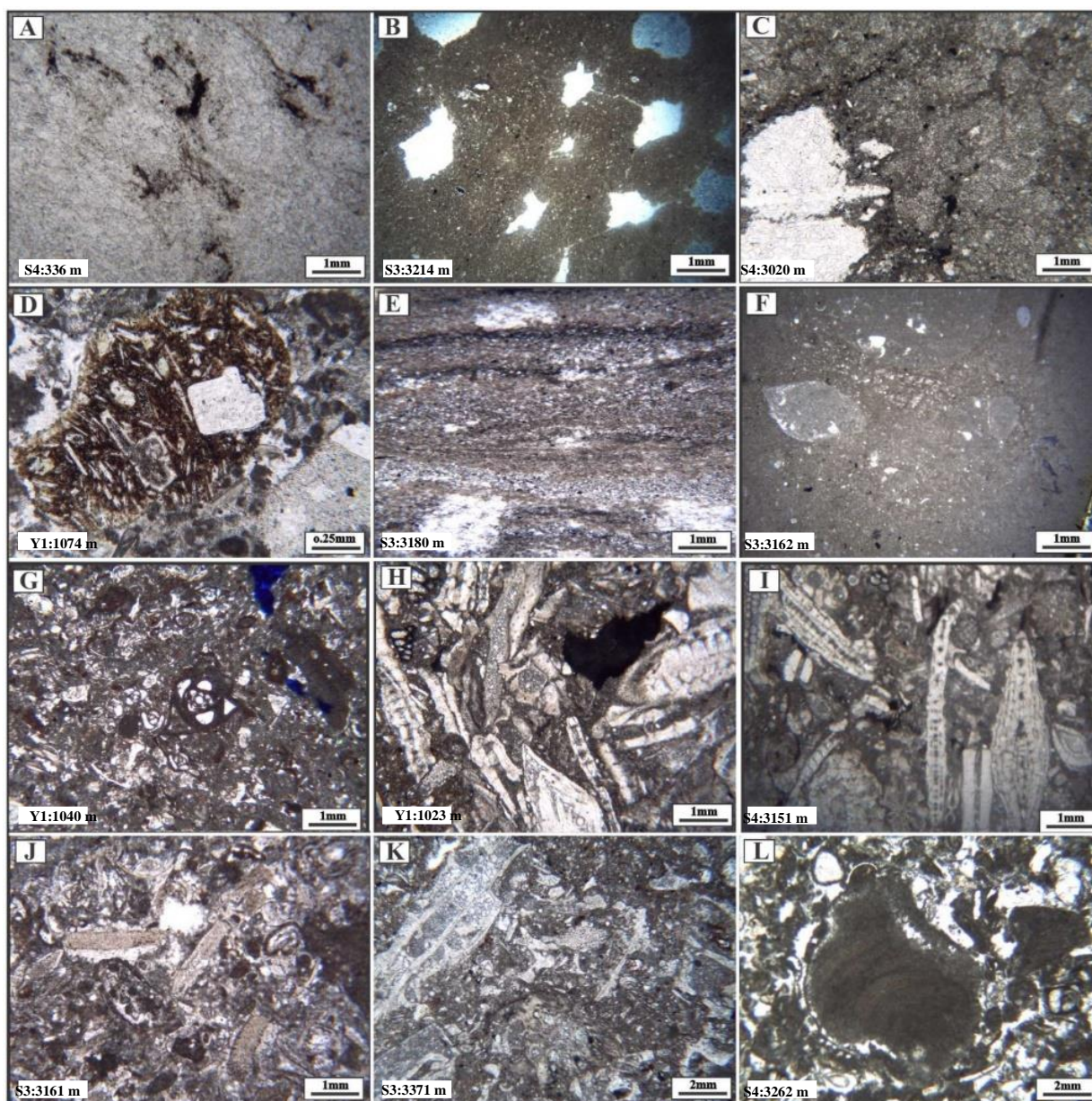
<sup>13</sup> Coralineacean/bryozoan/echiniderm/foraminifera bioclastic packstone/grainstone

<sup>14</sup> Shoal Complex

<sup>10</sup> Imperforate foraminifera bioclastic wackstone/packstone

<sup>11</sup> Imperforate/perforate foraminifera bioclastic wackstone/packstone

<sup>12</sup> Perforate foraminifera bioclastic wackstone/packstone



شکل ۲. رخساره‌های رسوبی سازند قم در میدان سراج و آبخوان یورت‌شاه. A: رخساره انیدریتی، B: رخساره دولومادستون دارای بافت چشم پرنده‌ای یا فنسترال دولومادستون، C: رخساره ندولار دولومادستون، D: رخساره وکستون/پکستون داری اکستراکلیست، E: رخساره استروماتولیت باندستون، F: رخساره مادستون تا وکستون دارای آشفته‌گی زیستی، G: رخساره وکستون/پکستون دارای فرامنیفرهای غیرمنفذدار، H: رخساره وکستون/پکستون دارای فرامنیفرهای غیرمنفذدار و منفذدار، I: رخساره وکستون/پکستون دارای فرامنیفرهای منفذدار، J: رخساره پکستون تا گرینستون دارای فسیل‌های فرامنیفرا، اکینودرم، بریوزویر و کورالین، K: رخساره رودستونی بایوکلیستی بریوزویردار، L: رخساره رودستون بایوکلیستی کورالین‌دار

رودستون بریوزویر/کورالین‌دار (MF9C: Coraline/brayzian bioclastic rudstone) است (شکل‌های ۲- K، L و 4- A). بریوزویرها و کورالین‌ها از مهم‌ترین تشکیل‌دهنده‌های سدهای حاشیه‌ای و یا ریف در توالی مورد مطالعه هستند. با توجه به بافت رودستون و خرده‌های فسیلی تشکیل دهنده، رخساره‌های رودستونی را می‌توان از مهم‌ترین انواع رخساره‌های

۴-۹- رخساره‌های رودستون بایوکلیستی: با توجه به بافت رودستونی در این رخساره و نوع فسیل‌های غالب تشکیل دهنده آن، سه رخساره (زیررخساره) از این نوع در توالی مورد مطالعه شناسایی شده است که شامل انواع رخساره رودستونی بایوکلیستی بریوزویردار (MF9A: Brayzoan bioclastic rudstone)، رودستون بایوکلیستی کورالین‌دار (MF9B: Coraline bioclastic rudstone) و

۱۳۹۱؛ انجم‌شعاع و امیرشاه‌کرمی، ۱۳۹۲، محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ دانشیان و رضانی دانا، ۱۳۹۷؛ کاروان و همکاران، ۲۰۱۴؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵).

ریزرخساره MF10A در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1)، ریزرخساره MF10B در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) و ریزرخساره MF10C در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) و ریزرخساره MF10D در میدان یورتشاه (چاه Y4) شناسایی شده‌اند.

۴-۱۱- رخصاره‌های فلوئستون بایوکلاستی: با توجه به بافت فلوئستونی در این رخصاره و نوع فسیل‌های غالب تشکیل‌دهنده آن، سه رخصاره از این نوع در توالی مورد مطالعه شناسایی شده است که شامل انواع رخصاره فلوئستون بایوکلاستی بریوزویدار (MF11A: Brayzoan bioclastic rudstone)، فلوئستون بایوکلاستی کورالین‌دار (MF11B: Coraline bioclastic rudstone) و فلوئستون بروزیور/کورالین‌دار (MF11C: Coraline/brayzian bioclastic rudstone) است (شکل‌های ۳، F-H). طبق طبقه‌بندی اصلاح شده دانهام توسط امبری و کلوان (۱۹۷۱)، رخصاره فلوئستون رخصاره‌های کربناته است که ذرات غالب تشکیل‌دهنده آن بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و کمتر از ۵۰ درصد آن دانه است (گل‌پشتیان). همچون رخصاره رودستونی، این رخصاره هم مربوط به واریزه‌های ریخی است اما با توجه به بافت گل غالب‌تر آن، در موقعیت‌های کم انرژی تری مانند شیب پلتفرم و یا در بخش‌های پشت ریف در لاگون دریای باز تشکیل شده است (اخروی و امینی، ۱۹۹۸). این رخصاره در مناطق دیگری نیز برای سازند قم معرفی شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کاروان و همکاران، ۲۰۱۴؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵). ریزرخساره MF11A در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1)، ریزرخساره MF11B در میدان سراج (چاه S3) و ریزرخساره MF11C در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده‌اند.

