

ریزر خساره‌ها، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند میشان در جنوب کوآر

فروغ ابراهیمی^۱، مهناز پروانه‌نژاد شیرازی^{۲*}، رضا صادقی^۳ و رویا فناطی‌رشیدی^۴

۱- کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

۴- دانش‌آموخته دکترا زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، بندرعباس، ایران

نویسنده مسئول: *Mahnaz402002@pnu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

سازند میشان با ستبرای ۳۹۵ متر از سنگ‌آهک، سنگ‌آهک مارنی و مارن و به سن میوسن پایینی تا میانی (بوردیگالین-لانگین)، به‌منظور بررسی محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی در بُرش چینه‌شناسی باوربان در جنوب کوآر استان فارس اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شده است. این سازند در بُرش یادشده، روی نهشته‌های تخییری و تخریبی قرمز رنگ سازند رازک (میوسن پایینی) و در زیر رسوبات تخریبی و کربناته سازند آجاجاری (میوسن-پلیوسن) قرار گرفته است. برپایه شواهد صحرایی، ویژگی‌های سنگ‌نگاری و همچنین بررسی فراوانی و پراکنش روزنبرن و دیگر آلوکم‌ها و اُرتُکم‌ها، تعداد ۱۸ دسته ریزرخساره شناسایی شدند که در ۶ زیرمحیط یا پهنه رسوبی کَشندی (جزرومدی)، کولابی، پُشته‌ای، ریف کومه‌ای، دریای باز کم‌ژرفا و ژرف قابل جایگذاری می‌باشند. نبود ریف‌های سدی گسترده (که ویژه سکوه‌های لَبه‌دار هستند)، تبدیل تدریجی ریزرخساره‌ها به یکدیگر، وجود پهنه‌های گسترده کَشندی و همچنین نبود کربنات‌های دوباره نهشته شده، نشان می‌دهد که توالی رسوبی در این بُرش روی یک سکوی کربناته رَمبی با شیب یکنواخت نهشته شده است. به‌گونه کلی، رسوب‌گذاری نهشته‌های آهکی- مارنی سازند میشان روی سنگ‌های رسوبی تخییری-آواری سازند رازک، نشانگر آخرین پیشروی آب دریا در زمان میوسن حوضه زاگرس می‌باشد که بررسی چینه‌نگاری سکانسی این سازند در بُرش مورد پژوهش، منجر به شناسایی تعداد چهار سکانس رسوبی رده سوم با مرزهای سکانسی از گونه دو گردیده است.

واژگان کلیدی: حوضه زاگرس، زیرپهنه فارس، سازند میشان، رَمپ، چینه‌نگاری سکانسی

پیشگفتار

سمت جنوب باختری نهشته شده و تغییرات سنی آن در حوضه زاگرس از میوسن پیشین-پلیوسن تعیین شده است (آقناباتی، ۱۳۸۵). بُرش نمونه‌آلگوی سازند میشان توسط جیمز و وایند (۱۹۶۵) در امتداد جاده پلکان طلایی روی یال جنوب باختری میدان نفتی گچساران بررسی و معرفی شده است. این سازند در بُرش آلگو شامل مارن خاکستری و سنگ‌آهک مارنی سرشار از انواع سنگواره‌ها به ضخامت ۷۱۰ متر است. به سمت جنوب شرق حوضه زاگرس، بخش زیرین آن به سنگ‌آهک ریفی کرم‌رنگ و سخت، به نام عضو گوری که حاوی سنگواره‌های فراوان در تناوب با مارن خاکستری است، تبدیل می‌گردد (آقناباتی، ۱۳۸۵). در محدوده استان هرمزگان، عضو گوری با رخنمون‌های صخره‌ساز در بسیاری از نقاط، قابل مشاهده بوده و در

حوضه‌های رسوبی، مناطقی فرونشست‌یافته از سطح زمین هستند که برهمکنش فاکتورهای مختلف چینه‌نگاری سکانسی در مقیاس‌های زمانی و مکانی، پاسخی بر ساختار چینه‌شناسی آن‌هاست (لی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹). یکی از اهداف شناسایی ریزرخساره‌ها، بررسی تغییرات و نحوه توزیع عمودی و جانبی گروه‌های رخساره‌ای است. نحوه جایگیری گروه‌های رخساره‌ای می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات کوچک و بزرگ در الگوهای محیطی مانند آب و هوا، شدت جریان آب و تغییرات نسبی سطح تراز آب دریا باشد (واله و همکاران، ۲۰۱۹). سازند میشان بخش میانی چرخه رسوبی فارس در پهنه زاگرس است که همزمان با بسته شدن حوضه تتیس جوان، در یک دریای پسرونده به

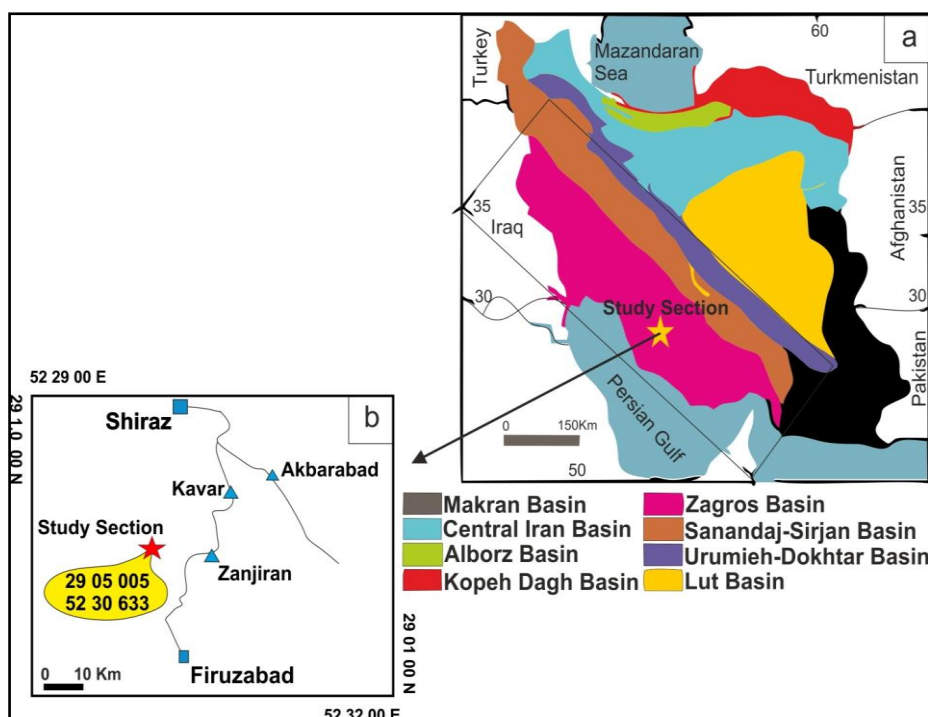
است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش شناسایی دسته ریزرخساره‌ها، جداسازی زیرمحیط‌ها، ارایه مدل رسوبی فرضی و چین‌نگاری سکansı سازند میشان در ناحیه روستای باورین در جنوب شهرستان کوار استان فارس است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به بُرش مورد

پژوهش

این بُرش چین‌شناسی با مختصات جغرافیایی به طول $29^{\circ}05'005''\text{N}$ و عرض $52^{\circ}30'633''\text{E}$ در ۷۰ کیلومتری جنوب شیراز انتخاب و نمونه‌گیری شده است (شکل ۱). ضخامت سازند میشان در این بُرش، ۳۹۵ متر بوده و مرز زیرین و بالایی سازند میشان (بوریدیکالین-لانگین) با سازند رازک (میوسن زیرین) و سازند آغاچاری (میوسن-پلیوسن) به‌صورت پیوسته است (شکل‌های ۲ و ۳). در راه اصلی دسترسی به این منطقه، پس از گذشتن از شهر کوار و عبور از روستای موک، تونل زنجیران و روستای زنجیران در فاصله ۷۰ کیلومتری از شهر شیراز، به سه‌راهی روستای باورین می‌رسید که تابلوی سبز رنگ بزرگ امامزاده سید محمود صدق معروف به سیدالسادات امامزاده پیرصدق، ادامه مسیر را نشان می‌دهد (شکل ۱).

نواحی شمالی این استان، تنها واحد معرف سازند میشان است. صادقی (۱۳۸۳)، سنگ‌زیست‌چینه‌نگاری و محیط رسوبی سازند میشان در منطقه گنار تخته کازرون را مورد مطالعه قرار داده است. لاسمی و رستگارلاری (۱۳۸۵) تجزیه و تحلیل رُخساره‌ها، محیط رسوبی و چین‌نگاری سکansı سازند میشان در نواحی باختری فارس و خاوری بوشهر و دانشجویان و همکاران (۱۳۸۷)، سنگ‌چینه‌نگاری سازند میشان در بخش مرکزی فروافتادگی دزفول (جنوب خاوری رامهرمز) را انجام دادند. صادقی و کاظمی (۱۳۹۵)، چین‌نگاری زیستی و تعیین سن نسبی بخش گوری در جنوب‌خاوری شیراز و رسایی و همکاران (۱۳۹۶) نیز، به بررسی رُخساره‌ها، محیط رسوبی دیرینه و زیست‌چینه-نگاری بخش گوری در جنوب‌خاوری جهرم پرداختند. در این پژوهش نیز، به بررسی ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چین‌نگاری سکansı سازند میشان در ناحیه روستای باورین در جنوب پهنه زاگرس پرداخته می‌شود و ویژگی‌های سنگ‌زیست‌چینه‌نگاری و رسوب‌شناختی آن بررسی می‌گردد. بُرش مورد پژوهش، جزیی از نهشته‌های گروه چین‌شناسی فارس در پهنه زاگرس چین‌خورده و زیرپهنه فارس درونی است. این بُرش تاکنون از دید محیط رسوبی و چین‌نگاری سکansı مورد بررسی قرار نگرفته



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه (بُرش باورین). (a) نقشه کلی ایران که حوضه‌های مختلف رسوبی-ساختاری در آن نشان داده شده (برگرفته و با تغییراتی از حیدری و همکاران، ۲۰۰۳)، همراه با ناحیه مورد پژوهش در پهنه زاگرس (علامت ستاره). (b) نمای نزدیک و راه‌های دسترسی به بُرش انتخابی در زیرپهنه فارس درونی، جنوب کوار، روستای باورین که با علامت ستاره مشخص شده است.

روش مطالعه

به منظور بررسی‌های زیست‌چینه‌نگاری، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند میشان در برش مورد پژوهش، نمونه‌برداری به صورت هدفمند بر اساس تغییرات سنگ‌شناسی، رنگ، شکل، نحوه‌ی ارتباط لایه‌های رسوبی، تغییرات جانبی و عمودی آن‌ها با یکدیگر و همچنین بافت رسوبی (اندازه ذرات) با فواصل ۲ متری و در مناطقی با تغییرات شدید سنگ‌شناسی و ریزرخساره‌ای با فواصل کمتر انجام گرفت. برای بررسی‌های پهنه‌بندی زیستی در برش مورد پژوهش، ۳۰۰ نمونه ایزوله از نمونه‌های سنگی تهیه و مورد بررسی قرار گرفت و از پهنه‌های زیستی ارایه شده توسط وید و همکاران (۲۰۱۱) و بولی و ساندرز (۱۹۸۵) نیز استفاده شد. تعداد ۲۵۰ برش‌نازک نیز جهت شناسایی اجزای کربناته (آلوکیم‌ها و اُرتکیم‌ها)، ترکیب و بافت رسوبات سازند میشان مورد بررسی قرار گرفته است. نهشته‌های کربناته به روش‌های دانهام (۱۹۶۲) و امبری و کلوان (۱۹۷۱) نام‌گذاری شده‌اند. دسته‌بندی ریزرخساره‌ها بر مبنای دسته‌بندی ویلسون (۱۹۷۵)، کاروزی (۱۹۸۹) و فلوگل (۲۰۱۰) انجام پذیرفته است. با بهره‌گیری از داده‌های دسته ریزرخساره‌ای بدست آمده، زیرمحیط‌ها جداسازی و محیط و مدل رسوب‌گذاری سازند میشان در منطقه مورد پژوهش نیز با استفاده از الگوهای استاندارد ارایه شده توسط ویلسون (۱۹۷۵) و فلوگل (۲۰۱۰)، طراحی شده است. همچنین از این داده‌ها جهت ترسیم و بررسی ستون چینه‌نگاری سکانشی به روش کاتینینو (۲۰۱۹) استفاده گردیده است.

زیست‌چینه‌نگاری

در بخش پایینی برش چینه‌شناسی باوربان که نماینده عضو آهکی گوری^۱ است، با توجه به شناسایی روزن‌بران کَف‌زی پُرسلانوز شاخصی همچون *Borelis melo curdica* و *Meandropsina iranica* و *Meandropsina anahensis* امکان جداسازی زیست‌پهنه تجمعی *Borelis melo group* *Meandropsina iranica* Assemblage Zone در پهنه-بندی زیستی آدامز و بورژوا (۱۹۶۷)، سنی برابر با دومین آشکوب میوسن پایینی (بوردیگالین) تعیین گردید. همچنین در این بررسی، با استفاده از داده‌های

ریزسنگواره‌های شناور^۲ و مقایسه آن‌ها با پهنه‌بندی‌های زیستی بولی و ساندرز (۱۹۸۵) و وید و همکاران (۲۰۱۱)، تعداد ۲ پهنه زیستی^۳ نیز مرتبط با روزن‌بران شناور برای سازند میشان در این برش مشخص و پیشنهاد شده که در ادامه معرفی می‌شوند.

