

محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند روته در غرب زنجان (برش آق‌بلاغ)

افشین زهدی^۱

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۲

چکیده

در این مطالعه، برای نخستین بار سازند روته در غرب زنجان (برش آق‌بلاغ) از دیدگاه چینه‌شناسی و تاریخچه رسوب‌گذاری ارزیابی شده است. این نهشته‌ها به ضخامت ۱۰۲ متر از سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی و به میزان کمتر شیل‌های آهکی نازک‌لایه تشکیل شده است. این توالی رسوبی با یک ناپیوستگی همشیب روی ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سازند درود قرار گرفته و در بالا نیز توسط افق لاتریتی-بوکسیتی به سنگ آهک‌های ورمیکوله‌دار سازند الیکا ختم می‌شود. اجزای اصلی تشکیل‌دهنده سازند روته شامل انواع مختلف جلبک‌ها، فرامینفرهای بنتیک کوچک و به میزان کمتر قطعات خارپوست و براکوپود است. بر مبنای مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی ۸ رخساره رسوبی در سازند روته شناسایی شده است. این رخساره‌ها با توجه به انواع ذرات، بافت و محتوای فسیلی بیانگر یک محیط دریایی کم‌عمق در زمان رسوب‌گذاری سازند روته در حاشیه جنوبی غیر فعال پالتوتیس هستند. نبود رسوبات دوباره نهشته شده نظیر توریدایت‌ها، وجود میکرایت در اکثر رخساره‌ها، نبود رخساره‌های ریفی و تغییرات تدریجی رخساره‌ها نشان می‌دهد که نهشته‌های کربناته سازند روته به احتمال قوی در یک پلتفرم کربناته از نوع رمپ تشکیل شده است. به دلیل فراوانی و تنوع انواع مختلف جلبک‌ها و فرامینفرهای بنتیک، سازند روته را می‌توان یک سیستم رمپ کربناته با فراوانی جلبک و فرامینفر بنتیک نامید. مشاهدات صحرایی، آنالیز رخساره‌ها و مطالعات چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم در سازند روته شده است. سکانس رسوبی توسط مرزهای سکانسی نوع ۱ از ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سازند درود در پایین و افق لاتریتی-بوکسیتی بین سازندهای روته و الیکا تفکیک می‌شود.

کلیدواژه‌ها: محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، سازند روته، پرمین، زنجان.

***نویسنده مسئول:** افشین زهدی

E-mail: afshin.zohdi@znu.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

در تمامی حوضه‌های رسوبی ایران و به‌ویژه در زون‌های ساختاری ایران مرکزی و البرز-آذربایجان، می‌توان سنگ‌های متعلق به زمان پرمین را عمدتاً در غالب نهشته‌های بیولوژیکی و بیوشیمیایی شناسایی کرد. این گسترش قابل توجه از رسوبات دریایی پرمین در مقایسه با رسوبات کربنیفر، بیانگر نبود رخساره‌های زمین‌ساختی خشکی‌زا و تحت تأثیر قرار نگرفتن رسوبات دریایی پرمین توسط این رخساره‌ها در مقایسه با زمان‌های سیلورین و کربنیفر است (آق‌ناباتی، ۱۳۸۳). مدت زمان طولانی است که در حوضه رسوبی البرز-آذربایجان، رسوبات منتسب به زمان پرمین در غالب سازندهای درود، روته و نسن از نقطه نظر مسائل مختلف زمین‌شناسی نظیر چینه‌شناسی، بیواستراتیگرافی، آنالیز رخساره‌ها و تعیین نوع محیط رسوبی مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان داخلی و خارجی بوده است (نجفی و همکاران، ۱۳۸۵؛ شعبانیان، ۱۳۹۰؛ Ebrahim-Nejad et al., 2015; Mahdavi and Vaziri, 2010; لنگرانی و همکاران، ۱۳۹۵). این رسوبات و به‌ویژه سازند روته در بخش‌های غربی حوضه رسوبی البرز، سنگ‌میزبان بسیاری از کانسارهای فلزی نظیر سرب، روی و عناصر خاکی کمیاب بوده‌اند و مقادیر قابل توجهی کانه فلزی در آنها تشکیل شده است (علیپور و همکاران، ۱۳۹۳؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۵). سازند روته از توالی پرمین حوضه رسوبی البرز - که مد نظر این پژوهش است - برای نخستین بار توسط Assereto (1963) در شمال خاوری روستای روته، جنوب کوه سربند (البرز مرکزی) شامل سنگ‌آهک‌های خاکستری تیره بیوژنیک با لایه‌بندی متوسط تا توده‌ای به ضخامت ۲۳۰ متر معرفی و مطالعه شده است. پس از آن محققین مختلفی سازند روته را از جنبه‌های مختلف زمین‌شناسی در حوضه رسوبی البرز مطالعه کرده‌اند (لاسمی، ۱۳۷۹؛ شاکری و اخروی، ۱۳۷۹؛ Gaetani et al., 2009؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴؛ کفشدوز و همکاران، ۱۳۹۳؛ شعبانیان و فرح‌نژاد، ۱۳۹۴؛ مدادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ بسطامی و همکاران، ۱۳۹۵). اما با این وجود رخنمون‌های سازند روته در منطقه زنجان، به لحاظ مطالعات رخساره‌ای، شرایط محیطی و چینه‌نگاری سکانسی، تاکنون مورد توجه قرار نگرفته و تنها می‌توان به مطالعه ایکنولوژی و ایکنوفابریک‌های این سازند در کوه‌های سلطانیه واقع در جنوب شرق زنجان اشاره کرد (عباسی، ۱۳۷۸؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). لذا در راستای مطالعات پیشین صورت گرفته روی این

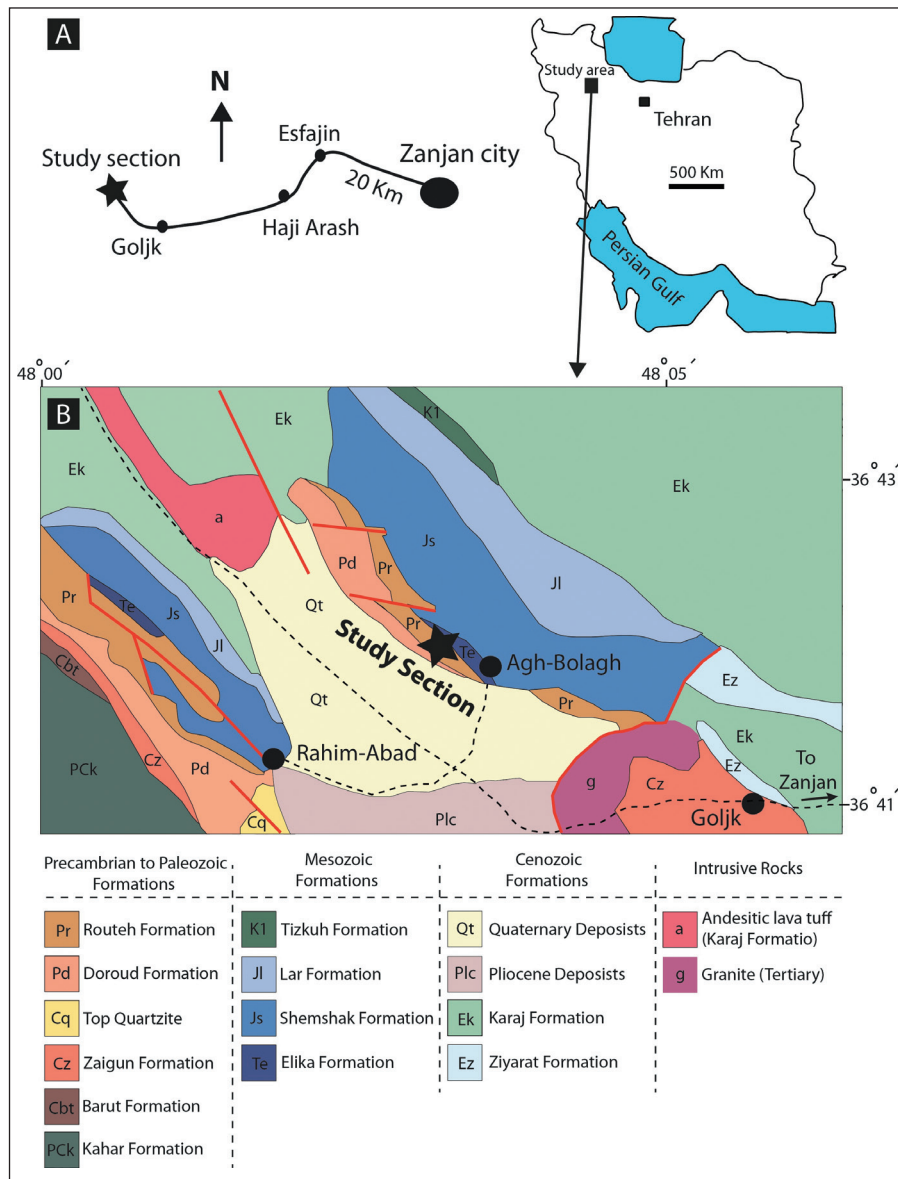
نهشته‌ها، پژوهش حاضر کوششی جهت تعیین رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند روته در غرب زنجان واقع در منطقه آق‌بلاغ (شکل ۱- A) است؛ به این دلیل که در این بخش از حوضه رسوبی البرز این سازند، رخنمون‌های مناسبی دارد و کمتر مورد توجه زمین‌شناسان قرار گرفته است. امید است که نتایج حاصل از این پژوهش جهت انطباق هر چه بهتر این سازند بین بخش‌های البرز مرکزی و غربی و در نهایت در بازسازی جغرافیای دیرینه زمان پرمین در حوضه رسوبی البرز مورد استفاده زمین‌شناسان قرار گیرد.