۴-۱۲- رخصاره وکستون تا پکستون دارای فسیل‌های فرامنیفرا، اکتینودرم، بریوزویر و کورالین<sup>۲</sup> (MF12): این رخصاره تقریباً از نظر محتوا و تنوع فسیلی مانند رخصاره MF8 است با این تفاوت که محتوای گلی آن بیشتر است

واریزه‌های ریف یا تالوس نزدیک<sup>۱</sup> در نظر گرفت (اخروی و امینی، ۱۹۹۸). به هر حال در مواردی این رخصاره می‌تواند در بخش‌های پشت ریف و در سدهای حاشیه‌ای هم تشکیل شود. شبیه این رخصاره‌ها برای سازند قم در برش کاشان (محمدی و همکاران، ۲۰۱۱) و دلچیان (کاروان و همکاران، ۱۳۹۳) معرفی شده است. ریزرخساره MF9A در میدان سراج (چاه‌های S3 و S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y1)، ریزرخساره MF9B در میدان سراج (چاه S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) و ریزرخساره MF9C در میدان سراج (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده‌اند.

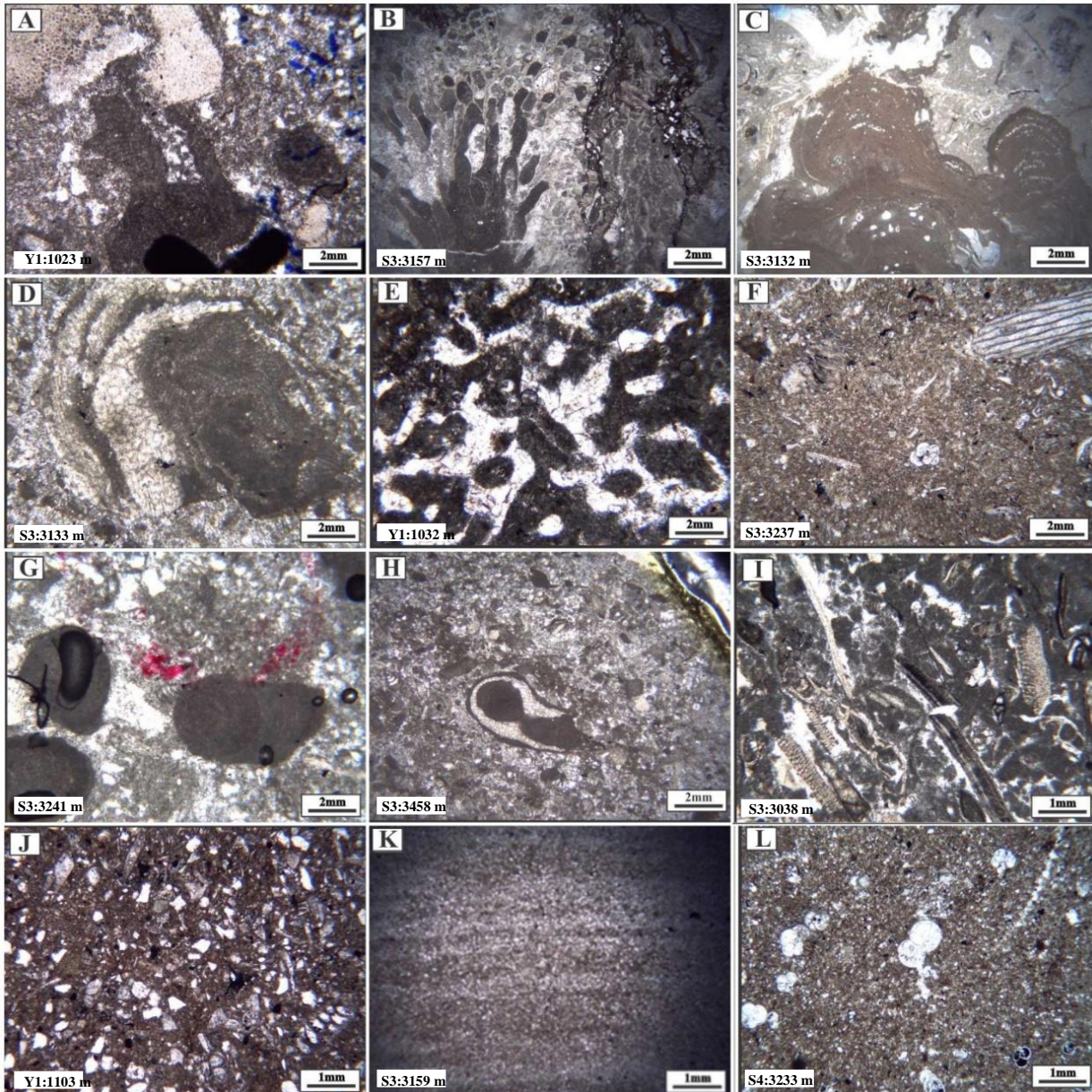
۴-۱۰- رخصاره‌های بافلستون/فریمستون: بر اساس نوع فسیل تشکیل‌دهنده چارچوب، رخصاره‌های ریخی به چهار زیررخساره به نام‌های رخصاره فریمستون/بافلستون بریوزویدار (MF10A: Brayzoan bafflestone/framestone)، فریمستون/باندستون کورالین‌دار (MF10B: Coraline bindstone/framestone)، فریمستون/بافلستون کورالین‌دار (MF10C: Coraline/Brayzoan bafflestone/framestone)، فریمستون/بافلستون مرجان‌دار (MF10D: Coral bafflestone/framestone) تقسیم می‌شود. سه مورد اول به ویژه رخصاره فریمستون/بافلستون بریوزویر و کورالین‌دار بیشترین رخصاره ریخی را در توالی مورد مطالعه تشکیل می‌دهند. همزیستی و در کنار هم بودن بریوزویرها و کورالین‌ها به عنوان سازنده چارچوب، مهم‌ترین مؤلفه تشکیل‌دهنده ریف در نمونه‌های مورد مطالعه هستند (شکل‌های ۳، B-E). از مهم‌ترین ویژگی رخصاره‌های ریخی، وجود چارچوب ثابت و دارا بودن ویژگی‌های شرایط پر انرژی محیطی به منظور تغذیه مواد مغذی است (نیکولز، ۱۹۹۹؛ گیل، ۲۰۰۰؛ لپس و استنلی، ۲۰۱۶). فراوانی بالای رخصاره‌های ریخی در مورد مطالعه، نشان‌دهنده این است که بلندی‌های دیرینه در موقعیت محیطی دیرینه، شرایط مناسبی برای رشد و تشکیل موجودات ریف‌ساز محیا کرده است. در مطالعات دیگری از سازند قم نیز رخصاره‌های ریخی معرفی شده‌اند (اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ منصور و صفری، ۱۳۸۴؛ بهفروزی و همکاران،

<sup>۲</sup> Coralineacean/bryozoan/echinoderm/foraminifera bioclastic wackstone/packestone

<sup>۱</sup> Proximal

این رخساره در ستون چینه‌شناسی و سکانسی را تعیین کرد. این رخساره در میدان سراجه (چاه S3) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

