

ویژگی‌های محیطی و ریزرخساره‌های نهشته‌های کربناته غنی از نومولیتید: یک مطالعه موردی از سازند جهرم در شمال غرب بندرعباس

جهانبخش دانشیان^{۱*}، سوگند غفوری^۲، سید علی معلمی^۳ و الهام اسدی مهماندوستی^۴

۱. دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

۲. استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

۳. عضو هیات علمی شرکت ملی نفت، مدیریت اکتشاف

۴. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۶

چکیده

سازند جهرم با سن ائوسن پسین و ضخامت ۳۴۴/۴۲ متر در برش زیرزمینی سوور در شمال غرب بندرعباس مطالعه شد. این سازند دارای فراوانی و تنوع بالای نومولیتیدها است که در سراسر برش مشاهده می‌شوند. بررسی مورفولوژی نومولیتیدها نشان داد که این گروه از فرامینیفرها نسبت به عوامل محیطی مانند شدت نور و شرایط هیدرودینامیکی واکنش نشان داده و تغییراتی در اندازه، ضخامت و شکل پوسته خود نشان می‌دهند. بنابراین، مطالعه ویژگی‌های پوسته آن‌ها به تفسیر محیط رسوبی کمک می‌کند. بررسی مقاطع نازک منجر به شناسایی پنج ریزرخساره شامل پکستون حاوی فرامینیفر با پوسته پورسلانوز، پکستون حاوی پلویید و بیوکلاست، پکستون-گرینستون حاوی میلیولید، وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites*، و پکستون حاوی نومولیتید شد. این ریزرخساره‌ها در محیط‌های لاگون، پشته‌های سدی، دریای محدود شده و دریای باز در رمپ داخلی نهشته شده‌اند. بر اساس داده‌های حاصل، محیط رسوبی سازند جهرم یک رمپ هموکلینال تفسیر شده است.

بررسی مورفولوژی پوسته نومولیتیدها نشان داد که آن‌ها در ریزرخساره پکستون حاوی نومولیتید (دریای باز) بیشترین فراوانی را دارند. فرم‌های عدسی‌شکل و مسطح نشان‌دهنده بخش‌های عمیق دریای باز با شوری نرمال هستند. همچنین، *Nummulites* با کشیدگی کمتر و به صورت عدسی متورم تا عدسی‌شکل همراه با برخی بیوکلاست‌ها در محیط دریای باز محدود دیده می‌شود. در مقابل، نومولیتیدهای دارای ضخامت بیشتر و پوسته متورم با پراکندگی بسیار کم در محیط‌های عمیق‌تر لاگون حضور دارند. در نهایت، وجود فرامینیفرهای بدون منفذ و عدم حضور نومولیتیدها نشان‌دهنده لاگون‌های با شوری بالا و بیانگر نوسانات شوری در محیط است.

واژه‌های کلیدی: ائوسن بالایی، سازند جهرم، شمال غرب بندرعباس، فرامینیفر، محیط رسوبی.

مقدمه

نومولیتی نشان دادند، بنک‌ها بیشتر حاصل تجمع فرم A با مورفولوژی تخم‌مرغی شکل و ستر است و میزان پایین تخلخل درون اسکلتی، آن‌ها را نشانه شرایط انرژی متوسط تا بالای محیط هنگام نهشته شدن دانستند. از جمله مطالعات دیگر که توالی‌های کربناته ائوسن را با توجه به تجمعات نومولیتی مورد بررسی قرار داده می‌توان به افقه و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد. با بررسی توالی‌های کربناته غنی از نومولیتید دریای کم‌عمق ائوسن در برش‌های خان گازان و خداگن، هفت ریز رخساره کربناته متعلق به بخش میانی رمپ کربناته، نشان‌دهنده ته‌نشست در شرایط انرژی بالا در پهنه نوری هستند را معرفی کرد. تجمعات نومولیتی موجود بیانگر رفتار هیدرودینامیکی پوخته آن‌ها تحت تاثیر انرژی دانستند. پلژ و همکاران (Pleš *et al.*, 2020) در پژوهشی با تجزیه و تحلیل نهشته‌های نومولیت دار ائوسن میانی اهمیت آن‌ها را در مطالعات محیطی نشان دادند. این امر منجر به چشم‌انداز جدیدی در خصوص نهشته‌های نومولیت دار نتوتیس مرکزی شد. سیناپور و صیرفیان (Sinapour and Seyrafian, 2021) محیط رسوبی و ریز رخساره‌های سازند جهرم را در چاه‌های شماره ۱۱ و ۱۲ در شمال بندرعباس مورد بررسی قرار داد و نه ریز رخساره اصلی و هشت ریز رخساره فرعی را که در شلف باز نهشته شده است، شناسایی کردند، آن‌ها با انجام تطابق این چاه‌ها با پنج برش در جنوب و جنوب غرب ایران محیط رسوبی سازند جهرم را از نوع کم‌عمق تا نیمه عمیق معرفی کردند. بگتاش (Bagtash, 2024) ریز رخساره‌ها و محیط دیرینه نهشته‌های غنی از *Nummullites* ائوسن پسین و میوسن پیشین سه چاه را در سازند جهرم و آسماری مورد بررسی قرار داده و سه توالی رسوبی در سازند جهرم و یک توالی در سازند آسماری مشخص کرد. این توالی‌ها نشان می‌دهد شکل‌گیری آن‌ها تحت تاثیر تغییرات سطح آب دریا و زمین‌ساخت‌های ناحیه‌ای مانند بالآمدگی و فرونشست می‌باشد. نومولیتیدها از آنجا که به دلیل همزیستی با جلبک‌های همراه به‌خوبی شرایط محیط دیرینه را در مشخصه‌های شکل شناسی و رفتارهای هیدرودینامیکی خود نشان می‌دهند

سازند جهرم در ناحیه بندرعباس یک واحد کربناته محسوب می‌شود. این سازند به‌طور هم‌شیب بر روی سازندهای گورپی و پابده قرار داشته و در بالا نیز به‌صورت هم‌شیب با ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومرای قرمز رنگ سازند رازک و کربنات‌های سازند آسماری پوشیده شده است (فخاری، ۱۳۷۴؛ Zohdi, 2013). این سازند در ناحیه مورد مطالعه دارای سن ائوسن بالایی است. از آنجا که سازند جهرم از جمله مهم‌ترین مخازن گازی و نفتی در حوضه زاگرس است (مطیعی، ۱۳۷۲) تجزیه و تحلیل نهشته‌های کربناته موجود به‌منظور پیش‌بینی محیط‌های رسوبی و همچنین ویژگی‌های مخزنی مفید می‌باشد. درک نوع و ویژگی‌های این محیط‌ها برای اکتشاف نفت و گاز و ایجاد واحدهای مخزنی جدید ضروری است (Ni, 2020; Khitab *et al.*, 2016; Santantonio *et al.*, 2013; Kenter *et al.*, 2005). در پلتفرم‌های کربناته، از پالئوسن تا ائوسن زیرین فرامینیفرهای بنتیک شروع به گسترش کرده‌اند (Scheibner, 2005). نومولیتیدها در این زمان، از اجزا اصلی تشکیل‌دهنده رسوبات هستند (Rasser *et al.*, 2005). که از تجمعشان در کف دریا‌های کم‌عمق و گرمسیری نواحی تتیس، آهک‌های نومولیتیک به وجود آمدند (Racay, 2001). به‌طوری‌که رسوبات آب‌های کم‌عمق ائوسن در اصل با سنگ‌آهک‌های غنی از نومولیت شناخته می‌شوند (Seddighi *et al.*, 2015).