۲- روش مطالعه

برای دست‌یابی به اهداف مورد نظر، روش‌های مختلف جمع‌آوری اطلاعات صحرایی و آزمایشگاهی مورد استفاده و در نهایت این اطلاعات با یکدیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از مطالعه نقشه‌ها، به‌ویژه نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان (بابک‌خوانی و صادقی، ۱۳۸۳)، منطقه مورد مطالعه پیمایش و بهترین رخنمون (شکل ۱) جهت برداشت چینه‌شناسی و نمونه‌برداری انتخاب شد. در طی عملیات صحرایی به مرز بین لایه‌ها، ضخامت لایه‌ها و وجود ساختمان‌های رسوبی در آنها توجه شده و ۱۰۲ متر لایه رسوبی به‌طور کامل اندازه‌گیری، توصیف و نمونه‌برداری شده است. در طی مطالعات پتروگرافی ۵۵ مقطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد مطالعه قرار گرفت. تعیین درصد فراوانی اجزای تشکیل‌دهنده رخساره‌ها، به کمک جداول مقایسه‌ای (Bacelle and Bosellini, 1965) صورت گرفته است. کلیه مقاطع میکروسکوپی توسط محلول آلزاین قرمز (Red-S) به منظور تشخیص کانی‌کلیست از دولومیت به روش Dickson (1965) رنگ‌آمیزی شده‌اند. در این پژوهش سنگ‌های آهکی به روش Dunham (1962) نام‌گذاری شده‌اند. به منظور تفسیر رخساره‌های کربناته از مدل رخساره‌ای Flügel (2010) استفاده شده است. در این مطالعه سکانس‌های رسوبی (Depositional sequence) سازند روته، بر اساس روش Haq et al. (1987) و Posamentier et al. (1988) مشخص و تفکیک شده‌اند. پس از انجام مطالعات پتروگرافی، برای تعیین کانی‌های اصلی و فرعی تشکیل‌دهنده بخش‌های سنگ‌آهک دولومیتی سرشار از سیلیس واقع در افق‌هایی بالایی سازند

از مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی تاریخچه رسوب گذاری سازند روته در غرب زنجان تفسیر شد.

روته، ۲ نمونه به روش پراش پرتو ایکس (XRD) در شرکت مطالعات معدنی زر آزما مورد آنالیز قرار گرفت. در نهایت از تلفیق داده‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل

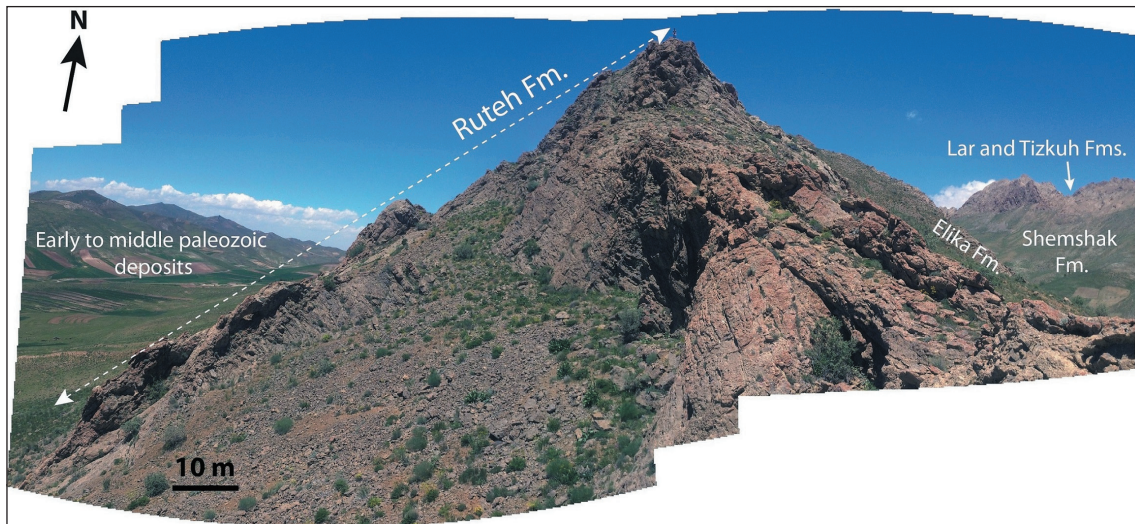


شکل ۱- A) مسیر دسترسی به منطقه مورد مطالعه (غرب زنجان)؛ B) بخشی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زنجان که محل برداشت برش مورد مطالعه در آن مشخص شده است (اقتباس با تغییرات از حاجیان و زاهدی، ۱۳۸۳).

۳- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی

رخنمون مورد مطالعه از سازند روته، از ۱۰۲ متر سنگ‌آهک و سنگ‌آهک دولومیتی نازک تا متوسط لایه تیره رنگ به همراه شیل‌های آهکی نازک لایه تشکیل شده است (شکل ۲). این سازند به صورت ناپیوسته و همشیب روی ماسه‌سنگ‌های کوارتزی روشن تا خاکستری رنگ سازند درود قرار می‌گیرد و در بالا نیز توسط یک ناپیوستگی فرسایشی و افق لاتریتی-بوکسیتی از سنگ‌آهک‌های ورمیکوله‌دار کرمی رنگ متعلق به سازند الیکا تفکیک می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴). از ویژگی‌های شاخص سازند روته در این برش می‌توان به گسترش زیاد جلبک‌های آهکی و فرامینفرهای بنتیک کوچک، حضور قطعات براکیوپود، بریوزوآ و خارپوست و همچنین نبود فرامینفرهای فوزولیتینیدی اشاره کرد. بر اساس جامعه فسیلی سن سازند روته در منطقه زنجان مرغابین (Murghabian) مشخص شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲).

منطقه مورد مطالعه بخشی از زون ساختاری البرز باختری-آذربایجان است؛ در این منطقه می‌توان توالی کاملاً منظمی از رسوبات متعلق به زمان‌های پرکامبرین پسین تا ائوسن قابل شناسایی کرد (شکل ۱- B). این رسوبات از قدیم به جدید شامل شیل‌های اسلیتی رسی میکادار سازند کهر، شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ سازندهای باروت و زاگون، واحد کوارتزی سفید رنگ، ماسه‌سنگ‌ها و سنگ‌آهک‌های متعلق به سازندهای درود و روته، سنگ‌آهک‌های ورمیکوله و دولومیت‌های نازک لایه متعلق به سازند الیکا، شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های سازند شمشک، سنگ‌آهک‌های متعلق به سازندهای لار و تیزکوه و در نهایت سازندهای زیارت و کرج متعلق به زمان سنوزویک آغازین هستند (شکل ۱- B). به دلیل فعالیت زیاد فرایندهای تکتونیکی در منطقه مورد مطالعه، همراه با این نهشته‌های رسوبی، رخنمون‌هایی از سنگ‌های گرانیتی احتمالاً متعلق به زمان سنوزویک نیز به میزان کمتر دارای پروتزد در منطقه است (حاجیان و زاهدی، ۱۳۸۳).



شکل ۲- نمای کلی از سنگ آهک‌های نازک تا ضخیم لایه سازند روته در برش مورد مطالعه.



شکل ۳- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از برش مورد مطالعه. (A) ماسه سنگ‌های کوارتزی سازند دورود؛ (B) سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه خاکستری تیره مربوط به بخش‌های زیرین سازند روته؛ (C) شیل و سنگ آهک‌های نازک لایه مربوط به بخش‌های میانی سازند روته؛ (D) سنگ آهک‌های دولومیتی متوسط لایه در بخش‌های بالایی سازند روته؛ (E) افق لاتریتی-بوکسیتی در مرز بین سازندهای روته و الیکا؛ (F) سنگ آهک‌های ورمیکوله دار قاعده سازند الیکا.

تعیین شده است. این سازند در برش‌های مورد مطالعه ۸ رخساره کربناته دارد که در ۲ زیر محیط رسوبی اصلی رسوب گذاری کرده است (جدول ۱). در ادامه، رخساره‌های معرفی شده سازند روته به ترتیب از بخش‌های کم عمق تر حوضه به سمت مناطق عمیق تر در ادامه به طور کامل توصیف می شود.

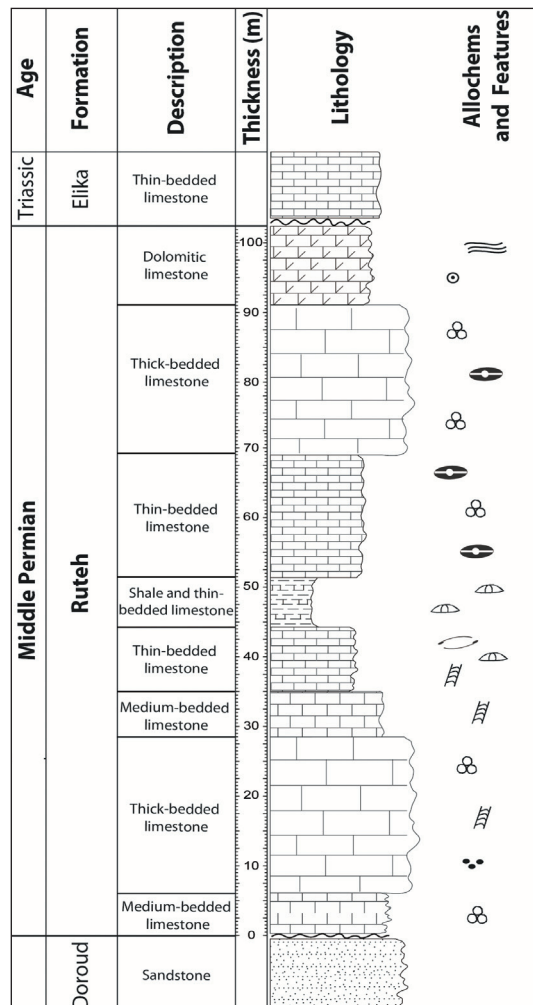
۴-۱. بایندستون حاوی استروماتولیت و پلویید

این رخساره در توالی مورد مطالعه با ضخامت ناچیز و تنها محدود به آخرین افق‌های سازند روته است. استروماتولیت‌های مسطح اجزای غالب این رخساره را تشکیل می دهند (شکل ۶- A)، که همراه آنها به میزان کمتر ذرات پلویید با فراوانی در حدود ۱۰ درصد مشاهده می شود. در این رخساره آئید و اینتراکلیست به میزان ناچیز و با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد نیز مشاهده می شود. آئیدهای این رخساره از نظر اندازه بسیار کوچک و به طور میانگین در حدود ۰/۵ میلی متر و دارای فابریک شعاعی هستند.























کربنات‌های سازند روته در برش مورد مطالعه به ۴ بخش اصلی قابل تفکیک است (شکل ۴) که از پایین به سمت بالای توالی عبارتند از: (۱) سنگ آهک‌های نازک تا ضخیم لایه، (۲) شیل با میان لایه‌هایی از سنگ آهک، (۳) سنگ آهک‌های نازک تا ضخیم لایه و (۴) سنگ آهک-های دولومیتی متوسط لایه همراه با نوارهای چرتی که در زیر افق لاتریتی-بوکسیتی قرار گرفته است (شکل‌های ۳- E و F). سیلیسی شدن قابل ملاحظه و تشکیل نوارهای چرت به موازات لایه بندی تنها در بخش‌های پایانی از سازند روته شناسایی شده است. راهنمای علائم و نشانه‌های ارائه شده تصاویر، در شکل ۵ ارائه شده است.