(شکل ۳- I) و نماینده مناطق کم انرژی تر است. با توجه به فراوانی نوع خاصی از فسیل‌ها (مانند انواع فرام‌های پلانکتون و یا فرام‌های لاگون)، می‌توان موقعیت دقیق‌تر



شکل ۳. رخساره‌های سازند قم در میدان سراجه و آبخوان یورتشاه. A: رخساره رودستون برزویر/کورالین‌دار، B: رخساره فریمستون/بافلستون بریوزیردار، C: رخساره فریمستون/بایندستون کورالین‌دار، D: رخساره فریمستون/بافلستون بریوزیر و کورالین‌دار، E: رخساره فریمستون/بافلستون مرجان‌دار، F: رخساره فلوتستون بایوکستی بریوزیردار، G: رخساره فلوتستون بایوکستی کورالین‌دار، H: رخساره فلوتستون بریوزیر/کورالین‌دار، I: رخساره وکستون تا پکستون دارای فسیل‌های فرامنیفرا، اکینودرم، بریوزیر و کورالین، J: رخساره وکستون تا پکستون کوارتزار، K: رخساره مادستون/وکستون بایوکستی مارنی، L: رخساره مادستون تا وکستون دارای فسیل‌های فرامنیفرای پلانکتون

(J). در مواقعی که این رخساره با رخساره حاوی اکستراکلیست همراه است، اندازه دانه‌های کوارتز بزرگ‌تر است و نشان‌دهنده محیط کم‌عمق‌تر و نزدیک ساحل

۴-۱۳- رخساره وکستون تا پکستون کوارتزار<sup>۱</sup>: مهم‌ترین ویژگی این رخساره که دارای بافت وکستون تا پکستون است، وجود دانه‌های کوارتز می‌باشد (شکل ۳-۴)

<sup>۱</sup> MF13: Quartz bioclastic wackstone/packstone



بخش‌های عمیق حوضه رسوبی است (گیل، ۲۰۰۰). این رخساره معادل رخساره SMF3 ویلسون (۱۹۷۵) بوده و در مطالعات دیگر بر روی سازند قم نیز معرفی شده است (مانند محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ بخشی و همکاران، ۱۳۹۴). این رخساره در میدان سراج (چاه‌های S4) شناسایی شده است. در شکل‌های (۴ و ۵) ضخامت، عضوها، لیتولوژی و کمربندهای رخساره‌ای عضوهای مختلف سازند قم در دو موقعیت مورد مطالعه آورده شده است. تفاوت‌های زیادی در ویژگی‌های رسوبی در هر چاه، در هر میدان و در دو میدان وجود دارد که نشان‌دهنده تغییرات و تنوع شرایط محیطی در بعد زمان و مکان در زمان تشکیل سازند قم در موقعیت دیرینه چاه‌های مورد مطالعه است. همچنین جدول (۱) نیز ضخامت عضوهای مختلف سازند قم را نشان داده است. همان گونه که از تصاویر و جدول مشاهده می‌شود، کامل‌ترین توالی از سازند قم در چاه S3 از میدان سراج در دسترس است. چاه دیگر این میدان تا عمق عضو C1 حفاری شده است. در میدان یورتشاه علاوه بر اینکه عضوهای a و b مشاهده نشده است، سایر عضوها نیز در مقایسه با میدان سراج ضخامت کمتری را نشان می‌دهند.

#### ۵- مدل محیط رسوبی سازند قم در میداین مورد مطالعه

اجتماع زیستی، میزان انباشتگی و پراکندگی ریزرخساره‌ها در تعیین نوع پلتفرم‌های کربناته مؤثر هستند (برلانو و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). بر اساس اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در این مطالعه و همچنین رخساره‌های شناسایی شده، نوع پراکندگی موجودات زیستی و مقایسه با میکروفاسیس‌های استاندارد، گسترش نهشته‌های توربیدیتی و وجود فراوانی بالای رخساره‌های ریفی/سدی (عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶) محیط تشکیل سازند قم در منطقه مورد مطالعه یک شلف کربناته در نظر گرفته شده است که بیشترین ته‌نشینی در منطقه مورد مطالعه، در بخش‌های کم‌عمق پلتفرم رخ داده است. مدل پیشنهادی شباهت بسیار زیادی به مدل ویلسون (۱۹۷۵) دارد. در شکل (۶) مدل محیط رسوبی پیشنهادی برای توالی مورد مطالعه در منطقه ارایه شده است.

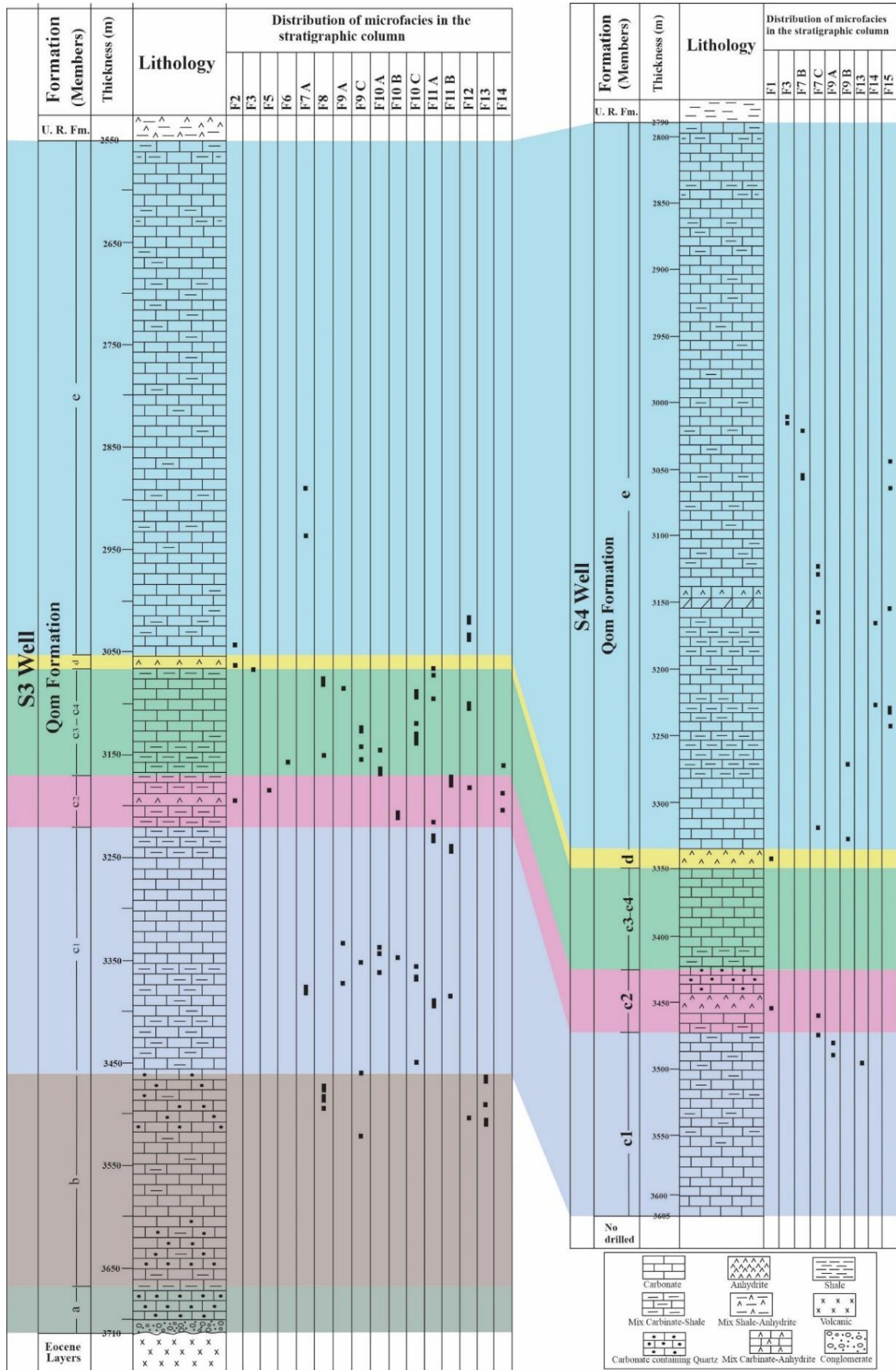
بودن این رخساره است. اما در مواردی این رخساره با دانه‌های کوارتز دانه‌ریزتر حتی با رخساره‌های بخش‌های عمیق حوضه نیز مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده فعال بودن کانال‌ها در مواقعی از تغییرات نسبی سطح آب دریا و یا تولید کربنات کمتر در بخش‌های عمیق‌تر حوضه رسوبی می‌باشد (ویلسون، ۱۹۷۵). مهم‌ترین اجزاء غیرزیستی این سازند اینتراکلیست‌ها می‌باشند. در مواردی به دلیل زیاد شدن دانه‌های کوارتز در این رخساره، می‌توان از آن به رخساره آواری مانند لیت‌آرنلیت تعبیر کرد که به دلیل فراوانی کمتر این حالت، از این نام صرف نظر شده است. این رخساره تا حدودی معادل رخساره SMF15R ویلسون (۱۹۷۵) است. معادل این رخساره در سازند قم در برش جنوب کاشان نیز گزارش شده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۱). این رخساره در میدان سراج (چاه‌های S3 و S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y1) شناسایی شده است.

