

## محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی توالی‌های کربناته ائوسن در ناحیه جنوب کرمان (بلوک لوت): با تأکید بر اهمیت تجمعات نومولیتی (یا پشته‌های نومولیتی)

مسعود غفاری<sup>۱\*</sup>، مسیح افقه<sup>۱\*</sup>، وحید احمدی<sup>۱</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد شیراز، شیراز، ایران

۲- گروه زمین شناسی، دانشگاه علوم تحقیقات فارس، شیراز، ایران

\*پست الکترونیک: massihafg2002@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۵

### چکیده

در این مطالعه توالی‌های کربناته دریای کم عمق ائوسن در جنوب کرمان (بلوک لوت) در برش‌های خان‌گازان و خداگن به ترتیب با ضخامت‌های ۷۵ و ۴۸ متر مورد بررسی قرار گرفتند. مطالعات صحرایی و میکروسکوپی بر اساس توزیع محیطی روزن‌داران کفزی بزرگ به شناسایی ۷ رخساره شامل پکستون ماسه‌دار، رودستون نومولیتی، پکستون - گریستون بایو کلاستی جلبک‌دار، رودستون - بایندستون جلبک‌دار، و کستون - باندستون مرجانی، پکستون - گریستون نومولیتیک کلاستیک و پکستون - گریستون بایو کلاستی منجر شد که درون یک مدل رمپ کربناته برای ته‌نشست‌های ائوسن پیشنهاد شدند. همچنین نتایج حاصل از مطالعات چینه نگاری سکانسی به شناسایی دو سکانس رده سوم دربرگیرنده چهار سیستم تراکت در این مجموعه منجر شد. علاوه بر این، تجمعات پوسته‌های *Nummulites* (پشته‌های نومولیتی) با ساختارهای برآمده کم ارتفاع، درون بخش رمپ میانی و تحت تأثیر شرایط جریانی با انرژی متوسط تا زیاد (همچون جریانات امواج) حاصل تجمعات پوسته‌های تک گونه‌ای *Nummulites perforatus* برای اولین بار از این ناحیه معرفی می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** ائوسن؛ چینه‌نگاری سکانسی؛ کرمان؛ رخساره؛ نومولیت.

### مقدمه

پس‌روی دریا و خروج از آب است. همزمان با شروع پالئوژن، بیشتر نقاط ایران مرکزی و دامنه‌های جنوبی البرز با رسوبات آواری پس از کوه‌زایی و دگرشیبی مشخص می‌شوند (آقانباتی، ۱۳۸۵). اگرچه تنها گزارش‌های انجام شده قبلی در ارتباط با تعیین واحدهای چینه‌شناسی رسوبات کربناته ائوسن در نواحی کرمان توسط حاجیان (۱۳۷۵) و شهرمادی و همکاران (۱۳۹۰) انجام شده است، اما اخیراً مطالعاتی با تمرکز بر روی روزن‌داران کفزی بزرگ

توالی‌های کربناته ائوسن در خاور بلوک لوت رخنمون‌های اندکی دارند و تاکنون مطالعات محدودی بر روی آن‌ها انجام شده است. به نظر می‌رسد که رخداد کوه‌زایی لارامین (کرتاسه پسین - پالئوژن) در این ناحیه مانند سایر نواحی ایران (به عنوان مثال برخی از مناطق البرز) نقش بسیار مهمی در نرخ ته‌نشست رسوبات دریای کم عمق ائوسن داشته است. به عبارت دیگر، این رخداد کوه‌زایی در شروع پالئوژن با تشکیل کنگلومرای کرمان نشان‌دهنده

برای فلات ایران مشخص شده است. برش‌های مورد مطالعه (برش خان‌گازان و خداگن) به ترتیب با ضخامت‌های ۷۵ و ۴۸ متر متشکل از توالی‌های کربناته ائوسن در محدوده جنوب کرمان درون بلوک لوت واقع شده‌اند (شکل ۱)، اگرچه بنا بر تقسیم‌بندی‌های قدیمی‌تر، ناحیه مورد مطالعه را می‌توان درون پهنه ساختاری ایران مرکزی قرار داد (Nabavi, 1976). برش خان‌گازان با موقعیت جغرافیایی عرض شمالی ۱۲° ۵۷ و طول خاوری ۵' ۵۷ در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر هنزا و به فاصله ۲۵ کیلومتری شمالی از برش خداگن با موقعیت جغرافیایی عرض شمالی ۹' ۲۹ و طول خاوری ۵' ۵۷ قرار گرفته است (شکل ۱).

### روش مطالعه

برای تفسیر و طبقه‌بندی رخساره‌های کربناته در مجموع ۴۵ نمونه برداشت شد که به کمک روش‌های Dunham (1962) و Flugel (2010) نام‌گذاری شدند. همچنین برای تعیین سن توالی‌های مطالعه شده حدود ۳۰ نمونه ایزوله از هر دو فرم میکروسفریک و مگالوسفریک گونه *Nummulites perforatus* در برش‌های استوایی و محوری مناسب آماده سازی و با استفاده از Schaub (1981) شناسایی شدند.

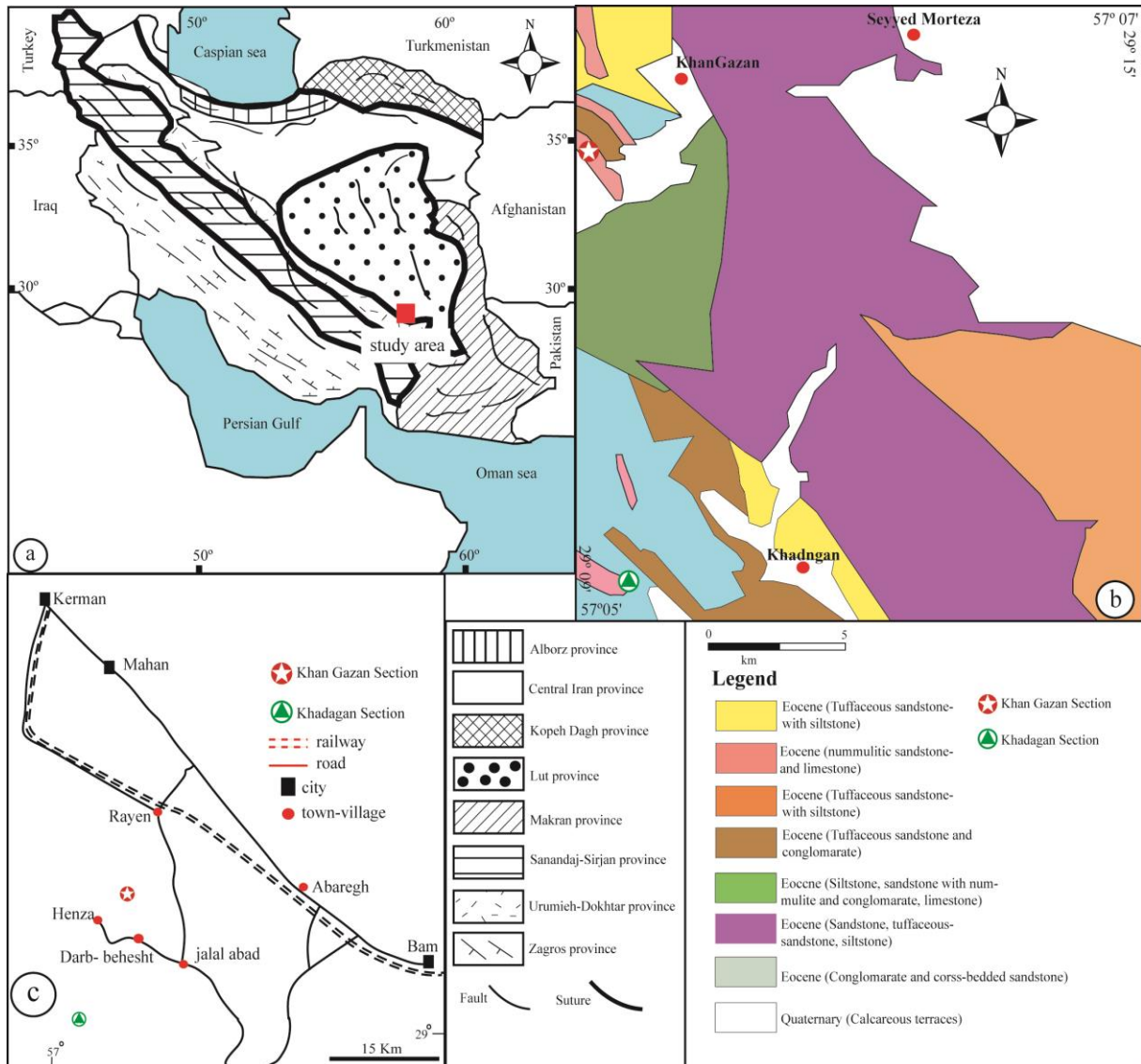
### توصیف رخساره‌ها

توصیف رخساره‌ها بر اساس مشاهدات صحرایی، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، بافت و ترکیب‌های زیستی - غیرزیستی باعث شناسایی هفت رخساره گردید که شامل پکستون ماسه‌دار (FT1)، رودستون نومولیتی (FT2)، پکستون جلبک و ماسه‌دار (FT3)، رودستون - بایندستون بایو کلاستی جلبک‌دار (FT4)، و کستون بایندستون مرجانی (FT5)، پکستون - گریستون نومولیتو کلاستیک (FT6) و پکستون - گریستون بایو کلاستی (FT7) می‌باشند (شکل ۲).