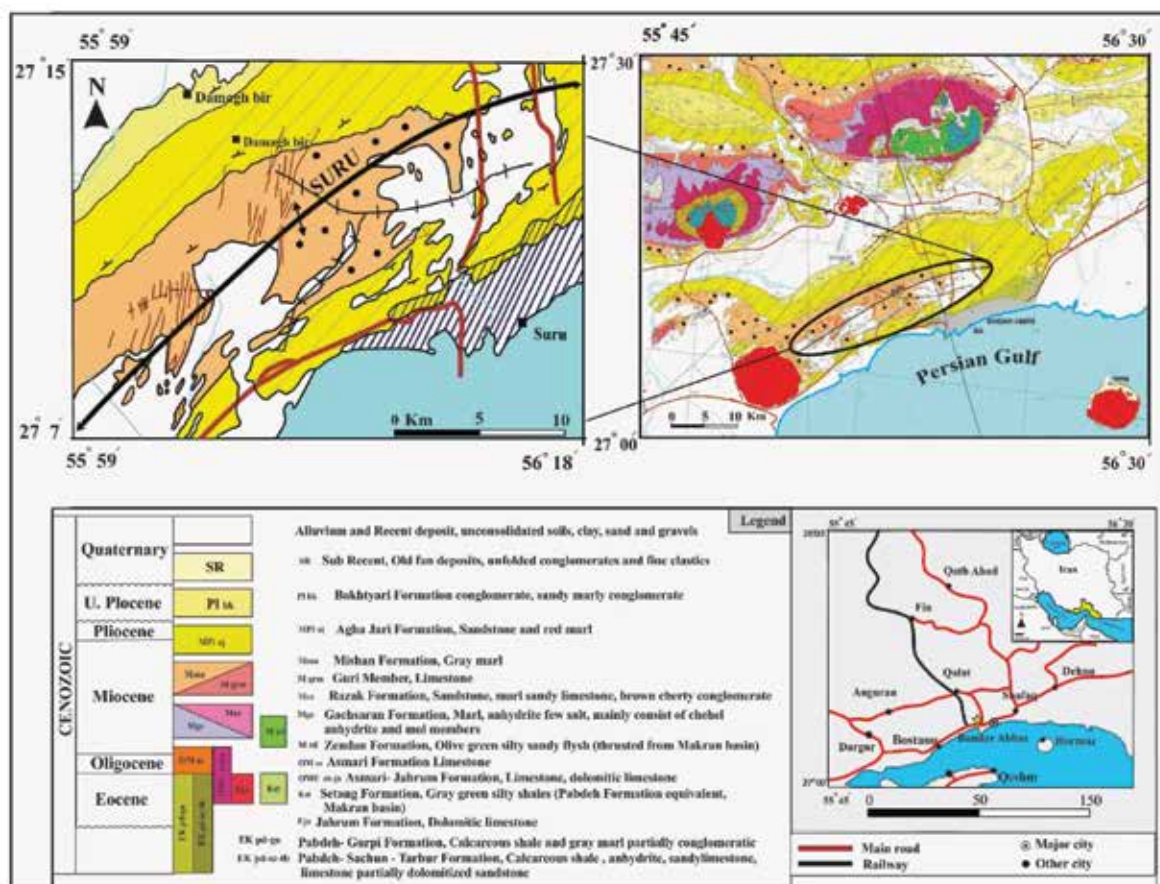
دانشیان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با مطالعه برش چینه‌شناسی تنگ‌عبدی واقع در یال جنوبی تاقدیس احمدی در منطقه فارس ساحلی، به بررسی سازندهای جهرم، آسماری و رازک پرداختند. در این مطالعه، سن سازند سازند جهرم ائوسن پسین تعیین شد. همچنین، این تحقیق منجر به شناسایی چهار کمر بند رخساره‌ای در محیط‌های جزرومدی، لاگون، پشته‌های ماسه‌ای و دریای باز و شناسایی چهار سکانس رسوبی و مرزهای سکانشی شد. هادی و همکاران (Hadi *et al.*, 2016) با مطالعه کامل ریز رخساره‌ها و فابریک زیستی تجمعات نومولیتی در غرب البرز و با محاسبات داده‌های بیومتریک تجمعات

بر اساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بندرعباس در (شکل ۱) این نهشته‌ها با سن ائوسن میانی و پسین (فخاری، ۱۳۷۴) در گستره مورد مطالعه رخنمون سطحی ندارد. در عوض، نهشته‌های میوسن میانی و بالایی و پلیوسن (سازند میشان حاوی مارن‌های خاکستری و آجاجاری حاوی ماسه‌سنگ و مارن قرمز) و همچنین آبرفت‌های کواترنری رخنمون دارند (فخاری، ۱۳۷۴). گستره مورد مطالعه در منتهی‌الیه زاگرس چین‌خورده قرار دارد و از ویژگی‌های عمومی این واحد رسوبی-ساختاری پیروی می‌کند. این ناحیه گستره‌ای از هینترلند بندرعباس است و در جنوب زاگرس قرار دارد. حد شرقی آن گسل زندان-میناب و حد جنوبی آن حد جبهه چین‌های زاگرس است که از درون خلیج فارس عبور می‌کند. حد شمالی آن، خطواره‌ای است که از حوالی بندر نخیلو آغاز و به تراست زاگرس منتهی می‌شود. در طول ائوسن بالایی (پریابونین) در گستره مورد مطالعه رسوبات آهکی چهارم

(Hohenegger et al., 2000; Hallock et al., 1986; Hallock, 1981, 1979). و به دلیل اینکه حجم قابل توجهی از ذخایر هیدروکربوری در جهان در نهشته‌های نومولیت‌های ائوسن قرار دارند (Racey, 2001) دارای اهمیت هستند. این پژوهش نیز به منظور بررسی محیط رسوبی دیرینه و درک ارتباط ویژگی‌ها، شرایط رسوب‌گذاری و محیط رسوبی و محتویات زیستی به‌ویژه نومولیت‌ها انجام شده است.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی عمومی

موقعیت برش زیرزمینی سوورو از جلاده بندرعباس به بستانو و شمال غرب بندرعباس قابل دسترسی است. این برش دارای مختصات جغرافیایی 56° طول شرقی و $27^{\circ} 13'$ عرض شمالی می‌باشد و در تقادیس سوورو در منتهی‌الیه غربی بندرعباس و در ۱۲ کیلومتری شمال غرب بندرعباس در جنوب ایران واقع است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه، اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۸؛ نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه، اقتباس از نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ بندرعباس، (فخاری، ۱۳۷۴)

با ضخامت ۳۴۴/۴۲ متر به صورت تدریجی بر روی سازند پابده نهشته می‌شود. این رسوبات به طور پیوسته با سازند آسماری پوشیده می‌شوند.

روش مطالعه

در این مطالعه، ۲۹۵ مقطع نازک مربوط به ۳۴۴/۴۲ متر از توالی‌های ائوسن بالایی برش زیرزمینی سوورو در شمال غرب بندرعباس جهت تفکیک ریز رخساره‌ها و ویژگی‌های محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ریز رخساره‌ها بر اساس کمیت و نوع دانه‌های تشکیل دهنده، سیمان و ماتریکس، تفکیک و سنگ‌های آهکی به روش دانهام (Dunham, 1962) نام‌گذاری شدند. برای نام‌گذاری ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی از فلوگل (Flügel, 2010) استفاده شد. جهت نشان دادن نحوه پراکندگی ریز رخساره‌ها از نمودار مستطیلی و نحوه توزیع آلوکم‌ها و فرامینیفرها به صورت جداگانه در نمودار دایره‌ای نشان داده شد (شکل ۲). شکل پوسته نومولیتیدها در این پژوهش برحسب نسبت قطر بر ضخامت بر مبنای ریزی (Racey, 1995) تعریف شد. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، حداکثر قطر پوسته برحسب میلی‌متر در امتداد محور x و حداکثر ضخامت پوسته در امتداد محور y رسم شده است. در این نمودار مناطق خاصی به طور دلخواه انتخاب شده‌اند تا اشکال تقریبی پوسته را نشان دهند.