۴-۱۴- رخساره مادستون/وکستون بایوکلیستی مارنی<sup>۲</sup> (MF14): فراوانی فسیل‌ها در این رخساره کم است و غالباً خرده‌هایی از فسیل‌های مربوط به بخش‌های مختلف محیط رسوبی در آن مشاهده می‌شود. مهم‌ترین ویژگی این رخساره، مارنی بودن آن است که به دلیل درصد بالای رس در آن است و به آن لایه‌بندی داده است (شکل ۳-K). این رخساره همچون رخساره قبلی، در مواردی ممکن است به دلیل محتوای بالای رس ویژگی رخساره‌های آواری به خود بگیرد. به همین دلیل برای معرفی این رخساره از پسوند مارنی استفاده شده است. این رخساره در بخش‌های عمیق حوضه رسوبی، در لاگون و در بخش‌هایی از اینترتایدال تشکیل می‌شود. این رخساره معادل رخساره SMF20 ویلسون (۱۹۷۵) است. معادل این رخساره برای سازند قم در برش کاشان (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳) و برش تاق‌دیس نواب (دانشیان و آفتابی، ۲۰۱۰) گزارش شده است. این رخساره در میدان سراج (چاه‌های S3 و S4) و در میدان یورتشاه (چاه Y4) شناسایی شده است.

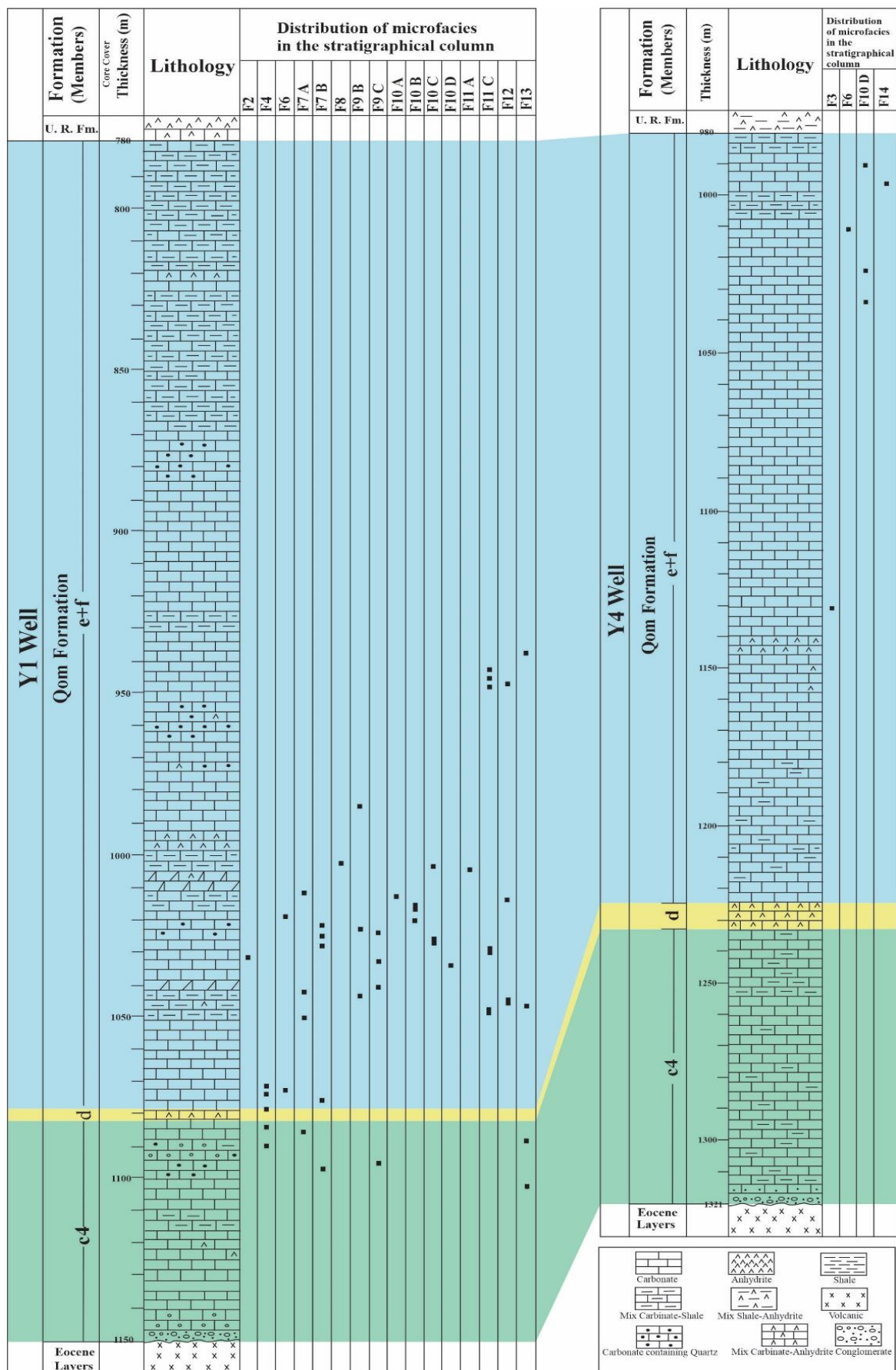
۴-۱۵- رخساره مادستون تا وکستون داری فسیل‌های فرامنیفرای پلانکتون<sup>۳</sup> (MF15): مهم‌ترین ویژگی این رخساره، وجود فرامنیفرهای پلانکتون (مانند گلوبیژرینا) می‌باشد (شکل ۳-L) که معرف تشکیل این رخساره در

<sup>3</sup> Pelagic foraminifera bioclastic mudstone/wackestone

<sup>2</sup> Marly bioclastic mudstone/wackestone



شکل ۴. ضخامت لیتولوژی و توزیع رخساره‌های سازند قم در مقابل ستون چینه‌شناسی در میدان سراج



شکل ۵. ضخامت لیتولوژی و توزیع رخساره‌های سازند قم در مقابل ستون چینه‌شناسی در میدان بورتشا

جدول ۱. ضخامت سازندهای قرمز بالایی و سازند قم، به همراه عضوهای های سازند قم در چاه‌های مورد مطالعه از میدان سراج و تاق‌دیس یورت‌شاه