دو پهنه زیستی که براساس زیست‌پهنه‌های وید و همکاران (۲۰۱۱) پیشنهاد شده و قابل قیاس با زیست‌پهنه‌های بولی و ساندرز (۱۹۸۵) هم هستند، به شرح زیر می‌باشند (شکل‌های ۳ و ۴):

***Praeorbulina glomerosa* Interval Zone (Zone M5b)**

این پهنه زیستی، ۱۰۰ متر ضخامت دارد. حد زیرین این پهنه زیستی در بخش گوری و در ضخامت ۱۲۶ متری در برش مورد پژوهش و با ظهور گونه *Praeorbulina glomerosa glomerosa* مشخص می‌گردد. مرز بین بوردیگالین و لانگین به‌طور تقریبی، با اولین حضور *Praeorbulina glomerosa* در نظر گرفته شده است. در وید و همکاران (۲۰۱۱)، اولین حضور *P. glomerosa* شروع پهنه زیستی M5b را مشخص می‌کند و در بولی و ساندرز (۱۹۸۵)، اولین حضور *P. glomerosa* با N8 معادل است. حد زیرین و بالایی این پهنه زیستی منطبق با شروع و خاتمه جامعه سنگواره‌ای موجود در این پهنه زیستی است. به‌علاوه اینکه خاتمه این پهنه زیستی در سازند میشان با ظهور گونه *Orbulina suturalis* و در ضخامت ۱۶۵ متری در برش مورد پژوهش می‌باشد و از دیدگاه سنگ‌شناسی، بیشتر از مارن و سنگ‌آهک مارنی تشکیل شده است. گروه سنگواره‌های موجود در این پهنه زیستی، سن میوسن میانی (لانگین پیشین) را برای آن مشخص می‌سازد. فراوان‌ترین جنس‌ها و گونه‌های موجود در این پهنه زیستی عبارتند از:

Praeorbulina glomerosa glomerosa, *Praeorbulina glomerosa circularis*, *Globorotaloides hexagona*, *Dentoglobigerina globularis*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerina* sp., *Globigerinella pseudobesa*, *Globorotalia mayeri*, *Globigerina rubescens*, *Globigerinella calida*.

***Orbulina suturalis* Interval Zone (Zone M6)**

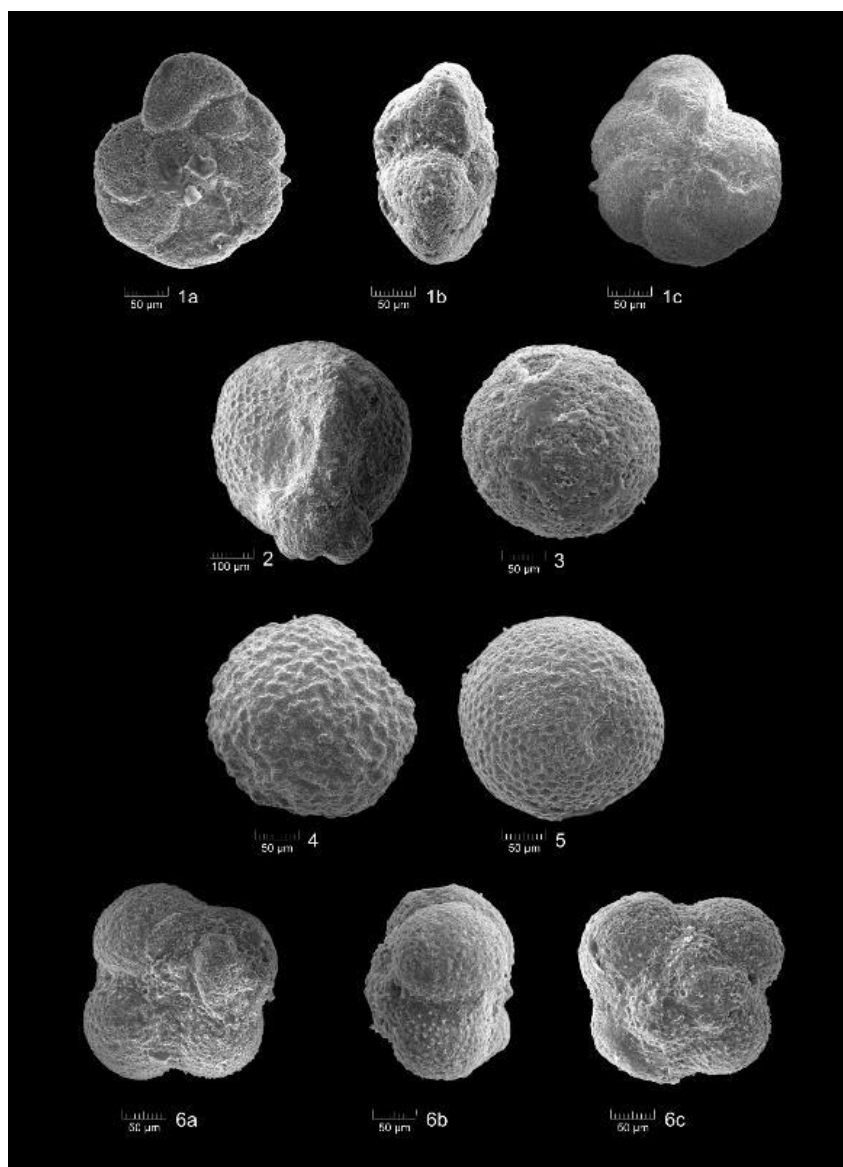
شروع این پهنه زیستی منطبق با ظهور اولین گونه *Orbulina suturalis* در ضخامت ۱۲۵ متری و در سازند

³ Biozone¹ Guri Member² Plankton

سنگواره‌های موجود در این پهنه زیستی، سن میوسن میانی (لانگین پسین) را برای آن مشخص می‌سازد. فراوان‌ترین جنس‌ها و گونه‌های موجود در این پهنه زیستی عبارتند از:

Praeorbulina glomerosa glomerosa, *Globorotaloides hexagona*, *Dentoglobigerina globularis*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerina* sp., *Globigerinella pseudobesa*, *Globorotalia mayeri*, *Globigerina rubescens*, *Globigerinella calida*, *Orbulina suturalis*.

میشان مشخص می‌گردد. در وید و همکاران (۲۰۱۱)، اولین حضور *O. suturalis* شروع پهنه زیستی M6 را مشخص می‌کند و در بولی و ساندرز (۱۹۸۵)، اولین حضور *O. suturalis* معادل با N9 است. خاتمه این پهنه زیستی در سازند میشان با ظهور گونه *Globorotalia fohsella* و در ضخامت ۳۸۵ متری در برش مورد پژوهش می‌باشد. این پهنه زیستی در سازند میشان و در منطقه مورد پژوهش، ۲۶۰ متر ضخامت دارد و از دیدگاه سنگ‌شناسی، بیشتر از مارن تشکیل شده است. گروه



شکل ۴. تصاویری از ریزسنگواره‌های ایزوله شناسایی شده در برش مورد پژوهش

1- *Globorotalia (Fohsella) peripheroacuta*; sample no. mn1; *Orbulina suturalis* Interval zone 1b: lateral view 1b: lateral view 1c: spiral view. 2- *Globigerinatella insueta*, lateral view; sample no. mn1; *Orbulina suturalis* Interval zone. 3- *Orbulina suturalis*; sample no. mn1; *Orbulina suturalis* Interval zone. 3: lateral view. 4- *Praeorbulina glomerosa glomerosa*; sample no. mn1; *Orbulina suturalis* Interval zone 2: side view. 5- *Praeorbulina glomerosa circularis*; sample no. mn1; *Orbulina suturalis* Interval one. side view. 6- *Catapsydrax* cf. *dissimilis*; sample no. mn80; *Globorotalia preafohsi* Interval zone 6a: umbilical view 6b: lateral view 6c: spiral view.

دسته‌ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی

بررسی دسته ریزرخساره‌های میکروسکپی به همراه بازدیدهای صحرایی، داده‌هایی را برای بررسی روند تکاملی محیط دیرینه و نوسان سطح آب دریا ارایه می‌کند (تسج و همکاران، ۲۰۱۸؛ ونت، ۲۰۲۰، هانمن و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین کمربندهای رخساره‌ای توسط ویژگی‌های سنگ‌شناسی اجزای اسکلتی و غیراسکلتی و بافت مشخص شده و نشان‌دهنده شرایط حاکم بر محیط رسوب‌گذاری است (تسج و همکاران، ۲۰۱۸). تغییر جانبی و عمودی در کمربندهای رخساره‌ای به علت اختلاف در الگوهای محیطی، تأثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی، ورود رسوبات آواری و نوسان سطح آب دریا صورت می‌گیرد. بررسی‌های صحرایی و همچنین تجزیه و تحلیل میکروسکپی نهشته‌های برش مورد پژوهش، منجر به شناسایی ۱۸ دسته ریزرخساره^۱ در شش کمر بند یا پهنه رخساره‌ای (زیرمحیط) شده است که از سمت ساحل به سوی حوضه، توصیف و تفسیر می‌شوند.

دسته‌ریزرخساره پهنه جزرومدی یا زیرمحیط کِشندی^۲ (گروه A)

ریزرخساره مادستون تا دُلمادستون^۳ (A1): این دسته‌ریزرخساره در صحرا با چینه‌بندی نازک تا متوسط و رنگ هوازده نخودی مایل به قهوه‌ای رخنمون دارد. بخش‌هایی از این رخساره، دارای دُلمیت‌های ریز و متوسط بلور نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل هستند و هیچ‌گونه اجزای اسکلتی یا غیراسکلتی در آن دیده نمی‌شود (شکل a-d). در این دسته‌رخساره، ساخت‌های پنجره‌ای^۴، چشم‌پرنده‌ای و قالب‌های تبخیری دیده می‌شوند (شکل b-d). این دسته‌ریزرخساره دارای ۶ درصد ذرات دانه‌ریز آواری نیز هست که بیشتر دربرگیرنده کوارتزهای در اندازه ماسه ریز تا متوسط با جورشدگی ضعیف و زاویه‌دار است.

تفسیر: حضور رخساره مادستون تا دُلمادستون می‌تواند نشان‌دهنده تشکیل در یک زیرمحیط کم‌ژرفا که در آن شرایط تبخیر حکم فرماست، باشد. کمبود یا نبود سنگواره در این گروه رخساره‌ای، نشان‌دهنده نبود شرایط زیست

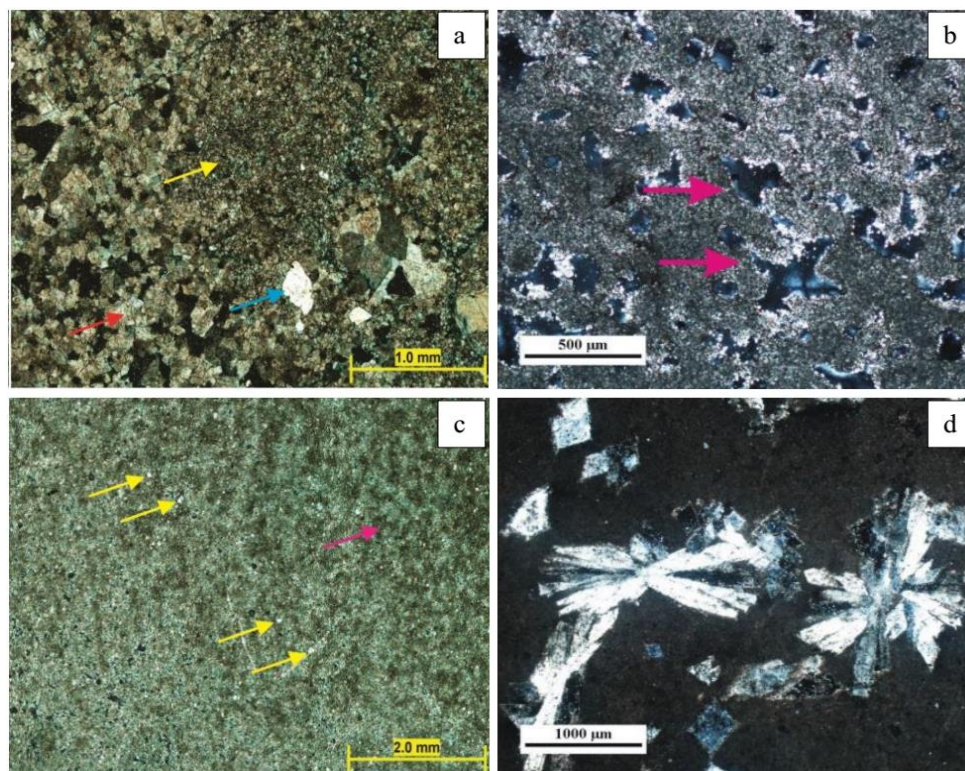
مناسب و چرخش محدود آب است (فلوگل، ۲۰۱۰؛ هانمن و همکاران، ۲۰۲۱). شواهدی از قبیل گسترش دُلمیت‌های ریزبلور، نبود دانه‌های اسکلتی و غیراسکلتی، وجود ساخت چشم‌پرنده‌ای و حفره‌ای، غالب بودن گل آهکی در ریزرخساره‌های این دسته می‌تواند بیانگر پیدایش این گروه رخساره‌ای در زیرمحیط‌های کِشندی بالایی تا روکشندی^۵ باشد (فلوگل، ۲۰۱۰).

دسته‌ریزرخساره‌های زیرمحیط کولابی^۶ (گروه B)

ریزرخساره مادستون-وکستون شکم‌پادار^۷ (B1): این دسته‌ریزرخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک مارنی با چینه‌بندی نازک تا متوسط و رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای است. در این رخساره، شکم‌پایان فراوان‌ترین آلوکِم اسکلتی بوده و ۷ تا ۱۰٪ نمونه را تشکیل می‌دهند. از دیگر اجزای این دسته‌ریزرخساره می‌توان به زیست‌آوارهایی همچون: جلبک‌های سبز با فراوانی ۳ تا ۵٪، خرده‌های دوکفه‌ای نزدیک ۲٪ و خارداران با فراوانی ۲٪، میلیولیدها با فراوانی ۴ تا ۶٪، روزنبرانی همچون آمفیستژینا (۵٪) و الفیدیوم (۱٪) اشاره کرد. فضای بین آلوکِم‌ها با گل آهکی پر شده و اجزای اسکلتی از تراکم بالایی برخوردار نبوده و در زمینه شناورند (شکل ۶ a, b).

ریزرخساره وکستون-پکستون میلیولیدی^۸ (B2): این دسته‌ریزرخساره در صحرا، با چینه‌بندی متوسط تا ضخیم و به رنگ خاکستری روشن است. تشکیل‌دهنده اصلی این دسته، روزنبران ی از خانواده میلیولیده با فراوانی ۳۰ تا ۴۰٪ است. آلوکِم‌های دیگر این دسته‌رخساره: روزنبران کفزی (تریلوکولینا، ماندروپسینا، بورلیس و آمونیا) با فراوانی ۲۲٪، جلبک‌های سبز با فراوانی ۱۰٪، شکم‌پایان با فراوانی حدود ۵ تا ۷٪، استراکدها با فراوانی حدود ۲ تا ۳٪، دوکفه‌ای‌ها و خارداران با فراوانی حدود ۱٪، پلت با فراوانی حدود ۵ تا ۸٪، مقادیری پلویید و آئید با فراوانی ۵٪ می‌باشد. همچنین از نظر بافتی، زمینه این دسته از گل آهکی تشکیل شده و در برخی از ریزرخساره‌ها نیز، سیمان کلسیتی دیده می‌شود. همچنین حدود ۲٪ کوارتز در اندازه ماسه ریزدانه وجود دارد (شکل ۶ c, d).