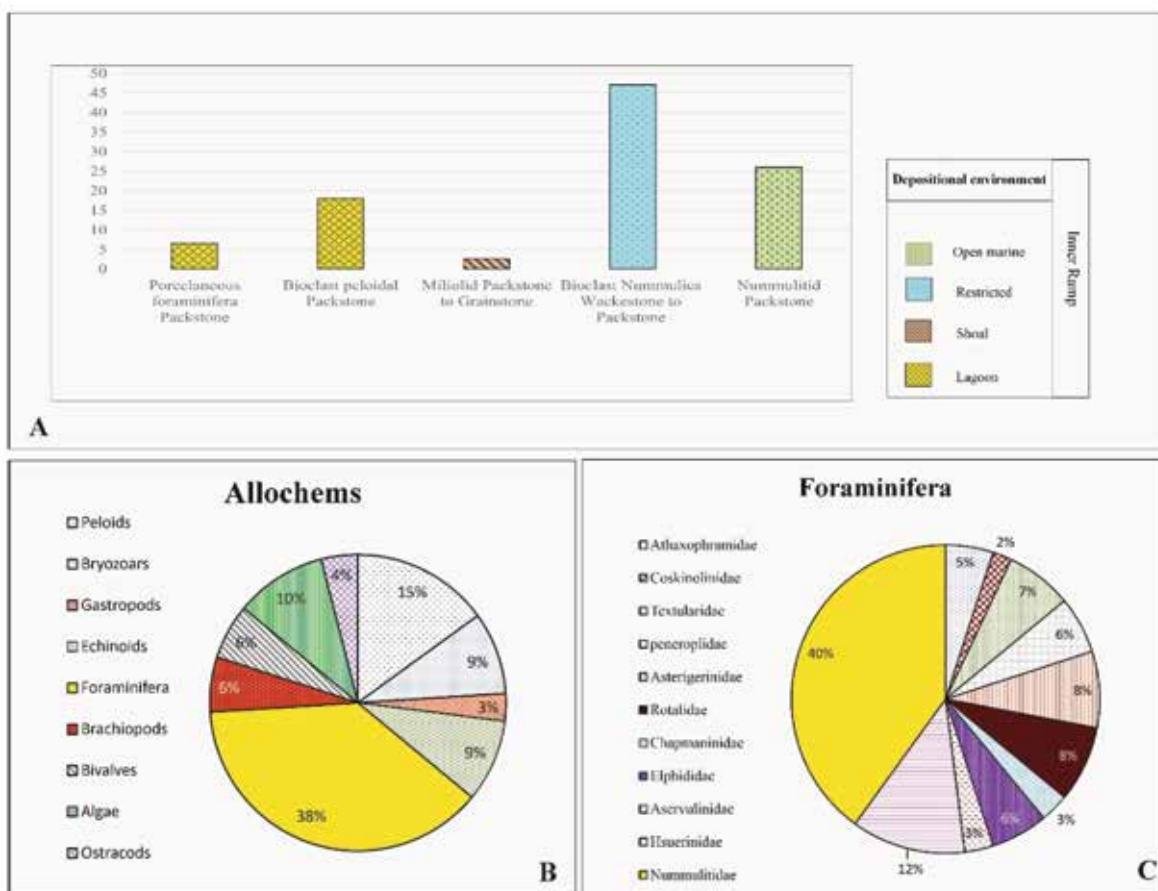
بحث

در پژوهش حاضر ۲۹۵ مقطع نازک به منظور بررسی محیط دیرینه نهشته‌های کربناته سازند جهرم در گستره تاقدیس سوورو با توجه به ریز رخساره‌ها و نحوه توزیع نومولیتیدهای موجود مطالعه شد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده در میان آلوکم‌ها گاستروپودها با سه درصد کمترین فراوانی را دارند. این موجودات در محیط‌های دریایی تا خشکی حضور دارند (Flügel, 2010) و در مقاطع نازک مورد مطالعه تنها در کم‌عمق‌ترین بخش از محیط لاگون در ریز رخساره پکستون حاوی فرامینیفرهای پورسلانوز دیده می‌شوند. از طرفی دیگر بررسی مقاطع میکروسکوپی نشان داد، فرامینیفرها با فراوانی ۴۰ درصد فراوان‌ترین آلوکم و

نومولیتیدها با ۳۸ درصد فراوانی، فرامینیفرای غالب در این محیط هستند. نومولیتیدهای موجود در این برش زیرزمینی در زمان پریابونین فراوانی و تنوع بالایی دارند (شکل ۳) به طوری که در تمامی محیط‌های مربوط به دریای باز، دریای باز محدود شده، همچنین به ندرت در لاگون غیر محصور در انرژی کم تا متوسط دیده می‌شوند ولی *Heterostegina* که در مقاطع میکروسکوپی مورد مطالعه تنها به فرم کشیده وجود دارند به طور انحصار، فقط در رخساره‌های عمق‌تر با انرژی کم تا متوسط حضور دارند. از طرفی دیگر هم‌زمان با کم عمق‌تر شدن محیط، فراوانی و تنوع نومولیتیدها کاهش می‌یابد و در محیط لاگونی این فرم حضور نداشته یا به ندرت دیده می‌شوند. با مطالعه مقاطع نازک مربوط به این برش زیرزمینی چهار گونه، *Nummulites striatus*، *Nummulites fabianii*، *Nummulites hormoensis* و *Heterostegina* spp از خانواده نومولیتیدها شناسایی شد (شکل ۷). همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است چگونگی شکل پوسته *Nummulites* بر مبنای قطر بر ضخامت (D:T) محاسبه و با نمودار رسم شده توسط ریزی (Racey, 1995) تطبیق داده شد. اعداد به دست آمده برای این فرامینیفرها در محیط مورد مطالعه به طور عمده در امتداد خطوط $D:T=1:1$ و $D:T=1.5:1$ و $D:T=2.5:1$ می‌باشند و نشان دهنده فرم کم‌وبیش گلوبولی، عدسی متورم و عدسی در *Nummulites* موجود در این محیط است (شکل ۳). نومولیتیدها در زمان ائوسن به طور گسترده در گستره لاگون کم عمق تا قسمت‌های عمیق دریایی گسترش داشته‌اند (Ayyat, 2023؛ هادی و همکاران، ۱۳۹۴). این گروه از فرامینیفرها به دلیل رفتار هیدرودینامیکی که دارند برای توصیف شرایط محیطی استفاده می‌شوند (Jorjy, 2004; Beavington-Penney and Racey, 2004; Arni, 1965) با توجه به غالب بودن این فرامینیفرها تفسیر محیط دیرینه نهشته‌های سازند جهرم بر اساس شناسایی ریز رخساره‌ها و با مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی و بوم‌شناختی نومولیتیدها در تاقدیس سوورو انجام پذیرفت. مطالعه نومولیتیدها در این گستره نشان داد، شکل پوسته این فرامینیفرها با عمق رابطه داشته به صورتی

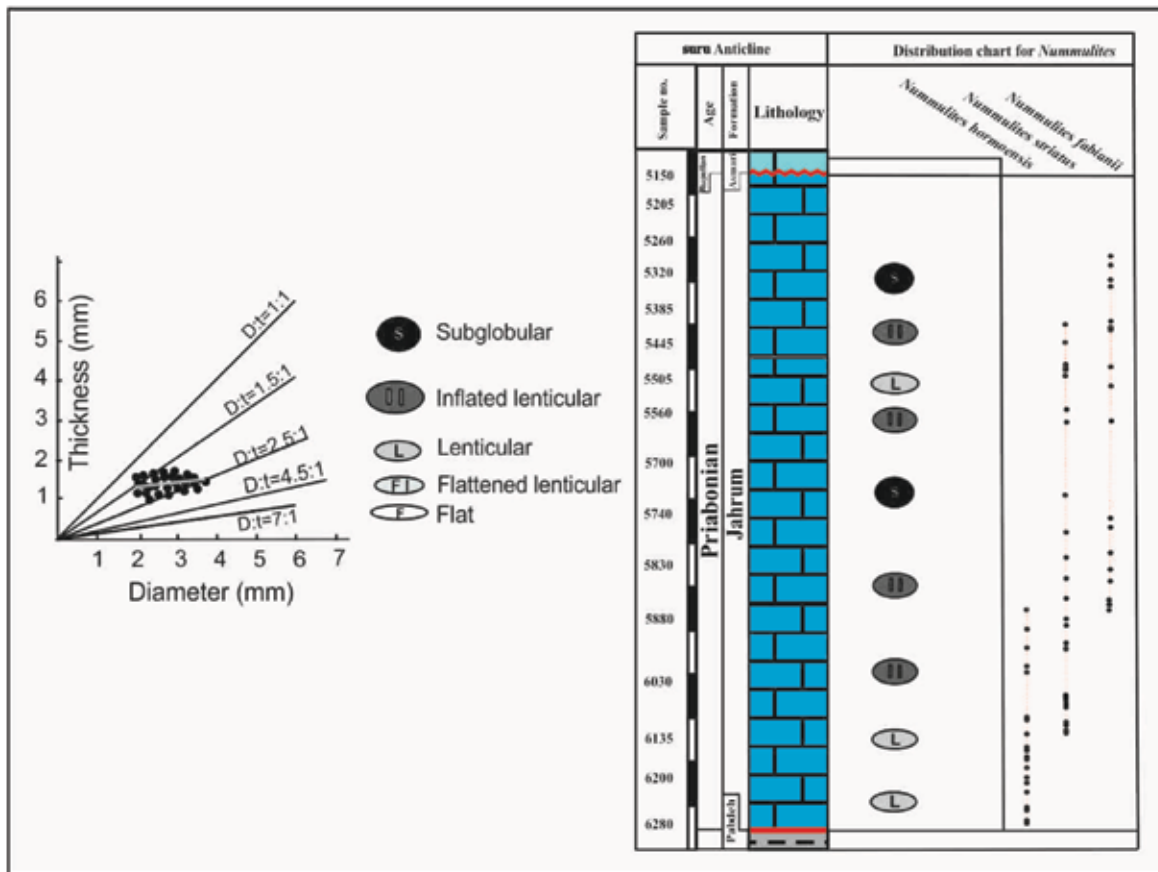
غالب ریز رخساره‌ها، پکستونی است (شکل ۳). همان‌گونه که در شکل ۶ نشان داده شده، طبق این مطالعات پنج ریز رخساره پکستون حاوی فرامینیفر با پوسته پورسلانوز، پکستون حاوی پلویید و بیوکلاست، پکستون-گرینستون حاوی میلیولید، وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites* و پکستون حاوی نومولیتید شناسایی شد و در چهار محیط لاگون^۱ پشته‌های ماسه‌ای^۲ دریای محصور شده^۳ و دریای باز^۴ نهشته شده است. بر این اساس برای سازند ذکر شده یک رمپ هموکلینال پیشنهاد شد. در ابتدا ویژگی‌های ریز رخساره‌های شناسایی شده ذکر می‌شود و به شرح زیر می‌باشد.