Field	Well No. and total depth	Formation	Member	Thickness (m)
Yorth-e-Shah	Y1 (370m)	URF		780
		Qom	e+f	395
			d	10
			c4	65
	Y4 (341m)	URF		980
		Qom	e+f	245
			d	8
			c4	88
Sarajeh	S3 (1160m)	URF		2250
		Qom	e	500
			d	20
			c3+c4	100
			c2	50
			c1	245
			b	195
			a	55
	S4 (815m)	URF		2790
		e	545	
		d	12	
		c3+c4	75	
		c2	50	
		c1	130	

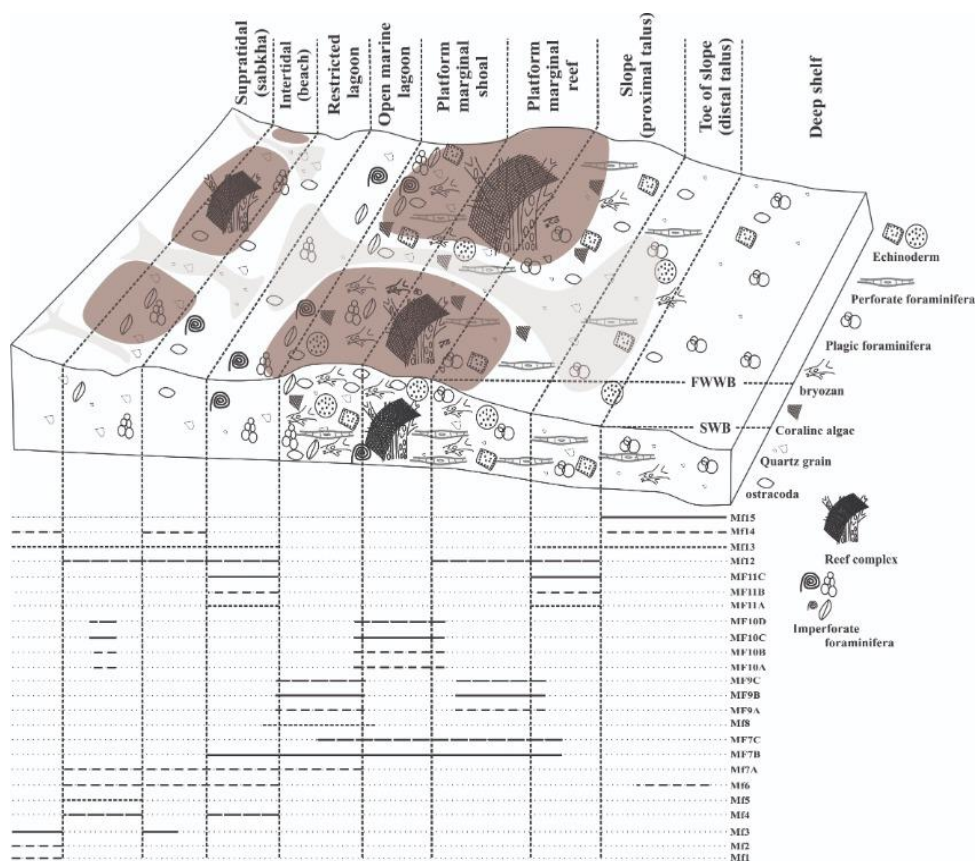
می‌باشد. در واقع هر منطقه‌ای از محیط رسوبی که تحت تأثیر امواج جذرود است، منطقه بین جذرودی در نظر گرفته می‌شود. این وضعیت در بعد قائم ایجاد می‌شود و نه در بعد افقی و با فاصله از ساحل (عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶). به این معنی که محیط اینترتایدال، هم در ساحل چسبیده به سبنا ممکن است باشد و هم در شول‌ها و حاشیه پلتفرم‌ها. منطقه زیر جذرودی هم در لاگون می‌تواند باشد و هم در بخش‌های عمیق حوضه رسوبی (سلی، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰). در این مطالعه برای تفکیک موقعیتی محیطی، برای بخش اینترتایدال چسبیده به سبنا از اصلاح ساحلی<sup>۱</sup> استفاده شده است (شکل ۶). در بخش ساحل، رخساره‌های کوارتزار، استروماتولیت و وکستون/پکستون با محتوای اکستراکت و انواع فرام‌های غیرمنفذدار تشکیل شده است. همچنین پیچ ریف‌های کوچکی نیز در محیط ساحلی تشکیل شده است (اخروی و امینی، ۱۹۹۸). در

لازم به ذکر است که چنین تفاسیری برای سازند قم در مطالعات دیگر (مانند اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ نوری، ۱۳۷۶؛ ایمن‌دوست و امینی، ۱۳۸۴؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ بخشی و همکاران، ۱۳۹۴؛ دانشیان و رضانی دانا، ۱۳۹۷؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵) نیز پیشنهاد گردیده است. در برخی دیگر از مطالعات، مدل رمپ برای محیط رسوبی سازند قم در نظر گرفته شده است (مانند حسینی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). به دلیل اینکه تنوع و نوع رخساره‌ها در دو میدان شبیه به هم هستند یک مدل برای دو میدان ارایه شده است و با توجه به شکل‌های (۴ و ۵) که نشان توزیع رخساره‌ها در هر چاه می‌باشد می‌توان دریافت که هر چاه چه بخش‌هایی از مدل را شامل می‌شود. در بخش‌های سبخای محیط رسوبی دیرینه سازند قم در موقعیت‌های مورد مطالعه، رخساره‌های انیدریتی، فنسترال دولومادستون و ندولار دولومادستون تشکیل شده است. بخش بین جذرودی محیط وسیعی

<sup>1</sup> Beach

شده‌اند که غالباً محتوای آواری بیشتر و فرام پلانکتون کمتری نسبت به فلوئستون جلوی ریف دارند. در بخش حاشیه پلتفرمی (شول)، غالباً رخساره‌های دانه غالب دارای انواع فسیل‌ها تشکیل شده‌اند. همچنین در این زون، رخساره‌های رودستون که مربوط به واریزه‌های ریفی است نیز تشکیل شده است (شکل ۶).

بخش لاگون محصور شده که ارتباط زیادی با دریای باز ندارد غالباً رخساره‌های کوارتزار، وکستون و مادستون‌های دارای آشفستگی زیستی و تنوع فسیلی کم و فرام‌های غیرمنفذدار تشکیل شده است. در لاگون دریای باز علاوه بر رخساره‌های دارای فرام‌های منفذدار، رخساره‌های فلوئستون ریفی نیز تا حدودی مشاهده



MF15: Pelagic foraminifera bi-clastic mudstone/wackestone	MF9B: Coraline bi-clastic rudstone
MF14: Marly bi-clastic mudstone/wackestone	MF9A: Bryozoan bi-clastic rudstone
MF13: Quartz bi-clastic wackestone/packstone	MF8: Mixed bi-clastic packstone/grainstone
MF12: Mixed bi-clastic wackestone/packstone	MF7C: Perforate foraminifera bi-clastic wackestone/packstone
MF11C: Coraline/bryozoan bi-clastic floatstone	MF7B: Imperforate/Perforate foraminifera bi-clastic wackestone/packstone
MF11B: Coraline bi-clastic floatstone	MF7A: Imperforate foraminifera bi-clastic wackestone/packstone
MF11A: Bryozoan bi-clastic floatstone	MF6: Bioturbated mudstone/wackestone
MF10D: coral bafflestone/framestone	MF5: Stromatolite boundstone
MF10C: Coraline/Bryozoan bafflestone/framestone	MF4: Extraclast bearing bi-clastic wackestone/packstone
MF10B: Coraline bindstone/framestone	MF3: Nodular dolomudstone
MF10A: Bryozoan bafflestone/framestone	MF2: Fenestral dolomudstone
MF9C: Coraline/bryozoan bi-clastic rudstone	MF1: Anhydrite

