

## سیستم رسوب‌گذاری و جغرافیای دیرینه نهشته‌های میوسن در شمال خاوری ماهنشان (زنجان)

جواد ربانی<sup>۱\*</sup>، مجید میرزایی عطاآبادی<sup>۲</sup> و افشین زهدی<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲ و ۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

نویسنده مسئول: Rabbani@znu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۳ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۱۰

نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

به هدف بازسازی شرایط رسوب‌گذاری و جغرافیای دیرینه سازند قم، یک برش چینه‌شناسی در شمال خاوری ماهنشان مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش، مطالعات ریزرخساره‌ها و ریزفسیل‌ها بر روی ۴۷ برش نازک میکروسکوپی متعلق به ۱۶۲ متر از توالی‌های سنگی صورت پذیرفت. سازند قم در این توالی متشکل از مجموعه توالی‌های کربناته، تخریبی و خرده‌های ولکانیکی می‌باشد که با مرز فرسایشی بر روی نهشته‌های آندزیتی سازند کرج و به صورت تدریجی در زیر نهشته‌های تخریبی سازند قرمز بالایی قرار دارد. آنالیز رخساره‌ها منجر به تفکیک یک رخساره سنگی (کنگلومرای دانه‌پشتیان) و ۳ ریزرخساره (۱- پکستون حاوی خرده‌های زیستی، مرجانی و جلبکی، ۲- هیبرید کربناته (ولکانی کلاستیک) و ۳- وکستون تا پکستون پلاژیک) گردید که محیط شلف کربناته مرتبط با آب‌های آزاد، کانال‌های زیر دریایی و فعالیت‌های ولکانیکی زیر دریایی را به عنوان محیط رسوبی این توالی‌های سنگی در این برش تعیین می‌نماید. مطالعات ریزفسیل‌ها منجر به تفکیک ۱۷ گونه از روزنبران و ۲ زون زیستی گردید. بر اساس گستره چینه‌شناسی فسیل‌های شاخص (*Borelis melo curdica*), (*Meandropsina iranica*, *Praeorbulina glomerosa*) محدوده سنی بوردیگالین-لانگین برای این واحدهای سنگی پیشنهاد می‌گردد. تغییرات رخساره‌ای در طول ستون چینه‌شناسی نشان می‌دهد که به تدریج به سمت بالای برش و در زمان لانگین، رخساره‌ها عمیق‌تر می‌شوند. این موضوع با تغییرات جغرافیایی دیرینه و افزایش سطح آب دریا در زمان لانگین در این ناحیه نیز کاملاً مطابقت دارد.

واژگان کلیدی: سازند قم، ریزرخساره، محیط رسوبی، زنجان

## پیشگفتار

۲۰۱۰؛ بهفروزی و صفری، ۲۰۱۱؛ نورالدینی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کرمی‌موحد و همکاران، ۲۰۱۶؛ ربانی و همکاران، ۱۴۰۰) و برخی دیگر محیط رمپ کربناته (یزدی و همکاران، ۲۰۱۲؛ امیرشاه‌کرمی و کاروان، ۲۰۱۵؛ خوش طینت و مهری، ۲۰۱۵) را برای این سازند پیشنهاد نمودند. بر اساس مطالعات زیست‌چینه‌نگاری انجام شده بر روی نهشته‌های سازند قم در نواحی مختلف، محدوده سنی الیگوسن زیرین- میوسن زیرین برای این نهشته‌ها تعیین گردیده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۵؛ دانشیان و رضانی دانا، ۲۰۱۸؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ نیک‌فرد و همکاران، ۲۰۲۰؛ محمدی، ۲۰۲۲). در برخی از مطالعات، محدوده سنی این سازند تا میوسن میانی نیز گزارش شده است (روز پیکر و همکاران، ۲۰۲۱). بازدیدهای صحرائی از اطراف زنجان نشان می‌دهد که رخنمون‌هایی از سازند قم در این منطقه نیز دیده می‌شود که علیرغم داشتن بقایای

نهشته‌های سنگی موسوم به سازند قم عمدتاً شامل سنگ‌آهک کم عمق دریایی، مارن‌های پرفسیل، به همراه توالی‌ها تبخیری بوده که در محدوده ایران مرکزی و بخش‌هایی از کمربندهای سنندج-سیرجان و ارومیه- دختر رخنمون دارند. این نهشته‌ها در طی آخرین پیشروی دریا در ایران مرکزی تشکیل شده‌اند (رحیم‌پوربناب و کلانترزاده، ۲۰۰۵؛ هیزنی و همکاران، ۲۰۲۱).

تکتونیک فعال در منطقه در زمان نهشته‌شدن سازند قم باعث گردید که ضخامت و رخساره‌ها در این سازند در امتداد جانبی تغییر کند (پروهان و همکاران، ۲۰۰۹؛ جلالی و فیضی، ۲۰۱۰). بر این اساس، مطالعات محیط رسوبی انجام شده بر روی این سازند در نواحی مختلف نتایج متفاوتی را در بر داشته به طوری که برخی از این مطالعات، محیط شلف کربناته (صبحی و همکاران،

مطالعه از سمت ماهنشان در مسیر زنجان پس از طی حدود ۵۵ کیلومتر به روستای اندآباد می‌رسیم. در ادامه پس از گذشت حدود ۵ کیلومتر به دوراهی روستای قره‌کول خواهیم رسید. برش مورد نظر در ابتدای جاده روستای قره‌کول در جنوب باختری روستای آق‌بلاغ واقع است (شکل ۱). برش مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی  $36^{\circ} 49' 06.62''$  N و  $48^{\circ} 01' 19.30''$  E قرار دارد.

فراوانی از ماکروفسیل‌ها و ارزش‌های دیرینه‌شناختی، کمتر مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گرفته‌اند. لذا به منظور بررسی دقیق بقایای فسیلی و محیط ته‌نشست و محدوده سنی توالی‌های سازند قم در اطراف زنجان، یک برش چینه‌شناسی در مسیر ماهنشان نمونه‌برداری و مطالعه گردید. برش مورد مطالعه در ۶۰ کیلومتری شمال خاوری ماهنشان قرار دارد. به منظور دسترسی به برش مورد



شکل ۱. نقشه راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه

اربط، بزوشا و قره‌کول رخنمون یافته به طوری که نهشته‌های قرمز رنگ آندزیتی سازند کرج در هسته این طاق‌دیس واقع شده‌اند (شکل ۲). در ادامه، توالی‌های سازند قم به طور ناپیوسته و با مرز فرسایشی بر روی نهشته‌های آندزیتی سازند کرج قرار گرفته و مرز بالایی سازند قم با سازند قرمز بالایی در این منطقه به طور پیوسته می‌باشد (شکل ۳). برش مورد مطالعه در بخش شمال باختری طاق‌دیس واقع شده است. از نظر چینه‌شناسی، سازند قم در برش مورد مطالعه در قسمت قاعده شامل مجموعه‌ای از لایه‌های کربناته متوسط لایه دربردارنده اجتماع فسیل‌های مرجان و جلبک به صورت خورد شده می‌باشد. این واحدها در بیشتر نواحی برش مورد مطالعه به صورت عدسی شکل دیده می‌شوند و عمده توالی‌های کربناته سازند قم را به خود اختصاص می‌دهند. این رخساره می‌تواند بیانگر کربناته‌های ریزشی ریف تالوس در این ناحیه باشد. در بخش‌های ابتدایی برش، مجموعه‌ای از توالی‌های تخریبی کنگلومرا و ماسه‌سنگ دیده می‌شود که دارای دانه‌بندی تدریجی می‌باشند. این توالی‌های تخریبی در طول برش در چند منطقه دیگر نیز دیده می‌شوند که