که فرم‌های با پوسته متورم و ضخیم در مناطق کم‌عمق‌تر گاهی همراه با فونای لاگونی دیده شده و با عمیق‌تر شدن محیط پوسته آن‌ها حالت کشیده‌تری پیدا می‌کند در نتیجه در گستره دریای باز در رمپ داخلی بیشترین فراوانی را دارند. در این گستره محیط به‌طور کلی در حال کم‌عمق شدن است و وجود نومولیتیدها با پوسته کشیده در ابتدا و نبود نومولیتیدها و غالب بودن فرامینیفر با پوسته پورسلانوز در اواخر برش نشان‌دهنده این روند است. از طرفی دیگر بررسی مقاطع نازک نشان داد، آلوکم‌های اصلی این محیط شامل فرامینیفر، بریوزوا، اکینوید، دوکفه‌ای، براکیوپود، استراکد، گاستروپود، جلبک و پلوییدها هستند و بافت



شکل ۲. (A) نمای آماری نحوه پراکندگی ریز رخساره‌ها، (B) نمودار دایره‌ای نحوه توزیع آلوکم‌ها، (C) نمودار دایره‌ای نحوه توزیع فرامینیفرهای موجود در برش زیرزمینی سورو

1. Lagoon
2. Sand shoal
3. Restricted marine
4. Open marine



شکل ۳. تنوع در شکل پوسته *Nummulites* در برش زیرزمینی سورو شکل پوسته مطابق با رسی (Racey (1995) رسم شده و محل قرارگیری *Nummulites* به صورت شماتیک نشان داده شده است

گروه L: ریز رخساره‌های پهنه لاگونی

L1: پکستون حاوی فرامینیفر با پوسته پورسلانوز

در محیط‌های فوق شور میلیولیدها فراوانی زیادی دارند (Flügel, 2010; Mossadegh et al. 2009) و افزایش فراوانی میلیولیدها نشان‌دهنده شرایط محیطی کم‌عمق و غنی از مواد غذایی است، زیرا میلیولیدها ترجیح می‌دهند در آب‌های با آشفتگی پایین و بستر نرم زندگی کنند. به‌طور معمول این مورد مشخصه محیط لاگونی است (Geel, 2000). پنیولیدها موجودات اپی فیتی هستند و مشخص‌کننده لاگون محدود شده با شوری بالا هستند (Romero et al., 2002) (شکل ۵). این فرامینیفرها در محیط‌های گرمسیری تا معتدل کم‌عمق زندگی می‌کنند (Consorti et al., 2020). با توجه به ویژگی‌های ذکر شده این ریز رخساره با ریز رخساره استاندارد RMF20 فلوگل (Flügel, 2010) مطابقت دارد.

بافت این ریز رخساره پکستون است و فرامینیفرها با پوسته پورسلانوز فراوان‌ترین آلوکم در این ریز رخساره می‌باشد. از لحاظ سنگ‌شناسی به‌طور عمده از سنگ آهکی است و آلوکم‌هایی مانند گاستروپود، پلویید و فرامینیفرهای پورسلانوز نظیر میلیولید، پنیولید و دانه‌های کوارتز تخریبی وجود دارد. این ریز رخساره نومولیتیدها حضور ندارند (شکل ۴-الف).

تفسیر

وجود فرامینیفرها با پوسته پورسلانوز مانند پنیولید و میلیولید در این برش و نبود فرامینیفرها با پوسته هیالین و سایر موجودات مربوط به دریای باز و فراوانی کم روزن‌داران با پوسته آگلوتینه آهکی نشان‌دهنده شوری بالای آب در لاگون محصور است (Ayyat, 2022; Flügel, 2010).

L2: پکستون حاوی پلویید و بیوکلاست^۱

عناصر اصلی این ریز رخساره از پلویید، فرامینیفرا با پوسته پورسلانوز، روتالیدها، تکستولاریدها و قطعات اسکلتی و اسکلتی شامل جلبک و استراکد، دوکفه‌ای، براکیوپود و نیز قطعات کوارتز و اکسید آهن که در یک زمینه میکرایتی به صورت کم‌ویش فشرده و نزدیک به هم قرار دارند، تشکیل شده است (شکل ۴-ب). در این ریز رخساره به‌ندرت *Nummulites* با پوسته به نسبت گلبولی (شکل ۶) دیده می‌شوند.

تفسیر

در این ریز رخساره وجود فرامینیفرهای پورسلانوز شاخص محیط‌های یوفوتیک، شفاف و کم‌عمق (Brandano *et al.*, 2006) مانند میلیولیدها، Orbitolites، و روتالیدها با پوسته هیالین و متورم و ضخیم و همچنین حضور گاستروپودها و ذرات کوارتز که نشان‌دهنده گردش محدود آب در محیط لاگون هستند (Özgen-Erdem and Koç-Tasgin, 2020) را می‌توان به محیط لاگون به طرف ساحل تفسیر کرد (شکل ۵). در این ریز رخساره گاهی *Nummulites* با پوسته گلبولی شکل دیده می‌شود (شکل‌های ۲ و ۵). مورفولوژی پوسته آن‌ها مشخصه میزان نور کافی و عمق کم‌ویش کمتر محیط می‌باشد (Beavington-Penney, 2002) و دیواره ضخیم و خردشدگی اندک آن‌ها نشان‌دهنده انرژی کم تا متوسط محیط است (Hadi *et al.*, 2016). از آنجاکه حضور هم‌زمان فرامینیفرا با پوسته پورسلانوز در کنار فرامینیفرا با پوسته هیالین نشان‌دهنده لاگون غیر محصور می‌باشد (Moallemi *et al.*, 2014) این ریز رخساره با ریز رخساره استاندارد RMF20 فلوگل (Flügel, 2010) مطابقت دارد و در قسمت عمیق‌تر لاگون نسبت به ریز رخساره قبلی قرار دارد.

گروه Sh: ریز رخساره‌های محیط پشته‌های ماسه‌ای

Sh: پکستون-گرینستون حاوی میلیولید^۲

این ریز رخساره با حدود پنج درصد فراوانی، کمترین فراوانی را در برش زیرزمینی مورد مطالعه دارد (شکل ۲). عناصر اصلی این ریز رخساره را میلیولیدها شامل *Pyrgo*

Spiroloculina, *Triloculina*, *Quinqueloculina* به همراه میکرایت و سیمان اسپاری ریزبلور تشکیل داده است. در این ریز رخساره همچنین قطعات کوارتز به صورت پراکنده دیده می‌شود (شکل ۴-پ).

تفسیر

بافت گرینستون تا پکستون با میلیولید که به صورت غالب حضور دارد، رسوب‌گذاری در محیط پشته ماسه‌ای و انرژی بالای محیط را نشان داده است (Flügel, 2010). جورشدگی و گردشدگی بالا شاید مربوط به افزایش انرژی هیدرودینامیک است (Abyat *et al.*, 2019; Flügel, 2010) و می‌توان نشان‌دهنده تشکیل این ریز رخساره در پشته‌های ماسه‌ای باشد. این رخساره با ریز رخساره استاندارد RMF27 فلوگل (Flügel, 2010) مطابقت دارد.

گروه R و O: ریز رخساره دریای محصور شده و دریای باز R: وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites*^۳

این ریز رخساره با حدود ۴۵ درصد بیشترین فراوانی را در برش زیرزمینی مورد مطالعه دارد (شکل ۲). اجزای اصلی این ریز رخساره را *Nummulites* تشکیل می‌دهند و دارای پوسته هیالین و عدسی متورم و عدسی شکل می‌باشند. از اجزای دیگر این ریز رخساره که فراوانی قابل توجهی دارند می‌توان به جلبک قرمز، خرده‌های استراکد، اکینویید، بریوزوا، براکیوپود، دوکفه‌ای و دانه‌های ذرات کوارتز تخریبی با اندازه کوچک در حد سیلت، دولومیت، گلوکونیت و پلویید اشاره کرد (شکل ۴-ج و د).