۴-۲. رخساره‌های رسوبی

بر مبنای مطالعات و بررسی‌های صحرایی و فراوانی و توزیع محتوای فسیلی، رخساره‌های رسوبی و نوع زیر محیط‌های رسوبی سازند روته در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- ستون چینه‌شناسی سازند روته در برش مورد مطالعه (روستای آقی‌بلاغ)، غرب زنجان. در این برش سازند روته روی سازند درود و زیر سازند الیکا قرار گرفته است.

Lithology	Allochems	Facies
 Sandstone	 Benthic foraminifera	 Peloid stromatolite bindstone
 Shale	 Green algae	 Peloid ooid packstone to grainstone
 Thick-bedded limestone	 Brachiopoda	 Intraclast peloid grainstone
 Medium-bedded limestone	 Echinoid	 Green algae wackestone
 Thin-bedded limestone	 Algae (<i>Pseudovermiporella</i>)	 Small benthic foraminifera wackestone
 Dolomitic limestone	 Stromatolite	 Small benthic foraminifera algae wackestone
	 Ooid	 Echinoid brachiopoda green algae wackestone
	 Peloid and intraclast	 Echinoid wackestone to packstone

شکل ۵- راهنمای علائم و نشانه‌های ارائه شده در تصاویر.

جدول ۱- انواع مختلف رخساره‌ها، لیتولوژی غالب، آلوکم‌های اصلی و فرعی و همچنین نوع محیط رسوبی رخساره‌های شناسایی شده سازند روته.

Facies Code	Facies Name	Main Lithology	Main Allochems	Minor Allochems	Sedimentary Environment
Facies 1	Peloid stromatolite bindstone	Dolomitic limestone	Stromatolite (24 %) and peloid (10 %)	Ooid (6 %) and intraclast (4 %)	Tidal flat to proximal inner ramp
Facies 2	Peloid ooid packstone to grainstone	Dolomitic limestone	Ooid (22 %) and peloid (16 %)	Small benthic foraminifera (5 %) and algae (3 %)	Proximal inner ramp
Facies 3	Intraclast peloid grainstone	Limestone	Peloid (12 %) and intraclast (8 %)	Algae (5 %) and Small benthic foraminifera (3 %)	Proximal inner ramp
Facies 4	Green algae wackestone	Limestone	Green algae (20 %)	Small benthic foraminifera (7 %) and peloid (5 %)	Proximal inner ramp
Facies 5	Small benthic foraminifera wackestone	Limestone	Small benthic foraminifera (14 %)	Algae (6 %) and peloid (5 %)	Proximal inner ramp
Facies 6	Small benthic foraminifera algae wackestone	Limestone	Algae (14 %) and Small benthic foraminifera (10 %)	Echinoid (5 %) and peloid (4 %)	Distal inner ramp
Facies 7	Echinoid brachiopoda green algae wackestone	Limestone	Green algae (12 %), brachiopoda (8 %) and echinoid (8 %)	Small benthic foraminifera (4 %)	Distal inner ramp
Facies 8	Echinoid wackestone to packstone	Limestone and shale	Echinoid (30 %)	Brachiopoda (8 %) and peloid (6 %)	Proximal middle ramp

۴-۳. گریستون حاوی پلوئید و اینتراکلت

این رخساره در سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم‌لایه شناسایی شده است. در این رخساره اینتراکلت‌ها و پلوئیدها با شکل و اندازه‌های متفاوت، اما به‌طور عمده با گردش‌گی خوب و فاقد ساختار داخلی، در مجموع حدود ۲۰ درصد اجزای رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل‌های ۶-D و E). این رخساره در طول توالی سازند روته گسترش کمی دارد و تنها در بخش‌های قاعده‌ای سازند روته شناسایی شده است. از اجزای فرعی تشکیل دهنده این رخساره می‌توان به حضور جلبک‌ها (۵ درصد) و فرامینیفراهای بنتیک کوچک با دیواره تیره (۳ درصد) اشاره کرد. متوسط اندازه پلوئیدها و اینتراکلت‌های تشکیل دهنده این رخساره به ترتیب در حدود ۰/۵ و ۲ میلی‌متر است. اجزای تشکیل دهنده این رخساره جورشدگی ضعیف تا متوسطی دارد و سیمان بین ذرات تشکیل دهنده این رخساره، عمدتاً از نوع کلسیت هم‌بعد و گرانولار بوده که به‌صورت متصل در بین ذرات تشکیل دهنده رخساره قرار گرفته است.

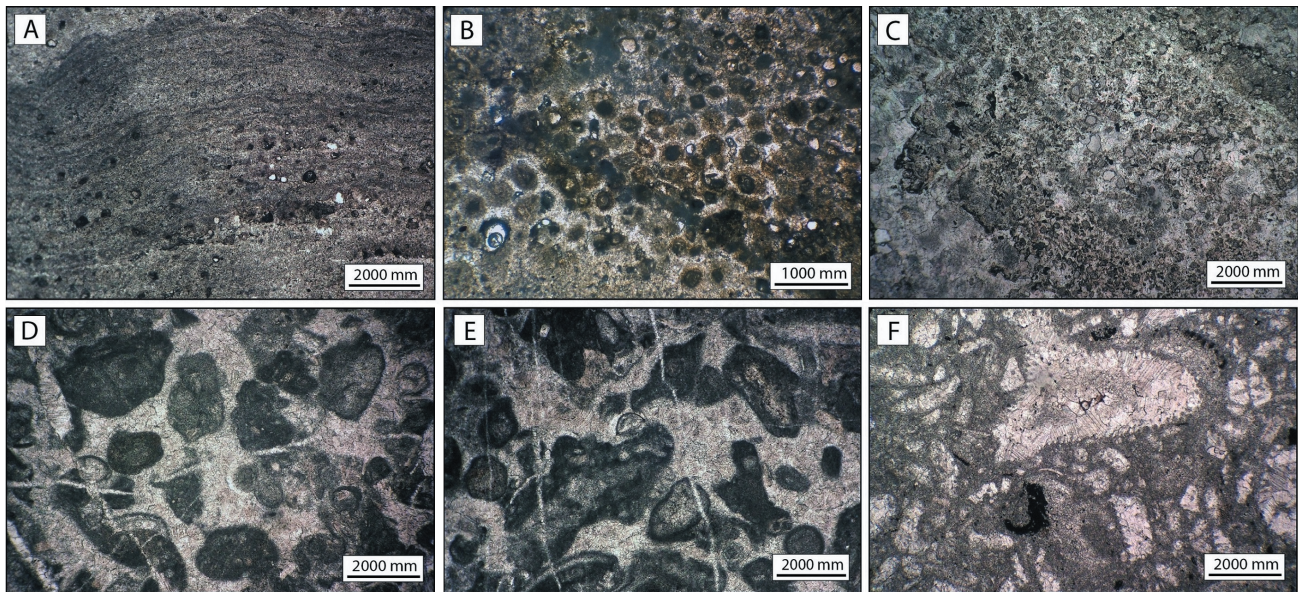
۴-۴. وکستون حاوی جلبک سبز

این رخساره در صحرا بیشتر به‌صورت کلسی‌رودایت و کالک‌آرنایت و به رنگ خاکستری تیره مشاهده می‌شود. رخساره وکستون حاوی جلبک سبز عمدتاً در بخش‌های زیرین سازند روته شناسایی شده است. جلبک‌های سبز با فراوانی ۲۰ درصد مهم‌ترین آلوکم این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۶-F). اندازه قطعات جلبکی در این رخساره در مواردی تا حدود ۱ سانتی‌متر نیز مشاهده می‌شود. فرامینیفراهای بنتیک کوچک با پوسته تیره با فراوانی حدود ۷ درصد به همراه پلوئیدهای نسبتاً جور شده با فراوانی حدود ۵ درصد و اندازه ۰/۵ میلی‌متر، دیگر آلوکم‌های این رخساره را تشکیل می‌دهند. فضای بین ذرات، از ماتریکس آهکی تشکیل شده و دارای بافت غالب گل‌پشتیان است.

ویژگی‌های بارز این رخساره دولومیتی شدن و وجود لامینه‌های روشن و تیره رنگ موازی و مسطح از جلبک‌های سبز-آبی (استروماتولیت) است. بلورهای دولومیت در این رخساره از نظر اندازه ریز تا متوسط هستند و به‌صورت شکل دار و شفاف مشاهده می‌شوند. حضور نودول‌های چرت و آغشتگی به اکسیدهای آهن از دیگر خصوصیات بارز این رخساره است.

۴-۲. پگستون تا گریستون حاوی آئید و پلوئید

در طی مطالعات صحرایی این رخساره به‌صورت سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی متوسط لایه به رنگ خاکستری تا کرم رنگ مشاهده می‌شود. آئیدهای کوچک با فابریک‌های مماسی و شعاعی با فراوانی در حدود ۲۲ درصد در کنار پلوئید با فراوانی در حدود ۱۶ درصد اجزای اصلی این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۶-B). هسته بعضی از آئیدها در نتیجه فرایند میکرایتی شدن از بین رفته است و قابل تشخیص نیست. در بعضی از مقاطع نازک میکروسکوپی مرتبط با این رخساره به دلیل بالاتر بودن نسبی انرژی محیط، اجزای تشکیل دهنده این رخساره علاوه بر زمینه گلی در یک زمینه اسپارایتی قرار گرفته است. متوسط اندازه ذرات غیر اسکلتی تشکیل دهنده این رخساره در حدود ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر است. فرامینیفراهای بنتیک کوچک با پوسته‌های تیره به همراه جلبک‌های سبز در مجموع با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد، اجزای فرعی این رخساره را تشکیل می‌دهند. اجزای تشکیل دهنده این رخساره جورشدگی خوبی دارند و سیمان پرکننده بین ذرات آئید و پلوئید در این رخساره عمدتاً از نوع کلسیت هم‌بعد است. این رخساره ضخامت بسیار کمی دارد و تنها محدود به بخش‌های بالایی سازند روته در برش مورد مطالعه است. این رخساره همراه با رخساره بایندستون حاوی استروماتولیت و پلوئید مشاهده می‌شود. آئیدهای تشکیل دهنده این رخساره در مواردی تحت تأثیر فرایند آهن‌دار شدن به رنگ تیره مشاهده می‌شوند. این رخساره در بعضی از مقاطع نازک میکروسکوپی تحت تأثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته است (شکل ۶-C).



شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی از رخساره‌های متعلق به زیر محیط رمپ داخلی سازند روتنه در غرب زنجان؛ (A) رخساره بایندستون حاوی استروماتولیت و پلویید؛ (B) رخساره پکستون تا گریستون حاوی آئید و پلویید؛ (C) فرایند دولومیتی شدن در رخساره پکستون تا گریستون حاوی آئید و پلویید؛ (D و E) رخساره گریستون حاوی پلویید و اینتراکست؛ (F) رخساره وکستون حاوی جلبک سبز.

۴-۵. وکستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک کوچک

این رخساره در برش مورد مطالعه گسترش قابل توجهی دارد و ساختمان رسوبی مشخصی در آن شناسایی نشده است. از نظر ظاهری به رنگ تیره مشاهده می‌شود و در بخش‌های مختلف سازند روتنه قابل شناسایی است؛ به طوری که در نتیجه پیشروی دریای پرمین، این رخساره به‌طور مستقیم روی ماسه‌سنگ‌های خاکستری تا روشن سازند درود قرار گرفته است. مرز بین این رخساره کربناته و لایه‌های ماسه‌سنگی کوارتزی متعلق به سازند درود که در زیر این واحد کربناته قرار گرفته؛ به‌صورت ناگهانی بوده و به‌صورت یک ناپوستگی فرسایشی شناسایی شده است. این رخساره در رخنمون‌های صحرایی، به‌صورت یک سنگ‌آهک متوسط تا ضخیم‌لایه به رنگ خاکستری تیره مشاهده می‌شود. فرامینیفرهای بنتیک کوچک با پوسته تیره (۱۴ درصد)، به همراه خرده‌های اسکلتی دیگر نظیر جلبک‌ها (۶ درصد)، تشکیل دهندگان اصلی این رخساره محسوب می‌شوند (شکل ۷- A). در این رخساره همراه با خرده‌های اسکلتی، به میزان ناچیزی ذرات غیر اسکلتی نظیر پلویید نیز با فراوانی در حدود ۵ درصد و اندازه حدود ۰/۷ میلی‌متر شناسایی شده است. ذرات اسکلتی تشکیل دهنده این رخساره، به‌ویژه در بخش‌های بالایی سازند کربناته روتنه تحت تأثیر فرایند سیلیسی شدن قرار گرفته‌اند.

۴-۶. وکستون حاوی جلبک و فرامینیفرهای بنتیک کوچک

این رخساره در سنگ‌آهک‌های نازک تا ضخیم‌لایه و بعضاً صخره‌ساز بخش‌های میانی تا بالایی سازند روتنه شناسایی شده است. ویژگی اصلی این رخساره، تنوع بالای آلوکم‌های اسکلتی نظیر انواع مختلف جلبک‌های آهکی و به ویژه حضور جنس *Pseudovermiporella* با فراوانی در حدود ۱۴ درصد به همراه حضور انواع مختلف فرامینیفرهای بنتیک کوچک با پوسته‌های تیره با فراوانی در حدود ۱۰ درصد است (شکل ۷- B). خرده‌های خارپوست، بریوزوآ و دوکفه‌ای نیز به میزان کمتر و در حدود ۵ تا ۷ درصد به همراه ذرات جور شده پلویید با اندازه‌ای در حدود ۰/۶ میلی‌متر و فراوانی حدود ۵ درصد در فضای بین ذرات اصلی تشکیل دهنده این رخساره قابل شناسایی است.

۴-۷. وکستون حاوی جلبک سبز، براکیوپود و خارپوست

این رخساره تنها در سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه فاقد هرگونه ساختمان رسوبی متعلق به بخش‌های میانی سازند روتنه شناسایی شده است. جلبک‌های سبز

(۱۲ درصد)، براکیوپودا (۸ درصد) و خرده‌های خارپوست (۸ درصد) اجزای اصلی این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل‌های ۷- C و D). طول قطعات اسکلتی تشکیل دهنده این رخساره در مواردی حتی به بیش از ۱ سانتی‌متر هم می‌رسد. از دیگر آلوکم‌های تشکیل دهنده این رخساره می‌توان به وجود فرامینیفرهای بنتیک کوچک با پوسته‌های تیره با فراوانی کمتر از ۵ درصد اشاره کرد که در فضای بین ذرات اصلی به‌صورت پراکنده قرار گرفته‌اند. تنوع آلوکم‌های اسکلتی در این رخساره بالاست. متن سنگ در این رخساره عمدتاً از میکرایت تشکیل شده و دارای بافت غالب وکستونی است.

۴-۸. وکستون تا پکستون حاوی خارپوست

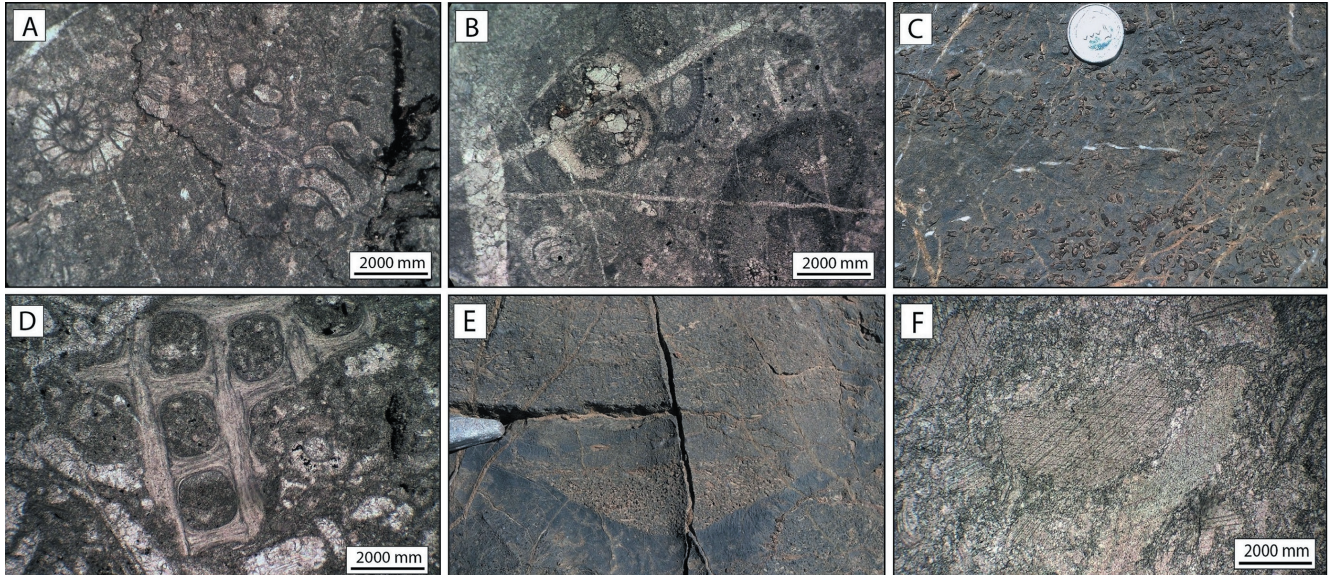
این رخساره در صحرا در سنگ‌آهک‌های نازک‌لایه تیره رنگ و لایه‌های شیلی خاکستری رنگ و عمدتاً به‌صورت کلسی‌رودایت تا کالک‌آرنایت نازک‌لایه مشاهده می‌شود. ویژگی بارز این رخساره حضور قابل توجه قطعات خارپوست با فراوانی در حدود ۳۰ درصد است. همراه با تجمعات خارپوست به میزان کمتر، قطعات و خرده‌های براکیوپودا و ذرات پلویید نیز مشاهده می‌شود (شکل‌های ۷- E و F). این رخساره با ضخامتی در حدود ۶ متر، تنها محدود به بخش‌های میانی سازند روتنه است. فرایند میکرایتی شدن و به میزان کمتر فرایند آشفستگی زیستی در این رخساره در زمینه گلی قابل تشخیص است. اندازه قطعات فسیلی گاهی تا چند سانتی‌متر نیز می‌رسد؛ به طوری که در مشاهدات صحرایی با چشم غیر مسلح قابل رؤیت است (شکل ۷- E). فراوانی این قطعات در سنگ به حدی است که گاهی کل سنگ از این قطعات تشکیل می‌شود. در مقاطع نازک میکروسکوپی فراوانی فسیل‌ها به حدی است که اکثر قطعات فسیلی به هم چسبیده‌اند و فضاهای خالی باقیمانده توسط گل کربناته پر شده است.

۵- محیط رسوبی

در زمان پرمین رسوبات کربناته متعلق به محیط‌های دریایی کم‌عمق، عمدتاً از فرامینیفرهای بنتیک کوچک و بزرگ به همراه جلبک‌ها (سبز و قرمز) تشکیل شده‌اند (Vachard et al., 2002; Boudagher-Fadel, 2008; Parvizi et al., 2013; Ebrahim Nejad et al., 2015). شناسایی انواع مختلف فرامینیفرهای بنتیک، جلبک‌ها به همراه دیگر آلوکم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی غالب و در نتیجه معرفی

بنتیک کوچک و جلبک به سن پرمین میانی است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ با استفاده از این محتوای فسیلی و دیگر اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی (نظیر آئیدها، اینتراکلت و پلویید) موجود در سازند، می‌توان نوع محیط رسوبی دیرینه این سازند را بازسازی کرد.

رخساره‌های رسوبی در این زمان یک ابزار با ارزش برای تعیین عمق نسبی محیط رسوبی و رسم منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در زمان پرمین است. از آنجایی که سازند روته در منطقه مورد مطالعه به عنوان یک سازند کربناته سرشار از فرامینیفرهای



شکل ۷- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از رخساره‌های متعلق به زیرمحیط‌های رمپ داخلی و میانی سازند روته در غرب زنجان (A) رخساره و کستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک کوچک؛ (B) رخساره و کستون حاوی جلبک و فرامینیفرهای بنتیک کوچک؛ C و D) رخساره و کستون حاوی جلبک سبز، براکیوپود و خارپوست؛ E و F) رخساره و کستون تا پکستون حاوی خارپوست.