(Hadi *et al.*, 2016 a) و ماکروفسیل‌های خارپوستان (Ghasem-Pour Afshar *et al.*, 2015) به منظور تعیین سن توالی‌های یاد شده در این ناحیه صورت گرفته است. از سوی دیگر، محیط رسوبی دیرینه و چینه‌نگاری سکانسی توالی کربناته ائوسن در نواحی جنوب کرمان تاکنون مورد توجه نبوده است؛ اگرچه بر اساس مشاهدات صحرایی عمومی این توالی‌ها در بلوک لوت به طور غالب از رخساره‌های قاره‌ای و دریایی کم عمق تشکیل شده‌اند. علاوه بر این، *Nummulites* از شاخص‌ترین جنس‌های روزن‌داران کفزی بزرگ طی زمان ائوسن در سرتاسر جهان محسوب می‌شود که به طور فراوان درون دریا‌های کم عمق ائوسن زندگی می‌کرده است؛ آن چنان که این زمان تحت عنوان دوره نومولیتیک توسط dArchiac (1850) نامیده شده است. این گروه از روزن‌داران به دلیل برخورداری از ویژگی هم‌زیستی با جلبک‌های همراه در بستر آب‌های کم عمق، به خوبی شرایط محیط دیرینه را در مشخصه‌های شکل‌شناسی و رفتارهای هیدرودینامیکی خود نشان می‌دهند. هدف اصلی این پژوهش، تفسیر محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی توالی‌های کربناته ائوسن با توجه به رفتارهای هیدرودینامیکی پوسته‌های *Nummulites* و سازوکار چگونگی شکل‌گیری تجمعات آن‌ها است.

### زمین‌شناسی عمومی

پهنه ساختاری - رسوبی ایران از دیرباز مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان بوده است، به طوری که بر اساس جایگاه گسل‌های اصلی، پهنه‌هایی با ویژگی‌های سکانس‌های رسوبی و آذرین تفکیک شده‌اند (برای مثال: Berberian & King, 1981). بنابر نوشته Heydari *et al.* (2003)، هشت پهنه مختلف شامل زاگرس، البرز، کپه‌داغ، ایران مرکزی، بلوک لوت، سندج - سیرجان، ارومیه دختر و مکران

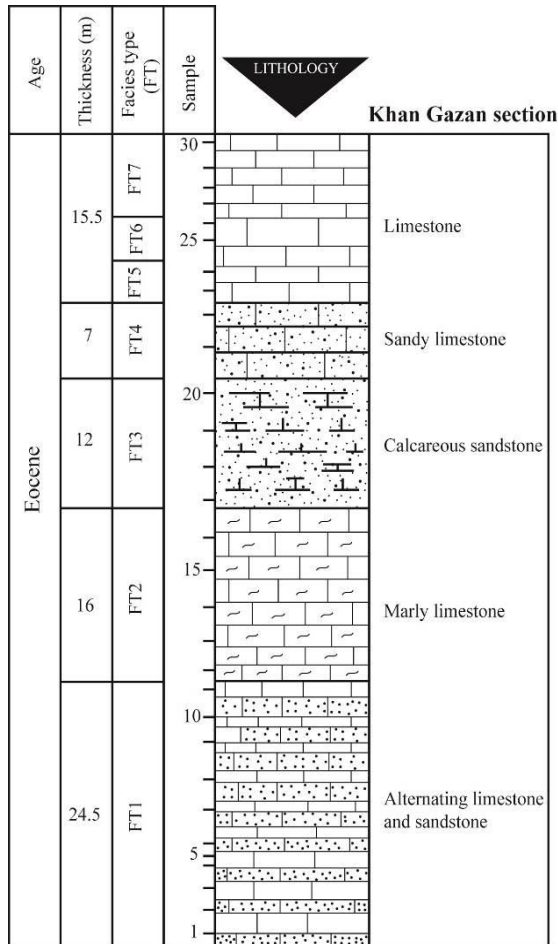


شکل ۱: (a) موقعیت برش‌های مطالعه شده در پهنه‌بندی ساختاری - رسوبی ایران (برگرفته از Heydari et al., 2003); (b) نقشه زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه و موقعیت برش‌های چینه شناسی مورد نظر در جنوب کرمان (برگرفته از نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ ساردوئیه؛ با اندکی تغییرات)؛ (c) موقعیت راه‌های دستیابی به برش‌های مورد مطالعه.

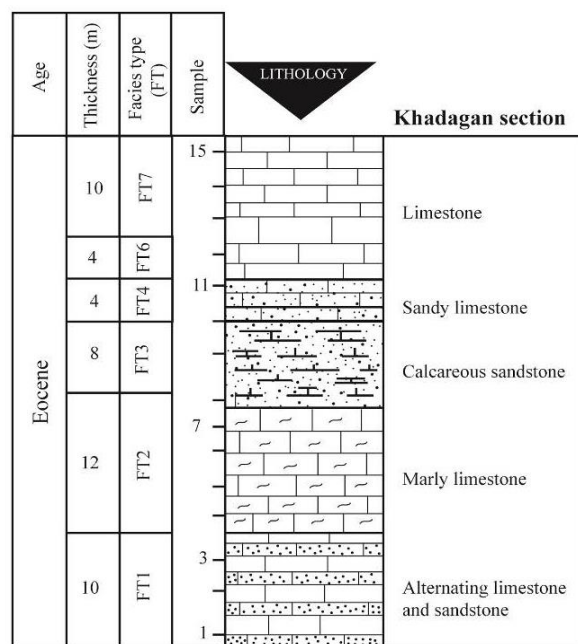
رخساره خردده‌های بایوکلاستی (پوسته‌های دو کفه‌ای و روزن دارن کفزی) با فراوانی حدود ۶۰ درصد می‌باشند (شکل ۳). بیشتر دانه‌های کوارتز گرد شده و اندکی زاویه دار به صورت تک بلوری و چند بلوری با خاموشی مستقیم می‌باشند؛ اگرچه تعداد کمی از آن‌ها خاموشی موجی نیز دارند. به نظر می‌رسد ذرات کوارتز حاصل شکسته شدن قطعات گرد شده و بدون تماس با یکدیگر در بافتی کربناته باشند.

**پکستون بایوکلاستی ماسه‌دار (FTI):** این رخساره در مقیاس صحرایی از سنگ آهک نازک تا متوسط لایه به همراه میان‌لایه‌های سنگ آهک ماسه‌ای تشکیل شده است که در قاعده نوارهای نازک لایه میکروکنگلمورایی به ضخامت‌های ۲۴/۵ و ۱۰ متر قرار گرفته‌اند (شکل‌های ۲ و ۳). فراوانی بالایی از اجزای آواری همچون دانه‌های کوارتز با اندازه‌های ریز تا متوسط در این بافت پکستونی دیده می‌شود (شکل Fa-b). از دیگر اجزای اصلی این

(A-form) و میکروسفریک (B-form) از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده این رخساره در یک بافت پکستونی محسوب می‌شوند (شکل ۴c-d).



رودستون نومولیتی (FT2): این رخساره از سنگ آهک مارنی در برش‌های خان‌گازان و خداگن به ترتیب با ضخامت‌های ۱۶ و ۱۲ متر تشکیل شده است (شکل ۲ و ۳). تجمعات غالبی از پوسته‌های گونه *Nummulites perforates* با فراوانی بالایی از هر دو فرم مگالوسفریک



شکل ۲: ستون چین‌نگاری برش‌های خان‌گازان و خداگن با توزیع رخساره‌های زیستی در ناحیه جنوب کرمان

می‌باشد. اجزای فرعی این رخساره شامل پوسته‌های *Discocyclina* و خرده‌های بایوکلاستی هستند. همچنین خرده‌های کوارتز به طور اندک قابل مشاهده‌اند.