### روش مطالعه

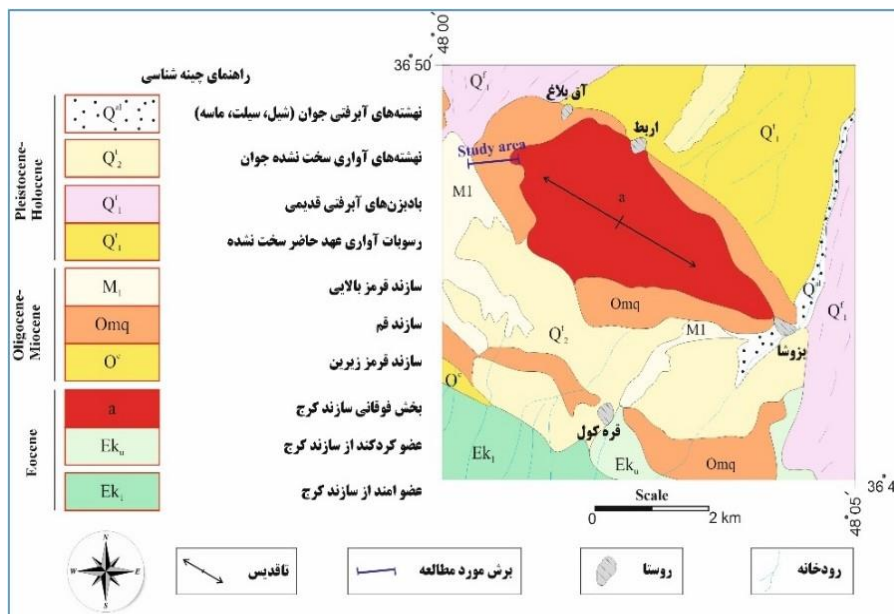
از مجموع ۱۶۲ متر ضخامت مربوط به سازند قم تعداد ۴۷ نمونه سنگی برداشت گردیده و از تمامی نمونه‌ها در کارگاه مقطع‌گیری برش نازک تهیه گردید. مطالعات ریزرخساره‌ها و ریزفسیل‌های روزنبران بر روی برش‌های نازک با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان نور عبوری انجام گردید. تفکیک و طبقه‌بندی ریزرخساره‌ها بر اساس استاندارد دانه‌ام (۱۹۶۲) و تفسیر محیط‌رسوبی بر مبنای کمربندهای استاندارد شلف کربناته فلوگل (۲۰۱۰) صورت گرفت. همچنین، رخساره‌های سنگی بر اساس کدهای رخساره‌های میال (۲۰۰۶) و رخساره‌های هیبرید بر اساس مانن (۱۹۸۵) تفکیک شدند. شناسایی و زون‌بندی ریزفسیل‌ها و تعیین سن لایه‌ها بر اساس نیک‌فرد و همکاران (۲۰۲۰)، کوبایولا و همکاران (۲۰۲۱) و محمدی (۲۰۲۲) صورت پذیرفت.

### زمین‌شناسی منطقه

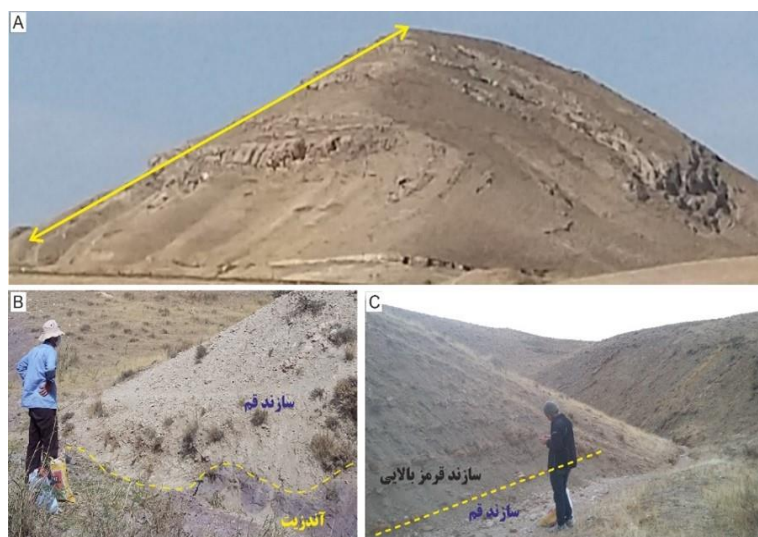
در این منطقه، یک طاق‌دیس بزرگ مقیاس با محور شمال باختری- جنوب خاوری در محدوده روستاهای آق‌بلاغ،

برش متشکل از واحدهای نازک لایه ماسه‌سنگ و کنگلومرا می‌باشد که به تدریج به سمت بالا به ضخامت واحدهای کنگلومرای افزوده می‌شود (شکل ۴).

به صورت عدسی شکل برنزد دارند. در انتهایی ترین بخش از برش مجموعه توالی‌های ولکانی کلاستیک مشاهده می‌شوند که به تدریج به سازند قرمز بالایی تبدیل می‌گردند. نخستین واحدهای سازند قرمز بالایی در این



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان (باباخانی و صادقی، ۱۳۸۳)



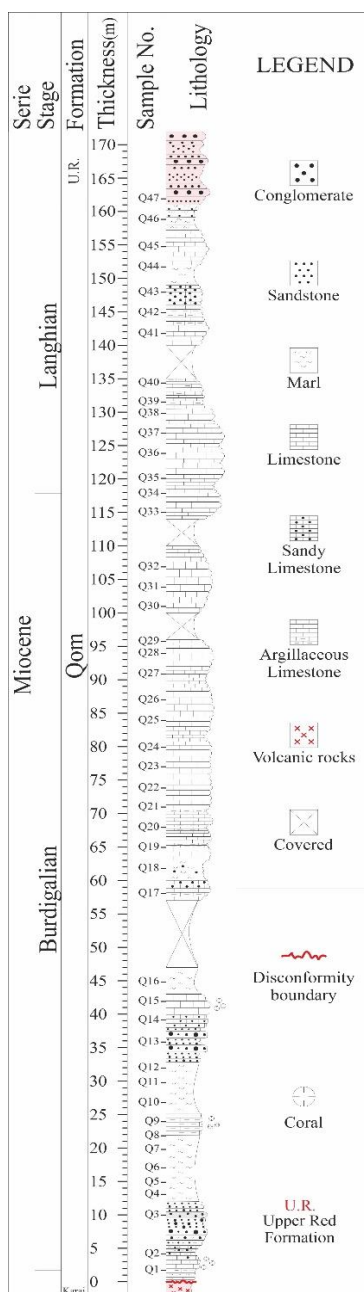
شکل ۳. A- نمای کلی از سازند قم در برش مورد مطالعه (دید به سمت جنوب); B- مرز پایینی با سازند کرج و C- مرز بالایی با سازند قرمز بالایی

رخساره کنگلومرای دانه‌پشتیبان: این رخساره صرفاً بر اساس مطالعات و شواهد صحرایی مورد بررسی قرار گرفته است. رخساره مذکور عمدتاً در بخش‌های پایینی توالی مورد مطالعه دیده می‌شود که در مجموع در حدود ۱۲ متر ضخامت را در بر دارد. توالی‌های دربردارنده این رخساره عمدتاً متوسط لایه بوده که به صورت محدود در داخل آن لامیناسیون‌های موازی مشاهده شده است. این رخساره از

## نتایج

### رخساره‌ها

با انجام مطالعات ریزرخساره‌ها بر روی برش‌های نازک میکروسکوپی، یک رخساره سنگی و ۳ ریزرخساره متعلق به زون‌های رخساره‌ای انتهای شیب قاره، شیب قاره، کانال‌های زیردریایی شلف باز کربناته و نواحی تحت تاثیر فوران‌های زیردریایی به شرح زیر شناسایی گردید.



شکل ۴. ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

ریزرخساره پکستون حاوی خرده‌های زیستی، مرجانی و جلبکی<sup>۱</sup>: این ریزرخساره در داخل توالی‌های متوسط لایه و به صورت عدسی‌های بزرگ مقیاس با لایه‌بندی ضعیف دیده می‌شوند. ریزرخساره مذکور بیش‌ترین درصد نمونه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد که عمدتاً در بخش‌های میانی برش مشاهده می‌شود. این ریزرخساره عموماً از خرده‌های روزنبران کفزی، خرده‌های مرجانی، خرده‌های جلبکی و خرده‌های خارپوست با درصد بیش از ۵۰٪ و با ماتریکس نسبتاً کم تشکیل شده است. در برخی از نمونه‌ها نیز

نوع دانه‌پشتیبان و چند منشاء (پلی‌میکتیت) بوده و با توجه به اینکه قطعات تشکیل دهنده آن از خارج حوضه تامین شده است تحت عنوان کنگلومرای خارج سازندی در نظر گرفته می‌شود. این توالی‌ها عمدتاً متشکل از قلوه‌ها و قطعات طبقات قدیمی‌تر خود از قبیل آندزیت‌های سازند کرج، قطعات سنگ کربناته، چرت و به میزان کمتر ذرات تخریبی شامل کوارتز و فلدسپات می‌باشد. قطعات سنگی موجود در این رخساره عمدتاً خرد شده و زاویه‌دار بوده و در اندازه‌های مختلف (جورشدگی ضعیف) مشاهده می‌شوند. اندازه قطعات بسیار مختلف بوده به طوری که از ۱۵ سانتی‌متر تا ۲ میلی‌متر متغیر است. این تفاوت در اندازه قطعات در شکل ۵-A با توجه به مقیاس (خودکار) قابل مشاهده می‌باشد.