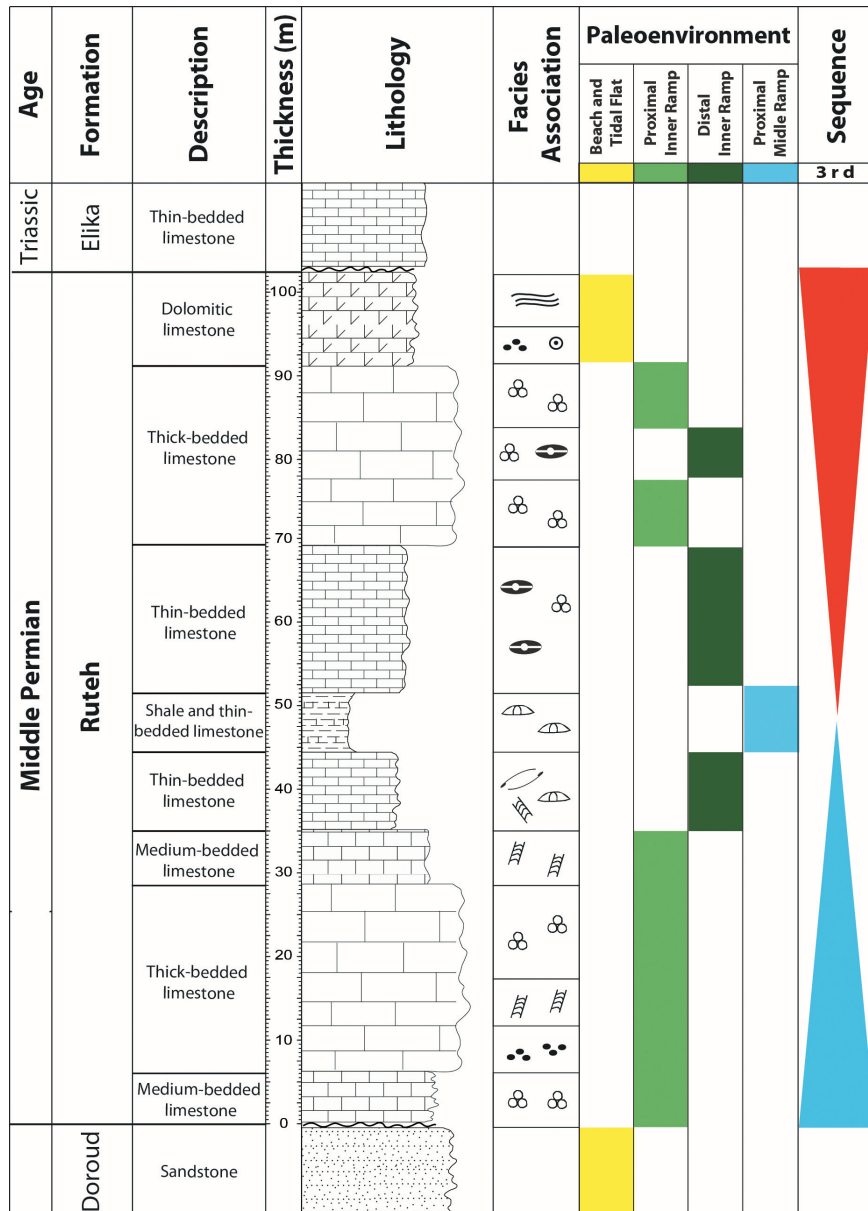
بر اساس توزیع آلوکم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی شناسایی شده و روابط هندسی رخساره‌ای، ۲ زیر محیط رسوبی اصلی برای رسوب‌گذاری نهشته‌های کربناته سازند روته در غرب زنجان تشخیص داده شد. این زیر محیط‌های رسوبی از بخش کم عمق‌تر به سمت مناطق عمیق‌تر شامل گستره رمپ داخلی و بخش‌های ابتدایی رمپ میانی است. در نمونه‌های مطالعه شده، رخساره‌های مربوط به نواحی رمپ خارجی، مشاهده و شناسایی نشده است. رخساره‌های بایندستون حاوی استروماتولیت و پلویید و همچنین پکستون تا گرینستون حاوی آئیدهای کوچک با فابریک شعاعی و پلویید از نشانه‌های رسوب‌گذاری در پهنه‌های کم عمق و جزرومدی و به عنوان کم عمق‌ترین رخساره سازند روته در غرب زنجان در نظر گرفته می‌شوند. نظیر چنین رخساره‌ای در نهشته‌های کربناته سازند روکر (Roker Formation) به سن پرمین واقع در شمال شرق انگلیس مربوط به محیط‌های دریایی کم عمق و پهنه‌های جزرومدی شناسایی و معرفی شده است (Perri et al., 2013). رخساره‌های رمپ داخلی بسیار متنوع هستند و دامنه وسیعی از رخساره‌های سازند روته را به خود اختصاص می‌دهند. ویژگی مشترک این رخساره‌ها حضور غالب فرامینیفرهای بنتیک کوچک با پوسته تیره و جلبک‌های سبز آهکی متعلق به بخش‌های کم عمق دریا و به میزان کمتر خرده‌های براکیوپودا و خارپوست است. در این مطالعه، رخساره غنی از خارپوست و براکیوپودا به عنوان تنها رخساره متعلق به بخش‌های ابتدایی زیر محیط رمپ میانی در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح است که در محیط رسوب‌گذاری سازند روته در غرب زنجان، رخساره‌های متعلق به زیرمحیط سد (نظیر: رخساره گرینستونی غنی از آئیدهای با فابریک مماسی و جور شده) و همچنین رخساره‌های متعلق به زیر محیط رمپ خارجی (نظیر: رخساره‌های غنی از اسپیکول اسفنج و رادیولر که از نهشته‌های کربناته‌های پرمین واقع در شمال غرب ایران (Shahraki et al., 2014; Leda et al., 2014) و سنگ آهک‌های پرمین مربوط به بخش‌های شرقی ایران (Arefifard and Isaacson, 2011) معرفی شده‌اند) شناسایی نشده است. حضور غالب میکرایت و مقادیر کم سیمان

البته به همراه این محتوای فسیلی با ارزش، به تغییرات رخساره‌ها در طول توالی‌های عمودی و جانبی نیز توجه شده است (شکل ۸).
با بررسی رخساره‌های رسوبی و توزیع آلوکم‌های اسکلتی و غیر اسکلتی در سازند روته می‌توان نتیجه گرفت که محیط رسوبی این سازند در غرب زنجان به صورت یک پلت فرم کربناته از نوع رمپ است (شکل ۹).
نبود رسوبات دوباره نهشته شده (به عنوان مثال توریدایت‌ها) بیانگر شیب زیاد محیط رسوبی است. وجود میکرایت در اکثر رخساره‌ها، نبود رخساره‌های ریفی قابل تعقیب در صحرا و تغییرات تدریجی رخساره‌ها به همدیگر در طول ستون چینه‌شناسی همگی نشان می‌دهد که نهشته‌های کربناته سازند روته به احتمال زیاد در یک پلت فرم کربناته از نوع رمپ تشکیل شده‌اند (شکل ۹). به طوری که با توجه به اجزای تشکیل دهنده پلت فرم کربناته سازند روته، می‌توان برای این نهشته‌ها از اصطلاح سیستم رمپ کربناته با فراوانی فرامینیفر و جلبک (Algae and foram-dominated carbonate ramp system) استفاده کرد. با توجه به نوع رخساره‌های شناسایی شده و بافت رسوبی غالب آنها (عمدتاً وکستون تا پکستونی)، شرایط انرژی در این پلت فرم کربناته به صورت کم تا متوسط است. با توجه به قرار گرفتن برش مورد مطالعه از سازند روته واقع در غرب زنجان در بخش‌های کم عمق حوضه رسوبی، نمی‌توان تک شیب بودن و یا شیب دار بودن پلت فرم کربناته سازند روته را اثبات کرد. لازم به توضیح است که بخش‌های عمیق‌تر این حوضه رسوبی با توجه به حضور گسترده آثار فسیلی و رخساره‌های متعلق به محیط دریایی باز در بخش‌های جنوب و جنوب شرق منطقه زنجان قرار گرفته است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات تدریجی فسیل‌ها و وجود فرامینیفرهای بنتیک با پوسته‌های تیره و روشن با همدیگر نشان می‌دهد که زمانی که نهشته‌های کربناته سازند روته در حال تشکیل بوده‌اند؛ سدی وجود نداشته است که بتواند باعث جدا شدن کامل این دو محیط از یکدیگر شود (شکل ۹).

روی پلت‌فرم‌های کربناته زمان پرمین در دیگر مناطق حوضه رسوبی البرز، نشان می‌دهد، که در زمان پرمین میانی، پلت‌فرم غالب کربناته از نوع رمپ بوده که سازندگان اصلی این پلت‌فرم را فرامینفرهای بنتیک بزرگ و کوچک به همراه انواع مختلف جلبک‌ها تشکیل می‌دهند. با توجه به مطالعات رخساره‌ای انجام شده در این مطالعه، نظیر چنین پلت‌فرم کربناته‌ای نیز در غرب زنجان برای نهشته‌های کربناته سازند روته سرشار از جلبک و فرامینفر بنتیک کوچک با پوسته‌های تیره قابل استنباط است.

در اکثر رخساره‌ها نیز احتمالاً بیانگر یک محیط رسوبی کم انرژی در زمان رسوب‌گذاری کربناته‌های سازند روته در منطقه مورد مطالعه است.

مدل رسوبی ارائه شده برای کربناته‌های سازند روته در غرب زنجان (شکل ۹)، همخوانی قابل ملاحظه‌ای با دیگر پلت‌فرم‌های کربناته مطالعه شده از سازند روته در زمان پرمین حوضه رسوبی البرز نشان می‌دهد (اخروی و همکاران، ۱۳۸۱؛ لنگرانی و امینی، ۱۳۸۷؛ بابایی‌خو و همکاران، ۱۳۹۲؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۲؛ باقری و شعبانیان، ۱۳۹۴؛ بسطامی و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعات متعدد



شکل ۸- پراکندگی رخساره‌های رسوبی در طول توالی سازند روته که تغییرات زیرمحیط‌های رسوبی و سکانس رسوبی نیز در آن مشخص شده است.