شکل ۶. مدل محیط‌رسوبی سازند قم در میدان سراج و تاقدیس یورتشاه

زون‌های رخساره‌ای، انواعی از فسیل‌ها در نقش‌های مختلف (تشکیل دهنده چارچوب، پوششی و چرنده) وجود داشته‌اند. رخساره‌های بخش جلویی ریف یا بخش

در بخش حاشیه ریفی شلف، رخساره‌های فریمستون و بافلستون گسترش زیادی دارند که پیوستگی قائم و افقی زیادی در نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهند. در این

(۱۳۹۳) نیز بر اساس شواهد صحرایی و نوری رخساره‌های شناسایی شده، سازند قم در منطقه سیرجان را به یک پلتفرم کربناته از نوع شلف لبه‌دار نسبت داده‌اند. پژوهشگران شرکت نفت چینی نیز که سکانس استراتیگرافی منطقه نزدیک به میادین مورد مطالعه را انجام داده‌اند، محیط‌رسوبی دیرینه سازند قم را شلف لبه‌دار معرفی کرده‌اند (گوچیلنگ و همکاران، ۲۰۰۷). به دلیل تغییرات رخساره‌های زیاد این سازند و نهشته شدن آن در حوضه‌های بین کوهستانی، نمی‌توان یک مدل رسوبی را در همه جای ایران مرکزی برای این سازند در نظر گرفت. اما بیشتر پژوهشگران معتقد بر تشکیل ریف و شلف لبه‌دار بودن محیط‌رسوبی دیرینه سازند قم هستند (اخروی و امینی، ۱۹۹۸؛ منصوری و صفری، ۱۳۸۴؛ بهفروزی و همکاران، ۱۳۹۱؛ انجم‌شعاع و امیرشاه‌کرمی، ۱۳۹۲، محمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ دانشیان و رضانی دلنا، ۱۳۹۷؛ کاروان و همکاران، ۲۰۱۴؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵). سه ویژگی اصلی در رخساره‌های شناسایی شده در میادین مورد مطالعه وجود دارد که در سایر برش‌ها و مطالعات دیگر از سازند قم با هم معرفی نشده‌اند. این سه ویژگی شامل وجود رخساره‌های پهنه بالای جذرومدی (به ویژه رخساره انیدریتی)، وجود توالی پیوسته ریفی و وجود رخساره دارای فرام‌های پلانکتون است. دو مورد اول به ندرت در مطالعات مختلف گزارش شده است، اما مورد سوم در چندین برش شناسایی شده است. اما نکته قابل توجه این است که در هیچ برشی این سه دسته رخساره با هم معرفی نشده‌اند. بنابراین وجود شرایط خاص رسوب‌گذاری در موقعیت‌های محیط‌رسوبی دیرینه در میادین سراج و یورت‌شاه، باعث بروز چنین ویژگی‌های خاصی شده است که به نظر می‌رسد برای تشکیل سه بخش ضروری برای وجود هیدروکربن لازم است. به این صورت که در سیستم مخازن هیدروکربنی، وجود سنگ منشأ (غالباً نهشته‌های بخش‌های عمیق حوضه رسوبی)، سنگ مخزن (غالباً رخساره‌های تشکیل شده در شرایط پارانرژی و دانه‌دار) و سنگ‌پوش (غالباً رخساره‌های تبخیری) ضروری است (آهر، ۱۹۷۳؛ فلوگل، ۲۰۱۰). در میادین سراج و یورت‌شاه به نظر می‌رسد شرایط محیط رسوبی دیرینه باعث شده است که سیستم کربناته کاملی در این میادین در سازند قم ایجاد شود که در واقع علتی است که باعث تمرکز هیدروکربن در این

شیب حوضه رسوبی که غالباً متشکل از رخساره‌های تالوس نزدیک ریف است، اولین زون رخساره‌ای زیر خط تأثیر امواج در شرایط عادی است. چنین نام‌گذاری و ویژگی‌هایی، شباهت زیادی به مطالعه اخروی و امینی (۱۹۹۸) دارد. این زون رخساره‌ای غالباً از رخساره‌های رودستونی و فلوتستونی تشکیل شده است. در بخش‌های عمیق‌تر حوضه و قبل از خط حداکثر تأثیر امواج توفانی، ریزرخساره تالوس دور از ریف قرار دارد که در مدل استاندارد ویلسون (۱۹۷۵) بخش انتهایی شیب حوضه معرفی شده است. مهم‌ترین رخساره این بخش از محیط رسوبی دیرینه سازند قم، رخساره‌های فلوتستونی است که نسبت به حاشیه نزدیک ریف محتوای گلی کربناته بیشتری دارد (شکل ۶). عمیق‌ترین زون رخساره‌ای توالی مورد مطالعه، مربوط به بخش‌هایی عمیق شلف است که در زیر خط تأثیر امواج توفانی قرار می‌گیرد. مهم‌ترین و خاص‌ترین رخساره این کمربند رخساره‌ای، رخساره دارای فرام‌های پلاژیک می‌باشد (شکل ۶).

محمدی و همکاران (۱۳۹۳) که به بررسی برش جنوب کاشان پرداخته است، معتقدند که نبود سد و ساخت‌های توفانی نهشته شدن این رسوبات را در یک پلتفرم کربناته از نوع رمپ غیرممکن می‌سازد. عدم حضور رسوبات گراویده‌ای (توریدلیت‌ها و ریزش‌ها)، ریف‌های پیوسته، سد و ساخت‌های توفانی سبب شد که مدل رسوبی سازند قم در ناحیه جزه (جنوب کاشان) یک فلات باز در نظر گرفته شود. بر اساس ریزرخساره‌های شناسایی شده و پراکندگی موجودات، این فلات باز به سه بخش خارجی نزدیک، میانی و داخلی تقسیم می‌شود. این در حالی است که در میادین مورد مطالعه، سازند قم از توالی‌های ضخیمی از رخساره‌های ریفی تشکیل شده است که نشان دهنده تشکیل در یک محیط رسوبی از انواع شلف لبه‌دار است. ریزرخساره‌های سازند قم در بخش‌های جنوب باختر زنجان (روستا‌های قمچق‌ای و دهشیر)، حکایت از ریفی بودن سازند کربناته قم دارد. در این مناطق حضور ریف‌های پیوسته و واقعی قابل تعقیب در صحرا با ضخامت زیاد و همچنین تغییرات سریع ریزرخساره‌ها و سنگ‌شناسی، دلیل محکمی بر وجود ریف‌های پیوسته (سدهای ریفی) برای کربنات‌های سازند قم در بعضی مناطق می‌باشد (پورمحمدی، ۱۳۹۲؛ عالی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵؛ ربانی و زهدی، ۱۳۹۶). محمدی و همکاران

### نتیجه‌گیری

مطالعه برش‌های نازک و مغزه‌های مربوط به سازند قم در میدان سراج و آبخوان (تاق‌دیس) یورت‌تاش منجر به شناسایی ۱۵ رخساره رسوبی گردید که با توجه به مدل‌های استلندارد قابل تفکیک به ۹ کمربند یا گروه رخساره‌ای می‌باشند. رخساره‌های شناسایی شده عبارت‌اند از: رخساره انیدریتی، دولومادستون دارای بافت چشم پرنده‌ای یا فنسترال دولومادستون، ندولار دولومادستون، وکستون/پکستون داری اکستراکست، استروماتولیت باندستون، مادستون تا وکستون دارای آشفستگی زیستی، رخساره‌های غالباً دارای فرامنیفرا، پکستون تا گرینستون دارای فسیل‌های فرامنیفرا، اکینودرم، بریوزویر و کورالین، رخساره‌های بایوکلاست رودستونی، رخساره‌های فریمستون/بافلستونی، رخساره‌های فلوتستون بایوکلاستی، وکستون تا پکستون دارای فسیل‌های فرامنیفرا، اکینودرم، بریوزویر و کورالین، وکستون تا پکستون کوارتزار، مادستون/وکستون بایوکلاستی ماری، مادستون تا وکستون داری فسیل‌های فرامنیفرا پلانکتون.