تفسیر

نومولیتیدها دارای دیواره شفاف و هیالین هستند. برای محافظت از خود در مقابل اشعه UV دیواره ضخیم و متورم تولید می‌کنند و یا اینکه در آب‌های به نسبت عمیق زندگی می‌کنند (Boudagher-Fadel, 2008; Beavington-Penney and Racey, 2004). بریوزوئرها و اکینوییدها نیز موجوداتی هستند که به‌طور عمده به شوری حساس می‌باشد و به‌طور معمول شرایط مساعد

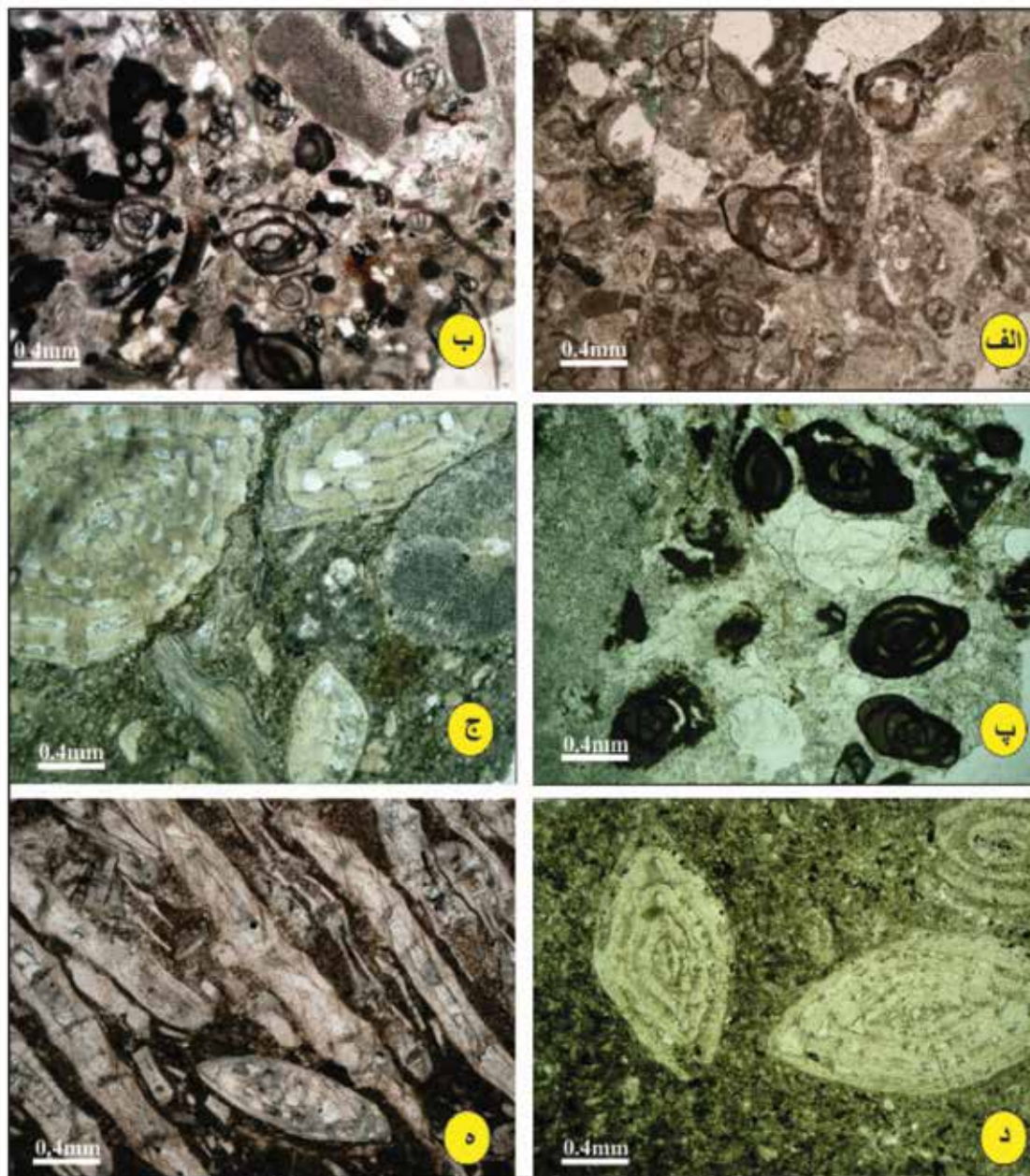
1. Bioclast Peloidal Packstone

2. Miliolids packstone to Grainstone

3. Bioclast Nummulites Wackestone to Packstone

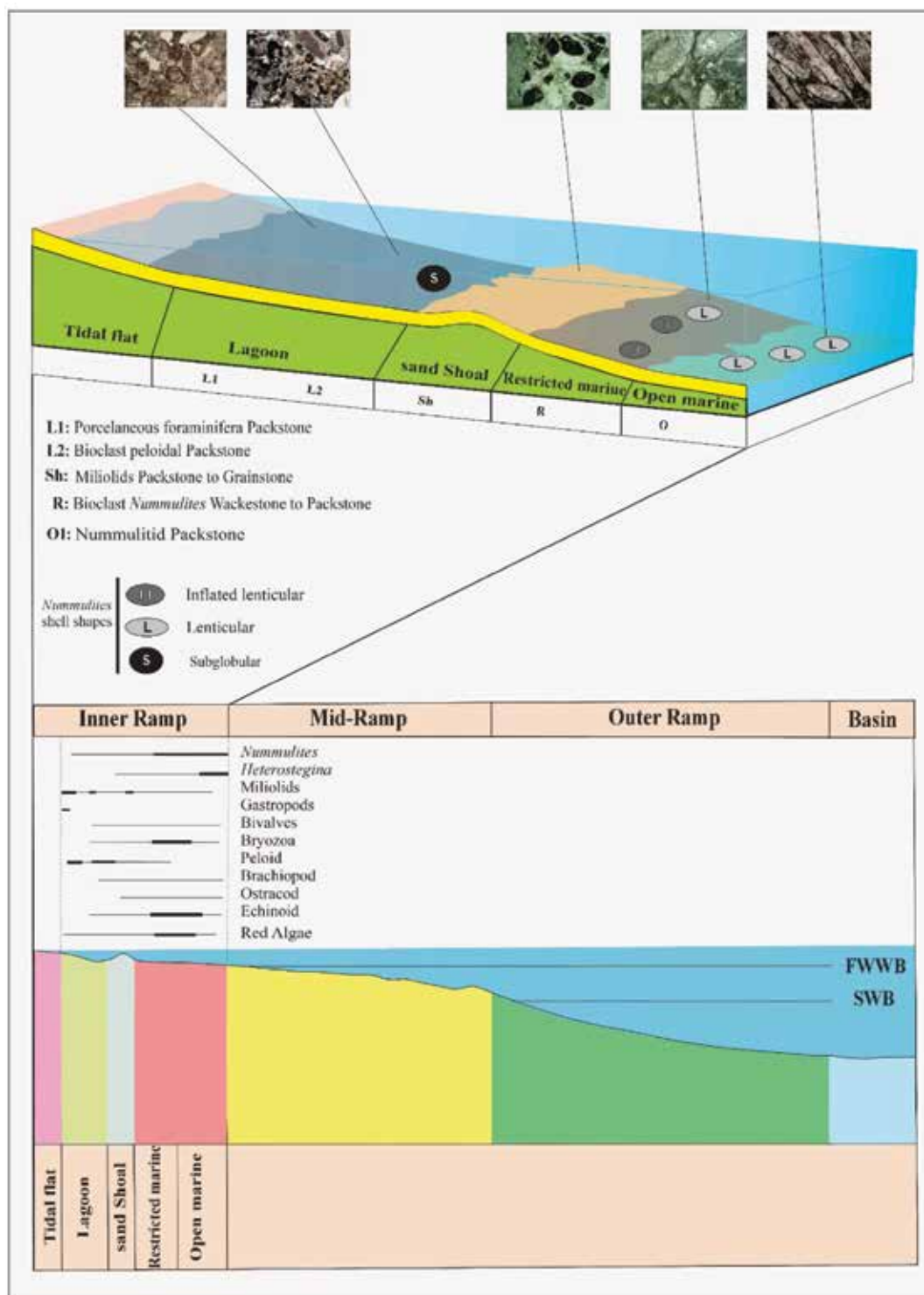
نومولیتیدها در این ریز رخساره حالت عدسی متورم تا عدسی دارند (شکل‌های ۲ و ۵) و حجم اصلی آلوکم‌ها را شامل می‌شود و با توجه به اینکه فرامینیفراهای بنتیک با پوسته پورسلانوز حضور ندارند، این رخساره با ریز رخساره استاندارد RMF13 فلوگل (Flügel, 2010) در دریای محصورشده^۱

برای حفظ آن‌ها محیط دریای باز است. (Aurell et al., 2010; Flügel, 2010; Sanders and Hofling, 2000). اجتماع این موجودات به همراه هم نشان‌دهنده استقرار آب‌وهوای گرمسیری تا نیمه گرمسیری در محیط است (Ayyat, 2022; Mohammadi, 2020). از آنجایی‌که



شکل ۴. ریز رخساره‌های موجود در نهشته‌های برش زیرزمینی سورو، الف) پکستون حاوی فرامینیفرا با پوسته پورسلانوز، مقطع شماره ۵۱۶۵، ب) پکستون حاوی پلویید و بیوکلاست، مقطع شماره ۵۱۹۵، پ) پکستون-گرینستون حاوی میلیولید، مقطع شماره ۵۱۵۰، ج) وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites*، مقطع شماره ۵۴۰۰، د) وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites*، مقطع شماره ۶۰۹۰، ه) پکستون حاوی نومولیتید، مقطع شماره ۶۲۵۵