^۶ Lagoon^۷ Gastropods Mudstone-Wackestone Microfacies^۸ Miliolids Wackestone-Packstone Microfacies^۱ Microfacies Packages^۲ Tidal Flat^۳ Mudstone-Dolomudstone Microfacies^۴ Fenestral^۵ Upper Intertidal-Supratidal



شکل ۵. تصاویر میکروسکوپی دسته‌بزرخساره پهنه جزرومدی یا زیرمحیط کِشندی (Tidal Flat) یا گروه A: (a) ذلومیت‌های ریزبلور (فلش زردرنگ) تا متوسط بلور (فلش قرمز رنگ) به همراه دانه‌های آواری کوارتز (فلش آبی رنگ) در دسته‌ریزخساره مادستون-ذلومادستون (مقطع ۱۰). (b) ساخت پنجره‌ای و چشم پرنده‌ای (فلش صورتی رنگ) در دسته‌ریزخساره مادستون-ذلومادستون (مقطع ۱۳). (c) بخش‌های گلی دسته‌ریزخساره مادستون-ذلومادستون به همراه دانه‌های آواری کوارتز در اندازه سیلت (فلش زردرنگ) و بلورهای تبخیری (فلش قرمز رنگ)، (مقطع ۲۰). (d) بلورهای تبخیری در دسته‌ریزخساره مادستون-ذلومادستون (مقطع ۲۲).

جز تشکیل‌دهنده این گروه است که حدود ۱۵٪ فراوانی دارند. دیگر آلوکیم‌ها شامل زیست‌آوارهایی همچون: دوکفه‌ای‌ها ۵٪، شکم‌پایان ۴٪ و خارداران ۱٪ می‌باشد. همچنین حدود ۵٪ پلت در این دسته‌رخساره دیده می‌شود (شکل ۶ g).

ریزرخساره وکستون آمونیا‌دار^۴ (B5): این دسته ریزرخساره در بررسی‌های صحرایی به‌صورت سنگ‌آهک تا سنگ‌آهک مارنی با چینه‌بندی متوسط به‌رنگ کرم تا خاکستری دیده می‌شود و در بررسی‌های میکروسکوپی، آلوکیم اصلی تشکیل‌دهنده آن ریزسنگواره *Ammonia* می‌باشد. آمونیا ۱۰ تا ۲۰٪ از اجزای اسکلتی تشکیل‌دهنده این گروه می‌باشد. از دیگر ریزسنگواره‌ها می‌توان به *Elphidium* با فراوانی حدود ۵٪، *Borelis* با فراوانی حدود ۱ تا ۲٪ و میلیولیدهایی مانند *Quinqueloculina*، *Spiroloculina* و *Triloculina* با فراوانی ۳ تا ۵٪ اشاره داشت (شکل ۶ h).

ریزرخساره وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آواردار^۱ (B3): این دسته ریزرخساره در صحرا به‌صورت سنگ‌آهک‌های مارنی با چینه‌بندی متوسط به رنگ خاکستری روشن رخمون دارد. دانه‌های پلویید با فراوانی ۶۰٪ و آئید با فراوانی ۸٪ اجزای اصلی غیراسکلتی آنرا تشکیل می‌دهند. از دیگر اجزای این دسته‌ریزرخساره، می‌توان به زیست‌آوارهایی مانند: دوکفه‌ای‌ها با فراوانی ۷٪، جلبک‌های سبز داسی‌کلاداسه‌آ با فراوانی ۵٪، شکم‌پایان با فراوانی ۱٪، جلبک‌های قرمز با فراوانی ۴٪، بازوپایان با فراوانی ۲٪ و روزن‌بران کفزی با فراوانی ۳٪، اشاره نمود. زمینه این دسته‌ریزرخساره دارای نزدیک ۲۰٪ گل‌آهکی و ۵٪ سیمان کلسیتی است (شکل ۶ e, f).

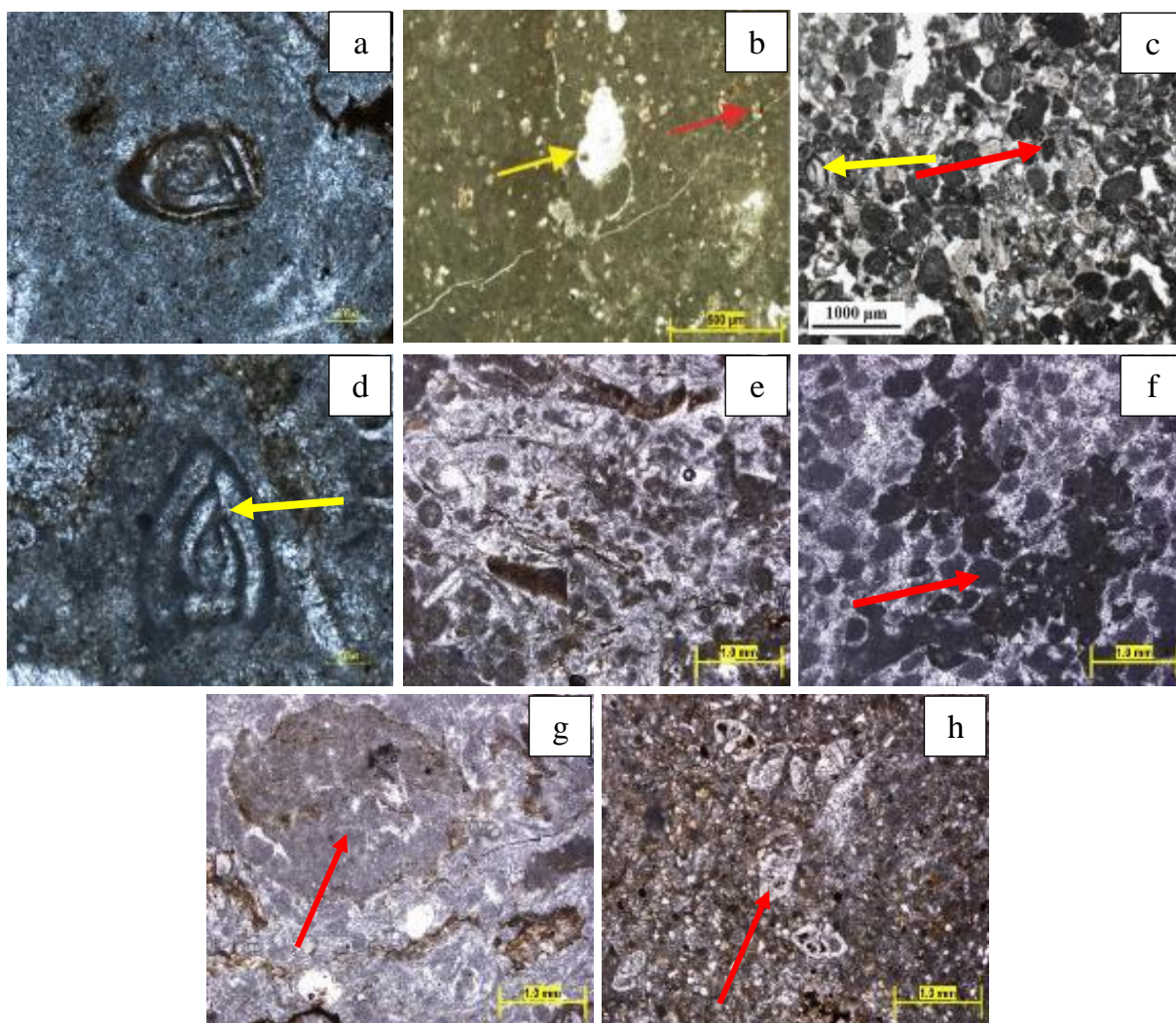
ریزرخساره وکستون درون‌آواردار زیست‌آواری^۲ (B4): این دسته‌ریزرخساره در صحرا به‌صورت سنگ‌آهک تا سنگ‌آهک‌های مارنی با چینه‌بندی نازک تا متوسط و خاکستری رنگ رخمون دارد. درون‌آوارها^۳، فراوان‌ترین

^۴ Ammonia Wackestone Microfacies

^۱ Bioclastic Peloids Wackestone-Packstone Microfacies

^۲ Bioclastic Intraclasts Wackestone Microfacies

^۳ Intraclasts



شکل ۶. تصاویر میکروسکوپی دسته ریزرخساره‌های زیرمحیط کولابی (Lagoon) یا گروه (a: B) سنگواره میلیولید در دسته ریزرخساره مادستون-وکستون شکم‌پادار (مقطع ۳۳). (b) بُرش طولی شکم‌پا (فلش زردرنگ) به همراه بلورهای دانه ریز دلویمیت (فلش قرمز رنگ) در دسته ریزرخساره مادستون-وکستون شکم‌پادار (مقطع ۴۰). (c, d) میلیولید (فلش زردرنگ) به همراه پلویید (فلش قرمز رنگ) در دسته ریزرخساره وکستون-پکستون میلیولیدی (مقطع ۴۸). (e, f) پلویید (فلش قرمز رنگ) در رخساره وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آوردار (مقطع ۵۰). (g) درون آوار / اینتراکلاست (فلش قرمز رنگ) در رخساره وکستون درون‌آوردار زیست‌آوری (مقطع ۵۶). (h) وکستون آمونیاپادار (فلش قرمز رنگ)، (مقطع ۶۰).

با دیواره پُرسلانوز مانند *Borelis* و *Meandropsina* فراوانی میلیولیدهایی مانند *Triloculina* و *Quinqueloculina*، *Spiroloculina*، *Heterillina* و *Massilina* که از موجودات ویژه زیرمحیط‌های کم‌ژرفا و محصور دریایی با انرژی پایین‌اند، نشان‌دهنده تشکیل این گروه رخساره‌ای در شرایط کم‌ژرفا و کم‌انرژی زیرمحیط کولابی است (لی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۹؛ واله و همکاران، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، حضور گسترده سنگواره *Ammonia* که بیشتر در زیرمحیط کم‌عمق پشت ریف زندگی می‌کند، نشان‌دهنده محیطی با انرژی پایین و تأییدکننده زیرمحیط کولابی می‌باشد (مورایی، ۲۰۰۶).

دسته ریزرخساره مارن با روزن‌بران کفزی^۱ (B6): این توالی در بررسی‌های صحرائی به صورت مارن‌های سبز تا خاکستری روشن دیده می‌شود. بررسی‌های انجام شده روی مارن‌های این بخش از توالی، نشان‌دهنده مقادیر فراوانی از ریزسنگواره‌های روزن‌داران کفزی خانواده‌های *Miliolidae* و *Alveolinidae* است.

تفسیر: زمینه گل‌آهکی در گروه رخساره‌ای B که در بعضی دسته ریزرخساره‌ها دچار نوشکلی^۲ شده است، نشان‌دهنده شرایط کم‌انرژی محیط تشکیل آن‌ها می‌باشد (توماستی و همکاران، ۲۰۱۸؛ تسج و همکاران، ۲۰۱۸؛ سکوترو و همکاران، ۲۰۱۹). وجود روزن‌بران کفزی بزرگ

^۲ Neomorphism

^۱ Benthic Foraminifera Marlstone Microfacies Package

شکم‌پایان با فراوانی ۲۰٪، خارداران با فراوانی ۱۳٪، بازوپایان با فراوانی ۹٪ و جلبک‌های قرمز با فراوانی ۹٪ می‌باشند. آلوکیم‌های غیراسکلتی دربردارنده آلیید با فراوانی ۹٪، پلت با فراوانی ۶٪ و برون‌آوارها^۶ با فراوانی ۱٪ است. فضای بین آلوکیم‌ها نیز با سیمان پر شده است (شکل ۷ (b,a)).

ریزرخساره گرینستون یا رودستون مرجانی زیست‌آواردار^۷ (C2): توالی‌های مربوط به این دسته ریزرخساره بیشتر با چینه‌بندی متوسط و ضخیم و رنگ نخودی تا خاکستری است و دارای لامیناسیون مورب تا موج نقش‌دار است که بیشتر به صورت توالی‌های نیم تا یک متری روی دسته ریزرخساره فریمستون مرجانی دیده می‌شوند. این دسته ریزرخساره حاوی ۳۰ تا ۴۰٪ خرده‌های مرجان، ۱۰٪ خرده‌های دوکفه‌ای، ۵٪ جلبک‌های قرمز، ۵٪ بازوپایان، ۳٪ آپرکولینا و آمفیستینا و ۱۰٪ آلیید است (شکل d-cv). زمینه این دسته ریزرخساره، سیمان کلسیتی است. تفاوت اصلی این دسته با دسته پیشین (C1) این گروه، حضور مرجان‌ها و روزنبران بزرگ هیالین است.

تفسیر: از ویژگی‌های اصلی این گروه رخساره‌ای، نبود زمینه گل‌آهکی و حضور گرینستون‌ها است که خود نشان‌دهنده زیرمحیط‌های پرانرژی مانند پشته‌های زیست‌آواری یا تپه‌های ماسه‌ای کربناته (Shoal/Bar) می‌باشد. حضور خرده‌های اسکلتی مانند مرجان‌ها، بریوزوئرها، خارداران و بازوپایان، نبود گل‌آهکی و همچنین وجود لایه‌بندی و لامیناسیون مورب و موج نقش‌دار، گویای تشکیل این گروه رخساره‌ای در زیرمحیط‌های پشته‌های زیرآبی و بالای خط اثر امواج آرام آب است (احمد و همکاران، ۲۰۰۶؛ فلوگل، ۲۰۱۰). در دسته ریزرخساره‌های C1 و C2 وجود زمینه‌ای که به طور کامل از سیمان است و همچنین اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها، بیانگر بالا بودن میزان انرژی در زمان تشکیل است (توماستی و همکاران، ۲۰۱۸؛ تسج و همکاران، ۲۰۱۸). از سویی فراوانی موجودات باریک شوری در دسته ریزرخساره (C2) نیز، می‌تواند نمایانگر پیدایش آن در بخش‌های رو به دریای پشته زیست‌آواری^۸ زیردریایی کم‌ژرفا باشد.