با توجه به ویژگی‌های رخساره‌ای و کمربندهای رخساره‌ای، محیط تشکیل سازند قم در میدان سراج و تاق‌دیس یورت‌تاش یک شلف کربناته در نظر گرفته شده است که بیشترین ته‌نشینی در منطقه مورد مطالعه، در بخش‌های کم‌عمق پلتفرم رخ داده است. سازند قم در میدان سراج تقریباً همه عضوهای معرفی شده در مقطع تیپ را دارد اما همه اعضا در تاق‌دیس یورت‌تاش مشاهده نمی‌شوند که به نظر می‌رسد شرایط بلندای دیرینه در موقعیت تاق‌دیس یورت‌تاش باعث عدم رسوب‌گذاری برخی اعضا به ویژه عضوهای آغازین شده است. این واقعیت به خوبی حکایت از تغییرات زیاد شرایط دیرینه سازند قم حتی در مقیاس منطقه‌ای دارد.

### منابع

انجم‌شعاع، ع.، و امیرشاه‌کرمی، م (۱۳۹۲) چینه‌نگاری زیستی و محیط‌رسوبی دیرین نهشته‌های الیگوسن پسین در برش تنبور (جنوب غرب کرمان، ایران مرکزی). نشریه رخساره‌های رسوبی، دوره ۶، شماره ۲، ص ۱۳۰-۱۴۹.  
ایمن‌دوست، آ.، و امینی، ع (۱۳۸۴) چینه‌شناسی سکانسی سازند قم در مقطع شوراب با نگرشی بر پارامترهای مؤثر در

میادین شده است و در نقاط دیگری که چنین رخساره‌هایی معرفی نشده است، هیدروکربنی نیز تشکیل نشده است (حداقل مطالعات تا این تاریخ این واقعیت را نشان داده‌اند). کارخانه ساخت کربنات (مور، ۲۰۰۱؛ تاکر، ۲۰۰۱) در محیط دیرینه سازند قم، به دلیل ورود رودخانه‌ها و رسوبات آواری، دارای شرایط خاصی بوده است (سلی، ۲۰۰۰). ورود رودخانه و رسوبات آواری در محیط رسوبی باعث شده است که غلظت کربنات کلسیم آب کاهش یافته و رسوبات غیرزیستی که به درصد بالای اشباع از کربنات کلسیم نیاز دارند، تشکیل نشود (سلی، ۱۹۹۶، ۲۰۰۰؛ فلوگل، ۲۰۱۰). همچنین، مرجان‌ها که به شوری تقریباً بالایی نیاز دارند نیز نمی‌توانسته گسترش زیادی داشته باشد (فلوگل، ۲۰۱۰).

تفاوت ضخامت سازند قم در دو میدان، نشان‌دهنده ناهمگنی و تغییرات زیاد شرایط محیط‌رسوبی سازند قم حتی در بعد منطقه‌ای می‌باشد. در زمان رسوب‌گذاری سازند قم علاوه بر تغییرات سطح آب دریا دو عامل تکتونیک و توپوگرافی دیرینه نیز در شکل‌گیری ترتیب رخساره‌ها و محیط‌رسوبی مؤثر بوده است. روند تغییرات ضخامت نمایانگر عدم یکنواختی در توپوگرافی کف حوضه رسوبی سازند قم و وجود بلندای دیرینه است به نظر می‌رسد موقعیت دیرینه میدان سراج، در یک وضعیت فروافتادگی و موقعیت دیرینه تاق‌دیس یورت‌تاش، یک بلندای دیرینه<sup>۱</sup> بوده است. شاید این وضعیت بلندای دیرینه در تاق‌دیس یورت‌تاش که قبل از تشکیل سازند قم نیز وجود داشته است، بعد از تشکیل آن نیز همواره فعال بوده و باعث شده است که بلوغ و تولید هیدروکربن در این موقعیت به دلیل رخنمون تحت‌الجوی و یا عمق کم عضوهای منشا هیدروکربن این تاق‌دیس رخ ندهد. پیشروی دریای میوسن در تاق‌دیس یورت‌تاش نسبت به سراج دیرتر آغاز شده به طوری که نهشته‌های آهکی c4 بطور ناپیوسته در این تاق‌دیس بر روی نهشته‌های ولکانیکی ائوسن قرار گرفته است. به علت قرارگیری این تاق‌دیس در حاشیه بلندای دیرینه رخساره‌های نواحی عمیق‌تر (مارن‌های دریایی بخش e) گسترش چندانی نداشته و لذا تفکیک بخش‌های e و f امکان‌پذیر نمی‌باشد.