1. Restricted marine



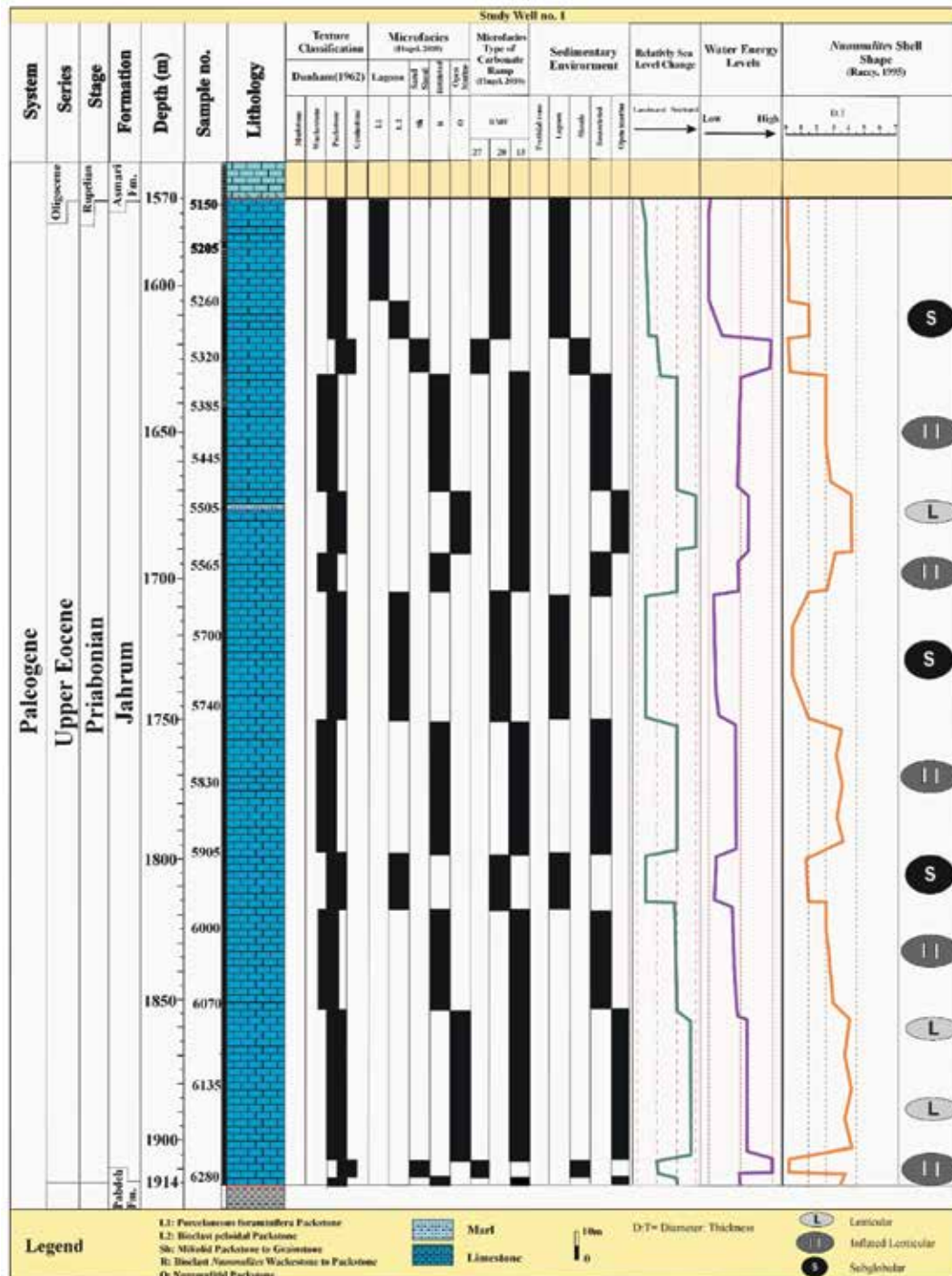
شکل ۵. جایگاه ریز رخساره‌ها و کمربندهای رخساره‌ای در سازند جهرم

مطابقت دارد. همچنین وجود آلوکم‌های بزرگ و فراوان در یک زمینه میکرایتی نشان‌دهنده انرژی پایین (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۴) است. بافت پکستون تا وکستون این ریز رخساره نشان‌دهنده انرژی محیطی می‌باشد که بخشی از

گل را از محیط خارج کرده است (Wilson, 1975). این شرایط می‌تواند نشان‌دهنده انرژی کم تا متوسط در محیط دریای محصور شده باشد.

O: پکستون حاوی نومولیتید^۱

عناصر اصلی این ریز رخساره را *Heterostegina* و *Nummulites*. با پوسته عدسی (شکل ۶) به همراه گلوکونیت و ذرات پراکنده کوارتز در حد سیلت تشکیل داده‌اند و در یک زمینه میکرایتی فشرده و نزدیک به هم قرار دارند. از دیگر آلوکم‌های موجود می‌توان به خرده‌های اکتینوید و به‌ندرت بریوزوئر و جلبک قرمز اشاره کرد (شکل ۴-۵).

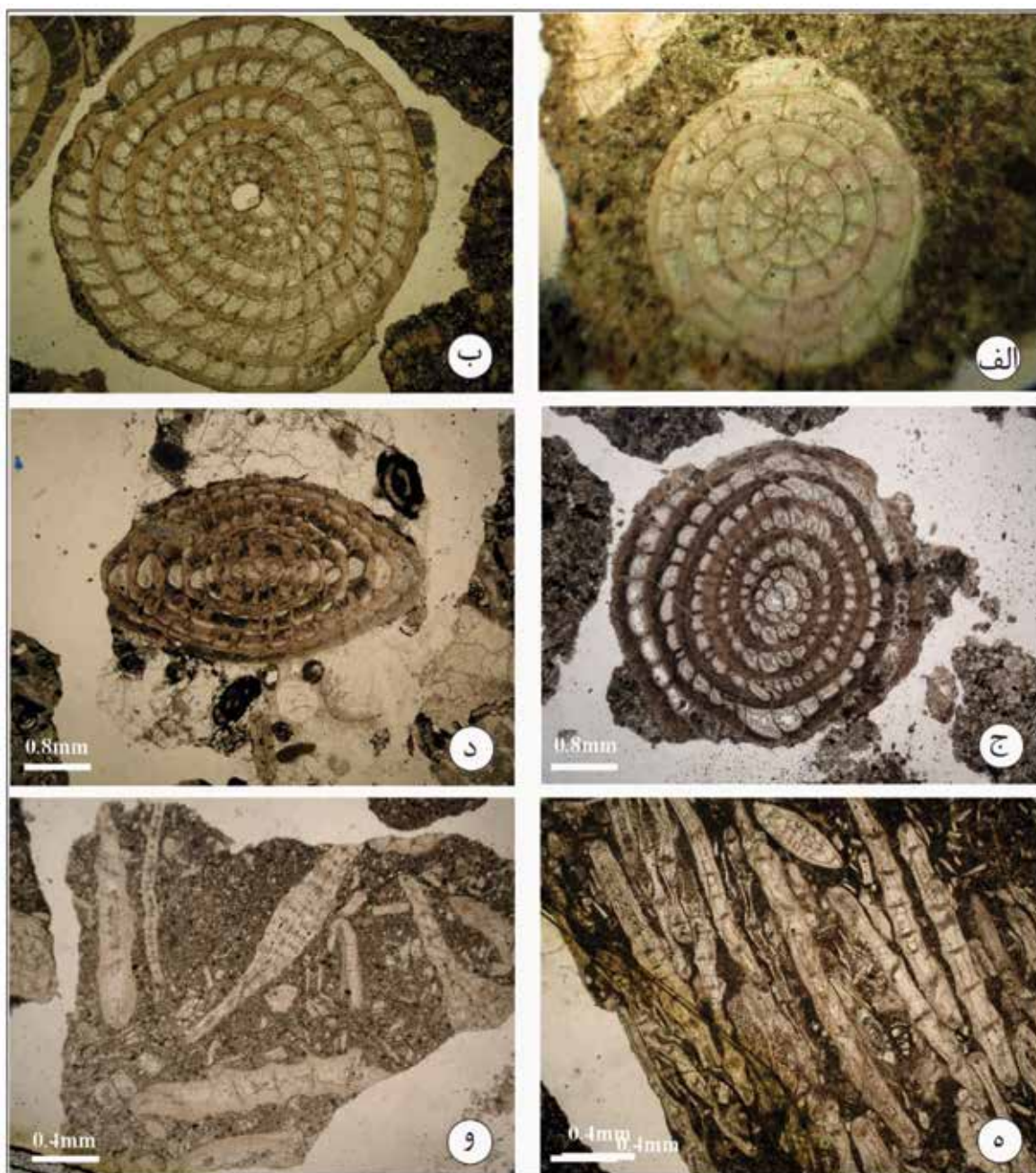


شکل ۶. نمودار نوسانات سطح آب دریا و تغییرات انرژی دریا، شکل پوسته *Nummulites* ها، محیط‌های رسوبی و ریز رخساره‌های تعیین شده سازند جهرم در برش زیرزمینی سورو