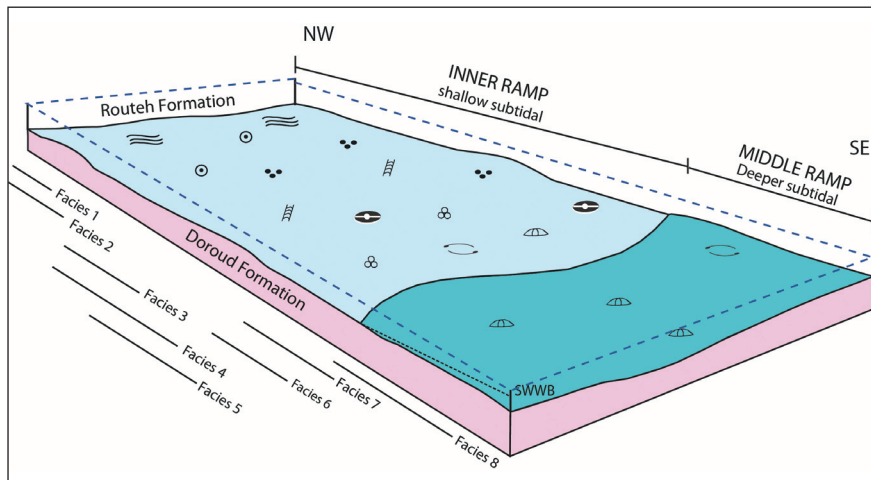
۶- چینه‌نگاری سکانسی

(Depositional sequence) بر اساس روش (Haq et al., 1987) و Posamentier et al. (1988) مشخص و تفکیک شده‌اند. بر این اساس، دسته‌رخساره‌های پیشرونده (TST) از زمان انتهایی پسروی (End of regression) تا زمان انتهایی پیشروی (End of transgression)، محدوده دسته رخساره پسرونده

چینه‌نگاری سکانسی (Sequence stratigraphy) شاخه‌ای از علم چینه‌نگاری است که به تجزیه و تحلیل مجموعه رسوباتی می‌پردازد که از نظر ژنتیکی با هم در ارتباط هستند و بین دو سطح ناپیوستگی یا سطوح پیوسته قابل تطابق با آنها محدود می‌شوند (Catuneanu et al., 2009). در این مطالعه، سکانس‌های رسوبی

(LST) از زمان شروع پایین آمدن سطح آب دریاها (Onset of base sea level fall) تا انتهای پسروری (End of regression) در نظر گرفته می‌شوند.

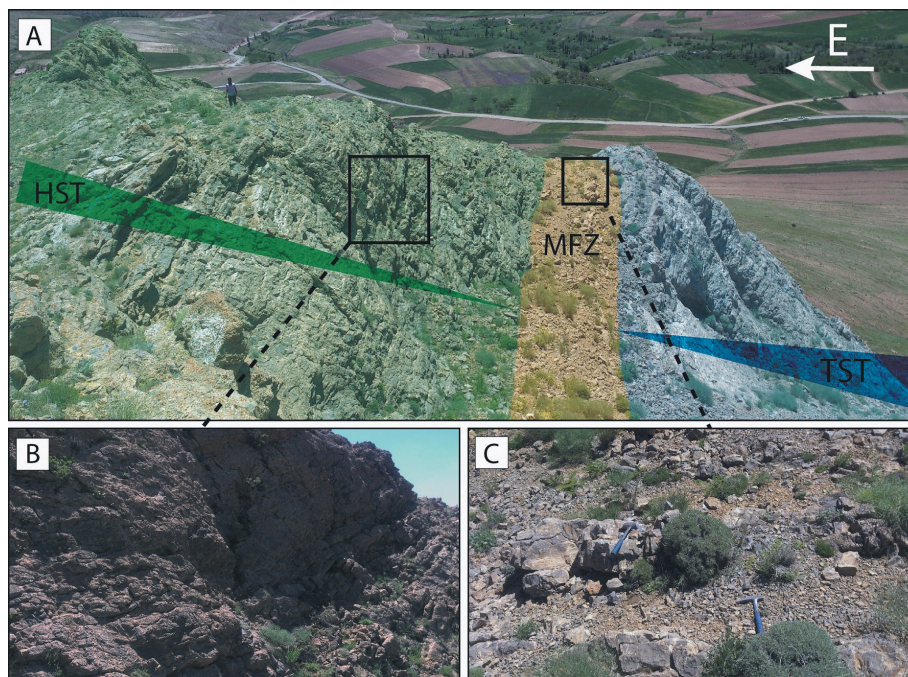
(HST) از زمان انتهای پیشروی (End of transgression) تا شروع پایین آمدن سطح آب دریاها (Onset of base sea level fall) و محدوده دسته رخساره‌های فاز رسوبی



شکل ۹- مدل شماتیک رسوب‌گذاری کربنات‌های سازند روته که بیانگر یک پلنفرم کربناته از نوع رمپ است.

یکنواخت و پسروده تا قبل از مرز سکانشی نوع اول میان سازندهای روته و الیکا ادامه پیدا کرده‌اند. مرز بالایی این سکانشی از نوع اول است و به واسطه افق لاتریت-بوکسیت بیانگر شرایط محیطی ناشی از رخنمون تحت الجوی، مشخص می‌شود (شکل ۸). این مرز سکانشی منطبق با مرز بین زمان‌های پرمین و تریاس بوده که توسط بسیاری از محققین در سرتاسر دنیا (Ross and Ross, 1987; Haq et al., 1988; Tucker, 1993; Mehrabi et al., 2015; Amel et al., 2015; Hou et al., 2017; Kershaw, 2017) به وجود این ناپوستگی فرسایشی در نتیجه پایین آمدن سطح آب دریاها در مقیاس جهانی اشاره شده است. این مرز سکانشی فرسایشی سبب تفکیک دو سازند روته و الیکا در غرب زنجان شده است.

با توجه به شواهد صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی در مجموع یک سکانشی رسوبی درجه سوم با ضخامت ۱۰۲ در داخل نهشته‌های کربناته سرشار از فسفیل سازند روته در غرب زنجان، شناسایی و تشخیص داده شد (شکل‌های ۸ و ۱۰). مرز زیرین این سکانشی به صورت مشخص و همیشی روی ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سازند درود قرار گرفته است. این مرز سکانشی به صورت ناگهانی و ناپیوسته در بین ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سازند درود و کربنات‌های سازند روته در منطقه مورد مطالعه قابل شناسایی است. این سکانشی، بازگو کننده یک الگوی رسوب‌گذاری پیشرونده پلکانی قبل از تشکیل افق حداکثر پیشروی (Maximum flooding interval, MFI) است و بعد از این افق لایه‌های رسوبی سازند روته در قالب یک الگوی رسوب‌گذاری



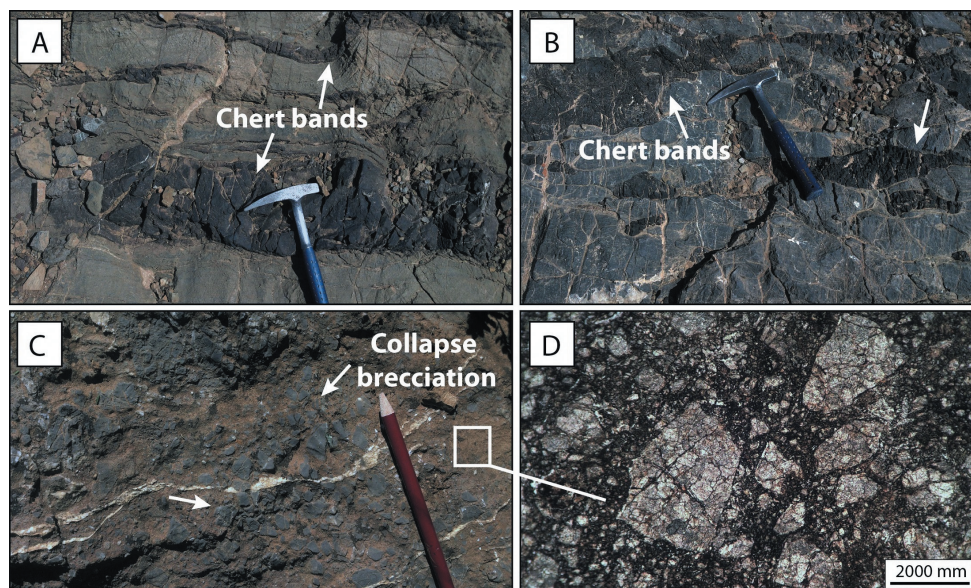
شکل ۱۰- سکانشی رسوبی درجه سوم در بخش‌های سنگ‌آهکی سازند روته در غرب زنجان.

آن مشهود است. این افق در مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی با افزایش قابل ملاحظه مقادیر خارپوست و ظهور رخساره و کستون تا پکستون تیره رنگ حاوی خارپوست مشخص می‌شود؛ که در نوع خود عمیق‌ترین رخساره در کل توالی رسوبی سازند کربناته روته در غرب زنجان است.

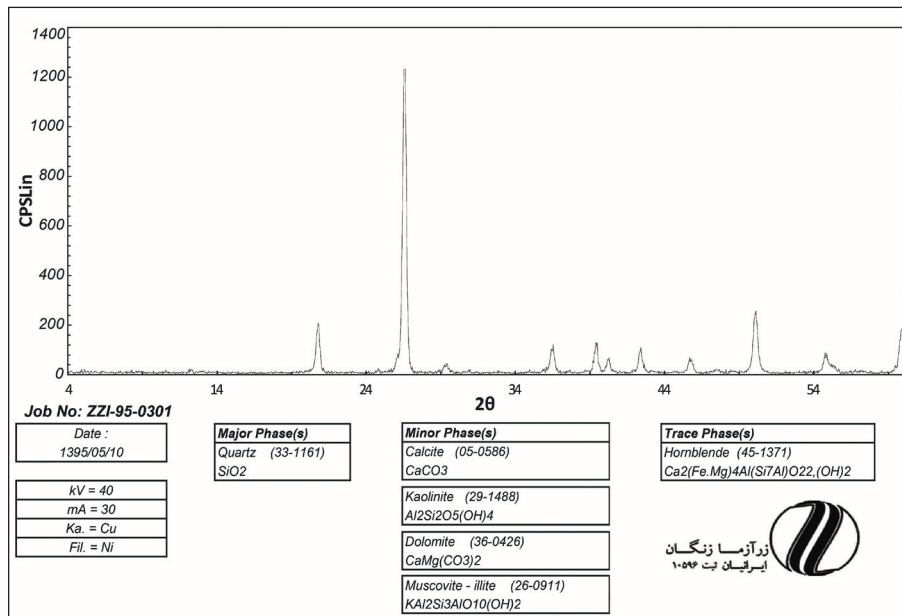
دسته‌رخساره‌های پسرونده (HST) در حدود ۵۲ متر ضخامت دارند و از نظر سنگ‌شناسی از سنگ‌آهک‌های نازک و ضخیم‌لایه خاکستری رنگ به همراه سنگ‌آهک دولومیتی در بالاترین افق‌های این دسته‌رخساره تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). این دسته‌رخساره با الگوی رسوب‌گذاری پسرونده، عمدتاً از رخساره‌های وکستونی حاوی جلبک و فرامینیفرهای بنتیک کوچک در بخش‌های پایین‌تر این دسته‌رخساره، و رخساره‌های پکستون تا گرینستون حاوی آئید و پلوئید و باندستون حاوی استروماتولیت و پلوئید در بخش‌های بالاتر این دسته‌رخساره تشکیل شده است. مرز ناپیوسته رأس این دسته‌رخساره در زیر افق‌های لاتریتی-بوکستی قرار گرفته و با نوارهای چرت موازی با لایه‌بندی، سیلیسی شدن شدید، انحلال و برشی شدن سنگ‌آهک‌های دولومیتی همراه است (شکل ۱۱). این وضعیت احتمالاً بیانگر تغییر شرایط محیطی ناشی از رخنمون تحت‌الجوی است. آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) انجام شده روی سنگ‌آهک‌های دولومیتی رأس این دسته‌رخساره بیانگر سیلیسی شدن قابل توجه در داخل آنهاست (شکل ۱۲). لذا، با توجه به حضور افق‌های چرت و سیلیسی شدن قابل ملاحظه تنها در لایه‌های بالایی سازند روته و در زیر افق لاتریتی-بوکستی، می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً در بخش‌های بالایی پلت‌فرم کربناته سازند روته، در نتیجه افت سطح آب دریا در مقیاس جهانی (منطبق با مرز پرمین-تریاس) و تشکیل مرز سکانسی ناپیوسته و نوع اول روی این سازند، در این زمان نهشته شدن کربناته‌های سازند روته دچار وقفه شده است و به دنبال آن فرایندهای دیاژنز جوی گسترش یافته و پلت‌فرم کربناته سازند روته را به میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار داده‌اند. به طوری که پس از خارج شدن لایه‌های سنگ‌آهکی سازند روته از آب دریا، این رسوبات کربناته در معرض سیالات جوی قرار گرفته و آب‌های جوی فرورو دارای خاصیت اسیدی، سبب انحلال کربنات کلسیم و جان‌شینی سیلیسی به جای آن شده‌اند. در نهایت، این سکانس رسوبی در بالا به افق لاتریتی-بوکستی واقع در مرز بین سازندهای روته و الیکا ختم می‌شود.