توالی‌های دربردارنده این رخساره عمدتاً دارای دانه‌بندی تدریجی بوده بطوریکه به سمت بالا از اندازه ذرات تشکیل دهنده این رخساره تا کنگلومرای دانه‌ریز کاسته می‌شود (شکل ۵-A و B). از نظر شکل ظاهری، یک خوردشدگی در قطعات سنگی در این رخساره دیده می‌شود به طوری که بی‌نظمی زیادی در لایه‌بندی ایجاد کرده است. الگوی عدسی شکل در توالی‌های دربردارنده این رخساره به وضوح قابل مشاهده می‌باشد به طوری که در امتداد جانبی از ضخامت لایه‌ها کاسته می‌شود (شکل ۱۱). مرز زیرین این لایه‌ها در برخی موارد به صورت هم شیب با پوشش گیاهی و واریزه (شکل ۵-B) و در برخی نواحی به صورت منحنی (شکل ۱۱) با توالی‌های قدیمی‌تر می‌باشد. این لایه‌ها در برخی از نواحی به صورت عدسی‌های نیم‌متری مشاهده می‌شود (شکل ۱۱) از نظر طبقه‌بندی میال (۲۰۰۶) می‌توان این رخساره را از نوع Gcm در نظر گرفت.

با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی و بافت رخساره مذکور از قبیل، وجود قطعات کنده شده از توالی‌های قدیمی‌تر، وجود آثار حمل و نقل از قبیل دانه‌بندی تدریجی و شکل هندسی عدسی می‌توان این رخساره را به محیط‌های کانالی زیردریایی و احتمالاً جریان‌های توربیدیتی سازند قم در بخش دور از ساحل (شیب قاره) نسبت داد که در طول ستون چینه‌شناسی همراه با رخساره مربوط به واریزه‌های ریفی (تالوس) مشاهده می‌شود.

<sup>1</sup> Algal coral bioclastic Packstone

و D). این قطعات عمدتاً به صورت نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده دیده می‌شوند. این رخساره هیبریدی در برش مورد مطالعه بر اساس طبقه‌بندی مانت (۱۹۸۵) در دسته آهک‌های آلومیک توف‌دار<sup>۶</sup> قرار می‌گیرند که رخساره حاکی از فعالیت‌های ولکانیکی هم‌زمان با ته‌نشست بخش‌های انتهایی سازند قم در یک محیط زیردریایی می‌باشد. در این منطقه صرفاً خرده‌های آذرآواری دیده می‌شوند و گدازه‌های بالشی مشاهده نشده است. وجود ذرات نیمه‌زاویه‌دار در این نمونه‌ها بیانگر فرسایش زیر دریایی و حمل و نقل بسیار کم می‌باشد.

**ریزرخساره وکستون تا پکستون پلاژیک<sup>۷</sup>:** این ریزرخساره حاوی روزنبران شناگر با درصد زیاد (در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) در یک زمینه مادستونی دانه‌ریز می‌باشد (شکل ۵ - F). درصد روزنبران در برخی از نمونه‌ها بیشتر بوده که محیط عمیق‌تری را می‌تواند نشان دهد. این ریزرخساره در بخش‌های انتهایی برش به ضخامت حدود ۶ متر مشاهده می‌شود به طوری که در برخی از نمونه‌ها خرده‌های خارپوستان، جلبک، روزنبران کفزی و مرجان با فراوانی کم (در حدود ۱۰ درصد) نیز دیده می‌شود که به صورت نابرجا می‌باشند. مطالعات برش‌های نازک نشان می‌دهد که نمونه‌های در بردارنده این ریزرخساره بدون تخلخل بوده و فضاهای خالی حجرات فسیلی و زمینه گلی توسط سیمان کربناته در طی فرایند تدفین پر شده است. این ریزرخساره معادل کمر بند رخساره‌ای (SMF3) و زون رخساره‌ای (FZ3) می‌باشد که بخش‌های انتهایی شیب قاره به سمت نواحی شلف عمیق را نشان می‌دهد.

#### دیرینه‌شناسی

مطالعه برش‌های نازک به منظور تعیین جنس و گونه فسیل‌ها و تعیین سن نسبی توالی‌ها صورت پذیرفت. بر این اساس، تعداد ۱۷ جنس و گونه متعلق به روزنبران شناسایی شد (جدول ۱، شکل‌های ۶ و ۷). فسیل‌ها بر اساس (بابازاده و همکاران، ۱۳۹۳؛ بهفروزی و صفری، ۲۰۱۱؛ محمدی، ۲۰۲۲) شناسایی شده و زون‌بندی انجام شده در این مطالعه بر اساس (بولی، ۱۹۶۶؛ بلو، ۱۹۶۹؛ هگز و جانسون، ۲۰۰۵؛ کوباویلا و همکاران، ۲۰۲۱؛ مارتین - مارتین و همکاران، ۲۰۲۲؛ محمدی، ۲۰۲۲) انجام شده است.

خرده‌های برش کربناته کوچک<sup>۲</sup> با بافت پکستونی دیده می‌شود. در برخی از نمونه‌ها تراکم آلومک‌ها بسیار بالا بوده که رخساره پکستونی را ایجاد می‌کنند. همچنین درصد و اندازه آلومک‌ها در نمونه‌های ذکر شده متفاوت بوده به طوری که در برخی از نمونه‌ها فراوانی خرده‌های مرجانی افزایش می‌یابد. آلومک‌ها عمدتاً در اندازه درشت بوده (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) و در مواردی به دلیل حمل و نقل، این ذرات خرد شده و در اندازه‌های کوچک‌تر (کمتر از ۲ میلی‌متر) نیز دیده می‌شوند نمونه‌ها بدون تخلخل بوده و تمامی فضاهای خالی داخل حجرات فسیلی توسط سیمان کلسیتی پر شده است. این رخساره بر اساس ناحیه‌بندی رخساره‌ای (فلوگل، ۲۰۱۰) معادل کمر بند رخساره‌ای<sup>۳</sup> (SMF4) و ناحیه رخساره (FZ=4) می‌باشد که محیط رسوبی شیب قاره را نشان می‌دهد. شواهد مذکور بخصوص خرده‌های زیستی و خرده‌های برش کربناته بیانگر بالا بودن انرژی محیط و کنده شدن بستر حوضه و حمل و نقل درون حوضه‌ای و نهایتاً رسوب‌گذاری مجدد می‌باشد. وجود خرده‌های مرجانی و خرده‌های جلبکی فراوان در این رخساره می‌تواند نشان‌دهنده نزدیک بودن محیط رسوبی این نهشته‌ها به یک ناحیه ریف مرجانی در ناحیه جلوی ریفی<sup>۴</sup> باشد. در حقیقت می‌توان این نهشته‌ها را به عنوان تالوس برای ریف مرجانی برش اندآباد در نظر گرفت (شکل ۵ - E). نمونه‌هایی که اندازه ذرات در آن‌ها کوچک‌تر می‌باشند بیانگر حمل و نقل بیشتر در محیط شیب قاره به سمت نواحی پایین‌دست هستند.

**ریزرخساره هیبرید کربناته (ولکانی کلاستیک)<sup>۵</sup>:** این رخساره در بخش‌های ابتدایی و انتهایی سازند قم و با ضخامتی در حدود ۲۰ متر عمدتاً در مجاورت رخساره کنگلومرای مشاهده می‌شود. زمینه اصلی این رخساره را گل کربناته حاوی آلومک‌های فسیلی (پلانکتون) با فراوانی در حدود ۸ تا ۱۰ درصد به همراه قطعات کربناته (گل کربناته) تشکیل می‌دهد. دانه‌های آذرآواری تشکیل دهنده این رخساره را پلاژیوکلازهای زونه و تمام بلورین، کوارتزهای شفاف با خاموشی مستقیم و فرورفتگی‌های خلیجی شکل، شیشه‌های آتشفشانی، خرده‌سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب آندزیتی و بافت عمدتاً پورفیریتی و به میزان کمتر میکرولیتی تشکیل می‌دهند (شکل ۵ - C