تفسیر

که در یک زمینه میکرایتی فشرده و نزدیک به هم قرار دارند و نظر بر اینکه شکل آن‌ها به‌طور مشخص در ارتباط با نوع محیط رسوبی است، فرم‌های درشت و کشیده مربوط به بخش‌های دور از ساحل و آب‌های عمیق‌تر و محیط با انرژی کم و منطبق بر حد پایینی کمر بند، گستره زون نورانی و نشان‌دهنده افزایش در میزان رسوب‌گذاری است (Beavigton-Penny and Racey, 2004). این رخساره

نومولیتیدها محیط با انرژی پایین آب و به دور از نور و با شوری نرمال را برای زندگی انتخاب می‌کنند (Abd-Elhameed *et al.*, ۱۳۹۲؛ قنبرلو و همکاران ۱۳۹۶؛ ۲۰۲۳؛ Martín-Martín *et al.*, ۲۰۲۱؛ Hohenegger *et al.*, ۲۰۰۰). با توجه به حضور نومولیتیدهای کشیده‌تر نسبت به ریز رخساره قبلی (شکل ۵)



شکل ۷. الف) *Nummulites hormoensis*، ب) *Nummulites striatus*، ج و د) *Nummulites fabianii*، ه) *Heterostegina* spp. و و) *Spiroclypeus carpaticus* و *Heterostegina* spp.

زیادی دارند و شرایط محیطی را در مورفولوژی پوسته خود منعکس می‌کنند. آغاز رسوب‌گذاری نهشته‌ها با حضور نومولیتیدهایی با پوسته عدسی همراه است که نشان‌دهنده قسمت‌های عمیق دریای باز است. با کم‌عمق‌تر شدن محیط، پوسته متورم و سترتر شده و میزان کشیدگی کاهش می‌یابد. در پشته‌های سدی، تنها میلیولیدها در بافت پکستون تا گرینستون حضور دارند. در ادامه، در محیط لاگونی، گاهی *Nummulites* با پوسته متورم و ستر، همراه با فرامینیفرهای دارای پوسته پورسلانوز دیده می‌شوند. در انتهای سازند، فرامینیفرهای بدون منفذ و نبود نومولیتیدها، نشان‌دهنده یک محیط لاگونی کم‌عمق است. الگوی تغییرات محیطی نشان‌دهنده یک روند پس‌روی در طول سازند چهارم است. این سازند در پهنه رمپ داخلی^۱ نهشته شده و به دلیل نبود شواهد محیط‌های جزر و مدی، از آب خارج نشده است.

تحلیل انرژی محیطی نیز نشان داد که کمترین انرژی در لاگون محصور (حاوی فرامینیفرهای با پوسته پورسلانوز) و بیشترین انرژی در پشته‌های سدی (حاوی میلیولیدها در بافت پکستون تا گرینستون) دیده می‌شود. همچنین، بررسی مورفولوژی پوسته نومولیتیدها نشان داد که در محیط لاگون، *Nummulites* دارای پوسته متورم بوده و به‌ندرت حضور دارند، درحالی‌که در دریای محدود شده و دریای باز، فراوان بوده و با کاهش انرژی، پوسته آن‌ها مسطح، کشیده‌تر و کم‌ضخامت‌تر می‌شود.

منابع

- افقه، م.، احمدی، و. و غفاری، م.، ۱۳۹۷. محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی توالی‌های کربناته ائوسن در ناحیه جنوب کرمان، (بلوک لوت): با تأکید بر اهمیت تجمعات نومولیتی (یا پشته‌های نومولیتی). نشریه علمی-پژوهشی رخساره‌های رسوبی، ۱۱ (۲)، ۲۷۲-۲۸۷.
- بختیاری، س.، ۱۳۸۸. اطلس راه‌های ایران، موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۳۱۴.
- حسین‌زاده، م.، معلمی، ع. و دانشیان، ج.، ۱۳۹۴. چینه نگاری سنگی، ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی

مربوط به دریای باز می‌باشد و با ریز رخساره استاندارد RMF13 فلوگل (Flügel, 2010) مطابقت دارد. در برخی نمونه‌ها در کنار نومولیتیدها خرده‌های اکینوئیدها دیده می‌شوند. حضور عناصری مانند اکینوئیدها با توجه به اینکه اکینوئیدها موجوداتی حساس به شوری هستند (Flügel, 2010) و حضور هم‌زمان آن‌ها نشان‌دهنده محیط دریای نرمال است. به همراه فرامینیفرهای با پوسته هیالین نظیر نومولیتیدها رسوب‌گذاری در محیط دریای باز با انرژی کم تا زیاد را نشان می‌دهد؛ (Ayyat, 2022; Geel, 2000). همان‌طور که در شکل ۶ دیده می‌شود *Heterostegina* کشیده در ابتدای برش زیرزمینی فراوان هستند. این نومولیتیدهای مسطح و پهن (هم‌زیست زاد) در عمیق‌ترین بخش‌های پهنه تا مرز زیرین ناحیه نوری زیست می‌کنند (Romero et al., 2002). حضور هم‌زمان آن‌ها با *Nummulites* عدسی شکل که دارای بیشترین کشیدگی در این برش هستند نشان‌دهنده عمیق‌تر بودن پهنه نسبت به ریز رخساره قبلی است (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

سازند چهارم در برش زیرزمینی سورو دارای ضخامت ۳۴۴/۴۲ متر بوده و از سنگ‌آهک تشکیل شده است. در این پژوهش، محیط رسوبی و تغییرات مورفولوژیکی نومولیتیدها در پاسخ به تغییرات پارامترهای محیطی بررسی شد. مطالعه ۲۹۵ مقطع نازک و مقایسه ریزرخساره‌ها با رخساره‌های استاندارد فلوگل (Flügel, 2010) منجر به شناسایی پنج ریزرخساره شد:

پکستون حاوی فرامینیفر با پوسته پورسلانوز، پکستون حاوی پلویید و بیوکلاست، پکستون-گرینستون حاوی میلیولید، وکستون-پکستون حاوی *Nummulites* و پکستون حاوی نومولیتید، این ریزرخساره‌ها در محیط‌های لاگون، پشته‌های سدی، دریای محدود شده و دریای باز نهشته شده‌اند. فراوان‌ترین ریزرخساره، وکستون-پکستون حاوی بیوکلاست و *Nummulites* متعلق به دریای محدود شده است.

نومولیتیدها در این برش زیرزمینی تنوع و فراوانی

Géologiques et Minières, 32: 7-20.

- Aurell, M., Bádenas, B., Ipas, J. and Ramajo, J., 2010. Sedimentary evolution of an Upper Jurassic epeiric carbonate ramp, Iberian Basin, NE Spain. Geological Society, London, Special Publications, 329(1): 89-111.

- Ayyat., A. M. E, 2023. Sedimentological characteristics and genetic pathways of the nummulithoclast facies within the Middle Eocene rocks of Egypt. Arabian Journal of Geosciences, 16(12): 639.

- Ayyat, A.M.E., 2022. Paleoenvironmental reconstruction, paleoecology and sequence stratigraphy of some Nummulites buildups in Egypt. Carbonates Evaporites 37: 60.

- Bagtash, R.F., 2024. Facies analysis, palaeodepositional environment and sequence stratigraphic framework of the Jahrum and Asmari formations, Fars Province, Zagros Basin, SW Iran. Stratigraphy and Sedimentology Researches, 39(4): 37-52.

- Beavington-Penney, S.J., 2002. Characterisation of selected Eocene Nummulites accumulations., Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Wales, Cardiff, 374.

- Beavigton-Penny, S. J. and Racey, A., 2004. Ecology of extant Nummulites and other larger bentic foraminifera, applications in palaeoenvironmental analisis. Earth-Science Reviews, 67: 219-265.

- Brandano, M., Frezza, N., Tomassetti, L. and Caffaro, M., 2009b. Heterozoan carbonate in oligotrophic tropical waters: The Attard member of the Lower coralline limestone Formation (Upper Oligocene, Malta). Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology, 272: 1-10.

- BouDagher-Fadel, M. K., 2008. Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera. Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 21: 1-544.