حضور شکم‌پایان و جلبک‌های سبز نیز در این گروه رخساره‌ای، خود نشان‌دهنده شرایط چرخش محدود آب دریا می‌باشند. پلوییدها مؤید آب‌های کم انرژی، گرم و بسیار سیرشده (اشباع) از کربنات کلسیم با چرخش محدود می‌باشند (لی و همکاران، ۲۰۱۸؛ الف؛ ۲۰۱۹؛ واله و همکاران، ۲۰۱۹). فراوانی بالای پلوییدها حاکی از کم‌عمق‌تر و محدودتر شدن با شرایط انرژی کم در زیرمحیط‌های کولابی است. گوناگونی جانوری کم در زیرمحیط‌های کولابی نشانگر رسوب‌گذاری زیر شرایط شوری بالا و چرخش محدود آب و ارتباط کم با زیرمحیط‌های دریایی است. افزون بر موجودات پهنه‌های با چرخش آب محدود، سنگواره‌های دریایی باز مانند بریوزوئرها، بازوپایان و خارداران در دسته ریزرخساره‌های وکستون پکستون پلوییدی زیست‌آواردار، وکستون درون‌آواردار زیست‌آواری دیده می‌شوند که گاهی فراوانی آن‌ها به ۱۰ تا ۱۵ درصد نیز می‌رسد. این شرایط نشان‌دهنده ارتباط زیرمحیط کولابی با دریای باز و تشکیل این دسته ریزرخساره‌ها در زیرمحیط کولابی با چرخش آزاد آب می‌باشد. به طور کلی، زیرمحیط کولابی با گوناگونی پایین موجودات باریک‌شوری^۳ مشخص می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۰۶؛ واله و همکاران، ۲۰۱۹) و حضور اینگونه سنگواره‌ها در زیرمحیط‌های کولابی، احتمالاً بر اثر جابه‌جایی‌های برآمده از کارکردهای توفانی می‌باشد (تاگر، ۱۹۹۰). البته همراهی درون‌آوارها (اینتراکلست‌ها) با زیست‌آوارهای (بیوکلست‌ها) دریایی و سنگواره‌های کولابی، رسوب‌گذاری در زیرمحیط‌های کولابی نیم‌محصور را هم نشان می‌دهد.

دسته ریزرخساره‌های زیرمحیط پشته‌های زیست‌آواری یا تپه‌های زیردریایی^۴ (گروه C)

ریزرخساره گرینستون یا رودستون زیست‌آواردار^۵ (C1)
این دسته ریزرخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک‌های توده‌ای و ضخیم و دارای لایه‌بندی مورب است. زیست‌آوارها در این گروه رخساره‌ای نسبت به دیگر آلوکیم‌ها فراوان‌تر بوده و فراوانی آن‌ها به ۶۰ درصد می‌رسد. آلوکیم‌های اسکلتی دربرگیرنده دوکفه‌ای‌ها با فراوانی ۲۷٪،

⁶ Exterclasts

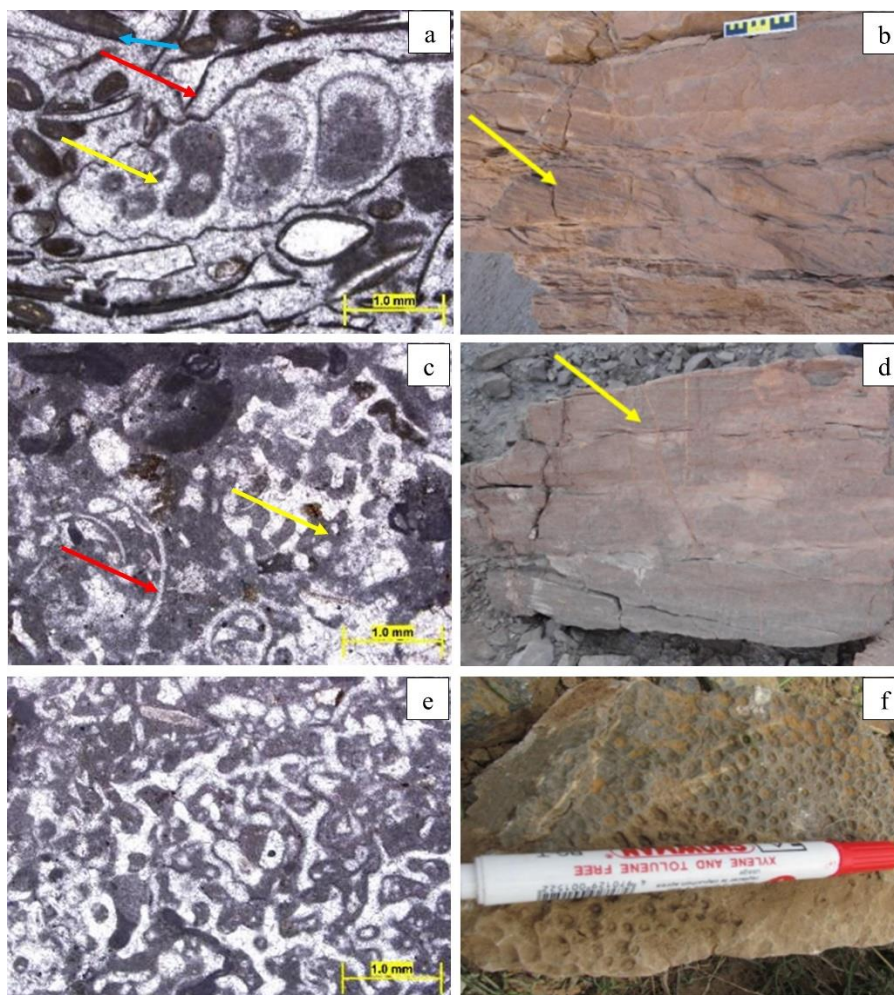
⁷ Bioclastic Corals Grainstone / Rudstone Microfacies

⁸ Bioclasts Shoal

³ Stenohalyne

⁴ Shoal/Bar

⁵ Bioclasts Grainstone / Rudstone Microfacies



شکل ۷. تصاویر میکروسکوپی دسته ریزرخساره‌های زیرمحیط پشته‌های زیست‌آوری / تپه‌های زیردریایی (Shoal/Bar) یا گروه C و زیرمحیط ریف‌های کومه‌ای / آبنسنگ‌های پراکنده (Patch Reef) یا گروه (D): (a) برش طولی شکم‌پا (فلش زردرنگ) به همراه خرده‌های زیست‌آوار (فلش قرمز رنگ) و بازوپایان (فلش آبی رنگ) در دسته‌ریزرخساره گرینستون/رودستون زیست‌آواردار (مقطع ۶۳). (b) تصویر صحرایی لایه‌بندی مورب در دسته‌ریزرخساره گرینستون/رودستون زیست‌آواردار (مقطع ۶۵). (c) مرجان (فلش زردرنگ)، دوکفه‌ای (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزرخساره گرینستون/رودستون مرجانی زیست‌آواردار (مقطع ۶۷). (d) تصویر صحرایی لامیناسیون مورب و موج نقش‌دار مربوط به دسته‌ریزرخساره گرینستون/رودستون مرجانی زیست‌آواردار (مقطع ۶۸). (e) دسته‌ریزرخساره فریمستون مرجانی (مقطع ۷۱). (f) تصویر صحرایی دسته‌ریزرخساره فریمستون مرجانی (مقطع ۷۲).

می‌شوند، ولی فضاهای درونی آن‌ها بیشتر با سیمان بلوکی پر شده است. پهنای این بخش مرجانی، گاهی به چندین متر نیز می‌رسد و در برخی موارد نیز به گونه کناری (جانبی) از پهنای آن‌ها کاسته شده و سرانجام ناپدید می‌شوند. جلبک‌های قرمز، لاله‌وشان، بازوپایان، دوکفه‌ای‌ها، بریوزوئرها و مقادیر کمتری روزنبران کفزی (۱۰٪) نیز، از فونای همراه این دسته ریزرخساره هستند که این اجزای اسکلتی دارای جورشدگی و گردشدگی خوب تا متوسطی می‌باشند. مقادیری اندک از ماسه کوارتزی (۱٪) هم در اندازه خیلی ریزدانه وجود دارند.

دسته‌ریزرخساره زیرمحیط ریف‌های کومه‌ای یا آبنسنگ‌های پراکنده^۱ (گروه (D))

ریزرخساره فریمستون مرجانی^۲ (D1): این ریزرخساره در صحرا با چینه‌بندی متوسط تا ضخیم رخنمون دارد و دارای ۸۰ تا ۹۵٪ مرجان است که بیشتر با پیوستن بهم، یک چارچوب را ساخته‌اند. فضای خالی درون چارچوب مرجانی با سیمان‌های کلسیتی روشن و شفاف پر شده است. در برخی موارد، مرجان‌ها و یا سیمان‌های کلسیتی آن‌ها با سیلیس جایگزین شده‌اند (شکل ۷، e، f). در پیرامون دیواره مرجان‌ها بیشتر سیمان‌های ریزبلور و کشیده اولیه دیده

¹ Patch Reef

² Coral Framestone Microfacies

بین آن‌ها با مخلوطی از سیمان کلسیتی و گل آهکی پر شده است.

ریزرخساره پکستون یا رودستون دارای خارداران^۴ (E2): توالی‌های مربوط به این دسته‌ریزرخساره در صحرا با چینه‌بندی متوسط تا ضخیم و رنگ خاکستری دیده می‌شوند. خارداران با فراوانی ۴۰٪، آلوکم اصلی این گروه است. از دیگر اجزای اصلی آن می‌توان به سیفون دوکفه‌ای‌ها از جنس کوفوس با فراوانی ۱۵ تا ۲۰٪ اشاره کرد. این دسته‌ریزرخساره همچنین دارای نزدیک ۵٪ مرجان، ۵٪ دوکفه‌ای‌ها و بریوزوئرها و ۳٪ جلبک‌های قرمز است (شکل ۸ b-d). اندازه خارداران و دوکفه‌ای‌های این دسته‌ریزرخساره بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر است. کوفوس در بیشتر موارد به صورت عمود بر لایه‌بندی دیده می‌شوند. زمینه این دسته‌ریزرخساره بیشتر از میکریتم آهکی و با اندکی سیمان تشکیل شده است.

ریزرخساره گرینستون یا رودستون با جلبک‌های قرمز و زیست‌آواردار^۵ (E3): این دسته ریزرخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک با چینه‌بندی ضخیم و رنگ نخودی دیده می‌شوند. این دسته دارای ۴۰ تا ۵۰٪ جلبک‌های قرمز از جنس *Lithothamnion* است. از دیگر اجزا با اندازه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر می‌توان به بریوزوئرها با فراوانی ۵٪، بازوپایان با فراوانی ۵٪ و دوکفه‌ای‌ها با فراوانی ۳٪ اشاره نمود (شکل ۸ e, f). فضای خالی بین آلوکم‌ها نیز، با سیمان اسپاریتی پر شده است.

ریزرخساره پکستون-گرینستون یا رودستون بریوزوئری زیست‌آواردار^۶ (E4): این دسته‌ریزرخساره در صحرا با چینه‌بندی ضخیم و رنگ خاکستری تا نخودی دیده می‌شوند. اجزای اصلی این گروه، بریوزوئرها با فراوانی ۴۰ تا ۵۰٪ است. دیگر اجزای اسکلتی، دربرگیرنده بازوپایان ۲۰٪، جلبک‌های قرمز ۵٪، دوکفه‌ای‌ها ۲٪ و آپرکولینا ۲٪ است (شکل ۸ i,h,g). اندازه بیشتر اجزا بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر است. البته فضای خالی بین بریوزوئرها در بیشتر موارد با میکریتم پر شده است.

ریزرخساره پکستون آنیگسلادار^۷ (E5): این دسته ریزرخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک با چینه‌بندی

تفسیر: دسته‌ریزرخساره ریفی چارچوب‌ساز مرجانی، ساختاری را پدیدار نموده که شمار کمی از روزن بران کفزی همچون آپرکولینا و آمفیستژینا به همراه جلبک‌های قرمز و بازوپایان هم در آن دیده می‌شوند. بنابراین باید بیان داشت که این ریف‌های مرجانی احتمالاً به صورت کومه‌ای یا پراکنده^۱ در لبه فلات (رَمپ) و به طور مشخص در لبه رَمپ درونی تشکیل شده‌اند. از سوی دیگر، ناپدید شدن این آبنگ‌ها به گونه جانبی نیز، تأییدکننده ریف کومه‌ای است. این دسته‌ریزرخساره ریفی که آلوکم اصلی آن را مرجان تشکیل می‌دهد، به دلیل وجود سپتاهای ضخیم و اندازه‌ی متوسط تا بزرگ مرجان‌ها، یک ساختار سازگار یافته برای رویارویی با جریان‌های آشفته کمابیش شدید و فشارهای جانبی برآمده از برخورد آب متلاطم با پیکره مرجان به شمار می‌آید (برکوسکی و زاپالسکی، ۲۰۱۴). مرجان‌هایی با این ساختار درونی، در محیطی با انرژی متوسط تا کم و بیش بالا قادر به زیست بوده‌اند. این محیط به لحاظ دارا بودن اکسیژن کافی، جریان‌های خوراک‌دار، شوری مناسب و نور فراوان، شرایط زیستی مناسبی را برای رشد مرجان‌ها به گونه‌ی ریف‌های کومه‌ای فراهم کرده است (تسچ و همکاران، ۲۰۱۸؛ سکوئرو و همکاران، ۲۰۱۹).

دسته ریزرخساره‌های زیرمحیط دریای باز کم‌ژرفا^۲ در رَمپ میانی (گروه E)

ریزرخساره پکستون-گرینستون یا رودستون با آپرکولینا و زیست‌آواردار^۳ (E1): این دسته ریزرخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک ماری با چینه‌بندی ضخیم و رنگ نخودی دیده می‌شوند. این دسته رخساره دارای ۵۰ تا ۶۰٪ روزن‌بران کفزی همچون *Operculina*، دوکفه‌ای‌ها با فراوانی ۹٪، بریوزوئرها از جنس *Onychocella* با فراوانی ۶٪، دیگر بریوزوئرها با فراوانی ۵٪، جلبک‌های قرمز با فراوانی ۶٪ و بازوپایان با فراوانی ۳٪ است (شکل ۸ a). بیشتر دانه‌های این دسته، بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر هستند که فضای

^۶Bioclastic Bryozoans Packstone-Grainstone/Rudstone Microfacies

^۷ Onychocella Packstone Microfacies

^۱ Patch Reef

^۲ Shallow Open Marine

^۳Bioclastic Operculina Packstone-Grainstone/Rudstone Microfacies

^۴ Echinoids Packstone / Rudstone Microfacies

^۵ Bioclastic Corallinaceans Grainstone / Rudstone Microfacies

گل‌پشتیبان بوده و دانه‌ها در زمینه گل‌آهکی شناورند. این دست‌ریزخساره حاوی ۰.۷٪ روزنبران شناور، ۰.۱٪ دوکفه‌ای‌های نازک و ۰.۱٪ کرم‌های حلقوی است (شکل ۸ K). در برخی از نمونه‌های این گروه، فراوانی تمام اجزا کمتر از ۱۰٪ است و دارای حدود ۰.۳٪ دانه‌های کوارتز در اندازه ماسه ریزدانه نیز هست.

