نشریه علمی- پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
Iranian Joural of Petrolum Geology

سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹ص۲۳-۴۴
No. 19, Spring & Summer 2020, pp 23-44

آنالیز رخساره‌ای، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در ناحیه نراق

اسماء آفتابی آرانی[۱]، علیرضا عاشوری*[۲]، جهانبخش دانشیان[۳]، عباس قادری[۴]، محمدرضا آریانسب[۵]

۱- دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲- استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۳ـ دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران
۴- استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۵- رئیس بخش چینه‌شناسی اداره مطالعات و تحقیقات، مدیریت اکتشاف نفت، تهران، ایران

*ashouri@um.ac.ir

دریافت آذر ماه ۱۳۹۹، پذیرش اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

چکیده

برش نراق در جنوب حوضه رسوبی قم در ایران مرکزی واقع شده است. مطالعه ویژگی‌های ریزرخساره‌ای، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در این محدوده به درک وضعیت حوضه رسوبی قم در ایران مرکزی کمک قابل توجهی می‌کند. در این مطالعه ۱۱۱ نمونه از رسوبات سازند قم در برش نراق (شمال غرب شهر نراق) با ضخامت ۲۵۵ متر مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات میکروسکپی و شواهد صحرایی در این برش منجر به شناسایی ۶ ریزرخساره در بخش کربناته سازند قم متعلق به کمربندهای رخساره‌ای لاگون، ریف و شیب پلاتفرم شد که بیانگر ته‌نشست این سازند در یک پلاتفرم کربناته از نوع شلف باز می‌باشد. در این مدل، مارن‌های تشکیل‌دهنده عضو b سازند قم نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است. همچنین مطالعات چینه‌نگاری سکانسی نشان می‌دهد که برش نراق شامل سه سکانس رسوبی رده سوم، سه مرز سکانسی از نوع اول و یک مرز سکانسی از نوع دوم است. مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در این منطقه با منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا در مرزهای سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن- میوسن، انطباق قابل قبولی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: ریزرخساره، محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، سازند قم، نراق.

۱-مقدمه

سازند قم به‌عنوان یک واحد سنگی پیچیده از لحاظ سن، ترکیب سنگ‌شناسی، ویژگی‌های ریزرخساره‌ای و در برخی نواحی خصوصیات سنگ‌رخساره و ضخامت، بسیار متفاوت و متنوع به‌شمار می‌آید. علیرغم اینکه سازند قم به‌عنوان رسوبات یک حوضه رسوب‌گذاری کم‌عمق شناخته می‌شود اما واقعیت آن است که همیشه این دریا کم‌عمق نیست و حتی از عمق قابل ملاحظه‌ای نیز برخوردار است. همین پیچیدگی سازند قم باعث شده که عضوهای تعریف شده در ناحیه الگو و برخی نواحی همجوار آن قابل ردیابی بوده و در بسیاری از نقاط، شناسایی واحدها امکان‌پذیر نباشد. تغییرات ضخامت و رخساره در بخش‌های مختلف این سازند، در مناطق مختلف می‌تواند حاکی از تکتونیک فعال حوضه و در نتیجه پیش‌روی‌ها و پس‌روی‌های متعدد باشد [۴].

بررسی ریزرخساره‌ها کمک قابل توجهی به بازسازی شرایط حاکم بر رسوب‌گذاری واحدهای رسوبی می‌نماید. بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم نشان می‌دهد که این سازند در سیستم‌های رسوبی گوناگونی نهشته شده است. به‌عقیده رحیم‌زاده [۶] به‌طور کلی رخساره‌های سازند قم را می‌توان در چهار دسته رخساره رودخانه‌ای – دلتایی، رخساره سکوی کربناتی – تبخیری، رخساره سراشیب حاشیه سکوی کربناتی و رخساره منطقه عمیق تقسیم نمود. به‌عقیده وی احتمالاً ناپدید شدن دریای قم نتیجه اُفت جهانی سطح آب دریاها، عملکرد حرکات کوه‌زایی و یا تأثیر همزمان هر دو بوده است.