<sup>5</sup> Carbonate volcanoclastic

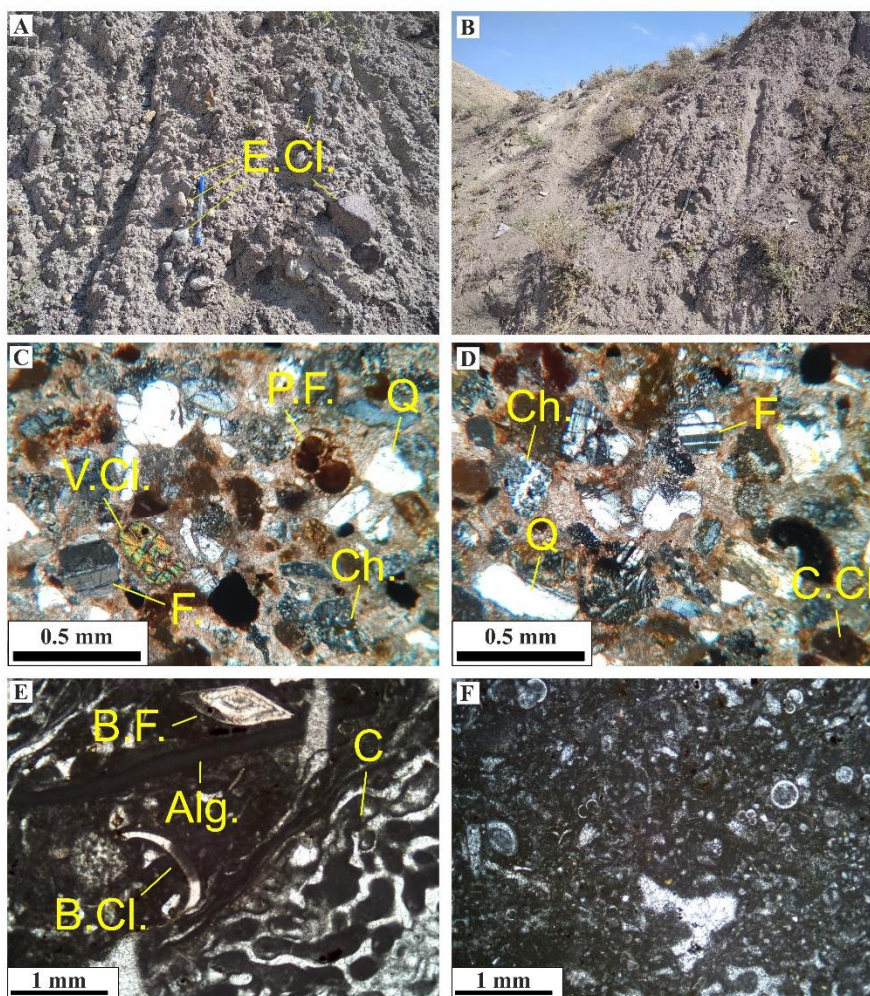
<sup>6</sup> tuffaceous allochemic limestone

<sup>7</sup> Pelagic wack/packstone

<sup>2</sup> Microbreccia

<sup>3</sup> Microbreccia bio-lithoclastic packstone

<sup>4</sup> Fore reef



A,B: Clast-supported conglomerate. C,D: Carbonate volcanoclastic (Q47).

E: Algal coral bioclast Packstone (Q20), F: Pelagic wack/packstone (Q39).

Abbreviation:

E.Cl: Extraclast. P.F: Planktonic foraminifera. Q: Quartz grain. V.Cl.: Volcanic clast

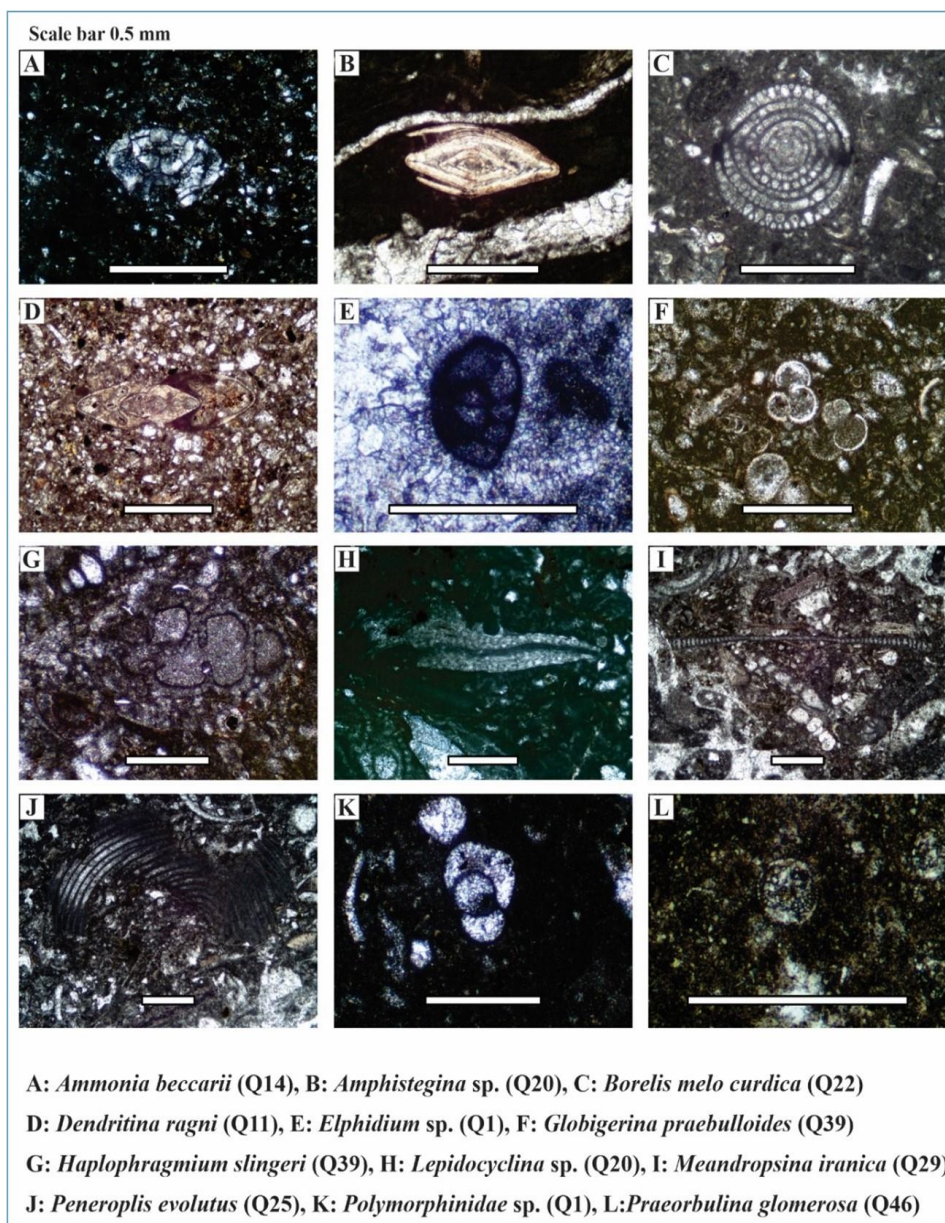
Ch: Chert grain. F: Feldspar. C.Cl: Carbonate clast. B.F: Benthic foraminifera.

Alg: Algae. B.Cl: Bioclast. C: Coral

شکل ۵. تصاویر رخساره‌های تفکیک شده در برش مورد مطالعه

جدول ۱. فسیل‌های شناسایی شده در این برش

<i>Pyrgo</i> sp. DeFrance, 1824
<i>Polymorphinidae</i> sp. d'Orbigny, 1839
<i>Elphidium</i> sp. Montfort, 1808
<i>Quinqueloculina</i> sp. d'Orbigny, 1826
<i>Borelis melo curdica</i> , Reichel, 1937
<i>Ammonia beccarii</i> , Linnaeus, 1758
<i>Dendritina rangi</i> , d'Orbigny, 1904
<i>Lepidocyclina</i> sp. Guembel, 1870
<i>Reussella</i> sp. Galloway, 1933
<i>Amphistegina</i> sp. d'Orbigny, 1826
<i>Meandropsina iranica</i> Henson, 1950
<i>Peneroplis evolutus</i> Henson, 1950
<i>Schlumbergerina</i> sp. Munier-Chalmas, 1882
<i>Sphaerogypsina globulus</i> Reuss, 1848
<i>Haplophragmium slingeri</i> Thomas, 1950
<i>Globigerina praebulloides</i> Blow, 1959
<i>Praeorbulina glomerata</i> Blow, 1956



شکل ۶. تصاویر فسیل‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه

*Pyrgo* sp., *Polymorphinidae* sp., *Elphidium* sp., *Quinqueloculina* sp., *Ammonia beccarii*, *Dendritina rangi*, *Lepidocyclina* sp., *Russell* sp., *Amphistegina* sp., *Meandropsina iranica*, *Peneropelis evolutus*, *Schlumbergerina* sp., *Sphaerogypsina globulus*.