ریزخساره وکستون با روزنبران شناور^{۱۳} (F2): این دست‌ریزخساره در بررسی‌های صحرایی به صورت سنگ‌آهک مارنی با چین‌بندی نازک تا متوسط و به رنگ خاکستری روشن دیده می‌شود و در بررسی‌های میکروسکوپی، به صورت یک پکستون دارای روزنبران شناور می‌باشد. آلوکم شاخص این دسته، روزن بران شناور مانند *Globigerinoides* و *Globigerina* با فراوانی نزدیک به ۲۰ تا ۳۵ درصد می‌باشد. از جمله آلوکم‌های دیگر تشکیل‌دهنده این گروه می‌توان به روزنبران کفزی با پوسته هیالین مربوط به زیرمحیط دریایی مانند *Operculina* و *Heterostegina* با فراوانی نزدیک به ۱ تا ۳٪، خرده‌های بریوزوئرها با فراوانی نزدیک به ۰.۱٪ و خرده‌های خارداران با فراوانی نزدیک به ۰.۲٪ درصد اشاره نمود (شکل ۸ L). قابل ذکر است که زمینه تشکیل‌دهنده این دست‌ریزخساره به طور کامل از گل‌آهکی تشکیل شده است و آلوکم‌های درون آن نیز، به شدت خردشده می‌باشند. از آرْتِک‌ها می‌توان به فسفات و گلوکونیت با فراوانی نزدیک به ۰.۳٪ اشاره کرد. از ویژگی‌های برجسته این گلوکونیت‌ها می‌توان به زاویه‌دار بودن و رنگ سبز کم‌رنگ متمایل به زرد آن‌ها اشاره کرد.

ریزخساره مارن با روزنبران شناور و کفزی بزرگ^{۱۴} (F3): این دسته ریزخساره در بررسی‌های صحرایی به صورت مارن سبز روشن دیده می‌شود. در بررسی‌های انجام شده روی این مارن‌ها، حضور روزنبران شناوری همچون *Globorotalia*، *Globigerina* و *Globigerinoides* (شکل ۴) به همراه روزنبران کفزی ژرف زی مانند آپرکولیناهای پهن و بزرگ و مقادیری گلوکونیت و فسفات تأیید گردیده است.

ضخیم و رنگ خاکستری تا نخودی دیده می‌شوند. آلوکم اصلی این دسته، بریوزوئری از جنس *Onychocella* با فراوانی ۴۰ تا ۵۰٪ است.

تفسیر: بیشتر نهشته‌های رمپ میانی که درون پهنه نوردار رسوب می‌نمایند، از موجوداتی مانند بازوپایان، خارداران، جلبک‌های قرمز، بریوزوئرها، دوکفه‌ای‌ها، کلسی‌اسفرها و روزنبرانی با پوسته هیالین مانند *Amphistegina*، *Operculina*، *Asterigerina* و *Heterostegina* تشکیل شده‌اند. این موجودات بیشترشان به شوری حساس هستند و شرایط مناسب برای حفظ آن‌ها، یک زیرمحیط دریایی باز کم‌ژرفا می‌باشد. ریزخساره‌های دارای خارداران بیشتر مربوط به زیرمحیط دریایی باز می‌باشند (فلوگل، ۲۰۱۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹؛ واله و همکاران، ۲۰۱۹). خارداران، موجوداتی منحصراً دریایی هستند، ولی بعضی از نمونه‌های پویای آن‌ها در زیرمحیط کولابی و خلیج دهانه‌ای با آب‌های لب‌شور نیز دیده می‌شوند، مانند دسته ریزخساره‌های وکستون و یا وکستون-پکستون زیست‌آوردار. بازوپایان نیز موجوداتی دریایی بوده و در دو بستر نرم و سخت زندگی می‌کنند (اسلوتمن و همکاران، ۲۰۱۶). سنگ‌آهک‌های زیست‌آوری E1، E3 و E5 در زیرمحیط گرم و اکسیژن‌دار بخش آغازین رمپ میانی^۸ با شوری عادی تشکیل شده‌اند (توماستی و همکاران، ۲۰۱۸) که شرایطی مناسب برای بریوزوئرها، خارداران، جلبک‌های قرمز و روزنبران بزرگ است. رخساره E2 و E4 بیانگر رسوب‌گذاری در بخش‌های پایانی رمپ میانی^۹ و در آب‌های ژرف‌تر می‌باشند.

دسته ریزخساره‌های زیرمحیط دریایی باز ژرف^{۱۰} در رمپ بیرونی (گروه F)

ریزخساره مادستون با روزنبران شناور^{۱۱} (F1): این دسته ریزخساره در صحرا به صورت سنگ‌آهک مارنی تا مارن با چین‌بندی نازک تا متوسط و رنگ خاکستری دیده می‌شوند. این رخساره بیشتر از گل‌آهکی و مقدار کمی روزنبران شناور^{۱۲} تشکیل شده است. اجزای فرعی این دسته رخساره دربرگیرنده ریززیست‌آوارها، کرم‌های حلقوی و پوسته‌های استراکدهای شناور است. بافت آن

¹³ Planktonic Foraminifera Wackestone Microfacies

¹⁴ Larger Benthic & Planktonic Foraminifera Marlstone Microfacies

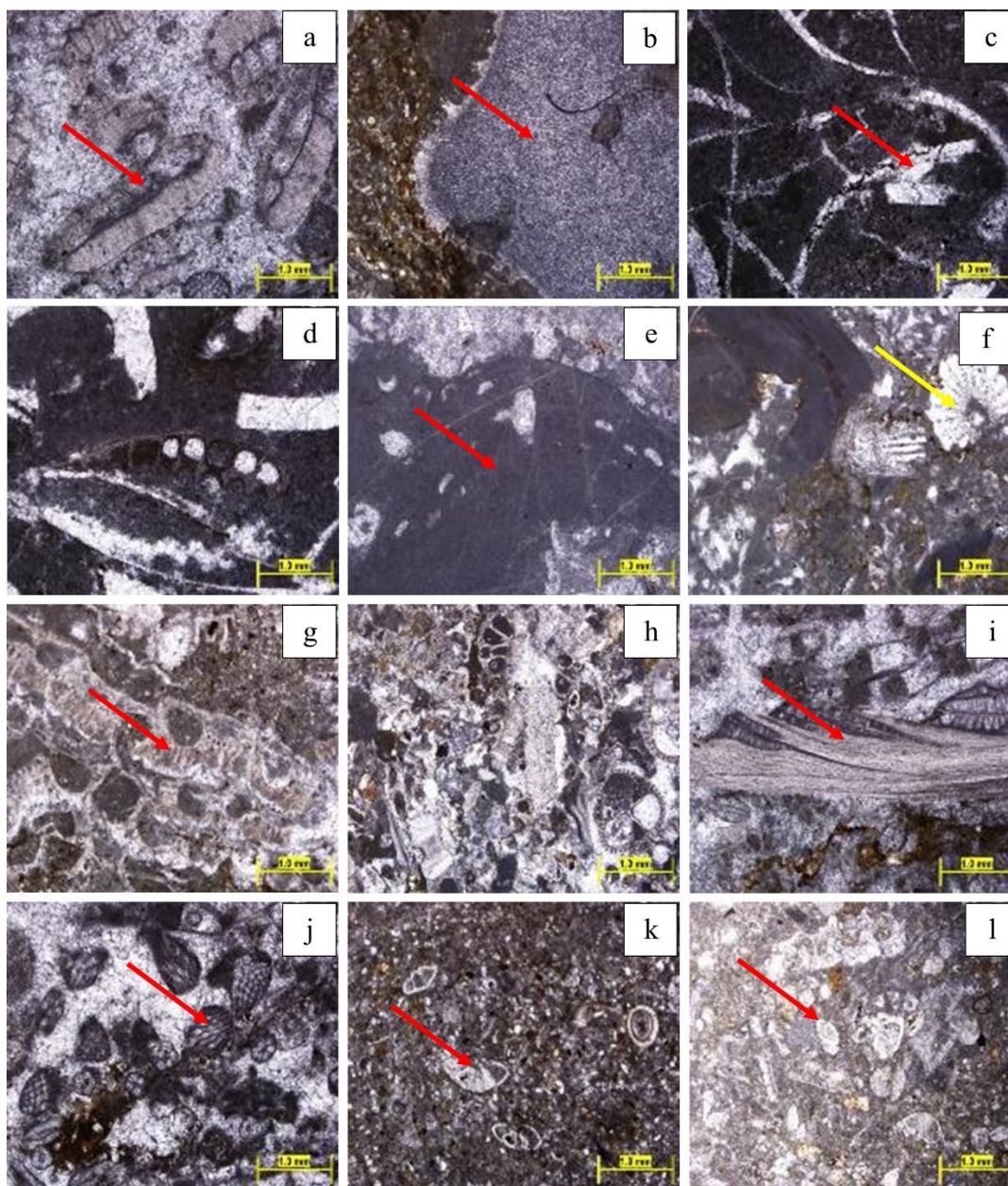
⁸ Proximal Middle Ramp

⁹ Distal Middle Ramp

¹⁰ Deep Open Marine

¹¹ Planktonic Foraminifera Mudstone Microfacies

¹² Plankton



شکل ۸. تصاویر میکروسکوپی دسته‌ریزخساره‌های زیرمحیط دریای باز کم‌ژرفا (Shallow Open Marine) در رَمپ میانی یا گروه E و زیرمحیط دریای باز ژرف (Deep Open Marine) در رَمپ بیرونی یا گروه (a: F) سنگواره آپرکولینا (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون-گرینستون یا رودستون با آپرکولینا و زیست‌آوردار (مقطع ۸۰). (b) سنگواره خاردار (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون/رودستون دارای خارداران (مقطع ۸۲). (c, d) خرده‌های دوکفه‌ای (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون/رودستون دارای خارداران (مقطع ۸۵). (e, f) جلبک قرمز گونه *Lithothamnion* sp. (فلش قرمز رنگ) و خاردار (فلش زرد رنگ) در دسته‌ریزخساره گرینستون/رودستون با جلبک های قرمز و زیست‌آوردار (مقطع ۹۲). (g, h) بریوزوئر (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون-گرینستون/رودستون بریوزوئری زیست‌آوردار (مقطع ۹۴). (i) بازوپایان (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون-گرینستون/رودستون بریوزوئری زیست‌آوردار (مقطع ۹۶). (j) بریوزوئر گونه *Onychocella* sp. (فلش قرمز رنگ) در دسته‌ریزخساره پکستون/آنیگسلا دار (مقطع ۱۰۱). (k) دسته‌ریزخساره مادستون با روزن بران شناور (فلش قرمز رنگ). (مقطع ۹۸). (L) دسته‌ریزخساره وکستون با روزن بران شناور (فلش قرمز رنگ). (مقطع ۹۹).

گویای رسوب‌گذاری در زیرمحیط‌های ژرف کم‌انرژی است که چنین شرایطی نمایانگر برقراری شرایط غیرهوازی یا کمبود اکسیژن در کمر بند رخساره رَمپ بیرونی است. گوناگونی کم فونا (Fauna) و اندازه ریز آن‌ها در این گروه رخساره‌ای، نشان می‌دهد که زیرمحیط رسوبی اولیه دارای

تفسیر: وجود خارداران و دوکفه‌ای‌های نازک که بیشتر از جانوران حساس به شوری هستند، نشانگر تنه‌نشست این دسته ریزخساره‌ای در شرایط دریایی باز ژرف است (تاکر و رایت، ۱۹۹۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین نبود ساختارهای رسوبی مربوط به شرایط پرانرژی در این دسته،

و سنگ‌آهک ماری و همچنین زیرمحیط‌های تشخیص داده شده در بخش‌های ماری، نشان‌دهنده بازه‌هایی با ویژگی‌های محیطی مختلف است که می‌توان آن‌ها را در قالب کمریندهای رخساره‌ای رَمپ درونی، رَمپ میانی تا رَمپ بیرونی کم ژرفا و ژرف تقسیم کرد. گروه رخساره‌ای رَمپ بیرونی کم‌انرژی با رسوب دانه‌ریز، زیای (فونا) اندک و مواد آلی، یک زیرمحیط را در زیر سطح امواج توفانی در بخش‌های ژرف دریای باز نشان می‌دهد. گروه رخساره رَمپ میانی با انرژی متوسط تا زیاد، مرتبط با پهنه بین سطح امواج عادی و توفانی است. این گروه شامل لایه‌های دربرگیرنده از زیست‌آوارهای درشت‌دانه و نوردوست است. لبه رَمپ درونی، محل مناسبی برای تشکیل مرجان‌ها به گونه ریف است و با توجه به اینکه در دسته ریزرخساره بررسی شده، مرجان‌ها پیوستگی کناری ندارند، این گروه رخساره‌ای به گونه ریف کومه‌ای می‌باشد. رَمپ درونی پراثرژی (پُشته زیست آواری) دربرگیرنده دسته ریزرخساره‌های گرینستونی با جورشدگی خوب است که بیانگر کارکرد طولانی امواج روی دانه‌هاست. حضور ساختارهای رسوبی در این دسته ریزرخساره نیز نشانه کارکرد شدید امواج است. ویژگی‌های بافتی و فراوانی میلیولید، دوکفه‌ای، شکم‌پایان، خرده‌های جلبکی و حضور دانه‌های میکریتی و درون‌آوارها بیانگر زیرمحیط دریایی کم‌ژرفای پشت تپه زیست‌آواری و کولاب نیمه‌محصور در کنار پهنه جزرومدی با جریان‌های کمابیش کم می‌باشد که دارای نوسان زیاد درجه شوری و حرارت است (واله و همکاران، ۲۰۱۹). گروه رخساره‌ای پهنه کَشندی یا جزرومدی نیز شامل مادستون، مادستون دَلومیتی با ساختارهای پنجره‌ای است. اینگونه ساختارها، بلورهای تبخیری، فراوانی کم آلوکِم‌ها، برجسته‌ترین نشانه‌ها برای شرایط جزرومدی هستند. بر اساس بررسی‌های انجام شده، توالی‌های ماری نشان‌دهنده بخش‌های دریای باز و تا اندازه‌ای کولابی است. در نتیجه با توجه به شواهد موجود، مانند: نبود ریزش‌ها، برش‌ها، جریان‌های خرده‌دار و توربیدیت‌ها در بخش‌های ژرف و همچنین تبدیل تدریجی دسته ریزرخساره‌ها به یکدیگر و وجود دسته ریزرخساره‌های آب‌های کم‌ژرفا، می‌توان محیط رسوب‌گذاری رسوبات کربناته سازند میشان را در ناحیه مورد پژوهش به شکل یک سکوی کربناته از گونه رَمپ با شیب یکنواخت^۱ در نظر