سازند جهرم غرب و شمال غرب بندرعباس در جنوب ایران. پژوهش نفت، ۲۵ (۸۲)، ۱۰۳-۱۱۷.

- خطیبی مهر، م.، آدابی، م. ح.، موسوی تسوج، م. ر.، وزیری مقدم. و صادقی، ع.، ۱۳۹۲. میکروفاسیس، ژئوشیمی و محیط رسوبی سازند جهرم در کوه گچ، در جنوب شرقی شهر لار. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۷ (۲۶)، ۹۷-۱۱۸.

- دانشیان، ج.، یعقوبی، م. و طهماسبی سروسستانی، ع.، ۱۳۹۷. چینه‌نگاری سکansı نهشته‌های الیگو-میوسن در یال جنوبی تاقدیس احمدی (تنگ عبدی)، جنوب شرق شیراز. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۲ (۴۶)، ۱۳۹۷.

- فخاری، م.، ۱۳۷۴. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش بندرعباس، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مدیریت اکتشاف.

- قنبرلو، ح.، ربیعی وزیری، ح.، خیری، ه.، احمدی طاهری، م. و شهدادی، ع.، ۱۳۹۶. ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند شهبازان در چاه شماره ۳ میدان نفتی قلعه نار، جنوب غرب لرستان ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند شهبازان در چاه شماره ۳ میدان نفتی قلعه نار، جنوب غرب لرستان. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۱ (۴۱)، ۶۳-۷۸.

- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین، ۵۳۶.

- هادی، م.، مصدق، ح. و عباسی، ن.، ۱۳۹۴. تجمعات روزن‌داران کف زی بزرگ و تفسیر محیطی رسوبات ائوسن در کوه‌های سلطانیه (البرز غربی). انجمن دیرینه‌شناسی ایران، ۳ (۲)، ۲۴۴-۲۵۶.

- Abd-Elhameed, S., Mahmoud, A.A. and Salama, Y., 2023. Late Paleocene-Early Eocene larger foraminifera from the Galala Plateaus, North Eastern Desert, Egypt: biostratigraphic, paleoenvironmental and paleoecological implications. Carbonates Evaporites, 38: 84.

- Abyat, Y., Abyat, A. and Abyat, A., 2019. Microfacies and depositional environment of Asmari formation in the Zeloi oil field, Zagros basin, south-west Iran. Carbonates Evaporites, 34: 1583-1593.

- Arni, P., 1965. L évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. Mémoires du Bureau de Recherches

- Consorti, L., Schlagintweit, F. and Rashidi, K., 2020. Three shell types in *Mardinella daviesi* indicate the evolution of a paratrimorphic life cycle among late Paleocene soritid benthic foraminifera. *Acta Palaeontologica Polonica*, 65(3): 641-648.
- Dunham, R. J., 1962. Classification of carbonate rocks according to their depositional texture in W. E. Ham, ed., *Classification of carbonate rocks*, AAPG. Memoir, 1: 108-121.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, 984.
- Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphy sequences in carbonate platform and slope deposit empirical models based on microfacies analysis of Paleocene deposit in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoecology*, 155: 211-238.
- Hadi, M., Mosadegh, H. and Abbassi, N., 2016. Microfacies and biofabric of nummulite accumulations (Bank) from the Eocene deposits of Western Alborz (NW Iran). *Journal of African Earth Sciences*, 124: 216-233.
- Hallock, P., 1979. Trends in test shape with depth in large, symbiont-bearing foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 9: 61-69.
- Hallock, P., 1981. Production of carbonate sediments by selected large benthic foraminifera on two Pacific coral reefs. *Journal of Sedimentary Research*, 51: (2) 467-474.
- Hallock, P., Forward, LB. and Hansen, HJ., 1986. Influence of environment on the test shape of *Amphistegina*. *Journal of Foraminiferal Research*, 16: 224-231.
- Hohenegger, J., Yordanova, E. and Hatta, A., 2000. Remarks on West Pacific Nummulitidae (Foraminifera). *Journal of Foraminiferal Research*, 30: 3-28.
- Jorry, S.J., 2004. The Eocene Nummulites carbonates (Central Tunisia and NE Libya): sedimentology, depositional environments, and application to oil reservoirs. University of Geneva, 226.
- Khattab, MA., Radwan AE., El Anbaawy, MI., Mansour, MH. and El Tehiwy, AA., 2023. Three dimensional structural modelling of structurally complex hydrocarbon reservoir in October Oil Field, Gulf of Suez, Egypt. *Geological Journal*, 58, 11, 4146-64.
- Kenter, JAM., Harrisb, PM. and Porta, GD., 2005. Steep microbial bound stone dominated platform margins: examples and implications. *Sedimentary Geology*, 178: 5-30.
- Martín-Martín, M., Guerrero, F., Tosquella, J. and Tramontana M., 2021. Middle Eocene carbonate platforms of the westernmost tethys. *Sedimentary Geology*, 415:105861.
- Moallemi, S.A., Daneshian, J. and Hosseinzadeh, M., 2014. Lithostratigraphy, Microfacies Investigation and Paleoenvironmental Reconstruction of the Jahrum Formation in the West and North of the Bandar Abbas Area, South Iran, *Advances in Environmental Biology*, 8, 4, 963-974.
- Mohammadi, E., 2020. Sedimentary facies and depositional environments of the Oligocene-early Miocene marine Qom formation, Central Iran Back-Arc Basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway), *Carbonates and Evaporites*, 35: 1-29.
- Mossadegh, Z., Haig, D., Allan, T., Adabi, M. and Sadeghi, A., 2009. Salinity changes during Late Oligocene to Early Miocene Asmari Formation deposition, Zagros Mountains, Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272:17-36.
- Ni, X., Shen, A., Chen, Y., Guan, B., Yu, G., Yan, W., Xiong, R. and Li, W., Huang, L., 2016. Comprehensive insight of the Cambrian carbonate platform types as well as margin segmentation characteristics' exploration in Tarim Basin. *Natural Gas Geoscience*, 1:73-84.
- Özgen-Erdem, N. and Koç-Taşgin, C.,

2020. Microfacies and Depositional Environment of the Ilerdian Carbonates in the North-Western Tosya (SE Kastamonu) Region, Northern Turkey. *Journal of the Geological Society of India*, 93: 704-712.
- Pleş, G., Kovacs, S-A., Bindu-Haitonic, R. and Silye, R., 2020. Microfacies analysis and diagenetic features of the Eocene nummulitic accumulations from northwestern Transylvanian Basin (Romania). *Facies*, 66 (3): 1-20.
 - Racey, A., 1995. Lithostratigraphy and larger foraminiferal (Nummulitid) biostratigraphy of the Tertiary of northern Oman. *Micropaleontology*, 41 (Suppl.), 1-123.
 - Racey, A., 2001. A review of Eocene nummulite accumulations: Structure, formation and reservoir potential. *Journal of Petroleum Geology*, 24: 79-100.
 - Rasser, M. W., Scheibner, C. and Mutti, M., 2005. A Paleoenvironmental standard section for early Ilerdian tropical carbonate factories (Corbieres, France; Pyrenees, Spain). *Facies*, 51: 2017-232.
 - Romero, J., Caus, E. and Rosella, J., 2002. A model for the paleoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179 (1): 43-56.
 - Sanders, D. and Höfling, R., 2000. Carbonate deposition in mixed siliciclastic-carbonate environments on top of an orogenic wedge (Late Cretaceous, Northern Calcareous Alps, Austria). *Sedimentary Geology*, 137: 127-146.
 - Santantonio, M., Scrocca, D. and Lipparini L., 2013. The Ombrina-Rospo Plateau (Apulian platform): evolution of a carbonate platform and its margins during the Jurassic and Cretaceous. *Marine and Petroleum Geology*, 42:4-29.
 - Seddighi, M., Briguglio, A., Hohenegger, J. and Papazzoni, C.A., 2015. New results on the hydrodynamic behaviour of fossil Nummulites tests from two nummulite banks from the Bartonian and Priabonian of northern Italy. *Bollettino della società paleontologica italiana. Società paleontologica italiana*, 54(2): 103-115.
 - Scheibner, C., Speijer, R.P. and Marzouk, A.M., 2005. Larger foraminiferal turnover during the Paleocene/Eocene Thermal Maximum and paleoclimatic control on the evolution of platform ecosystems. *Geology*, 33: 493-496.
 - Sinapour, M. and Seyrafian, A., 2021. Microfacies and sedimentary environment of the Jahrum Formation, south-central Zagros basin. *Carbonates Evaporites*, 36:1-19.
 - Wilson, J. L., 1975. Carbonate facies in Geologic History. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 471.
 - Zohdi, A., Mousavi-Harami, R., Moallemi, S. A., Mahboubi, A. and Immenhauser, A., 2013. Evolution, paleoecology and sequence architecture of an Eocene carbonate ramp, south-east Zagros Basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 18, 4, 49-80.