<sup>1</sup> Paleohigh

- منصوری، پ.، و صفری، ا. (۱۳۸۴) میکروفاسیس و محیط‌رسوبی سازند قم در ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان). هفتمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران.
- نوروزپور، ح. (۱۴۰۰) زیست‌چینه‌نگاری، ریزرخساره‌ها و مدل رسوبی سازند قم در برش چینه‌شناسی پشت دربند، شمال باختر همدان، نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۷، ص ۱۴-۲۶.
- نوری، ن. (۱۳۷۶) بررسی میکروفاسیس و محیط‌رسوبی سازند قم در منطقه عبدال‌آباد سمنان و مقایسه آن با خارزن اردستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۸۷ ص.
- Abdolmaleki, J., Tavakoli, V., and Asadi-Eskandar, A (2016) Sedimentological and diagenetic controls on reservoir properties in the Permian-Triassic successions of Western Persian Gulf, Southern Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 141: 90-113.
- Ahr, W. M (1973) The carbonate ramp-an alternative to the shelf model. *Trans., Gulf Coast Assoc. Geological Society*, 23: 221-225.
- Amirshahkarami, M., Karavan, M (2015) Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the OligoceneMiocene Qom Formation, south of Qom City, Iran. *Geoscience Frontiers*, 6: 593-604.
- Amirshahkarami, M., Vaziri- Moghaddam, H., Taheri, A (2007) Sedimentary facies and sequence stratigraphy of The Asmari Formation at the Chaman- Bolbol, Zagros Basin, Iran. *Journal of Asian Erath Sciences*, 29: 947- 959.
- Anjomshoa, A., & Amirshahkarami, M (2013) Biostratigraphy and paleoenvironmental model of the Late Oligocene deposits at the Tanbour section (SW Kerman, Central Iran). *Scientific Journal Sedimentary Facies*, 6: 149-130.
- Berberian, M., King, G. C. P (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *National Research Council of Canada*, 18: 210-263.
- Brandano, M., Morsilli, M., Vannucci, G., Parente, M., Bosellini, F., Vicens, G (2010) Rhodolith-rich lithofacies of the Porto Badisco Calcarenites (upper Chattian, Salento, southern Italy). *Italian Journal of Geosciences*, 129: 119-131.
- Cadjenovic, D., Kilibarda, Z., and Radulovic, N (2008) Triassic to Late Jurassic evolution of the Adriatic carbonate platform and Budva Basin, Southern Montenegro. *Sedimentary Geology*, 24: 1-17.
- Colman-Sadd, S. P (1982) Two-stage continental collision and plate driving forces. *Tectonopysics*, 3: 263-282.
- Daneshian, J., Dana, L. R (2007) Early Miocene benthic foraminifera and biostratigraphy of the تشخیص سطوح اصلی سکansı و سیستم تراکت‌ها در بررسی‌های سطح‌الارضی. بیست و چهارمین گردهمایی علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بهفرزی، ا.، صفری، ا.، وزیری‌مقدم، ح. (۱۳۹۱) پالئواکولوژی و اجتماعات کربناته سازند قم در منطقه چنار (شمال غرب کاشان). *رخساره‌های رسوبی*، دوره ۵، شماره ۱، ص ۱-۱۲.
- بخشی، ا.، لیاقت، م.، فیضی، ا. (۱۳۹۴) ریزرخساره‌ها، مدل رسوبگذاری و لیتواستراتیگرافی سازند قم، در ناحیه میانه-بستان‌آباد. پژوهش‌های دانش زمین، دوره ۶، شماره ۲۱، ص ۱۹-۳۹.
- پورمحمدی، س. (۱۳۹۲) سکانس استراتیگرافی و بیوفاسیس سازند قم در برش دهشیر بالا (جنوب غرب زنجان). دانشگاه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، ۲۹۱ ص.
- ربانی، ج.، زهدی، ا. (۱۳۹۶) تحلیل شرایط پالئواکولوژی کلنی‌های مرجانی ریف‌ساز میوسن پیشین در شمال باختر زنجان. چهارمین همایش منطقه‌ای تغییر اقلیم و گرمایش زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان.
- عالی‌پور، ش.، میرزایی‌عطاآبادی، م.، زهدی، ا.، رحمانی، ع. (۱۳۹۵) چینه‌شناسی و ریزرخساره‌های سازند قم در منطقه قمچای، جنوب زنجان. یازدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دانشگاه پیام نور طیس.
- حسینی‌نژاد، س. م.، رامه، ح.، و اهری‌پور، ر. (۱۳۹۵) زیست‌چینه‌نگاری و محیط‌رسوبی سازند قم در برش تلن‌کوه، جنوب‌باختری سمنان. *دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۴، شماره ۷، ص ۱۰۱-۱۱۶.
- دانشیان، ج.، و رمضانی‌دانا، ل. (۱۳۹۷) چینه‌نگاری شیمیایی نهشته‌های سازند قم با تأکید بر نقش آن در تعیین درجه حرارت دیرینه در برش دوبرادر، جنوب‌شرق قم. *رخساره‌های رسوبی*، دوره ۱۱، شماره ۱، ص ۴۹-۶۸.
- کاروان، م.، محبوبی، ا.، وزیری‌مقدم، ح.، و موسوی‌حرمی، ر. (۱۳۹۳) رخساره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکansı نهشته‌های سازند قم در شمال خاوری دلیجان- شمال باختری ایران مرکزی. *فصلنامه علوم زمین*، دوره ۲۴، شماره ۹۴، ص ۲۲۹-۲۳۶.
- محمدی، ا.، وزیری، م.، و داستانی‌پور، م. (۱۳۹۳) بررسی ریزرخساره‌ها و بازسازی محیط رسوب‌گذاری سازند قم در ناحیه سیرجان، جنوب باختر کرمان. *نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، دوره ۳۰، شماره ۲، ص ۳۵-۵۴.
- محمدی، الف. (۱۴۰۰) چینه‌نگاری سکansı سازند قم در منطقه نطنز، نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۸، ص ۱۱۳-۱۳۲.



- Kendall, C. G., St. C., Skipwith, P. A. D. E (1969) Holocene shallow water carbonate and evaporate sediments of the Khor al Bassam, Abu Dhabi, SW Persian Gulf. AAPG Bulletin, 53: 841-869.
- Khaksar, K., Moghaddam, I. M (2007) Paleontological study of the echinoderms in the Qom Formation (Central Iran). Earth Sciences Research Journal, 11: 57-79.
- Lipps, J. H., Stanley, G. D (2016) Reefs through time: an evolutionary view. In Coral Reefs at the Crossroads Springer, Dordrecht, 175-196.
- Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Vaziri, M., R. and Ghaedi, M (2011) Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, South of the Kashan, Central Iran. Carbonates and evaporates, 26: 255-271.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Ghaedi, M., Dehghan, R., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Baizidi, C., Vaziri, M. R., and Sfidari, E (2013) The Tethyan Seaway Iranian Plate Oligo-Miocene deposits (the Qom Formation): distribution of Rupelian (Early Oligocene) and evaporate deposits as evidences for timing and trending of opening and closure of the Tethyan Seaway. Carbonates and evaporates, 28: 321-345.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H (2018) Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. Carbonates and evaporates, 34: 1293-1306.
- Morely, C. K., Waples, D. W., Boonyasaknanon, P., Julapoor, A., Loviruchsutee, P (2013) The origin of separate oil and gas accumulations in adjacent anticlines in Central Iran. Marine and Petroleum geology, 44: 96-111.
- Nichols, G (1999) Sedimentology and Stratigraphy. Blackwell Science, 355p.
- Okhravi, R., and Amini, A (1998) An example of mixed carbonatepyroclastic sedimentation (Miocene, central Basin, Iran). Sedimentary Geology, 118: 37-57.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rögl, F., Kroh, A., Aubry, M. P., Wielandt-Schuster, U., and Hamedani, A (2009) The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of the Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. International Journal of Earth Sciences, 98: 627-650.
- Romero, J., Caus, E., Rossel, 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 (SE Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 179: 43- 56.
- Selley, R. C (1996) Ancient Sedimentary Environment. Chapman and Hall, 300 pp.
- Qom Formation, Deh Namak, central Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 29: 844-858.
- Daneshian, J., Aftabi, A (2010) Biostratigraphy of Qom Formation Foraminifers based on new exploration in Navab Anticline surface section in South of Kashan. Journal of Science (University of Tehran) (JSUT), 35: 137-154.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate Rocks according to depositional texture. In: Ham, W. E. (ed.), Classification of carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 108-121 p.
- Embry, A. F., & Klovan, J. E (1971) A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. Bulletin of Canadian petroleum geology, 19: 730-781.
- Flügel, E (2010) Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application. Springer, Berlin Heidelberg New York, 976 pp.
- Fournier, F., Montaggioni, L., Borgomano, J (2004) Paleoenvironments and high-frequency cyclicity from Cenozoic South-East Asian shallow-water carbonates: a case study from the Oligo-Miocene buildups of Malampaya. Offshore Palawan, Philippines, Marine Petroleum Geology, 21: 1-21.
- Furrer, M. A., Soder, P. A (1955) The Oligo-Miocene marine formation in the Qom region (Central Iran). In: Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Rome, Section I/A/5, 267-277 pp.
- Geel, T (2000) Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Paleogene deposits in southeastern Spain. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 155: 211-238.
- Guoqiang, X., Shaonan, Z., Zhongdong, L., Lailiang, S., and Huimin, L (2007) Carbonate Sequence Stratigraphy of a Back-Arc Basin: A Case Study of the Qom Formation in the Kashan Area, Central Iran. Acta Geologica Sinica, 81: 488-500.
- Harzhauser, M., Piller, W. E (2007) Benchmark data of a changing sea—palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253: 8-31.
- Hottinger, L (1997) Shallow benthic foraminiferal assemblage as signals for depth of their deposition and their limestones. Society Geology France Bulletin, 168: 491- 505.
- Karavan, M., Mahboubi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Moussavi-Harami, R (2014) Sedimentary facies analysis and sequence stratigraphy of Qom Formation deposits in NE Delijan- NW Central Iran. Iran: Geosciences Journal, 94: 229-236.

- Selley, R. C (2000) Applied sedimentology. 2nd edn., Academic Press, San Deigo, 446 pp.
- Tucker, M. E., Wright, V. P (1990) Carbonate Sedimentology. Blackwell Science, Inc, 482 pp.
- Warren, J. K (2006) Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons. Springer Verlag, Brunei, 1035 pp.
- Wilson, B. R (1975) Carbonate Facies in Geological History. Springer, Berlin, 471pp.