چرخش محدود آب، شوری زیاد، اکسیژن کم یا نبود اکسیژن و همچنین بیانگر زیرمحیط کم‌انرژی دریای باز ژرف همراه با انباشتگی آهسته کربنات‌ها است (سکوئرو و همکاران، ۲۰۱۸). دسته ریزرخساره‌های دارای روزن‌بران شناور و زمینه آن‌ها، به‌طور کامل از گل آهکی تشکیل شده است و همچنین دارای مقادیری گلوکونیت و فسفات می‌باشند که نماینده ژرفای بیشتری نسبت به دیگر دسته ریزرخساره‌های دریای باز کم‌ژرفا می‌باشند. مارن‌های سبز تا خاکستری رنگ تشکیل‌دهنده عضو ماری سازند میشان در دسته ریزرخساره F3 دارای روزن‌بران شناور مانند *Globoquadrina*، *Globigerinoides*، *Globigerina*، *Praeorbulina* و *Orbulina* به همراه *Operculina* با پوسته‌های پهن است و نبود جلبک‌های همزیست، نشانگر پیدایش آن‌ها در بخش‌های دریای باز ژرف می‌باشد (مارتینوس و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین مقادیری گلوکونیت و فسفات در این دسته رخساره‌ای نشانگر ژرف‌تر بودن حوضه می‌باشد. فراوانی روزن‌داران شناور، حضور روزن‌داران کفزی کوچک و میکریت فراوان که بیانگر رژیم هیدرودینامیکی با انرژی کم است، نهشت این رسوبات را در زیرمحیط پلاژیک تأیید می‌کنند. در چنین شرایطی روزن‌داران شناور، اُستراکدهای پوسته نازک، خارداران، مقدار زیادی میکریت و ریززیست‌آوارها نهشته شده اند، ولی کمابیش بدون سنگواره‌های درشت خواهند بود (جلیلیان، ۱۴۰۰؛ ونت، ۲۰۲۰).

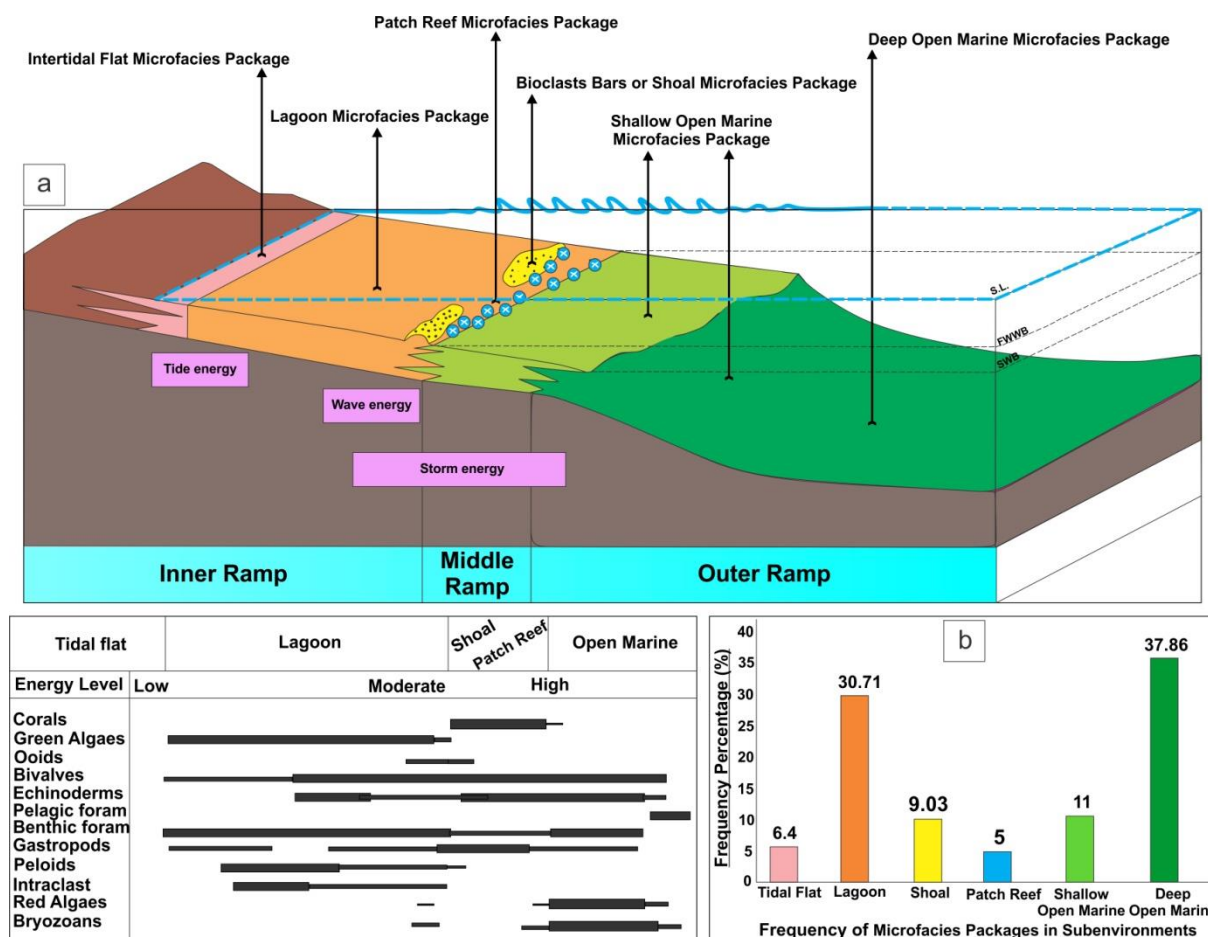
مدل رسوبی پیشنهادی سازند میشان در برش مورد مطالعه

اصولاً با توجه به مقایسه محیط‌های عهدحاضر و قدیمی و نیز مدل‌های گوناگون رسوبی که توسط افراد مختلفی همچون ایروین (۱۹۶۵)، ویلسون (۱۹۷۵)، کاروزی (۱۹۸۹)، تاکر و رایت (۱۹۹۰)، اینسل (۲۰۰۰)، فلوگل (۲۰۱۰) و (تاکر، ۲۰۱۱) ارائه شده، می‌توان رسوبات ناحیه مورد بررسی را توصیف و تفسیر و مدل رسوبی آن را پیشنهاد نمود. در توالی بررسی شده با توجه به بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی و دسته ریزرخساره‌های شناسایی شده و همچنین با مقایسه تغییرات عمودی و جانبی ریزرخساره‌های مختلف، مدل رسوبی آن ارائه شده است. دسته ریزرخساره‌های پدید آمده در بخش‌های سنگ‌آهکی

¹ Homoclinal Ramp

(۱۳۹۱)، رسایی و همکاران (۱۳۹۶) و حسنی و همکاران (۱۳۹۷) نیز، محیط رسوبی دیرینه فرضی سازند میشان، یک سکوی کربناته از گونه رمپ همشیب پیشنهاد گردیده است که با الگوی رسوبی بُرش مورد پژوهش نیز، همخوانی دارد.

گرفت (هاشمی قندعلی، ۱۴۰۰؛ تاکر و رایت، ۱۹۹۰؛ اینسل، ۲۰۰۰) که دارای بخش درونی گسترده و بخش‌های میانی و بیرونی باریک است و در شکل ۹ به نمایش در آمده است. همچنین در بررسی‌های انجام شده روی سازند میشان در دیگر نقاط زاگرس توسط افرادی همچون صادقی و یزدی (۱۳۸۳)، کاظمی و همکاران



شکل ۹. (a) نیمرخ محیط رسوب‌گذاری نهشته‌های سازند میشان در بخش‌های درونی، میانی و بیرونی یک سکوی کربناته از گونه رمپ همشیب همراه با گستره پراکنش آلوکیم‌ها، (b) نمودار ستونی نشان‌دهنده فراوانی دسته‌ریزخساره‌ها در زیرمحیط‌های رسوبی مختلف.

بُرش افزایش می‌یابد، زیرا به سمت بالا تغییرات سنگ‌شناسی و ریزرخساره‌ای کمتر دیده می‌شود.

چینه‌نگاری سکانسی سازند میشان در بُرش باوربان
با توجه به اهمیت سنگواره‌ها در تعیین سطوح اصلی چینه‌ای و سیستم تَرکت‌ها در تشخیص سطح حداکثر عُرقایی^۱، از بیشترین درصد فراوانی موجودات باریک استنوهالین مانند بریوزوئرها، خارداران، روزنبران کَفزی بزرگ هیالین و روزنبران شناور استفاده می‌شود (وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۰۶؛ طاهری و همکاران، ۲۰۰۸). در

چینه‌نگاری سکانسی

جهت آنالیز چینه‌نگاری سکانسی، از تلفیق روش‌های گوناگونی که توسط پژوهشگران مختلف معرفی شده‌اند، استفاده شده است. در این پژوهش بر مبنای تغییرات دسته‌ریزرخساره‌ها، تغییرات سطح آب دریا در زمان میوسن زیرین و میانی تفسیر شده و چینه‌نگاری سکانسی بُرش باوربان مورد بررسی قرار می‌گیرد. قبل از توضیح سکانس‌های رسوبی، لازم است یادآور شویم که ضخامت سکانس‌های معرفی شده از بخش پایین به سوی بالای

¹ Maximum Flooding Surface / mfs

شده‌اند. با توجه به اینکه دسته‌ریزخساره رودستون بریوزوئری زیست‌آواردار (E4) (شکل ۸g, h) به لحاظ داشتن بیشترین میزان بریوزوئری، ژرف‌ترین دسته‌ریزخساره‌های تشخیص داده شده در این سکانس می‌باشد، مرز بالای آن به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs) در نظر گرفته شده است. بریوزوئرها از نوع موجودات باریک استنوهالین است که نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در محیط دریای باز است (فلوگل ۲۰۱۰). بنابراین، ته‌نشست مجموعه نهشته‌های کربناته بالا روی سازند رازک، روند ژرف‌شوندگی دسته‌ریزخساره‌ها و غالب شدن زیرمحیط دریایی باز را نشان می‌دهد که گویای رسوب‌گذاری مرحله TST است. ضخامت TST در این سکانس برابر ۵۵ متر است. پس از رسوب‌گذاری نهشته‌های سیستم ترکت TST، دسته‌ریزخساره‌های کولابی مانند وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آواردار (B3)، وکستون آمونیدار (B5) و وکستون-پکستون میلیولیدی (B2) به ترتیب ته‌نشین شده‌اند که نشانگر یک روند کم‌ژرفاشونده به سمت بالا و تشکیل سیستم ترکت تراز بالای HST می‌باشند. در ادامه روند کم‌ژرفاشوندگی، رسوبات دُلومادستون مربوط به پهنه کِشندی (جزرومدی) ته‌نشست شده اند که نماینده بیشترین پایین‌افتادگی سطح آب دریا در این سکانس رسوبی است (SBII). ضخامت HST در این سکانس، برابر ۴۰ متر است.

سکانس رسوبی دوم (DS2): این سکانس به ضخامت ۳۰ متر به سن بوردیگالین و با مرز سکانسی گونه دو در زیر و بالا محدود می‌شود و شامل سنگ‌آهک‌های مارنی توده‌ای تا متوسط لایه می‌باشند. این سکانس رسوبی با سطح پیشروی (TS) منطبق بر مرز سکانسی SBII آغاز شده و سیستم ترکت تراز پیشرونده (TST)، اولین سیستم ترکت آن می‌باشد که با دسته‌ریزخساره کولابی وکستون-پکستون میلیولیدی (B2) مشخص می‌گردد. در این سیستم ترکت به تدریج دسته‌ریزخساره‌های پشته زیست آواری همچون گرینستون یا رودستون مرجانی زیست آواردار (C2)، گرینستون یا رودستون زیست‌آواردار (C1) و دسته‌ریزخساره‌های دریای باز مانند پکستون-گرینستون یا رودستون بریوزوئری زیست‌آواردار (E4) ظاهر می‌شوند. در این سکانس رسوبی مانند سکانس قبلی، دسته‌ریزخساره پکستون-گرینستون یا رودستون

این پژوهش، بسته رسوبی پیشرونده یا سیستم ترکت^۲ TST معمولاً با حضور روزنبران بزرگ با پوسته منفذدار (هیالین) و روزنبران شناور همراه است، درحالی‌که بسته رسوبی تراز بالا یا سیستم ترکت^۳ HST با بیشترین حضور روزنبران با پوسته بدون منفذ (پُرسلانوز و آگلوتینه) مشخص می‌شوند (وزیری‌مقدم و همکاران، ۲۰۰۶؛ صادقی، ۱۳۸۸). برای انجام بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی در بُرش مورد مطالعه، نیاز به شناسایی آلوکم‌هایی مانند روزنبران شناور و کفزی، خارپوستان، نرم‌تنان، جلبک‌های قرمز، بریوزوئرها، فسفات، گلوکونیت، دیگر داده‌های رسوب‌شناسی و همچنین بررسی دقیق ریزخساره‌ها، دسته‌ریزخساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی جداسازی شده است. نتایج بررسی چینه‌نگاری سکانسی در نهشته‌های سازند میشان بُرش مورد پژوهش با سن میوسن پایینی تا میانی (بوردیگالین-لانگین)، منجر به تشخیص چهار سکانس رسوبی رده سوم (Third-Order Depositional Sequence / DS Boundary / SB) شد که همگی هم از گونه دوم (SBII / SB2) هستند.