## 2- *Praeorbulina glomerosa* Taxon range zone

این زون که بخش‌های بالایی برش مورد مطالعه را شامل می‌شود (از متر ۱۱۸ تا انتهای برش) بر اساس گستره چینه‌ای گونه شاخص *Praeorbulina glomerosa* تفکیک می‌گردد (بولی، ۱۹۶۶؛ بلو، ۱۹۶۹) که با زون *Praeorbulina sicana* به سن لانگین مطابقت دارد (کوباویلا و همکاران، ۲۰۲۱). فسیل‌های همراه در این زون به شرح زیر می‌باشند:

*Pyrgo* sp., *Elphidium* sp., *Quinqueloculina* sp., *Reussella* sp., *Amphistegina* sp., *Schlumbergerina*

بر اساس گستره چینه‌شناسی فسیل‌های شاخص، دو زون فسیلی (*Borelis melo curdica* و *Praeorbulina glomerosa*) تفکیک گردید (شکل ۱۳) که به قرار زیر است:

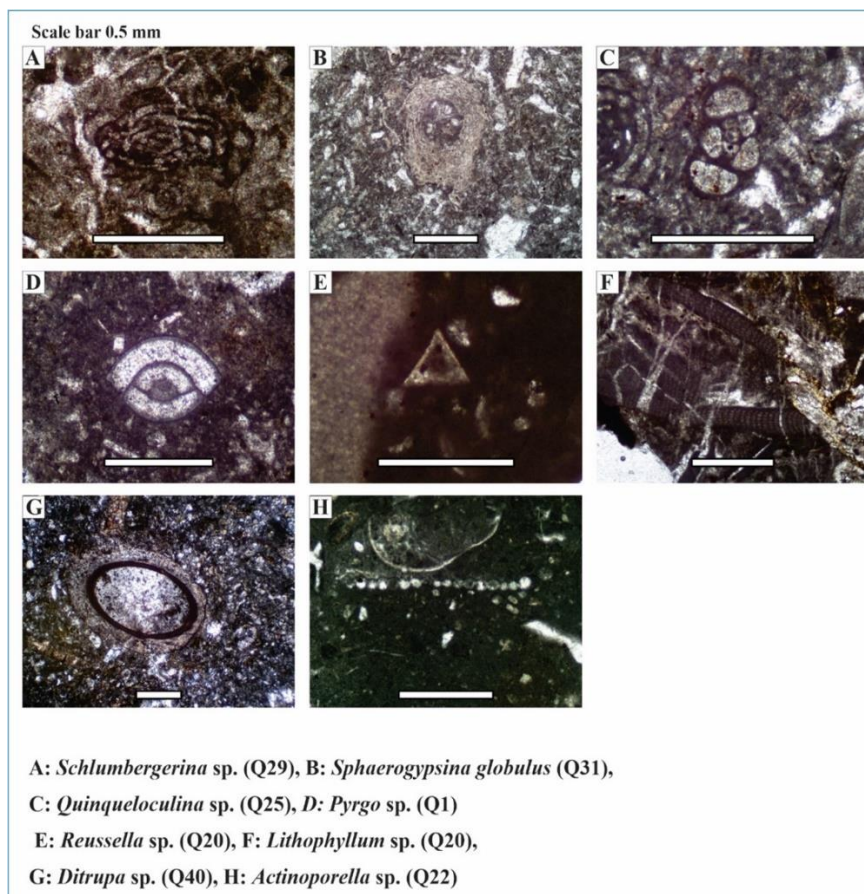
## 1- *Borelis melo curdica* taxon range zone

این زون بر اساس گستره زیستی فسیل شاخص *Borelis melo curdica* شناخته می‌شود که محدوده سنی بوردیگالین را مشخص می‌کند (وایند، ۱۹۶۵؛ آدام و بورژویس، ۱۹۶۷؛ لارسن و همکاران، ۲۰۰۹؛ ون‌بوخم و همکاران، ۲۰۱۰؛ محمدی، ۲۰۲۲) این زون مجموعه توالی‌های ابتدایی برش مورد مطالعه تا متر ۱۱۸ را در بر می‌گیرد. فسیل‌های همراه در این زون:

گزارش شده است و بر اساس اینکه در این برش، نهشته‌های سازند قم به صورت ناپیوسته و با مرز فرسایشی بر روی توالی‌های آندزیتی سازند کرج قرار گرفته‌اند از این رو بخش‌های زیرین این سازند به سن قدیمی‌تر از بوردیگالین فرسایش یافته و صرفاً بخش انتهایی این سازند در این برش رخنمون دارد.

sp., *Sphaerogypsina globulus*, *Haplophragmium slingeri*, *Globigerina praebulloides*.

بر اساس زون‌بندی زیستی انجام شده در این مطالعه، محدوده سنی بوردیگالین-لانگین برای این نهشته‌ها پیشنهاد می‌شود. با توجه به اینکه سازند قم در نواحی مختلف از محدوده سنی الیگوسن زیرین تا میوسن میانی



شکل ۷. تصاویر فسیل‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه

محیط رسوبی این نهشته‌های کربناته ریزشی عمدتاً در بخش ابتدایی شیب قاره نزدیک به ریف مرجانی (ریف تالوس) می‌باشد (شکل ۹). همچنین، حضور ذرات ریزتر در تعداد محدودی از نمونه‌ها حاکی از حمل و نقل بیشتر و نهشته شدن در فاصله بیشتر از محیط ریف مرجانی می‌باشد. در نزدیکی برش مورد مطالعه، نهشته‌های عضو f از سازند قم در برش اندآباد به صورت یک ریف مرجانی ضخیم لایه بوده (شکل ۱۰) (ربانی و زهدی، ۱۴۰۱) که می‌توان گفت رخساره‌های جلوی ریفی در این برش در نتیجه تخریب و دوباره نهشته شدن ریف مرجانی سازند قم در برش اندآباد می‌باشد.

## بحث

مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که عمده توالی‌های کربناته در این برش (بخصوص در بخش‌های میانی برش) از خرده‌های مرجانی تشکیل شده است به طوری که در برخی از توالی‌ها، مرجان‌ها به صورت خرد شده در سنگ به وضوح دیده می‌شوند (شکل ۸). مطالعات برش نازک میکروسکوپی نیز این موضوع را تایید می‌نماید. به طوری که ریزرخساره پکستون حاوی خرده‌های زیستی، مرجانی و جلبکی بیش‌ترین درصد نمونه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به شکل هندسی توالی‌ها در منطقه مورد مطالعه که عمدتاً به صورت عدسی شکل دیده می‌شود، همچنین اندازه درشت آلوکم‌ها می‌توان بیان نمود که

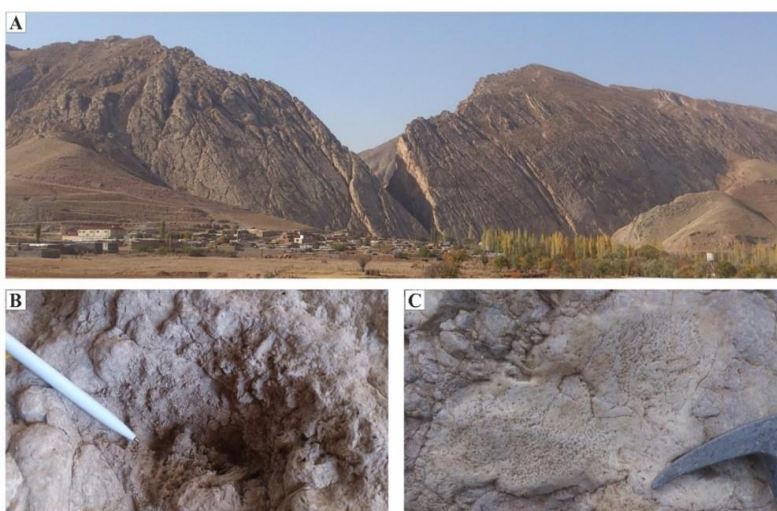




شکل ۸. نمایی از رخنمون مرجان‌ها که به صورت خرد شده و در هم فشرده در برخی از توالی‌های برش مورد مطالعه دیده می‌شود.



شکل ۹. فرم هندسی عدسی شکل که موید نهشته‌های ریزشی کربناته به صورت سیکل‌های قابل تفکیک از هم در شیب قاره می‌باشد.