**پکستون - گرینستون جلبک‌دار بایوکلاستی (FT3):** این رخساره از ماسه سنگ‌های آهکی متوسط لایه با ضخامت ۱۲ متر در برش خان‌گازان و ۸ متر در برش خداگن تشکیل شده است (شکل ۲). جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز<sup>۲</sup> اجزای اصلی این رخساره را می‌سازند (شکل ۴e-f). خرده‌های

در تجمعات پوسته‌های *Nummulites* نسبت فرم‌های مگالوسفریک / میکروسفریک ۱/۱۰ است که نشان‌دهنده غلبه‌ای از فرم‌های مگالوسفریک است، به علاوه این که پوسته‌های *Nummulites* یک جهت یافتگی خطی - آشفته<sup>۱</sup> را نشان می‌دهند (شکل ۴d). همچنین در این تجمعات نسبت قطر به ضخامت پوسته در فرم‌های مگالوسفریک به طور متوسط ۲/۵ و در میکروسفریک ۲ است که معرف پوسته‌های تخم مرغی شکل ضخیم شده

2- Coralline red algae

1- Linear-chaotic accumulation



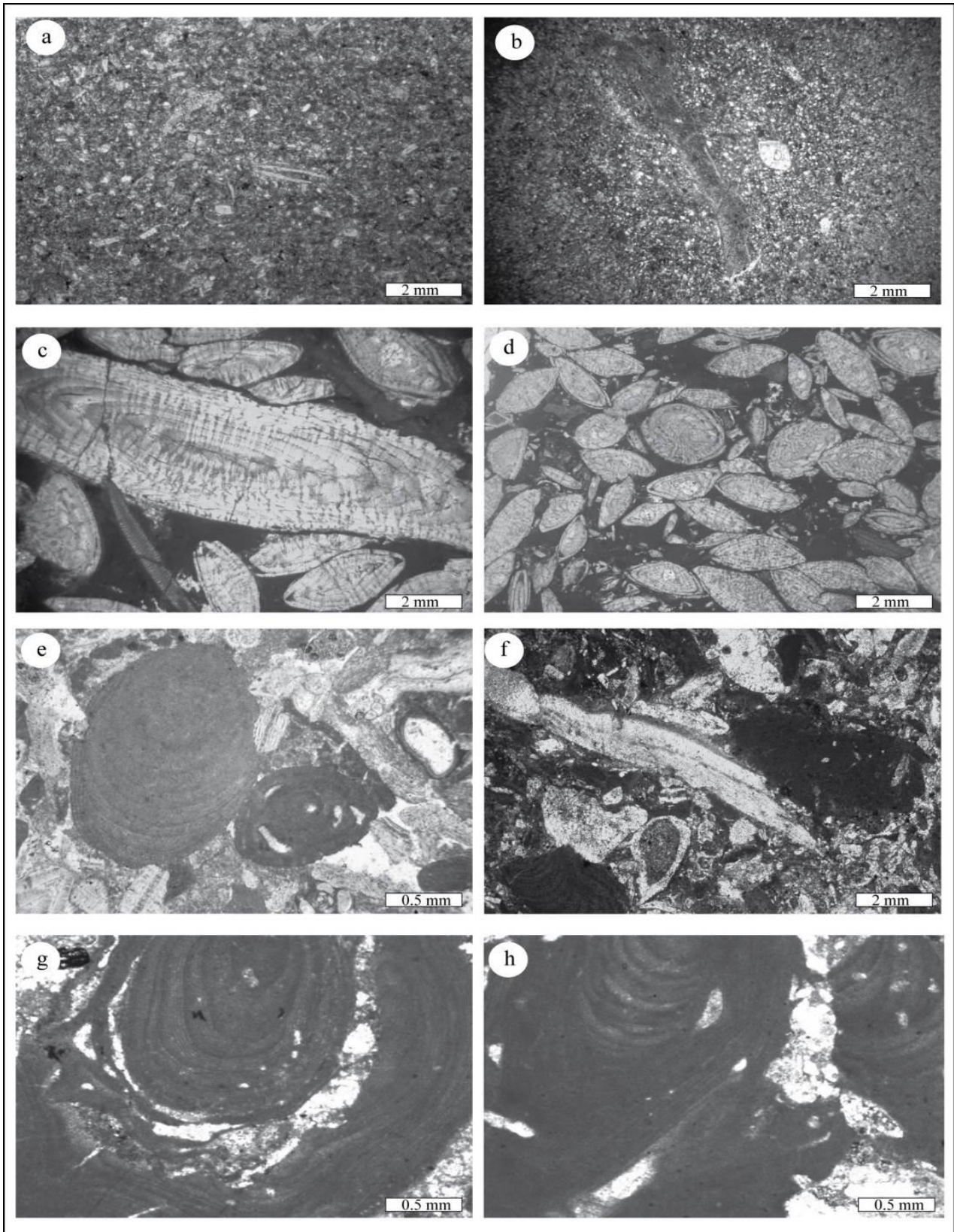
شکل ۳: تصاویر میدانی از توالی‌های ائوسن در ناحیه جنوب کرمان؛ (a) واحد سنگ آهک ماسه‌ای به همراه نوارهای نازکی از واحدهای میکروکنگلومرایی (رخساره سنگی پکستون بایوکلاستی ماسه‌دار) در بخش پایینی از برش خان گازان؛ (b-c) تصویر نزدیک از سنگ آهک ماسه‌ای فسیل‌دار در رخساره سنگی پکستون بایوکلاستی ماسه‌دار در برش خان گازان؛ (d) تصویر نزدیک از تجمعات *Nummulites* در سنگ آهک مارنی (رخساره سنگی رودستون نومولیتی) برش خداگن

شکل در یک بافت پکستونی - گرینستونی است (شکل ۴g-h). همچنین جنس *Lithothamnion* از جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز دارای فرم رشدی پوششی، به خوبی در این رخساره توسعه پیدا کرده است. به علاوه خرده‌های بایوکلاست با فراوانی بالا همچون پوسته‌های دوکفه‌ای (بیش از ۲۰ درصد) به همراه خرده‌های روزن‌داران کفزی بزرگ *Nummulitids* و دانه‌های کوارتز با جورشدگی ضعیف و مقادیر اندک حضور دارند.

**وکستون - باندستون مرجانی (FT5):** این رخساره با سنگ آهک‌های متوسط لایه به ضخامت ۴ متر با توسعه

جلبکی فراوان (قطعات رودولیت) از دیگر اجزای این رخساره محسوب می‌شوند که به همراه خرده‌های بایوکلاستی روزن‌داران کفزی همچون *Nummulitids* و *Orthophragminids* و اندکی کوارتز در یک بافت پکستونی پراکنده شده‌اند (شکل ۳e-f).

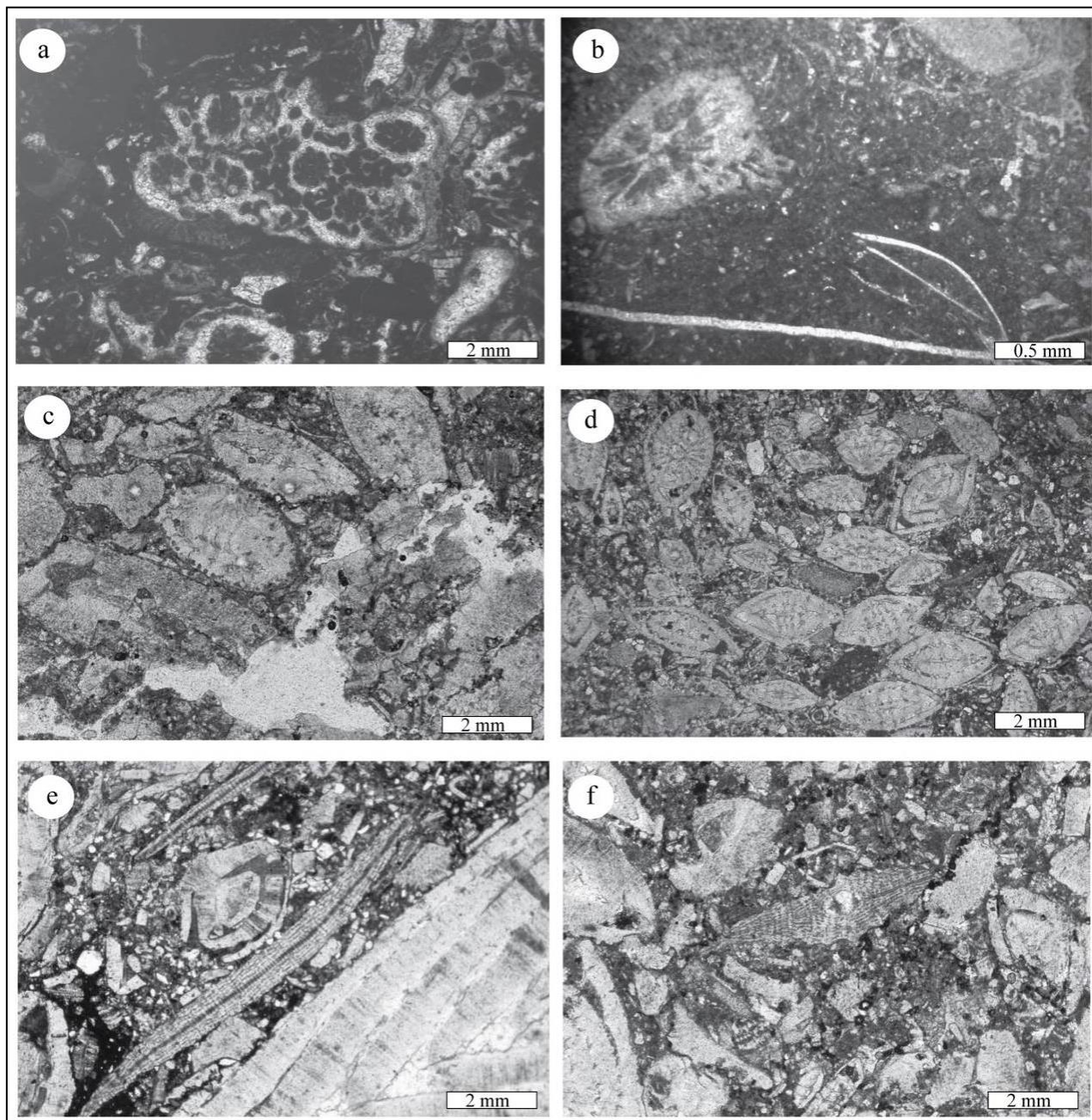
**رودستون - باندستون جلبک‌دار (FT4):** این رخساره با سنگ آهک ماسه‌ای متوسط تا ضخیم لایه به ضخامت‌های ۷ و ۴ متر در برش‌های خان گازان و خداگن قرار دارد (شکل ۲). مشخصه اصلی این رخساره فراوانی جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز و رودولیت‌ها با فرم بیضوی - صفحه‌ای