سکانس رسوبی یکم (DS1): این سکانس رسوبی که ۹۵ متر ضخامت دارد، متشکل از سنگ‌آهک‌های توده‌ای تا متوسط لایه کرم‌رنگ و سنگ‌آهک‌های مارنی می‌باشند. این سکانس دارای سن بوردیگالین است و با مرز سکانسی گونه دو در پایین و بالا محدود می‌شود. این سکانس با مرز پیوسته روی مارن‌های سازند رازک رسوب‌گذاری شده است. با پیشروی سطح آب دریا، دسته‌ریزخساره‌های زیرمحیط کولابی مانند وکستون-پکستون میلیولیدی (B2)، مادستون-وکستون شکم‌پادار (B1) وکستون درون‌آواردار زیست‌آواری (B4) ته‌نشین شده‌اند. در قاعده، دسته‌ریزخساره وکستون-پکستون میلیولیدی (B2) که نشان‌دهنده ژرف‌شوندگی ناگهانی است، به‌عنوان سطح پیشرونده (TS) در نظر گرفته شده است. در ادامه با پیشروی آب دریا و فراهم شدن محیط جهت رسوب‌گذاری نهشته‌های کربناته با دسته‌ریزخساره‌های ژرف‌تر، دسته‌ریزخساره‌های ریف‌های کومه‌ای و دریای باز مانند فریمستون مرجانی (D1)، گرینستون یا رودستون با جلبک‌های قرمز و زیست‌آواردار (E3)، پکستون-گرینستون یا رودستون بریوزوئری زیست‌آواردار (E4) ته‌نشست

³ Highstand System Tract² Transgressive System Tract

می‌باشند. در این سکانس رسوبی دسته‌ریزخساره مادستون-وکستون شکم‌پادار (B1) مربوط به زیرمحیط کولابی، به‌عنوان حداکثر پایین‌افتادگی سطح آب دریا در این سکانس رسوبی در نظر گرفته شده است (SBII). ضخامت HST در این سکانس برابر ۴۰ متر است.

سکانس رسوبی چهارم (DS4): سکانس رسوبی چهارم با ۱۶۰ متر ضخامت، متشکل از سنگ‌آهک مارنی و مارن‌های خاکستری تا سبز رنگ به سن لانگین می‌باشد. این سکانس بزرگ‌ترین سکانس رسوبی تشکیل‌دهنده بُرش مورد پژوهش است که با مرز سکانشی گونه دو روی سکانس رسوبی سوم ته‌نشین شده است. پس از حداکثر پایین‌افتادگی سطح آب دریا و رسوب‌گذاری مادستون-وکستون شکم‌پادار (B1)، با پیشروی مجدد سطح آب دریا، دسته‌ریزخساره‌های سیستم تَرَک تراز پیش‌رونده (TST) ظاهر می‌شوند. این دسته‌ریزخساره‌ها دربرگیرنده گرینستون یا رودستون با جلبک‌های قرمز و زیست‌آوردار (E3)، پکستون-گرینستون یا رودستون با آپرکولینا و زیست‌آوردار (E1)، پکستون-گرینستون یا رودستون بریوزوئری زیست‌آوردار (E4) و مادستون-وکستون دارای روزنبران شناور (F1 & F2) می‌باشند. روند ژرف‌شوندگی به سوی بالا با رسوب‌گذاری مارن‌های سبزرنگ عضو مارنی سازند میشان به سن لانگین (*Globigerinoides*, *Orbulina*, *Globoquadrina*, *Praeorbulina* و *Globigerina*) ادامه می‌یابد. در این سکانس رسوبی، مارن‌های دارای روزنبران شناور و کَف‌زی بزرگ (F3) به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs) در نظر گرفته شده اند. ضخامت TST در این سکانس برابر ۵۰ متر است. پس از سطح حداکثر غرقابی (mfs)، ضخامت مارن‌های ته‌نشین شده دارای روزنبران شناور کاهش می‌یابد و تعداد روزنبران کَف‌زی مانند *Ammonia* و روزنبران کَف‌زی دیگر مانند *Cibicides Heterolepa*, *Nonion* و *Discorbis* مربوط به زیرمحیط دریایی کم‌ژرفا افزایش می‌یابند. این تغییر در سنگواره‌ها، نشانگر یک روند کم‌ژرفاشونده به سمت بالا و تشکیل سیستم تَرَک تراز بالا (HST) می‌باشد. همچنین مارن‌های نهشته شده پس از سطح حداکثر غرقابی (mfs)، دارای مقادیری ژئوپس نیز هستند که گویای کم‌ژرفا شدن حوضه رسوبی می‌باشد. در این سکانس رسوبی مارن بدون سنگواره و دارای کانی تبخیری ژئوپس مربوط به زیرمحیط

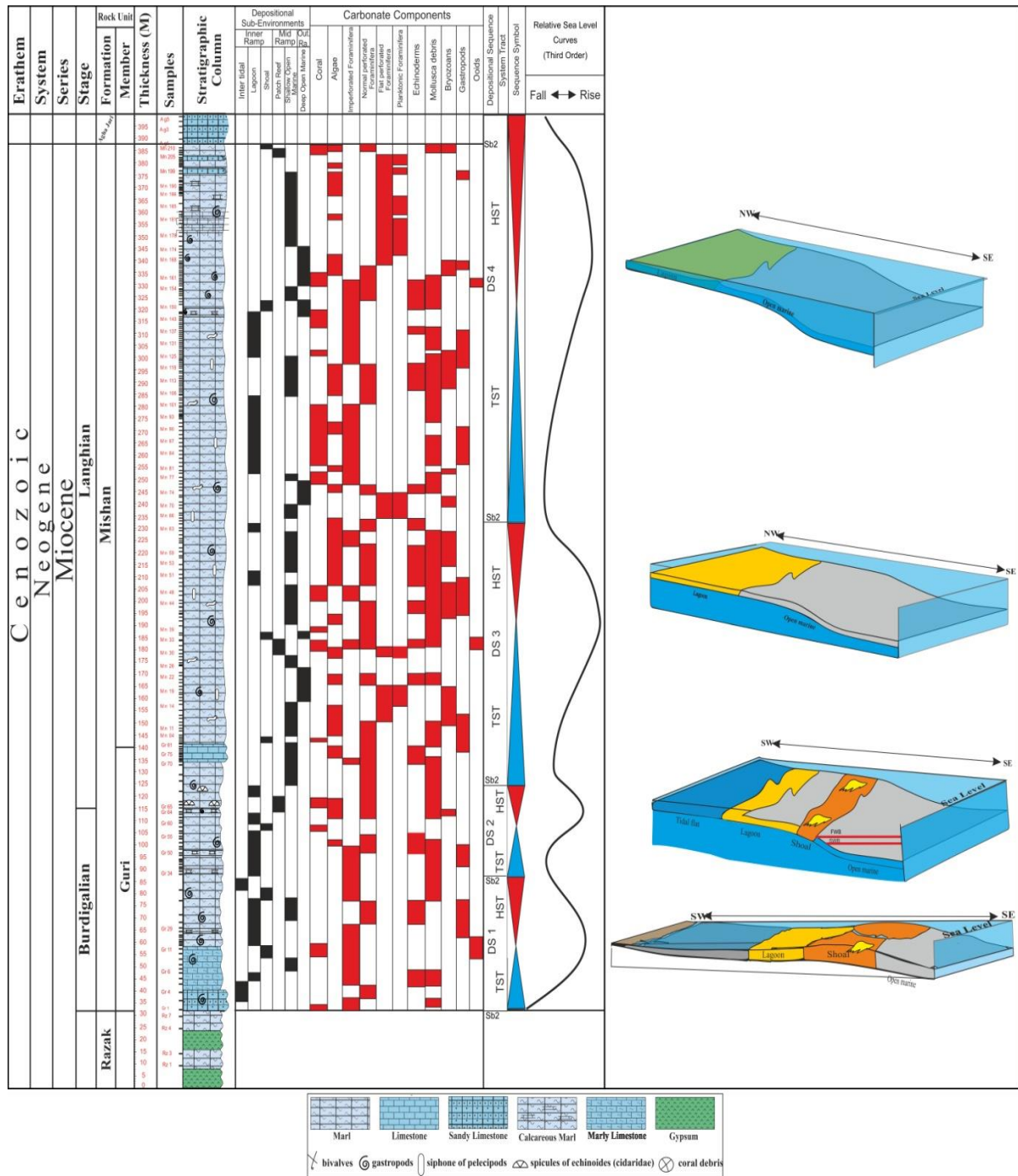
بریوزوئری زیست‌آوردار (E4) به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs) در نظر گرفته شده است، زیرا آفزون بر ژرف بودن آن، روند دسته‌ریزخساره‌ها پس از این سطح از ژرف‌شونده به کم‌ژرف‌شونده تغییر می‌کند. نهشته‌های آهکی مرحله TST سکانس رسوبی دوم دارای ۱۴ متر ضخامت می‌باشد. پس از سطح حداکثر غرقابی (mfs)، دسته‌ریزخساره‌های کولابی مانند وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آوردار (B3) و مادستون-وکستون شکم‌پادار (B1) به ترتیب ته‌نشین شده‌اند که نشان‌دهنده یک روند کم‌ژرفاشونده به سمت بالا و تشکیل سیستم تَرَک تراز بالا (HST) می‌باشند. در ادامه روند کم‌ژرفاشوندگی رسوبات، دسته‌ریزخساره مادستون-دُلومادستون (A1) دارای ساخت پنجره‌ای و چشم‌پرنده‌ای^۴ مربوط به زیرمحیط پهنه کَشندی (جزرومدی) ته‌نشست شده است که نشانگر حداکثر پایین‌افتادگی سطح آب دریا در این سکانس رسوبی است (SBII). ضخامت HST در این سکانس برابر ۱۶ متر است.

سکانس رسوبی سوم (DS3): این سکانس به ضخامت ۱۱۰ متر به سن لانگین و با مرزهای سکانشی نوع دوم در زیر و بالا مشخص می‌شود و شامل سنگ‌آهک‌های مارنی می‌باشد. در واقع، پس از ته‌نشست دسته‌ریزخساره مادستون-دُلومادستون (A1) مربوط به پهنه جزرومدی سکانس رسوبی دوم، سکانس رسوبی سوم با سیستم تَرَک تراز پیش‌رونده (TST) آغاز می‌شود. نهشته‌های این سیستم تَرَک با دسته‌ریزخساره‌های وکستون-پکستون میلیولیدی (B2)، وکستون آمونیاپادار (B5) و وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آوردار (B3) شروع شده و در ادامه به دسته‌ریزخساره‌های ژرف‌تر دریای باز مانند پکستون یا رودستون دارای خارداران (E2) تبدیل می‌شود. دسته‌ریزخساره پکستون یا رودستون دارای خارداران (E2)، به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs) در این سکانس رسوبی در نظر گرفته شد. ضخامت TST در این سکانس برابر ۷۰ متر است. پس از سطح حداکثر غرقابی (mfs) ذکر شده، دسته‌ریزخساره‌های کولابی مانند وکستون-پکستون پلوییدی زیست‌آوردار (B3)، وکستون-پکستون میلیولیدی (B2) و وکستون درون‌آوردار زیست‌آوری (B4) ته‌نشین شده‌اند که نمایانگر یک روند کم‌ژرفاشونده به سمت بالا و تشکیل‌دهنده سیستم تَرَک تراز بالا (HST)

⁴ Birds eyes

قهوه‌ای رنگ سازند آغاچاری منتهی می‌شود. ضخامت HST در این سکانس برابر ۱۱۰ متر است.

دریای کم‌ژرفا و نمایانگر پایین‌افتادگی سطح آب دریا است که با ناپیوستگی گونه دوم (SBII) به سنگ‌آهک ماسه‌ای



شکل ۱۰. ستون دست‌ریز خساره‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند میشان در بُرش باوربان، جنوب کوار

می‌باشد که با مقایسه سکانس‌های شناسایی شده در یک حوضه رسوبی با سکانس‌های هم‌ارز در حوضه‌های مجاور و سایر نقاط جهان (نمودارهای مرجع تغییرات نسبی سطح آب دریا) به‌دست می‌آید. در واقع، اولین قدم اساسی در مقایسه سکانس‌های تشکیل شده در نقاط مختلف یک

مقایسه زمانی و سکانسی سازند میشان در این بُرش با دو بُرش دیگر در زاگرس و با نمودار جهانی سطح آب دریاها تحلیل تغییرات دینامیکی یک حوضه رسوبی و بررسی تأثیر فاکتور زمین‌ساخت محلی در برابر ائوستازی در تکوین یک حوضه رسوبی از اهداف چینه‌نگاری سکانسی

حیدری و همکاران (۲۰۱۳) و سکانس‌های جهانی، مشخص گردید که رسوب‌گذاری در برش یادشده در زمان بوردیگالین با یک TST آغاز شده که منطبق بر بالا آمدن سطح جهانی آب دریا است (حق و همکاران، ۱۹۸۷). همچنین در مجموع با توجه به اینکه تعداد سکانس‌های شناسایی شده در برش مورد پژوهش با تعداد سکانس‌های جهانی معرفی شده برای زمان بوردیگالین-لانگین همخوانی دارند، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات سطح نسبی آب دریا در این برش با منحنی سطح جهانی آب دریا انطباق کمابیش خوبی را نشان می‌دهد و البته در بعضی قسمت‌ها نیز همخوانی ندارد که این را می‌توان به تغییرات زمین‌ساخت محلی در این نقطه از زاگرس مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

بر اساس داده‌های بدست آمده از بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام پذیرفته، تعداد ۱۸ دسته‌ریزرخساره در چارچوب ۶ زیرمحیط رسوبی یا کمربند رخساره‌ای شامل کَشندی، کولابی، پُشته زیست‌آواری، ریف کومه‌ای، دریای باز کم‌ژرفا و دریای باز ژرف شناسایی و جداسازی گردیدند. تغییرات عمودی و جانبی ریزرخساره‌ها، مقایسه آن‌ها با محیط‌های رسوبی قدیمی و عهدحاضر، نبود ریف‌های سدی، آنکوئیدها، دانه‌های آگرگات و رخساره‌های توربیدیتی (ویژه سکوه‌های لبه‌دار) و از سوی تبدیل تدریجی ریزرخساره‌ها به یکدیگر، همگی نشان‌دهنده رسوب‌گذاری نهشته‌های میوسن برش مورد پژوهش روی یک سکوی کربناته رمپی از گونه همشیب^۱ است. همچنین سازند میشان در این برش دربردارنده چهار سکانس رسوبی رده سوم، چهار سیستم ترکت پیشرونده (TST)، چهار سیستم ترکت تراز بالا (HST) و پنج مرز سکانشی درجه دو (SB2) است.