شکل ۱۰. A- نمای کلی از انتهایی‌ترین بخش توالی‌های کربناته سازند قم که ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند (دید به سمت جنوب غربی)؛ B و C- نمای نزدیک از کلنی‌های مرجانی در توالی‌های ریفی سازند قم

سازند قم و مرز فرسایشی بین سازند قم و نهشته‌های آندزیتی سازند کرج می‌تواند موید رخداد فاز فرسایشی در قاعده سازند قم در این برش باشد به طوری که سازند قرمز زیرین به طور کامل و بخش‌های قاعده سازند قم در طی این فاز، فرسایش یافته‌اند. در بخش‌های بالایی برش مورد مطالعه، رخساره‌ها عمدتاً به صورت پلاژیک بوده که حاوی

در همین میان، وجود توالی‌های کنگلومرایی دانه‌پشتیبان در بین توالی‌های کربناته به صورت کانال در بخش‌هایی از برش بیانگر ورود ذرات تخریبی خارجی به داخل حوضه رسوبی می‌باشند (شکل ۱۱). ورود این ذرات می‌تواند به دلیل رخداد فاز کاهشی سطح آب دریا باشد. شواهدی از قبیل وجود رخساره کنگلومرایی مذکور در بخش قاعده

به صورت خرده‌های ولکانیکی در بین زمینه‌ی گلی مشاهده می‌گردد. علاوه بر این، در برخی از نمونه‌ها، این ذرات همزمان با خرده‌های زیستی و روزنبران پلانکتون نیز دیده می‌شوند. در نهایت، بر اساس شواهدی از قبیل تغییر تدریجی رخساره‌ها و نبود رخساره ریف سدی مرجانی، محیط رسوبی سازند قم در برش مورد مطالعه از نوع رمپ کربناته تعیین گردید. عمده رخساره‌های حاوی مرجان و جلبک به صورت خرد شده می‌باشند که به عنوان بخش‌های جلوی ریف (ریف تالوس) در نظر گرفته می‌شوند (شکل ۱۲).

فسیل‌های پلانکتون با فراوانی نسبتاً خوب می‌باشد. این رخساره‌ها بر اساس زون‌های فسیلی تعیین شده، در زون *Praeorbulina glomerosa* به سن لانگین مشاهده می‌شوند که بیانگر یک روند افزایشی سطح آب دریا به سمت بخش‌های انتهایی برش مورد مطالعه می‌باشد که می‌تواند با حادثه افزایش سطح آب دریا در این زمان قابل انطباق باشد. این نتایج قابل مقایسه با مطالعات انجام شده در برش قمچقay (جنوب زنجان) می‌باشد (شاهسواری، ۱۳۹۸). وجود خرده‌های آتشفشانی در بخش‌های ابتدایی و انتهایی برش بیانگر دوره‌های فورانی آتشفشان‌های زیردریایی می‌باشد به طوری که ذرات حاصل از این فوران



شکل ۱۱. نمایی از الگوی عدسی شکل رخساره کنگلومرا در بین توالی‌های کربناته

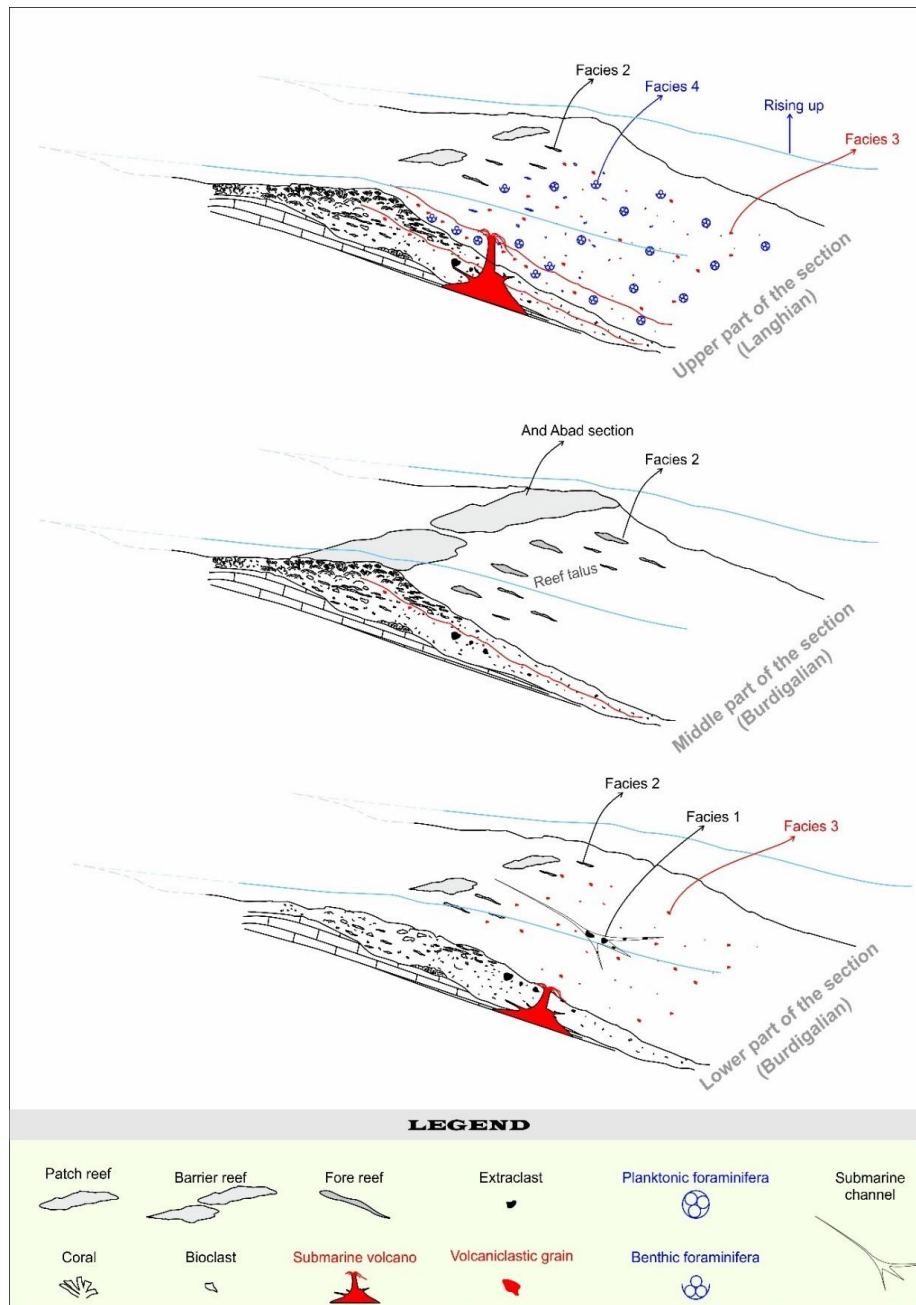
جدا شده و در برخی نقاط نیز حوضچه‌های تبخیری در بخش جنوب باختری ایران مرکزی تشکیل گردیده است. بررسی رخساره‌های رسوبی برش مورد مطالعه در محدوده سنی بوردیگالین نشان می‌دهد که رخساره‌ها عمدتاً شامل پکستون‌های جلبکی مرجانی نابرجا بوده که نشان از بالا بودن انرژی محیطی (پایین بودن سطح آب دریا) و تخریب ریف‌های منطقه و تشکیل نهشته‌های ریف تالوس گردیده است. اما در ادامه، با پیشروی آب در محدوده میوسن میانی (روگل، ۱۹۹۹؛ آیاد و همکاران، ۲۰۱۸)، این گذرگاه آبی مجدداً به حوضه‌های پاراتتیس و مدیترانه مرتبط شده و حوضچه‌های تبخیری در محدوده باختری ایران مرکزی مجدداً به زیر آب می‌روند (شکل ۱۴). مقایسه این شرایط با رخساره‌های مطالعه شده در این پژوهش نشان می‌دهد که در بخش‌های بالایی برش به سن لانگین، رخساره‌ها عمیق‌تر شده به طوری که رخساره وکستون تا پکستون پلاژیک غالب می‌گردد.

فرایندهای رسوب‌گذاری بر اساس تغییرات رخساره‌ای را می‌توان در سه بازه زمانی در نظر گرفت که از قدیم به جدید شامل موارد زیر می‌باشد:

- ۱- فوران‌های کوتاه مدت آتشفشانی و تشکیل رخساره‌های هیبرید به همراه کانال‌های زیردریایی. ۲- گسترش واحدهای کربناته ریزشی (ریف تالوس) در بستر حوضه و
- ۳- فعالیت مجدد آتشفشان‌های زیردریایی و گسترش رخساره‌های هیبریدی در زمینه‌ای از واحدهای کربناته عمیق (شکل ۱۲).