شکل ۴: تصاویر میکروسکوپی رخساره‌های برش‌های خان گازان و خداگن؛ (a-b) رخساره پکستون بایوکلاستی ماسه‌دار با فراوانی پوسته‌های دوکفه‌ای و خرده‌های کوارتز؛ (c-d) رودستون نومولیتی با فراوانی از هردو فرم میکروسفریک و مگالوسفریک گونه‌های *Nummulites perforatus*؛ (e-f) پکستون - گریستون بایوکلاستی جلبک‌دار؛ (g-h) رودستون - بایندستون جلبک‌دار

یک بافت و کستونی گسترش دارند (شکل ۵a-b). همچنین برخی حفرات موجود در مرجان‌ها توسط اکسیدهای آهن جایگزین شده است.

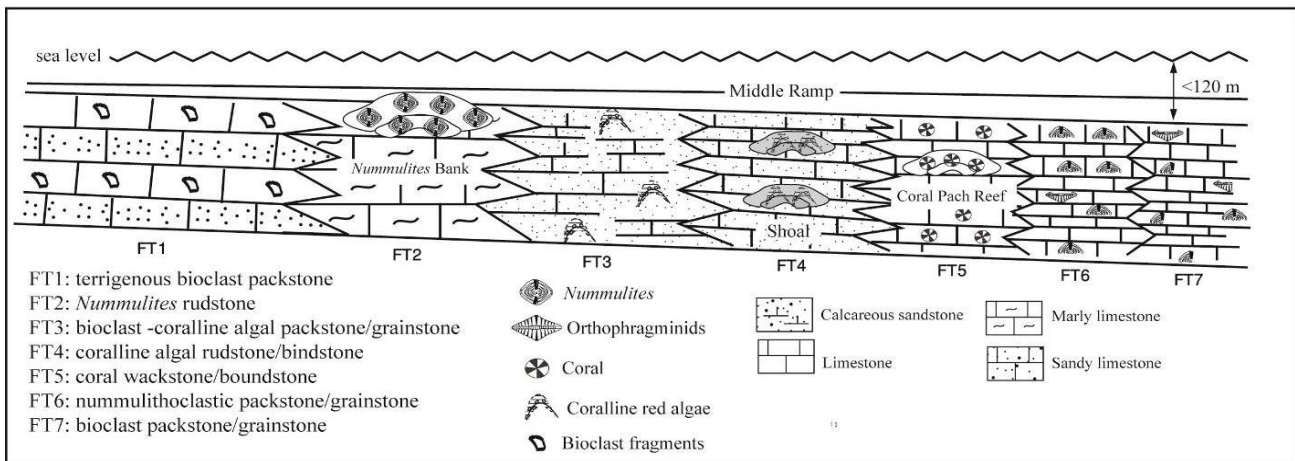
جانبی محدود فقط در برش خان‌گازان دیده می‌شود (شکل ۲). اجزای اصلی این رخساره مرجان‌ها هستند که به همراه اجزای فرعی همچون خرده‌های میکروفسیلی (روزن‌داران کفزی بزرگ)، دوکفه‌ای و خارپوستان در



شکل ۵: تصاویر میکروسکوپی رخساره‌های برش خان‌گازان و خداگن: (a-b) و کستون - باینستون مرجانی به همراه خرده‌های جلبکی و بایوکلاست: (c-d) پکستون - گرینستون نومولیتیک (e-f) - پکستون - گرینستون بایوکلاستی دربردارنده فراوانی از پوسته‌های شکسته شده روزن‌داران کفزی بزرگ

**پکستون - گرینستون نومولیتیو کلاستیک (FT6):** این رخساره شامل سنگ آهک‌های ضخیم لایه به ضخامت ۴ متر در هر دو برش مورد مطالعه است (شکل ۲). در این رخساره خرده‌های پوسته *Nummulites* بیش از ۸۰ درصد اجزای زیستی را در یک بافت پکستون - گرینستون حاصل از فرم‌های میکروسفریک تشکیل می‌دهند (شکل ۵c-d). همچنین از دیگر اجزای زیستی فرعی در این رخساره پوسته‌های *Orthophragminid* می‌باشند. خرده‌های بریوزوآ و دو کفه‌ای به مقدار اندک به همراه دانه‌های کوارتز در این رخساره حضور دارد.

**پکستون - گرینستون بایوکلاستی (FT7):** این رخساره از سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه به ضخامت ۷/۵ متر در برش خان‌گازان و ۱۰ متر در برش خداگن تشکیل شده است (شکل ۲). خرده‌های زیستی شامل پوسته‌های روزن‌داران کفزی بزرگ همچون *Nummulitids* و *Discocyclina* به همراه دیگر قطعات خرده شده دو کفه‌ای، خارپوست، بریوزوآ و اندک دانه‌های کوارتز درون یک بافت پکستونی - گرینستونی (سیمان به طور موضعی)، اجزای این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۵e-f).



شکل ۶: توزیع رخساره‌ها در مدل رمپ کربناته پیشنهادی برای توالی‌های کربناته ائوسن در ناحیه مورد مطالعه (جنوب کرمان)

رخساره‌های شناسایی شده بر اساس طبقه بندی Flugel (2010) می‌تواند معرف بخش میانی یک مدل رمپ کربناته طی زمان ائوسن با یک روند عمیق‌شدگی حوضه از برش خان‌گازان به سوی خداگن در جنوب باشد (شکل ۶). رخساره پکستون بایوکلاستی ماسه‌دار (FT1) با فراوانی بالایی از دانه‌های کوارتز در یک بافت آهکی می‌تواند نشان‌دهنده شرایط پرانرژی و حمل ذرات کوارتز و در نتیجه ورود آواری‌ها باشد. فراوانی بالای دانه‌های گرد شده کوارتز معرف فواصل حمل شدگی طولانی است. حضور دانه‌های خردشده کوارتز در کنار قطعات شکسته شده پوسته‌های روزن‌داران ممکن است حاصل تأثیر انرژی‌های

تفسیر محیط رسوبی رخساره‌های شناسایی شده در هر دو برش مطالعه شده از توالی‌های ائوسن (بلوک لوت) معرف ته‌نشست رسوبات درون یک سیستم رمپ کربناته هستند (شکل ۶). تغییرات تدریجی رخساره‌ها و روند افزایش عمق از پلاتفرم کم عمق به درون حوضه به خوبی با تغییرات رخساره‌های جانبی نشان داده می‌شود، به طوری که تغییرات رخساره‌ها بازتابی از نوسانات سطح آب دریاها بر روی یک پلاتفرم کربناته با شیب ملایم است که نشان دهنده یک مدل رمپ کربناته با گسترش درون نواحی تحت تأثیر امواج<sup>۳</sup> و قاعده امواج طوفانی<sup>۴</sup> است. توزیع