منابع

آقائاتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۵۸۶ ص.
جلیلیان، ع. ح (۱۴۰۰) رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند کژدمی در زاگرس مرکزی. مجله رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۹، شماره ۱۷، ص ۶۴-۴۹.

حوضه رسوبی و سایر حوضه‌های مجاور، داشتن یک چارچوب زمانی دقیق در بررسی‌های چینه‌نگاری سکانشی است. پیشینه نشان می‌دهد که بیشتر پژوهش‌ها روی چینه‌نگاری سنگی و زیستی و محیط رسوبی نهشته‌های سازند میشان متمرکز بوده و بررسی‌های چینه‌نگاری سکانشی کمی روی آن صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به کار حیدری و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد. آن‌ها به مطالعه پهنه‌بندی زیستی و چینه‌نگاری سکانشی و پالئوآکولوژی بخش گوری در برش‌های چاهستان و دوراهی هماگ در شمال شرق بندرعباس پرداخته‌اند. در بررسی برش چینه‌نگاری چاهستان در شمال شرق بندرعباس با معرفی برخی گونه‌های روزن‌بران شناور مانند *Globigerina woodi woodi*، *Globigerina regularis* و *Globoquadrina dehiscene* در قسمت بالایی آهک گوری پیشنهاد داده‌اند که این گونه‌ها می‌توانند نشانه‌ای برای شروع سن لانگین باشند. همچنین بررسی‌های چینه‌نگاری سکانشی عضو گوری در برش چاهستان با سن میوسن پیشین-میانی (بوردیگالین-لانگین)، منجر به شناسایی ۲ سکانس رسوبی و ۵ سیستم ترکت شد که با مرزهای سکانشی نوع دوم (SBII) از همدیگر جدا شده‌اند. همچنین بررسی چینه‌نگاری سکانشی عضو گوری در برش دوراهی هماگ با سن میوسن پیشین (اکیتانین- بوردیگالین) نیز، منجر به شناسایی تعداد ۳ سکانس رسوبی و ۷ سیستم ترکت شده است که بازم با مرزهای سکانشی نوع دوم (SBII) از یکدیگر جدا شده‌اند.

در برش انتخابی این پژوهش نیز، در قسمت قاعده برش (عضو آهک گوری) با توجه به حضور روزن‌بران گفزی مانند *Meandropsina borealis melo curdica* و *Meandropsina iranica* و مقایسه با زیست-پهنه *Borealis melo group - Meandropsina iranica* در Assemblage Zone در پهنه‌بندی زیستی آدامز و بورژوا (۱۹۶۷)، سن بوردیگالین تعیین شد. در بخش بالایی برش (عضو ماری سازند میشان) با توجه به حضور روزن‌بران شناور مانند *Orbulina praeorbulina glomerata* و *Orbulina suturalis* و مقایسه با زیست‌پهنه های N7، N8 و N9 در پهنه‌بندی زیستی بولی و ساندرز (۱۹۸۵)، سن لانگین تعیین شد. با تطابق سکانشی‌های شناسایی شده در برش روستای باوریان با برش‌های

¹ Homoclinical Ramp

- Ahmad, A. H. M., Bhat, G. M., and Haris Azim Khan, M (2006) Depositional Environments and Diagenesis of the Kuldhar and Keera Dome Carbonates (Late Bathonian–Early Callovian) of Western India. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 765–778.
- Berkowski, B., Zapalski, M (2014) Unusual tabulate-crinoid biocoenosis from the Lower Devonian of Morocco. *Lethaia*, 47: 176-186.
- Bolli, H. M., Saunders, J. B (1985) Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. In: *Plankton Stratigraphy*, H. M. Bolli, John B. Saunders, K. Perch-Nielson (eds.), Cambridge University Press. 155-262.
- Carozzi, A. V (1989) Carbonate Rock Depositional Modle: A Microfacies Approach. Prentice-Hall, New Jersey, 604p.
- Catuneanu, O (2019) Model-independent sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 188: 312–388.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: Ham WE (ed) *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1: 108–121.
- Einsele, G (2000) *Sedimentary Basin Evolution, Facies, and Sediment Budget (2nd Edition)*, Springer-Verlag, 292p.
- Embry, A. F., Kloven, J. E (1971) A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19: 730–781.
- Flugel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 976p.
- Hanneman, D., Lofgren, D., Hasiotis, S. T., and McIntosh, W (2021) Priabonian, late Eocene chronostratigraphy, depositional environment, and paleosol-trace fossil associations, Pipestone Springs, southwest Montana, USA. *Acta Palaeontologica Polonica*, 67: 5-20. DOI: 10.4202/app.00901.2021.
- 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.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W. J., and Ghazi, A. M (2003) Permian–Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction. Part1 — sedimentology. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 193: 405–423.
- Heidari, A., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Gonzalez, L., and Moalemi, A (2013) Biostratigraphy, sequence stratigraphy, and paleoecology of the Lower-Middle Miocene of Northern Bandar Abbas, Southeast Zagros basin in south of Iran. *Journal of Arabian Geosciences*, 7: 1829-1855.
- حسینی، م. ج.، حسینی‌پور، ف.، و رضایی، پ (۱۳۹۷) ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی سازند میشان در ناحیه شهدادی، جنوب خاوری حوضه زاگرس (شمال بندرعباس). *نشریه رخساره‌های رسوبی*، دوره ۱۱، شماره ۲، ص ۲۰۰–۱۸۱.
- دانشیان، ج.، زواره‌ای، ا.، همایون‌زاده، س.، و قلاوند، ه (۱۳۸۷) لیتواستراتیگرافی سازند میشان در بخش مرکزی فروافتادگی دزفول، جنوب‌شرقی رامهرمز. *مجله علوم‌پایه دانشگاه آزاد اسلامی*، دوره ۱۸، شماره ۶۹، ص ۱۲–۱.
- رسیایی، ش.، پروانه‌نژاد شیرازی، م.، و بهرامی، م (۱۳۹۶) بررسی رخساره‌ها، محیط رسوبی و زیست‌چینه‌نگاری بخش گوری از سازند میشان در جنوب شرق جهرم زاگرس چین‌خورده. *نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی*، دوره ۱۱، شماره ۲۲، ص ۴۸–۳۲.
- صادقی، ر (۱۳۸۳) سنگ‌چینه‌نگاری و زیست‌چینه‌نگاری سازند میشان در منطقه کازرون (کنار تخته) براساس میکروفسیل و میکروفسیل. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه اصفهان، ۲۴۴ ص.
- صادقی، ر.، و یزدی، م (۱۳۸۳) میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند میشان در منطقه کنار تخته. *هفتمین هفته پژوهش دانشگاه اصفهان و پنجمین هفته پژوهش کشوری*.
- صادقی، ر (۱۳۸۸) چینه‌نگاری زیستی، رخساره‌های میکروسکپی و چینه‌نگاری سکانسی سازند آسماری در منطقه فارس. پایان‌نامه دکتر، دانشگاه اصفهان، ۳۴۵ ص.
- کاظمی، ب.، صادقی، ر.، و شریفی، ج (۱۳۹۱) بررسی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی بخش گوری در جنوب شرق لارستان فارس. *دومین همایش ملی انجمن علمی زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران*.
- صادقی، ر.، و کاظمی، ب (۱۳۹۵) چینه‌نگاری زیستی و تعیین سن نسبی بخش گوری در جنوب‌خاوری شیراز. *یازدهمین همایش انجمن دیرینه‌شناسی ایران*، دانشگاه پیام‌نور، طبس.
- لاسمی، ی.، و رستگار لاری، ع. ر (۱۳۸۵) محیط رسوبی و چینه‌نگاری توالی سازند میشان (نهشته‌های حوضه رسوبی جلوی کمر بند چین‌خورده) در منطقه باختر فارس و خاور بوشهر. *مجله علوم‌زمین*، دوره ۱۶، شماره ۶۱، ص ۶۸–۷۷.
- هاشمی قندعلی، ف.، آل‌علی، م.، سجادیان، الف.، و جهانی، د (۱۴۰۰) ریزرخساره‌ها، فرایندهای دیاژنزی و تأثیر آن‌ها بر کیفیت مخزنی سازند فهلیان در میدان نفتی اروند. *دوفصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی*، دوره ۹، شماره ۴۸، ص ۲۷–۱۷.
- Adams, T. D., Bourgeois, F (1967) *Asmari Biostratigraphy*. Unpublished Report 1074, Iranian Oil Operating Companies, Geology and Exploration Division, Tehran, 1-37.

- Tucker, M. E., and Wright, V. R (1990) Carbonate Sedimentology. Blackwell Science, Oxford, 482p.
- Valle, B., Bó, P. F. D., Mendes, M., Favoreto, J., Rigueti, A. L., Borghi, L., and Silva, R (2019) Stratigraphic evolution of a Brazilian carbonate platform during the Cretaceous: the late Albian–early Turonian of the Sergipe–Alagoas Bas. *Facies*, 65: 1-17.
<https://doi.org/10.1007/s10347-018-0543-2>.
- Vaziri-Moghaddam, H., kimiagari, M., and Taheri, A (2006) Depositional environment and sequenc stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran, Lali area. *Facies*, 52: 41-51.
- Wade, B. S., Pearson, P. N., Berggren, W. A., and Pälike, H (2011) Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetite polarity and astronomical time scale. *Earth Science Review*, 104: 111–142.
- Went, D (2020) Lower Cambrian facies architecture and sequence stratigraphy, NW France: framework for evaluation of basin-wide processes of sedimentation. *Geological Magazine*, 158: 1-18.
- Wilson, J. L (1975) Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, Berlin, 471p.
- Irwin, M. L (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49: 445-459.
- James, G. A., Wynd, G. G (1965) Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. *American Association of Petroleum Geologists*, 49: 2182-2245.
- Li, M., Song, H. J., Tian, L., Woods, A. D., Dai, X., and Song, H. Y (2018) Lower Triassic deep sea carbonate precipitates from South Tibet, China. *Sedimentary Geology*, 376: 60–71.
- Li, M., Song, H. J., Tian, L., Woods, A. D., Dai, X., and Wignall, P. B (2019) Facies and evolution of the carbonate factory during the Permian–Triassic crisis in South Tibet, China. *Sedimentology*, 66: 3008-3028.
<https://doi.org/10.1111/sed.12619>.
- Martinuš, M., Fio, K., Pikelj, K., Aščić, Š (2013) Middle Miocene warm-temperate carbonates of Central Paratethys (Mt. Zrinska Gora, Croatia): paleoenvironmental reconstruction based on bryozoans, coralline red algae, foraminifera, and calcareous nannoplankton. *Facies*, 59: 481-504.
- Murray, J. W (2006) Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, New York, 440p.
- Sequero, C., Bádenas, B., and Aurell, M (2019) Facies mosaic in the inner areas of a shallow carbonate ramp (Upper Jurassic, Higuieruelas Fm, NE Spain), *Facies*, 64: 1-23.
<https://doi.org/10.1007/s10347-018-0521-8>.
- Slootman, A., Cartigny, M. J. B., Boer, P. L., and Moscariello, A (2016) Depositional character of submarine dunes on a Pleistocene distally steepened carbonate ramp (Favignana Island, Italy), *Marine and River Dune Dynamics – MARID V – 4 & 5 April 2016 – North Wales, UK*.
- Taheri, A., Vaziri-Moghadam, H., and Seyrafian, A (2008) Relationships between foraminiferal assemblages and depositional sequences in Jahrum Formation, Ardal area (Zagros Basin, SW Iran). *Historical Biology*, 20: 191-201.
- Tesch, P., Reece, R. S., Pope, M. C., and Markello, J. R (2018) Quantification of architectural variability and controls in an Upper Oligocene to Lower Miocene carbonate ramp, Browse Basin, Australia. *Marine and Petroleum Geology*, 91: 432–454.
- Tomassetti, L., Petracchini, L., Brandano, M., Trippetta, F., and Tomassi, A (2018) Modeling lateral facies heterogeneity of an upper Oligocene carbonate ramp (Salento, southern Italy). *Marine and Petroleum Geology*, 96: 254–270.
- Tucker, M. E (2011) (4 th edition), *Sedimentary Rocks in the Field*. John Wiley and Sons, West Sussex. 238p.

Microfacies, depositional environment and sequence stratigraphy of the Mishan formation in South of Kavar

F. Ebrahimi¹, M. Parvaneh Nejad Shirazi^{2*}, R. Sedeghi³ and R. Fanati Rashidi⁴

1- M. Sc., of Geology, Faculty of Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Assoc. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

3- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

4- Ph. D. (graduated) of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Bandar Abbas, Iran

* Mahnaz402002@pnu.ac.ir

Received: 2022/1/30 Accepted: 2022/9/11

Abstract

Mishan Formation with a thickness of 395 meter which is composed of limestone, marly limestone and marl and early to middle Miocene age (Burdigalian-Langhian), has been measured and sampled in order to study the sedimentary environment and sequence stratigraphy in Bavarian stratigraphic section in the south of Kavar, Fars province. The Mishan Formation is located on the red evaporative and clastic sequence succession of the Razak Formation and under the clastic and carbonate succession of Agha Jari Formation (Miocene-Pliocene age). Based on the characteristics of petrographic features, field evidence, as well as examining the abundance and distribution of foraminifera and other other allochems and orthochems, eighteen microfacies packages were identified in six sub-environments or sedimentary zones (Facies zones) including tidal flat, lagoon, shoal, patch reef, shallow and deep open marine can be placed. The absence of barrier reefs (which are typical of rimmed platforms) and re-deposited carbonates and also gradual conversion of microfacies into each other and the existence of wide areas of tidal, indicate that the sedimentary sequence in this section was deposited on a homoclinal ramp carbonate platform. The sedimentation of limestone-marl deposits of Mishan Formation on the evaporite-clastic sedimentary rocks of Razak Formation, indicate the last transgression of the sea water during the Miocene age of the Zagros Basin. The investigation of the sequence stratigraphy of this Formation in the research section has led to the identification of four third-order sedimentary sequences with sequence boundaries of the second type.

Keywords: Zagros basin, Fars Sub-zone, Mishan formation, Ramp, Sequence stratigraphy.