دسته‌رخساره‌های پسرونده (TST) از این سکانس رسوبی، در حدود ۴۴ متر ضخامت دارند و از نظر سنگ‌شناسی از سنگ‌آهک‌های نازک تا ضخیم‌لایه خاکستری تیره تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). این دسته‌رخساره در بخش‌های قاعده‌ای سازند با گسترش ناگهانی رخساره و کستون حاوی فرامینیفرهای بنتیک کوچک متعلق به زیر محیط رمپ داخلی روی ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سازند درود متعلق به زیر محیط ساحلی مشخص می‌شود؛ که معرف بالآمدگی سریع آب دریاست. از این رو، در بخش‌های قاعده سکانس رسوبی سازند روته، سطح پیشروی (Transgressive surface) بر مرز سکانسی (Sequence boundary) قاعده‌ای منطبق است. بر این اساس دسته‌رخساره متعلق به سیستم تراکت تراز پایین (Lowstand systems tract) در این سکانس رسوب‌گذاری نکرده است و دسته‌رخساره‌های پسرونده به عنوان اولین سیستم تراکت در این سکانس در نظر گرفته می‌شوند. این دسته‌رخساره، عمدتاً از رخساره‌های وکستونی حاوی فرامینیفرهای بنتیک کوچک و وکستونی حاوی جلبک سبز، براکیوپود و خارپوست متعلق به زیر محیط دریای باز تشکیل شده است. این سکانس رسوبی با رخساره متعلق به بخش نزدیک ساحل رمپ داخلی شروع می‌شود و سپس توسط رخساره‌های متعلق به بخش‌های دور از ساحل رمپ داخلی و ابتدای رمپ میانی ادامه پیدا می‌کند (شکل ۸). میزان و اندازه خرده‌های خارپوست و قطعات براکیوپودا در این فاز رسوبی از پایین به سمت بالا افزایش نشان می‌دهد و در افق MFI به حداکثر گسترش و اندازه خود می‌رسد.

در برش مطالعه شده، شواهدی وجود ندارد که مؤید یک سطح مشخص با حداکثر پیشروی (به عنوان مثال سطوح سخت و سیمانی شده دریایی) باشد. با این وجود، به راحتی می‌توان تغییر الگوی رسوب‌گذاری از رخساره‌های پسرونده به پسرونده را در برش مورد مطالعه با مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی مشخص کرد. در نتیجه، در این مطالعه به جای یک سطح مشخص و واضح از یک افق و زون جهت مشخص کردن سطوح حداکثر پیشروی استفاده شده است. به ویژه آنکه، در برش مورد مطالعه، افق حداکثر پیشروی با حضور شیل‌های آهکی تیره و میان‌لایه‌های سنگ‌آهک نازک‌لایه به ضخامت حدود ۶ متر قابل شناسایی است (شکل ۱۰). کاهش قابل ملاحظه فرامینیفرهای بنتیک کوچک با پوسته تیره در این افق و پیرامون



شکل ۱۱- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از بخش‌های بالایی سازند روته در برش مورد مطالعه. (A و B) افق‌های بالایی سازند روته حاوی نوارهای چرت موازی با لایه‌بندی؛ (C و D) برشی شدن سنگ‌آهک‌های دولومیتی که احتمالاً در نتیجه انحلال تحت‌الجوی تشکیل شده است.



شکل ۱۲- نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) روی سنگ آهک‌های دولومیتی مربوط به بخش‌های بالایی سازند روته. این نتایج بیانگر فرایند سیلیسی شدن قابل ملاحظه در این افق‌هاست.

۷- نتیجه‌گیری

روته را به یک پلت فرم کربناته از نوع رمپ نسبت داد که رخساره‌های معرفی شده در دو زیرمحیط رمپ داخلی و بخش‌های ابتدایی رمپ میانی رسوب گذاری کرده‌اند. در برش مورد مطالعه، رخساره‌های مربوط به مناطق عمیق تر حوضه رسوبی (رمپ خارجی) که ویژگی بارز آنها در زمان پریمین میانی حضور اسپیکول اسفنج و رادیولر است؛ شناسایی نشده است. بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی نیز منجر به شناسایی یک سکانس رسوبی رده سوم در کربنات‌های سازند روته شده است. در این سکانس رسوبی رخساره غنی از خارپوست و خرده‌های براکیوپود به عنوان رخساره رسوبی عمیق و افق حداکثر پیشروی آب دریا در زمان رسوب گذاری نهشته‌های کربناته سازند روته در نظر گرفته شده است. این سکانس رسوبی، توسط دو مرز سکانسی نوع اول در پایین و بالا از سازندهای درود و الیکا تفکیک می‌شود.

سازند روته در غرب زنجان (برش آق بلاغ) از یک توالی کربناته به ضخامت ۱۰۲ متر تشکیل شده است. این سازند به‌طور همیشگی روی ماسه سنگ‌های کوارتزی سازند درود قرار گرفته است و در بالا نیز به صورت ناپیوسته و توسط یک افق لاتریتی-بوکسیتی از سازند الیکا جدا می‌شود. از دیدگاه سنگ‌شناسی سازند روته عمدتاً از سنگ آهک‌های تیره و به میزان کمتر از سنگ آهک‌های دولومیتی و شیل‌های آهکی نازک لایه تشکیل شده است و بر این اساس از پایین به بالا به ۴ واحد سنگی مجزا از هم قابل تفکیک است. مطالعات رخساره‌ای منجر به شناسایی ۸ رخساره رسوبی کربناته متعلق به مناطق کم عمق دریا در سنگ آهک‌های سازند روته شده است. با توجه به مجموعه شواهد صحرائی و آزمایشگاهی حاصل از رخساره‌های شناسایی شده و ارتباط عمودی رخساره‌ها در طول توالی، می‌توان مدل رسوب گذاری سازند

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- اخروی، ر.، شاکری، ص. و عباسی، ن.، ۱۳۸۱- میکروفاسیس‌ها و محیط رسوبی سازند روته در منطقه آرو، البرز مرکزی، ششمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، کرمان، انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه باهنر کرمان. بابایی خو، گ.، آدابی، م. ح.، جهانی، د. و وزیر، س. ح.، ۱۳۹۲- محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند روته در منطقه سیستان (البرز مرکزی)، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب شناسی، ۵۰، صص. ۴۳ تا ۵۸.
- بابک خوانی، آ. ر. و صادقی، آ.، ۱۳۸۳- نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ زنجان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- باقری، م. و شعبانیان، ر.، ۱۳۹۴- مقایسه چینه‌نگاری سکانسی و محیط رسوبی توالی پریمین میانی در نواحی جلفا، ایواوغلی و مرند از حوضه آذربایجان، سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- بسطامی، ل.، موسوی، م. ر. و حسینی برزی، م.، ۱۳۹۵- ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و تغییرات نسبی سطح آب دریا در سازند روته، برش‌های سنگسر و مکارود، البرز مرکزی، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب شناسی، ش. ۶۵، صص. ۱ تا ۲۸.
- حاجیان، ج. و زاهدی، م.، ۱۳۸۳- گزارش نقشه زمین شناسی زنجان، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شاکری، ص. و اخروی، ر.، ۱۳۷۹- معرفی رخساره‌های طوفانی سازند روته برش چینه‌شناسی آرو، البرز مرکزی، نوزدهمین گردهمایی علوم زمین.
- شعبانیان، ر. و فرح‌نژاد، ن.، ۱۳۹۴- مطالعه چینه‌نگاری سنگی و زیستی نهشته‌های آهکی پریمین میانی و پسین در برش چینه‌شناسی ایلانلو، شمال قره ضیاءالدین، ش. ۹۸، صص. ۳۱۵ تا ۳۲۰.
- شعبانیان، ر.، ۱۳۹۰- معرفی میکروفسیل‌های پریمین در برش‌های چینه‌شناسی آرو و بی‌بیشهریانو (البرز)، فصلنامه علوم زمین، ش. ۸۱، صص. ۳۷ تا ۴۴.
- صادقی، م.، رشیدی، ک. و شعبانیان، ر.، ۱۳۹۴- معرفی جلبک‌های آهکی خانواده داسی کلادآسه‌آ و ژیمونکدی آسه‌آ پریمین، در برش چینه‌شناسی پیراسحاق، جنوب جلفا، با گزارشی از حضور جنس *Tabasoporella* از خانواده داسی کلادآسه‌آ در شمال‌باختر ایران، مجله علوم زمین، ش. ۹۵، صص. ۵۵ تا ۶۶.
- صادقی، م.، شعبانیان، ر. و رشیدی، ک.، ۱۳۹۳- چینه‌نگاری رسوبات آهکی پریمین (سازندهای روته و سنن) بر اساس روزن‌بران در ناحیه پیراسحاق، جنوب جلفا، شمال غرب ایران، دوفصلنامه علمی-ترویجی یافته‌های نوین زمین شناسی کاربردی، ش. ۱۶، صص. ۸۵ تا ۹۷.
- عباسی، ن.، ۱۳۷۸- ایکتولوژی و ایکتوفابریک سازند روته در جنوب غرب ابهر کوه‌های سلطانیه، سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- عباسی، ن.، بیرامی ایورتی، ر. و شعبانیان، ر.، ۱۳۹۲- تحلیل ساختاری اترفسیل *Zoophycos* با تلفیق داده‌های ریزرخساره‌ای در سازند روته (پریمین)، برش باغ دره، کوه‌های سلطانیه، شمال باختری، رخساره‌های رسوبی، ش. ۶(۱)، صص. ۴۹ تا ۶۴.
- علیپور، ص.، عابدینی، ع. و ابدالی، ش.، ۱۳۹۳- کانی‌سازی و زمین‌شیمی عناصر خاکی کمیاب افق لاتریتی حیدرآباد، جنوب ارومیه، استان آذربایجان غربی، علوم زمین، ش. ۹۱، صص. ۱۹۵ تا ۲۰۴.