3- Fair weather wave base  
4- Storm wave base



گردش‌دگی و بلوغ بافتی می‌تواند معرف حمل‌شدگی با فاصله زیاد به داخل بخش‌های عمیق‌تر حوضه باشد. به تدریج به سوی رخساره FT4 غلبه‌ای از جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز به فرم رودولیت‌های بیضوی - صفحه‌ای به همراه خردشدگی‌های شاخه‌هایی از *Lithothamnion* تأییدکننده انرژی بالای جریان درون پهنه نوری است، هرچند که شکل شناسی رودولیت‌ها می‌تواند تا حدودی تحت تأثیر انرژی جریان باشد (Bassi, 2005). با این حال برخی نویسندگان معتقدند که شکل رودولیت‌ها فقط تحت تأثیر شرایط‌های محیطی (به عنوان مثال تابعی از جریان آب) نمی‌باشد و تا حد بسیاری به اندازه و شکل هسته آن‌ها وابسته است (Steller & Foster, 1995; Foster, 2001). مجاورت رخساره جلبک‌دار به همراه رخساره وکستون - باندستون مرجانی (FT5) نشان‌دهنده حاشیه‌هایی از ریف‌های مرجانی می‌باشد. به طوری که جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز از اجزای مهم در رخساره‌های مجاور ریف‌های مرجانی به خصوص در زمان پالئوژن محسوب می‌شوند (Adey, 1978; Macintyre et al., 1991). شواهد صحرایی حاکی از توسعه ریف‌های کومه‌ای<sup>۷</sup> با گسترش جانبی محدود حاصل ساختارهای مرجانی و جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز در برش خان‌گازان هستند، در حالی که نبود شواهد صحرایی و میکروسکوپی رخساره FT5 در برش خداگن ممکن است حاکی از عمیق‌تر شدن حوضه باشد. در رخساره‌های FT6 و FT7 افزایش خرده‌های پوسته روزن‌داران کف‌زی بزرگ همچون *Nummulites* در یک بافت گریستونی حاکی از افزایش انرژی جریان و حمل مجدد پوسته‌های *Nummulitids* در نزدیکی سطح تأثیر امواج است و یا ممکن است حتی بالای سطح امواج طوفان؟ باشد؛ جایی که بیشترین مقدار انرژی جریان

جریانی (جذر و مد و امواج) باشد. همچنین فراوانی دانه‌های کوارتز در یک بافت کربناته می‌تواند بیانگر موقعیت‌های نزدیک به ناحیه منشأ باشد (Hadi et al., 2016b). به علاوه این، جریانات پرانرژی به خوبی در رخساره مجاور FT2 بر اساس مشخصه‌های بوم‌دیرینه شناختی با تأثیر بر روی ویژگی‌های شکل شناسی پوسته‌های *Nummulitids* نشان داده می‌شود. تجمعات نومولیتیک<sup>۵</sup> یا پشته‌ها<sup>۶</sup> با فراوانی نسبت ۱ / ۱۰ فرم‌های مگالوسفریک و میکروسفریک بیانگر شرایط انرژی بالای جریان و حمل‌شدگی پوسته‌ها به درون بخش‌های عمیق‌تر حوضه می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده نسبت فراوانی فرم‌های میکروسفریک با افزایش عمق آب بیشتر می‌شود. این در حالی است که فرم‌های مگالوسفریک در نواحی کم عمق‌تر یا نسبتاً عمیق‌تر فراوانی نسبی بیشتری دارند. Hottinger (1977) فراوانی فرم‌های میکروسفریک را بازتاب رفتارهای تولید مثل جنسی تحت تأثیر پهنه‌های بوم‌شناختی معین در نظر گرفت. بدین ترتیب بر اساس مشاهدات Beavington-Penny & Racey (2004)، فراوانی فرم‌های میکروسفریک به طور نسبی و با افزایش عمق آب بیشتر می‌شود و در یک گستره از عمقی خاص، به بالاترین تعداد می‌رسد. آرایش قرارگیری پوسته‌ها نسبت به یکدیگر نیز معرف شرایط انرژی بالا تحت تأثیر امواج در ناحیه رمپ میانی است. فابریک‌های زیستی خطی - آشفته در این رخساره معرف شرایط انرژی بالا در نواحی رمپ میانی است (Racey, 2001؛ Beavington-Penny et al., 2005). انرژی بالای محیط با حضور فرم‌های تخم‌مرغی شکل مگالوسفریک در این رخساره تأیید می‌گردد. رخساره‌های FT3 و FT4 با ظهور جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز مشخص می‌شوند به طوری که در FT3 فراوانی دانه‌های کوارتز با جورشدگی،

5- Nummulitic accumulations

6- Banks

7- Patch reef

دریاها به طرف بالا و زیستگاه‌هایی به موازات خط ساحلی هستند.

در این بخش، تجمعات هر دو فرم میکروسفریک و مگالوسفریک گونه *Nummulites perforatus* در رخساره FT2 که نشان‌دهنده شکل‌گیری این تجمعات طی زمان لوتسین پسین؟- بارتونین پیشین است (شکل ۷)، با جزئیات بیشتری مورد مطالعه قرار گرفته است. همان‌طور که در رخساره FT2 نشان داده شد، برخی مشخصه‌های پوسته *Nummulites* به تفسیر شرایط محیطی دیرینه منجر می‌شود. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پوسته *Nummulites* چگونگی جهت‌یافتگی آن‌ها است که به عنوان یک ابزار منحصر به فرد در تفسیر عوامل محیطی (نوع و انرژی جریان) استفاده می‌شود. وضعیت جهت‌یافتگی پوسته‌ها در تجمعات *Nummulites perforates* معرف انواع خطی - آشفته است (Racey, 2001؛ Penny et al., Beavirnton- 2005) که ناشی از حمل‌شدگی مجدد پوسته‌ها تحت فرآیندهای جریانی (امواج) می‌باشد. به نظر می‌رسد که فرم‌های مگالوسفریک پوسته‌ها برای حفظ‌شدگی ساختار دیواره تحت انرژی‌های مؤثر محیطی یک ضخیم‌شدگی در دیواره خود تشکیل می‌دهند که با نسبت قطر/ ضخامت متوسط ۲/۵ همخوانی دارد، هرچند که به لحاظ فیلوژنی گونه *Nummulites perforates* از گروه *Nummulites burdigalensis* عدسی شکل ضخیم هستند. همچنین مطالعات انجام شده بر روی فرم‌هایی از گونه *Nummulites fabiani* توسط Seddighi et al. (2015) نشان داده است فرم‌های میکروسفریک سازگاری بالاتری را با شرایط پرانرژی دارند و شکل‌گیری این تجمعات به شکل برجستگی‌هایی در کف دریاها را به خوبی می‌توان تفسیر کرد؛ اگرچه حضوری از رخساره‌های سدی FT4 و FT5 حاصل تجمعات مرجانی - جلبکی در یک ساختار کاهنده

مشاهده می‌شود. همچنین جمعیت‌های بالای فرم‌های میکروسفریک می‌تواند نشان‌دهنده افزایش میزان عمق آب باشد. خردشدگی و شکستگی پوسته‌های *Nummulitids* در بخش‌های عمیق‌تر حوضه و فرآیندهای حمل و رسوب‌گذاری مجدد نشان‌دهنده ته‌نشست‌های رسوبات نابرجا<sup>۸</sup> هستند. نتایج حاصل از توالی دریای کم عمق ائوسن بلوک لوت در ناحیه جنوب کرمان معرف یک مدل رسوبی رمپ کربناته است که به شدت تحت تأثیر نوسانات جریانی (جذر و مد و امواج) می‌باشد. به علاوه روند عمیق‌شدگی حوضه در زمان ته‌نشست رسوبات ائوسن در این ناحیه سازگار با منحنی پیشنهادی تغییرات جهانی سطح آب دریاها توسط Haq et al. (1987) است.

**چگونگی شکل‌گیری تجمعات پوسته‌های *Nummulites perforatus***  
پشته‌های نومولیتیک با تجمعات *Nummulites* حاصل انباشتگی پوسته‌های یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین گروه‌های روزن‌داران کفزی بزرگ در زمان ائوسن درون دریاها کم عمق نواحی گرمسیری می‌باشند که به طور گسترده در سرتاسر نواحی تیس توسعه پیدا کرده‌اند. به نوشته Arni (1965)، رفتارهای این گروه از روزن‌داران کفزی بزرگ در زمان ائوسن باعث تشکیل ساختارهای برآمده غیرریفی یا پشته‌ها به صورت تک گونه‌ای گردیده است. بر اساس پیشنهاد Papazzoni (2008) اصطلاح پشته‌های نومولیتی به سنگ‌هایی اطلاق می‌شود که حاصل انباشتگی پوسته‌های *Nummulites* با غلبه‌ای از حضور تک گونه‌ای (برخی مواقع ۲ گونه) جمعیت‌ها با فراوانی فرم‌های میکروسفریک حاصل شده باشند. همچنین بر اساس مدل پیشنهادی توسط Arni (1965) پشته‌های نومولیتی مانند ریف‌های مرجانی امروزه دارای توزیعی از نواحی کف



شکل ۷: گونه *Nummulites perforatus* (1-18) فرم‌های میکروسفریک، (1-11) برش‌های استوایی، (12-18) برش‌های محوری، (19-35) برش‌های فرم‌های مگالوسفریک، (23b, 28b, 30b) شکل شناسی بیرونی از فرم‌های مگالوسفریک

نوسانات سطح آب درون چینه‌ها و در نتیجه تفسیرهای چینه نگاری سکansı محسوب شوند. به منظور تفکیک سیستم تراکت‌ها، انواع مرزهای سکansı و الگوهای برانباشگی بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات چینه نگاری سکansı و الگوی استاندارد Hunt & Tucker (1992)، Catuneanu (2006) و Catuneanu *et al.* (2009) استفاده شده است. توالی‌های کربناته ائوسن در برش‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده دو سکانس رده سوم دربرگیرنده چهار سیستم تراکت می‌باشند (شکل ۸).