### جغرافیای دیرینه

بررسی نقشه‌های جغرافیای قدیمی (روگل، ۱۹۹۹؛ آیاد و همکاران، ۲۰۱۸) در محدوده بوردیگالین - لانگین نشان می‌دهد که گذرگاه آبی ایران در محدوده زمانی بوردیگالین در حال بسته شدن بوده به طوری که این گذرگاه از قسمت شمال و شمال باختر از حوضه‌های پاراتتیس و مدیترانه



شکل ۱۲. مدل رسوب‌گذاری پیشنهادی برای نهشته‌های سازند قم در برش آق‌بلاغ

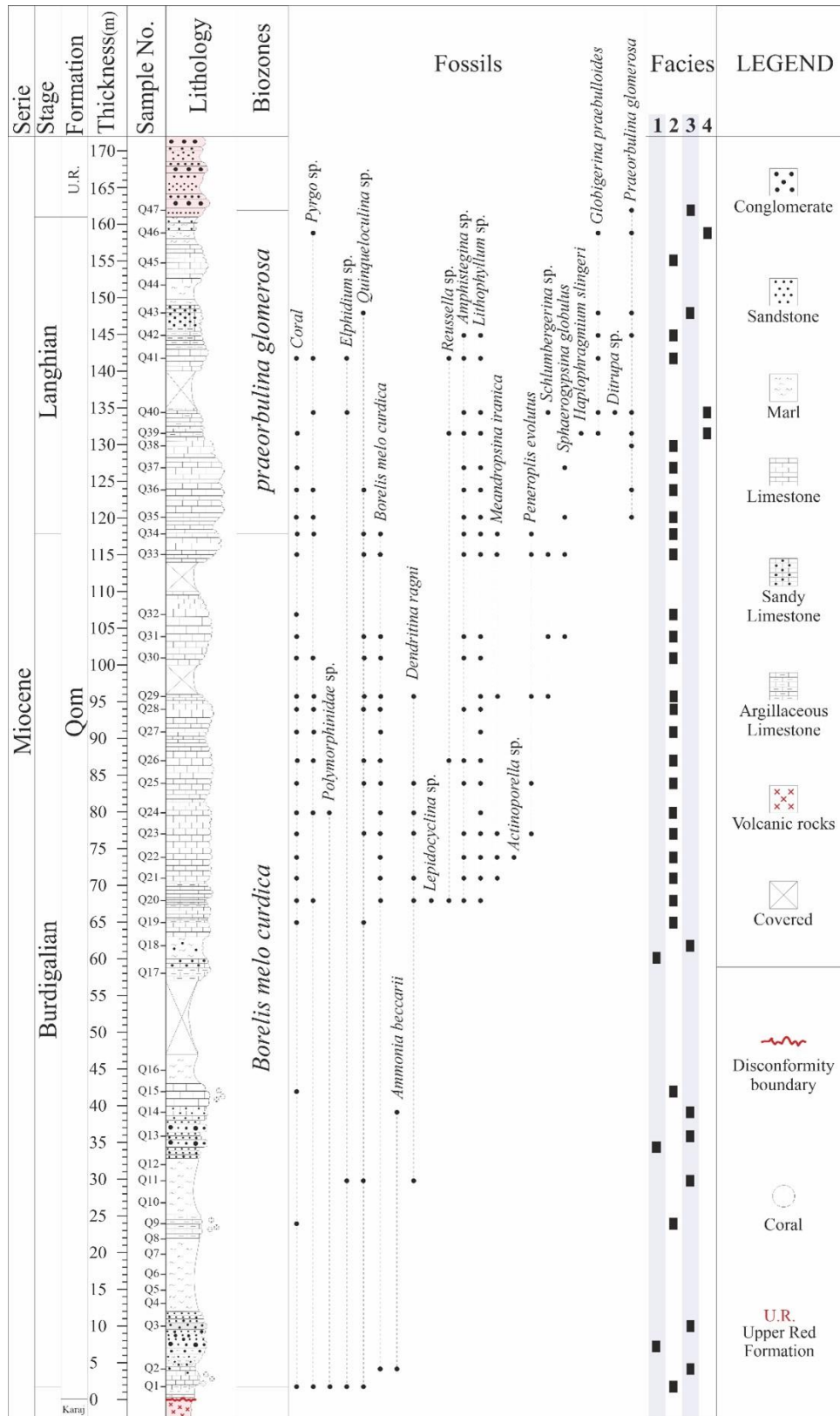
این نهشته‌ها مشخص می‌نماید. بر مبنای مطالعات برش‌های نازک میکروسکوپی، یک رخساره کنگلومرای دانه پشتیبان به همراه سه ریزرخساره: ۱- پکستون حاوی خرده‌های زیستی، مرجانی و جلبکی، ۲- هیبرید کربناته (ولکانی کلاستیک) و ۳- وکستون تا پکستون پلاژیک شناسایی گردید که محیط رسوبی شیب قاره، کانال‌های زیردریایی و نواحی تحت تاثیر فعالیت‌های ولکانیکی زیردریایی را در یک شلف کربناته به عنوان محیط رسوبی نهشته‌های مورد مطالعه پیشنهاد می‌نماید. وجود خرده‌های ولکانیکی در بخش‌های ابتدایی و انتهایی برش

### نتیجه‌گیری

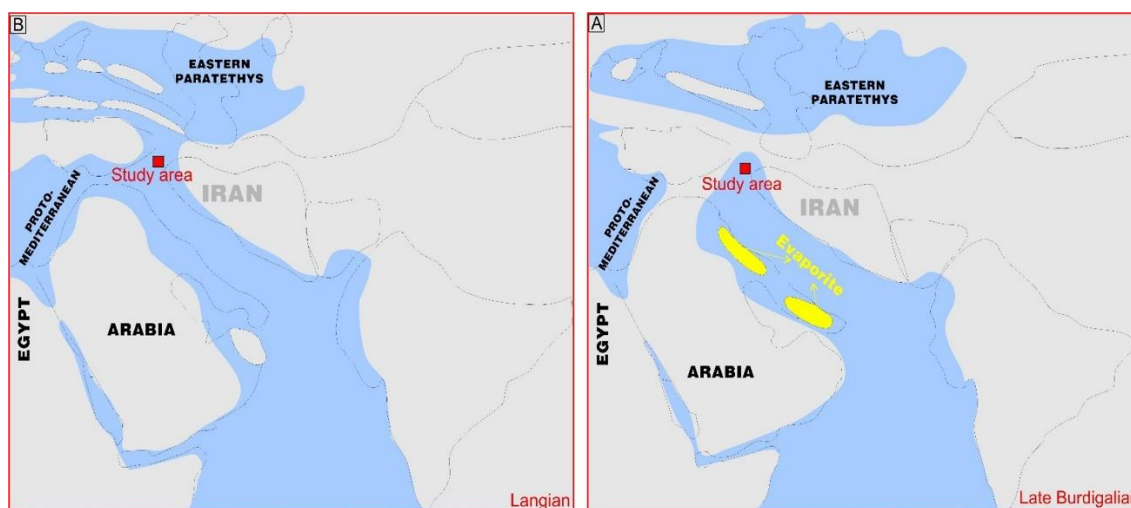
مطالعات چینه‌شناسی، دیرینه‌شناسی و رسوب‌شناسی بر روی یک رخنمون از سازند قم در محدوده شمال خاوری ماهنشان صورت پذیرفت. سازند قم در این برش در مجموع به ضخامت ۱۶۱ متر متشکل از توالی‌های کربناته و کانال‌های تخریبی می‌باشد که به صورت ناپیوسته بر روی نهشته‌های آندزیتی سازند کرج و به صورت پیوسته در زیر توالی‌های ماسه‌سنگی و کنگلومرای سازند قرمز بالایی قرار گرفته است. مطالعات دیرینه‌شناسی منجر به تفکیک دو زون زیستی گردید که سن بوردیگالین - لانگین را برای

دریایی در زمان لانگین را تایید می‌نماید به طوری که این موضوع در نقشه‌های جغرافیای دیرینه این منطقه نیز قابل مشاهده می‌باشد.