- کفشدوز، س.، شعبانیان، ر.، مهاری، ر. و شاهین‌فره، س.، ۱۳۹۳- مطالعه ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند کریناته روته در برش چینه‌شناسی کرد کندی (شرق شاهین‌دژ)، پژوهش‌های چینه‌نگاری و فسیل‌شناختی، ش. ۱، صص. ۵۹ تا ۷۵.
- لاسمی، ی.، ۱۳۷۹- رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۸۰ ص.
- لنکرانی، م. و امینی، ع.، ۱۳۸۷- چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های پرمین (ابرسکانس آزاروکای میانی) در ناحیه گدوک، البرز مرکزی، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ش. ۸، صص. ۲۹ تا ۴۵.
- لنکرانی، م.، لطیفیان، س. و رنجبران، م.، ۱۳۹۵- تحلیل رخساره‌ای و محیط دیرینه سازند دورود در برش استخر (البرز شرقی)، سی و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- مدادی، م.، مصدق، ح.، آل‌علی، س. م.، و مجیدی‌فرد، م. ر.، ۱۳۹۵- تنوع زیستی دیرینه روزن بران کوچک پرمین (یاخاشین تا جلفین) بر پایه چینه‌نگاری سنگی و زیستی در برش آبگرم قزوین، مجله علوم زمین، ش. ۱۰۱، صص. ۱۲۷ تا ۱۳۸.
- ملکی، س. س.، نباتیان، ق.، عظیم‌زاده، ا. م. و هنرمند، م.، ۱۳۹۵- مطالعات کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانی‌زایی سرب و روی در کانسار ساری آغل، غرب زنجان. سی و پنجمین گردهمایی علوم زمین.
- نجفی، ف.، جهانی، د.، لاسمی، ی. و شرفی، ن.، ۱۳۸۵- رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند نسن در برش منجیر (البرز مرکزی)، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.

References

- Amel, H., Jafarian, A., Husinec, A., Koeshidayatullah, A. and Swennen, R., 2015- Microfacies, depositional environment and diagenetic evolution controls on the reservoir quality of the Permian Upper Dalan Formation, Kish Gas Field, Zagros Basin. *Marine and Petroleum Geology* 67, 57-71.
- Areffiffard, S. and Isaacson, P. E., 2011- Permian Sequence stratigraphy in east-central Iran: Microplate records of Peri-Tethyan and Peri-Gondwanan events. *Stratigraphy* 8, 61-83.
- Assereto, R., 1963- The Paleozoic formation in Central Elborz (Iran). preliminary note. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 69, 503-543.
- Bacelle, L. and Bosellini, A., 1965- Diagrammi per lastima visiva della composizione percentuale nelle rocce sedimentary. *Science Geologiche e Paleontologiche* 1, 59-62.
- Boudagher-Fadel, M. K., 2008- Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera. *Developments in Paleontology and Stratigraphy* 21. 544 p.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J. P., Blum, M. D., Dalrymple, R. W., Eriksson, P. G., Fielding, C. R., Fisher, W. L., Galloway, W. E., Gibling, M. R., Giles, K. A., Holbrook, J. M., Jordan, R., Kendall, C. G. S. C., Macurda, B., Martinsen, O. J., Miall, A. D., Neal, J. E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H. W., Pratt, B. R., Sarg, J. F., Shanley, K. W., Steel, R. J., Strasser, A., Tucker, M. E., and Winker, C., 2009- Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews* 92, 1-33.
- Dickson, J. A. D., 1965- A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature* 205, 587.
- Dunham, R. J., 1962- classification of carbonate rock according to depositional texture, In: W. E. Ham (eds.), *Classification of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 108-121.
- Ebrahim Nejad, M., Vachard, D., Siabeghods, A. A. and Abbasi, S., 2015- Middle-Late Permian (Murgabian-Djulfian) foraminifers of the northern Maku area (western Azerbaijan, Iran). *Palaeontologia Electronica* 18.1.19A, 1-63.
- Flügel, E., 2010- *Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application*. Springer Verlag, 976 p.
- Gaetani, M., Angiolini, L., Ueno, K., Nicora, A., Stephenson, M., Sciunnach, D., Rettori, R., Price, G. D. and Sabouri, J., 2009- Pennsylvanian-Early Triassic stratigraphy in the Alborz Mountains (Iran). In: M. F. Brunet, M. Wilmsen, J. W. Granath, (Ed.), *South Caspian to Central Iran Basins: Geological Society, Special Publications*, London 312, 79-128.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R., 1988- Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change, In: Wilgus, C. K.; Hastings, B. S.; Kendall, C. G. St.C.; Posamentier, H. W.; Ross, C. A. and Van Wagoner, J. C. (eds.): *Sea-level changes: An integrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special publication 42, 71-108.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P.R., 1987- Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science* 235, 1156-1166.
- Hou, Y. L., Zhong, Y. T., Xu, Y. G. and He, B., 2017- The provenance of late Permian karstic bauxite deposits in SW China, constrained by the geochemistry of interbedded clastic rocks, and U-Pb-Hf-O isotopes of detrital zircons. *Lithos* 278-281, 240-254.
- Kershaw, S., 2017- Palaeogeographic variation in the Permian-Triassic boundary microbialites: A discussion of microbial and ocean processes after the end-Permian mass extinction. *Journal of Palaeogeography* 6, 97-107.
- Leda, L., Korn, D., Ghaderi, A., Hairapetian, V., Struck, U. and Reimold, W. U., 2014- Lithostratigraphy and carbonate microfacies across the Permian-Triassic boundary near Julfa (NW Iran) and in the Baghuk Mountains (Central Iran). *Facies* 60, 295-325.
- Mahdavi, M. and Vaziri, S. H., 2010- Lithostratigraphy and Microbiostratigraphy of the Ruteh Formation in Northwest of Khur, Central Alborz, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran* 21(3), 237-250.
- Mehrabi, H., HossainRahimpour-Bonab, H., Enayati-Bidgoli, A. H. and Esrafil-Dizaji, B., 2015- Impact of contrasting paleoclimate on carbonate reservoir architecture: Cases from arid Permo-Triassic and humid Cretaceous platforms in the south and southwestern Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 126, 262-283
- Parvizi, T., Rashidi, K. and Vachard, D., 2013- Middle Permian calcareous algae and microproblematica (Dalan Formation, Dena Mountain, High Zagros, SW Iran). *Facies* 59, 149-177.
- Perri, E., Tucker, M. E., and Mawson, M., 2013- Biotic and Abiotic Processes In the Formation and Diagenesis of Permian Dolomitic Stromatolites (Zechstein Group, NE England). *Journal of Sedimentary Research* 83, 896-914.
- Posamentier, H. W., Jervey, M. T. and Vail, P. R., 1988- Eustatic controls on clastic deposition I - conceptual framework. In: Wilgus, C.K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C. (Eds.), *Sea Level Changes-An Integrated Approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication 42, 110-124.
- Ross, C. A. and Ross, J. R. P., 1987- Late Paleozoic sea level and depositional sequences, Cushman Foundation for Foraminiferal Research. *Special Publication* 24, 137-149.
- Shahraki, J., Mousavi Harami, R., Mahboubi, A. and Jahani, D., 2014- Facies analysis, depositional environment and cyclostratigraphy of the Lower Permian deposits Chili Formation in the Kalmard Block, East Central Iran (Godar-e-Gachal section). *Indian Journal of Science and Technology* 7, 1588-1602.
- Tucker, M. E., 1993- Carbonate diagenesis and Sequence stratigraphy, In: *Sedimentology review/1* (ed. Paul Wright). Blackwell, 51-72.
- Vachard, D., Hauser, M., Martini, R., Zaninetti, L., Matter, A. and Peters. T., 2002- Middle Permian (Midian) foraminiferal assemblages from the Batain plain (Eastern Oman): their significance to neothethyan paleogeography. *Journal of Foraminiferal Research* 32, 155-172.

Sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Routeh Formation in the west of Zanjan (Agh-Bolagh section)

A. Zohdi^{1*}

¹Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 2017 July 23

Accepted: 2017 October 24

Abstract

In this study, for the first time stratigraphy and depositional history of the Routeh Formation have been evaluated in west of Zanjan (Agh-Bolagh section). These deposits with a thickness of 102m consist of limestone, dolomitic limestone with the less frequency of thin-bedded calcareous shales. This sedimentary sequence with an unconformity overlies the quartz-bearing sandstones of Doroud Formation and is overlain by a laterite-bauxite horizon below the vermiculate limestone of Elika Formation. The main components of the Routeh Formation contain different kinds of algae, small benthic foraminifera and with a less frequency echinoderm and brachiopod debris. Based on field and laboratory studies eight sedimentary facies have been distinguished within the formation. These facies due to the different types of allochems, texture and fossil content display a shallow-water marine environment during deposition of the Routeh Formation located at Palaeotethys passive southern margin. The absence of re-sedimented deposits like: turbidites, presence of micrite at the most of facies, lack of continuous reefal facies and gradual facies change indicate that the Routeh Formation possibly deposited in a ramp carbonate platform. Due to great diversity and abundance of algae and benthic foraminifera, this carbonate ramp is referred to as an “algae and foram-dominated carbonate ramp system”. Field observations, facies analyses and sequence stratigraphy studies led to the identification of one-third order depositional sequence for the Routeh Formation. This depositional sequence separated by type-1 sequence boundaries at below with quartz-bearing sandstones of the Doroud Formation and at the top with the laterite-bauxite horizon between Routeh and Elika formations.

Keywords: Sedimentary Environment, Sequence Stratigraphy, Routeh Formation, Permian, Zanjan

For Persian Version see pages 133 to 144

*Corresponding author: A. Zohdi; E-mail: afshin.zohdi@znu.ac.ir