### سکانس اول

سکانس اول از یک سیستم تراکت پیش‌رونده (TST) و تراز بالا (HST) تشکیل شده است. ضخامت این سکانس در برش‌های خان‌گازان و خداگن به ترتیب ۴۰/۵ و ۲۲ متر می‌باشد که بیشترین ضخامت توالی مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. مرز زیرین این سیستم تراکت سکانس نوع اول (SB-I) است که با قرارگیری توالی سنگ آهک بر روی واحدهای ماسه سنگ و کنگلومرا مشخص می‌شود، در حالی که مرز بالایی، سکانس نوع دوم (SB-II) است که در انتهای رخساره FT7 شامل پوسته‌های *Nummulites* و دیگر خرده‌های فسیلی است و به طور فراوان در ارتباط با پشته‌های نومولیتی و قرارگیری در توالی سنگ آهک‌های ماسه‌ای مشخص می‌گردد. با توجه به موقعیت چینه شناسی و برخورداری از یک بافت رودستونی حاوی روزن‌داران کفزی بزرگ همچون *Nummulites* می‌توان آن را به عنوان یک مرز سکansı در نظر گرفت. سیستم تراکت پیش‌رونده (TST) با تناوب منظم توالی سنگ آهک‌های متوسط لایه و ماسه سنگ آهکی نازک تا متوسط لایه در بازدید صحرایی قابل تفکیک است. این سیستم تراکت از رخساره‌های پکستون بایو کلاستی ماسه‌دار (FT1) دارای ذرات کوارتز با خاموشی مستقیم، موجی و دارای جورشدگی - گردش‌دگی متوسط تا خوب در یک بافت آهکی با فراوانی نسبی از

انرژی جریانی به شکل‌گیری جهت‌یافتگی‌های زیستی تحت عنوان رسوبات برجای با هم<sup>۹</sup> در تجمعات *Nummulites* منجر می‌شود.

به طور کلی چگونگی شکل‌گیری ساختار پشته‌های نومولیتی در این مطالعه از ۲ دیدگاه قابل تفسیر است، بدین ترتیب که فرم‌های میکروسفریک شامل پوسته‌هایی با اندازه‌های بزرگ و اندکی متراکم هستند (اگرچه اتافک‌ها ممکن است پس از مرگ توسط آب و گاز پر شوند که قابلیت باد افشانی<sup>۱۰</sup> را فراهم می‌کنند. با این حال طی فرآیندهای ثانویه این اتافک‌ها ممکن است با سیمان‌های اولیه پر شده باشند و نتیجه‌ای معکوس را به وجود آورد) که امکان دارد به صورت جابه‌جایی‌های در فواصل کم یا تقریباً برجای<sup>۱۱</sup> شکل گرفته باشند، باشند، در حالی که فرم‌های مگالوسفریک بر اساس توصیف‌های بیان شده در بالا ممکن است حاصل حمل‌شدگی از نواحی کم‌عمق‌تر و شکل‌گیری ته‌نشست‌های نابرجا باشند. این اختلاف در نسبت‌های فرم‌های ذکر شده از گونه *Nummulites perforatus* همیشه نمی‌تواند به طور قابل اطمینان حاصل عملکرد فرآیندهای محیطی (جریان‌ات، امواج و طوفان) باشد، در حالی که دوره‌های تولید مثل جنسی - غیر جنسی دارای پیچیدگی‌هایی به لحاظ نوع آمیزش و روش‌های نگهداری از گامت‌ها در مراحل آغازین رشد به همراه برخی ویژگی‌های محیطی (به عنوان مثال تغییرات فصول) می‌تواند در تغییرات این نسبت‌ها اثرگذار باشند.

چینه‌نگاری سکansı و تفکیک سیستم تراکت‌ها درون رسوبات کربناته دریایی ائوسن با واحدهای سنگ چینه‌ای یکنواخت در برخی موارد بسیار دشوار است (Vail *et al.*, 1984؛ Sarg, 1988). شاخص‌های گوناگون (همچون مشخصه‌های سنگ شناختی و تنوع و فراوانی میکروفسیل‌های گوناگون) می‌تواند به عنوان ابزار سودمندی برای نشان دادن

9- Parautochthonous

10- Winnowing

11- In situ

متر در برش خداگن با سیستم تراکت‌های پیش‌رونده (TST) و تراز بالا (HST) می‌باشد. تراز پیش‌رونده در این سکانس شامل توالی سنگ آهک با دانه‌های ماسه می‌باشد که در مشاهدات صحرایی به خوبی قابل تشخیص است. به علاوه توالی فوق شامل جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز، دانه‌های کوارتز و خرده‌های فسیلی است. حضور دانه‌های کوارتز با جورشدگی و گردشدگی متوسط تا خوب (خوب جور شده و نیمه گرد شده) نشان از حمل شدگی آن‌ها و ته‌نشست در این ناحیه است. به نظر می‌رسد که کوارتزهای برش‌های خان‌گازان داری جورشدگی کمتری نسبت به برش خداگن هستند که این شواهد بیانگر نزدیکی سکانس رسوبی برش خان‌گازان به منشأ و حمل شدگی کمتر دانه‌های کوارتز است. از سوی دیگر به نظر می‌رسد با دور شدن از منشأ رسوبات، ضخامت توالی کمتر شده که خود دلیلی بر کم شدن انرژی جریان حمل‌کننده می‌باشد. حضور جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز و دیگر خرده‌های فسیلی نشان‌دهنده شرایط مساعد زیستی برای زیست‌مندان و شکل‌گیری رخساره پکستون - گرینستون جلبک‌دار بایوکلستی (FT3) و شکل‌گیری سکانس در یک محیط پارانرژی است. حداکثر بالاآمدگی (MFS) سکانس، با رخساره ریف‌های کومه‌ای محدود، با محتوایی از دانه‌های کوارتز مشخص می‌شود، به طوری که سیستم تراکت تراز بالا (HST) بر روی بیشترین بالاآمدگی تغییرات سطح آب دریا نهشته شده است. این سیستم تراکت به دلیل نبود رخنمون و مشاهدات صحرایی مرز بالایی نامشخصی دارد. با این حال در ضخامت ۲۲/۵ متری (برش خان‌گازان) و ۱۶ متری (برش خداگن) این سیستم تراکت قابل دسترسی است. در توالی سیستم تراکت فوق‌روزن‌داران *Nummulites*، مرجان، جلبک‌های قرمز پوشش‌ساز و خرده فسیلی فراوانند. مطالعه میکروسکوپی به همراه شواهد صحرایی نشان می‌دهد که توالی مذکور در

خرده‌های فسیلی تشکیل شده است. به نظر می‌رسد حضور دانه‌های کوارتز به همراه خرده‌های فسیلی مختلف نشان از جابه‌جایی این آلوکم‌ها از محیط‌های مجاور به درون این رخساره توسط انرژی بالای جریان باشد. با توجه به بافت رخساره شناسایی شده و آلوکم‌های موجود در این سیستم تراکت، به نظر می‌رسد که میزان فضای رسوب‌گذاری جهت نهشته شدن این رخساره بیشتر از نرخ رسوب‌گذاری بوده است. انتهای از توالی سنگ آهک ماسه‌ای و ته‌نشست رسوبات سنگ آهک مارنی معرف بالاآمدگی حداکثر سطح آب دریا (MFS) است، چنانچه یک افزایش عمق از قاعده سکانس مذکور به سوی انتهای آن را نشان می‌دهد (شکل ۸).