بیانگر رخداد فعالیت‌های ولکانیکی زیردریایی در زمان بوردیگالین و لانگین می‌باشد. تغییرات رخساره‌ای در این پژوهش در عبور از بوردیگالین-لانگین، پیشروی حوضه



شکل ۱۳. ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه به همراه رخساره‌ها و زون‌های زیستی



شکل ۱۴. جغرافیای دیرینه در زمان بوردیگالین پسین (A) و لانگین (B) برگرفته از (روگل، ۱۹۹۹؛ آباد و همکاران، ۲۰۱۸) با کمی تغییرات

- Suez during the Burdigalian-Langhian (early to middle Miocene) using benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology*, 503: 51-68.
- Amirshahkarami, M. Karavan, M (2015) Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene–Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran. *Geoscience Frontiers*, 6: 593-604.
- Behforouzi, E., Safari, A (2011) Biostratigraphy and paleoecology of the Qom Formation in Chenar area (northwestern Kashan), Iran. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 28: 55-565.
- Blow, W. H (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal Biostratigraphy. *Proceedings of the first International Conference on Planktonic Microfossils*, 1: 199-422.
- Bolli, H. M (1966) The Planktonic Foraminifera in Well Bodjonegoro-1 of Java. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 59: 449-465.
- Daneshian, J., Ramezani Dana, L (2018) Foraminiferal biostratigraphy of the Miocene Qom Formation, northwest of the Qom, Central Iran. *Frontiers of earth science*, 12: 237-251.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional textures. *AAPG special volume*, 108-121.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*. Berlin: Springer, P. 976.
- Graham Jenkins, D (1967) Planktonic foraminiferal zones and new taxa from the lower Miocene to the Pleistocene of New Zealand. *New Zealand journal of geology and geophysics*, 10: 1064-1078.
- Hughes, G. W. A. G., Johnson, R. S (2005) Lithostratigraphy of the Red Sea region. *GeoArabia*, 10: 49-126.

#### منابع

- باباخانی، ع. و صادقی، ع. ا (۱۳۸۳) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بابازاده، ا.، قاسمیان، س.، مصدق، ح. شاکری، ع (۱۳۹۳) زیست‌چینه‌نگاری و سنگ‌چینه‌نگاری سازند قم در برش شاهنجرین شهرستان گرماب (استان زنجان). نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، دوره ۱، شماره ۱، ص ۳۱-۳۹.
- ربانی، ج.، زهدی، ا. میرزایی عطاءآبادی م. م (۱۴۰۰) بررسی شواهد رخساره‌ای و صحرایی در شناسایی توالی‌های ریزشی کربناته. مطالعه موردی از توالی‌های کرتاسه بالایی و میوسن ایران. چهاردهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ص ۱۷۶-۱۸۷.
- ربانی، ج. و زهدی، ا (۱۴۰۱) مطالعه شواهد پسروی جهانی سطح آب دریا در رسوبات میوسن میانی منطقه زنجان. نشریه پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۸۷، ص ۱-۱۲.
- شاهسواری، ا (۱۳۹۸) دیرینه‌شناسی افق‌های مارنی سازند قم در برش قمچقay (جنوب زنجان). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی گرایش چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، دانشگاه زنجان، ص ۵۴.
- Adams, T., Bourgeois, F (1967) Asmari biostratigraphy. Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division Report, 1074: 1-74.
- Ayyad, H. M., El-Sharnoby, A. A., El-Morsy, A. M., Ahmed, M. A., El-Deeb, A. A (2018) Quantitative reconstruction of paleoenvironmental conditions in the Gulf of

- compositional classification. *Sedimentology*, 32: 435-442.
- Nouradini, M., Azami, S. H., Hamad, M., Yazdi, M. Ashouri, A. R (2015) Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67: 59-73.
- Nikfard, M. H., Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A., Behdad, A., Shabafrooz, R (2020) A review of the Oligo–Miocene larger benthic foraminifera in the Zagros basin, Iran; New insights into biozonation and palaeogeographical maps. *Revue de Micropaleontology*, 66: 100408.
- Porooan, N., Teimoornejad, K., Mohajjel, M (2009) Geometry and kinematics of Qom-Zefreh Fault System and its Significance in Transpression Tectonics, in Proceedings of the Third IASME-WSEAS International Conference on Geology and Seismology, 53-57.
- Rahimpour-Bonab, H., Kalantarzadeh, Z (2005) Origin of secondary potash deposits: a case from Miocene evaporates of NW Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25: 157-166.
- Roozpeykar, A., Maghfouri Moghaddam, I., Yaazdi, M., Yousefi, B (2021) Burdigalian-Langhian foraminifera of the northwest High Zagros Thrust Belt, southwest Iran. *Geologos*, P. 27.
- Rogl, F (1999) Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (short overview). *Geologica carpathica*, 50: 339-349.
- Sabouhi, M., Sheykh, M., Darvish, Z. and Naghavi Azad, M (2010) Facies Analysis and Depositional environment of the Oligocene-Miocene Qom Formation in the Central Iran (Semnan area). *EGU General Assembly Conference Abstracts*, p. 30.
- Van Buchem, F. S. P., Allan, T. L., Laursen, G., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N., Tahmasbi, A., Vedrenne, V (2010) Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo–Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society, London, Special Publications*, 329: 219–263.
- Wynd, J (1965) Biofacies of the Iranian consortium agreement area. *Iranian Oil Offshore Company Report*, 1082: 1–40.
- Yazdi, M., Shirazi, M. P., Rahiminejad, A. H. Motavalipour, R (2012) Paleobathymetry and paleoecology of colonial corals from the Oligocene–early Miocene (?) Qom Formation (Dizlu area, central Iran). *Carbonates and Evaporites*, 27: 395-405.
- Hyzny, M., Bahrami, A., Yazdi, M., Torabi, H (2021) Decapod crustaceans from the lower Miocene Qom Formation of the Isfahan area, Central Iran. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(3).
- Jalali, M., Feizi, M (2010) Introduction of Miocene deposits turbidities in the Saveh- Takab area (NW of central Iran basin). The First International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University-Mashad Branch, Iran, P. 26-28.
- 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: 349-362.
- Khoshtinat, N. Mehri, M (2015) Stratigraphy facies and sedimentary environments of Qom Formation Sofiyan region, North West of Iran. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science*, 5: 4621-4628.
- Kobawila, N. D., Elenga, H., Ngatse, L. R (2021) Miocene Foraminifera Biostratigraphy and Interpretation North Deep-Sea Block of the Congolese Atlantic Basin. *Open Journal of Geology*, 11: 253-274
- Laursen, G. V., Monibi, S., Allan, T., Pickard, N., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van-Buchem, F., Moallemi, A., Druillion, G (2009) The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation. First International Petroleum Conference and Exhibition, Conference Proceedings, Shiraz, Iran, P. 5.
- Martín-Martín, M., Guerrero, F., Maaté, A., Hlila, R., Serrano, F., Cañaveras, J. C., Martín-Pérez, J. A (2022) The Cenozoic evolution of the Intrarif (Rif, Morocco). *Geosphere*, 18: 850-884.
- Miall, A. D (2006) *Principle of Sedimentary Basin Analysis*. Springer, New York, P. 668.
- Mohammadi, E (2022) Foraminiferal biozonation, biostratigraphy and trans-basinal correlation of the Oligo–Miocene Qom Formation, Iran (NE Margin of the Tethyan Seaway). *Palaeoworld*. In press.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H (2019) Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates and Evaporites*, 34: 1293-1306.
- Mohammadi, E., Vaziri, M. R., Dastanpour, M (2015) Biostratigraphy of the nummulitids and lepidocyclinids bearing Qom Formation based on larger benthic foraminifera (Sanandaj–Sirjan fore-arc basin and Central Iran back-arc basin, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 403-423.
- Mount, J (1985) Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and

## Depositional system and paleogeography of Miocene strata in the Northeast of Mahneshan (Zanjan)

J. Rabbani<sup>1\*</sup>, M. Mirzaie Ataabadi<sup>2</sup> and A. Zohdi<sup>3</sup>

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2, 3- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

\* Rabbani@znu.ac.ir

Received: 2022/7/4 Accepted: 2022/10/2

### Abstract

In order to reconstruction of sedimentary conditions and paleogeography of Qom Formation, one stratigraphic outcrop in the Northeast of Mahneshan has been studied. In this study, microfacies analysis and microfossil investigations have been carried out on Forty-seven samples from one hundred sixty-two meters of sedimentary rock layers. Qom Formation in this section, is composed of carbonate, clastic and volcanoclastic layers that covers the andesitic strata of the Karaj Formation with a disconformity boundary and overlaid by clastic strata of the Upper Red Formation with gradual boundary. Microfacies analysis led to identification of one lithofacies (grain-supported conglomerate) and three microfacies (1- Algal coral bioclast packstone, 2- Carbonate volcanoclastic and 3-Pelagic wack/packstone) that are related to the open carbonate shelf, submarine channels and submarine volcano in this section. Fossil investigations lead to identification of seventeen species of foraminifera fossils and two biostratigraphical zones. Based on foraminiferal index fossils (*Borelis melo curdica*, *Meandropsina iranica*, *Praeorbulina glomerosa*), Burdigalian-Langhian have been proposed as relative age for these strata. Facies change through the stratigraphic column show deepening upward trend (during Langhian) in this study that can be correlated with paleogeographic events and relative sea level rise in Langhian age in this area.

**Keywords:** Qom formation, Microfacies, Sedimentary environment, Zanjan.