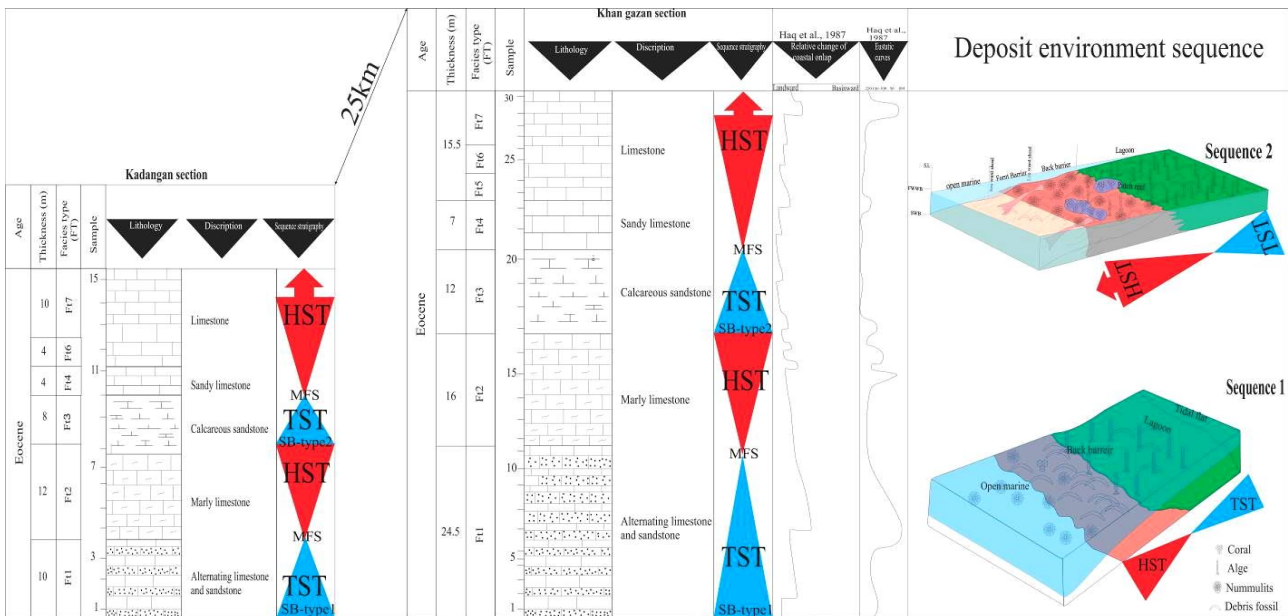
بر روی سطح حداکثر غرقایی، سیستم تراکت تراز بالا (HST) قرار دارد که شامل توالی سنگ آهک مارنی همراه با فراوانی بالایی از پوسته‌های *Nummulites* است و با رخساره رودستون نومولیتی (FT2) مشخص می‌شود. توالی‌های تشکیل‌دهنده این سیستم تراکت در مشاهدات صحرایی به خوبی فرسایش یافته و پوسته *Nummulites* به صورت تجمعاتی از هر دو فرم میکروسفریک و مگالوسفریک به وفور مشاهده می‌شود. مرز بالایی از نوع دوم (SB-II) در نظر گرفته می‌شود که در انتهای سکانس اول قرار دارد. ضخامت سیستم تراکت تراز بالا (HST) در برش خداگن کمتر از برش خان‌گازان است، در حالی که هر دو برش شامل رخساره‌های پشته‌ای حاصل تجمعات *Nummulites* هستند که بیانگر افت سطح آب دریا، کاهش فضای رسوب‌گذاری و در نهایت یک سیستم پس‌رونده است.

### سکانس دوم

سکانس دوم در هر دو برش با یک سیستم تراکت پیش‌رونده (TST) آغاز می‌گردد. توالی رسوبی قابل مشاهده در این سکانس دارای ۳۴/۵ متر ضخامت در برش خان‌گازان و ۲۶

در این سیستم تراکت، می‌توان چنین تصور کرد که نوسانات سطح آب دریا و گسترش فضای رسوب گذاری طی زمان شکل‌گیری این سکانس در مقایسه با نرخ رسوب گذاری بالا و شرایط محیطی مساعد بر روی زیست‌مندان غالب بوده است. بررسی کلی سکانس‌های این توالی و مقایسه آن‌ها با تغییرات سطح جهانی دریاها همان‌طور که بر اساس توزیع رخساره‌ها بیان شد، نشان‌دهنده یک روند عمیق‌شونده نسبی مطابق با تغییرات سطح جهانی آب دریاها طی زمان ائوسن و بر اساس مدل پیشنهادی *Haq et al.* (1987) است (شکل ۸). سکانس‌های موجود در این برش نشان می‌دهد که از ابتدای توالی به طرف انتهای آن یک چرخه بزرگ پس‌رونده در آب دریا وجود داشته که با تغییرات جهانی سطح آب مطابقت دارد (شکل ۸).

یک سد ماسه‌ای و بایو کلاستی نهشته شده است. در رخساره رودستون - بایندستون بایو کلاستی جلبک‌دار (FT4) می‌توان فراوانی دانه‌های کواتز را مشاهده کرد که در ابتدای کمربند سدی و شروع این سیستم تراکت نهشته شده‌اند. بر روی توالی بیان شده، سنگ آهک دارای فسیل مرجان با گسترش جانبی محدود، واقع شده است که معرف ریف‌های کومه‌ای هستند و در زمانی که نرخ رسوب گذاری بیش از فضای رسوب گذاری بوده، نهشته شده‌اند. توالی این سیستم تراکت حاوی خرده‌های روزن‌داران فراوان *Nummulites* و خرده‌های دیگر روزن‌داران کفزی بزرگ است، به طوری که بافت رخساره‌های فوق اکثر اسپاریتی است. با توجه به حضور فراوان روزن‌داران کفزی بزرگ و زیست‌مندان چارچوب‌ساز نظیر جلبک‌های پوشش‌ساز و مرجان‌ها در بافت‌های اسپاریتی



شکل ۸: ستون چینه شناسی با توزیع رخساره و چینه نگاری سکانسی توالی‌های کربناته ائوسن در برش خان‌گازان، خداگان و مقایسه آن با منحنی تغییرات سطح آب‌های جهانی در طی زمان ائوسن (Haq et al., 1987)

## نتیجه‌گیری

رودستون نومولیتی، پاکستان - گرینستون بایو کلاستی جلبک‌دار، رودستون - بایندستون جلبک‌دار، و کستون - باندستون مرجانی، پاکستان - گرینستون نومولیتو کلاستیک و پاکستان - گرینستون بایو کلاستی است که در بخش میانی

مطالعه توالی کربناته ائوسن (برش‌های خان‌گازان و خداگان) در ناحیه جنوب کرمان (بلوک لوت) حاکی از وجود ۷ رخساره کربناته مشتمل بر پاکستان ماسه‌دار،

به منشأ رسوبات نهشته شده است. ضخامت سکانس‌ها در برش خداگن نسبت به برش خان‌گازان کمتر و دانه‌های آواری در این برش جورشدگی بهتری نسبت به برش خان‌گازان دارند که خود دلیل بر کمتر بودن انرژی محیط و بیشتر بودن فضای رسوب‌گذاری در برش خداگن است. انتهای سکانس‌ها در هر دو برش به دلیل فعالیت‌های زمین‌ساختی شدیدی در ناحیه مورد مطالعه قابل مشاهده نیست.

### سپاس‌گزاری

نگارندگان از داوران محترم این مقاله که با نظرات ارزشمند خود به بهبود کیفی این مقاله کمک کرده‌اند، قدردانی می‌نمایند.

یک رمپ کربناته برجای گذاشته شده‌اند. تفسیر رخساره‌های کربناته بیانگر محیط ته‌نشست آن‌ها تحت تأثیر شرایط انرژی بالا (جریان‌ات و امواج) در پهنه نوری است. به علاوه این که شکل‌گیری تجمعات *Nummulites* (یا پشته‌های نومولیتی) با فرم‌های میکروسفریک و مگالوسفریک از گونه *Nummulites perforatus* بیانگر رفتارهای هیدرودینامیکی پوسته آن‌ها تحت تأثیر شرایط پرانرژی محیطی می‌باشد. سرانجام مطالعات چینه‌نگاری سکانسی با معرفی دو سکانس رده سوم دربردارنده ۴ سیستم تراکت به همراه تغییرات رخساره‌های معرفی شده نشانگر یک روند افزایش عمق در طی زمان ائوسن است. با مقایسه سکانس رسوبی براساس مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی می‌توان نتیجه گرفت که رسوب‌گذاری در برش خان‌گازان در محیطی با شرایط انرژی بالا و نزدیک‌تر

### منابع

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- حاجیان، ج.، ۱۳۷۵. زمین‌شناسی ایران: پالئوسن - ائوسن در ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۶۰ ص.
- شهرمادی، م.، فاریابی، ع.، ۱۳۹۰. زیست‌چینه‌نگاری و بوم‌شناسی دیرینه‌روزن‌داران نهشته‌های پالئوسن - ائوسن در برش ابارق، شمال غرب شهر بم، کرمان. دومین همایش زمین‌شناسی فلات ایران، دانشگاه زرنند کرمان.
- Adey, W.H., 1978. Algal ridges of the Caribbean Sea and West Indies. *Phycologia*, 17: 361-367.
- Arni, P., 1965. L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. *Mémoire Bureau Recherches Géologie Minières*, 32: 7-20.
- Aigner, T., 1985. Biofabrics as dynamic indicators in nummulite accumulations. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55: 131-134.
- Bassi, D., 2005. Larger foraminiferal and coralline algal facies in an Upper Eocene storm-influenced, shallow-water carbonate platform (Colli Berici, north-eastern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 226: 17-35.
- Beavington-Penney, S.J., Paul Wright, V., & Racey, A., 2005. Sediment production and dispersal on foraminifera-dominated early Tertiary ramps: the Eocene El Garia Formation, Tunisia. *Sedimentology*, 52: 537-569.
- Beavington-Penney, S.J., & Racey, A., 2004. Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis. *Earth-Science Reviews*, 67: 219-265.
- Berberian, M., & King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Catuneanu, O., 2006. Principles of Sequence Stratigraphy. *Elsevier*, Amsterdam, 1-375.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J.P., Blum, M.D., Dalrymple, R.W., Eriksson, P.G., Fielding, C.R., Fisher, W.L., Galloway, W.E., Gibling, M.R., Giles, K.A., Holbrook, J.M., Jordan, R., Kendall,

- C.G.St.C., Macurda, B.O.J., Martinsealln, A.D., Neal, Mi.J.E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H.W., Pratt, B.R., Sarg, J.F., Shanley, K.W., Steel, R.J., Strasser, A., Tucker, M.E., & Winker, C., 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 92: 1-33.
- d'Archiac, A., 1850. Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1849, Première partie.3, Formation nummulitique, rochesignéesoupyrogènes des époques quaternairesetertiaires. *Société Geologique de France*, Paris, 1-624.
- Dunham, R.G., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E., (ed.), classification of carbonate Rocks. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1: 108-121.
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, 1-976.
- Foster, M.S., 2001. Rhodoliths: between rocks and soft places. *Journal of Phycology*, 87: 659-667.
- Ghasemipurafshar, Y., Vaziri, M.R., Dastanpour, M., & Arab, A.L., 2015. Lutetian Schizaster fauna (Echinoidea, Spatangoida) from Sargaz area, south of Kerman, Iran. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, 26: 131-138.
- Hadi, M., Parandavar, M., Kiani, M., & Dabaghisadr, F., 2016a. The first marine record of the Bartonian *Nummulites* and Calcareous nannofossils at the Tihoiyeh section of the Jiroft area (Central Iran). *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna.
- Hadi, M., Mosaddegh, H., & Abbassi, N., 2016b. Microfacies and biofabric of nummulite accumulations (Bank) from the Eocene deposits of Western Alborz (NW Iran). *Journal of African Earth Sciences*, 124: 216-233.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., & Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235: 1156-1167.
- Heydari, E., Hassanzadeh, J., Wade, W.J., & Ghazi, A.M., 2003. Permian-Triassic boundary in the Abadeh section of Iran with implication for mass extinction, Part1- Sedimentology. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 193: 405-423.
- Hottinger, L., 1977. Distribution of larger Peneroplidae, Borelisand Nummulitidae in the Gulf of Elat, Red Sea. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 15: 35-109.
- Hunt, D., & Tucker, M.E., 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall. *Sedimentary Geology*, 81: 1-9.
- Macintyre, I.J., Rutzler, K., Norris, J.N., Smith, K.P., Cairns, S.D., Bucher, K.E., & Steneck, R.S., 1991. An early Holocene reef in the western Atlantic: submersible investigations of a deep relict reef off the west coast of Barbados, W.I. *Coral Reefs*, 10 (3): 167-174.
- Nabavi, M.H., 1976. An introduction to the geology of Iran. *Geological Survey of Iran*, 1-109, (In Persian).
- Papazzoni, C.A., 2008. Preliminary palaeontological observations on some examples of "nummulite banks": sedimentary or biological origin? *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana*, 2: 135-138
- Racey, A., 2001. A review of Eocene Nummulite accumulations: structure, formation and reservoir potential. *Journal of Petroleum Geology*, 24: 79-100.
- Schaub, H., 1981. *Nummulites at Assilines de la Téthys paléogène: taxinomie, phylogénèse et biostratigraphie*. Atlas I: Hans Schaub: *Birkhäuser*, 105: 1-236.
- Sedighi, M., Briguglio, A., Hohenegger, J., & 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. *Bollentin Society Paleontology Italy*, 54: 106-116.
- Steller, D.L., & Foster, M.S., 1995. Environmental factors influencing distribution and morphology of rhodoliths in Bahia Concepcion, B.C.S., Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 194: 201- 212.



## Depositional environment and Sequence Stratigraphy of the Eocene successions in the south of Kerman region (Lut Block): significance of nummulite accumulations (or nummulite Banks)

Masoud Ghafari<sup>1,2</sup>, Massih Afghah<sup>\*2</sup>, Vahid Ahmadi<sup>2</sup>

1- Geology Department, Fars science and Research Branch, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran

2- Department of Geology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

\* Email: massihafg2002@gmail.com

### Introduction

Up to now, the few studies have been investigated on the shallow benthic Eocene successions from the eastern Lut Block. Here, the larger benthic foraminifera were practically one of the most important components for reconstructing of the paleoenvironmental conditions. In fact, they were abundant during the Paleogene, and are as a useful tool for sedimentary and paleoecology interpretations. The highest diversity and abundance of the Large Benthic Foraminifera (LBF) was during Eocene, where they were known as the Foraminiferal limestones within (neritic) carbonate succession. The LBF are generally recognized with calcareous algae (red algae) which can be used as paleoenvironment indicator. However, the investigation of the facies data which is combined with paleontologic characteristics confirm paleoecologic condition during deposition of Eocene strata in the studied area. Eventually, vertical distribution of identified microfacies and sequence stratigraphy of the mentioned succession supports the depositional system and paleoenvironmental condition.

### Methods and Results

In this study, the Eocene carbonate marine successions were investigated in south of Kerman from the Khan Gazan and Khadagan sections with thickness of 75 m and 48 m, respectively. The identification of the microscopic data are provide by Embry and Kelovan (1971) and Dunham (1962). Field work and laboratory studies based on LBF stratigraphic distribution of the Eocene deposits led to the identification of seven facies includes: (FT1) Terrigenous bioclast packstone, (FT2) *Nummulites* rudstone, (FT3) Bioclast–coralline algal packstone/grainstone, (FT4) Coralline algal rudstone/bindstone, (FT5) Coral wackstone/boundstone, (FT6) Nummulithoclastic packstone/grainstone, (FT7) Bioclast packstone/ grainstone into a carbonate ramp model, which can be divided into four depositional environments: tidal flat, lagoon, shoal and open marine. The regional discrimination most likely reflects their position on separate tectonic blocks on which different facies conditions developed due to different tectonic movements. Based on Catuneanu (2006), the results of sequence stratigraphy studies were identified two third-order depositional sequences containing of four systems tracts. The gradual vertical changes of the facies and the process of rising of sea-level from the shallow area to seaward direction are well illustrated with lateral facies changes such as the nummulitic accumulations or banks that represents of a high-energy conditions and tests transport to the deepest parts of the basin.

### Discussion

According to studies, the frequency of microspheric forms increases with increasing water depth, while megalospheric forms are frequently in shallower or relatively deep areas (Beavington- Penny and Racey, 2004). Quartz grains are characterized by well sorting, sub-rounded, and maturity, which represents a large transport distance to the deepest parts of the basin. The proximity of coralline red algae facies trough FT5 can be referred to the margins of coral reefs. Also, Field observation suggests the development of small reefal build-ups (Patch Reef) with limited lateral extensions resulting from coral and coralline red algae assemblages in the Khan Gazan section. The evidence of our study on the FT5 in the Kagan section is

indicating a gradual deepening trend of the basin. Likewise, developing of the *Nummulites* banks show a decrease in seawater levels as major sea-level fluctuation, thereby, the Khan Gazan section is deposited in an environment with high energy conditions and near to the origin of sediments.

In addition, the nummulite accumulations (nummulite banks) or low-relief buildups into the middle ramp area under influence of a moderate-high energy condition (e.g. currents and waves) were represented with predominance of *Nummulites perforatus* monospecific tests for the first time in this region. According to field work, the mentioned nummulites Bank is assigned to B form (reaching to 10 cm in diameter). The Nummulites banks were not referred to original biocoenosis which were formed by wave activity as parautochthonous or residual assemblage (Papazzoni, 2008). Combination of LBF and coralline algal facies was previously recorded from northeastern Italy (Bassi, 2005) which is close to FT5 of studied sections. The predominant facies associations are shown an overall transgression-regression cycle of the Eocene successions in the east Lut Block.

### Conclusion

In order to reconstruction of the paleoenvironment and geologic history of the Eocene succession of the Lut Block, the litho and biostratigraphic studies of other exposures are required. Actually, vertical distribution of facies of several stratigraphic sections and their correlation supports paleo-tectonic behavior of various location during deposition of Lut Block Eocene sediments.

**Keywords:** Eocene; Sequence Stratigraphy; Kerman; Facies; Nummulites.

### References

- Bassi, D., 2005. Larger foraminiferal and coralline algal facies in Upper Eocene strominfluenced shallow water carbonate platform (Colli Berici, north-eastern Italy), *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 226, 17-35.
- Beavington-Penney, S. J., Racey, A., 2004. Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis. *Earth Sci.Rev.*, 67: 219-265.
- Papazzoni, C.A. 2008. Preliminary palaeontological observations on some examples of “nummulite banks”: sedimentary or biological origin?, *Note Brevi*, [www.socgeol.it](http://www.socgeol.it), 135-138.
- Catuneanu, O., 2006. *Principle of Sequence Stratigraphy*, Elsevier, 375p.