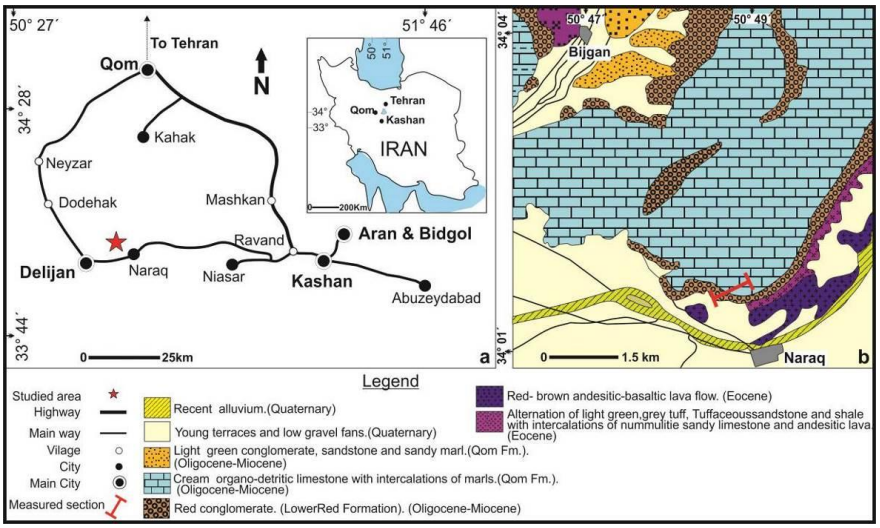
از جمله اولین مطالعات انجام شده برروی سازند قم مواردی نظیر [۵۹]، [۵۴]، [۲۰]، [۵۶]، [۱۴]، [۲۱] و [۲۲] است. دامنه مطالعات قرن اخیر صورت گرفته برروی سازند قم بسیار متنوع و گسترده است. از جمله مهمترین تحقیقات اخیر انجام شده در زمینه ریزرخساره و چینه‌نگاری سکانسی می‌توان به مطالعات [۴۲]، [۸]، [۵]، [۶۲]، [۳۶]، [۴۹]، [۵۱]، [۳۹]، [۱۱]، [۴۱] و [۳۸] اشاره کرد. اهداف این مطالعه بررسی ویژگی‌های رخساره‌ای، تعیین محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق است.

۲-زمین‌شناسی عمومی

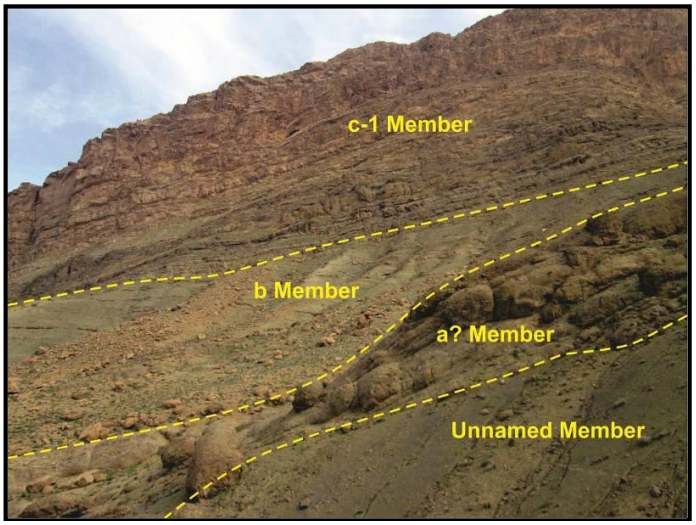
برش مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی در غرب حوضه ایران مرکزی واقع شده است [۵۷]. براساس [۴۹] واحدهای تکتونیکی ایران مرکزی طی فرورانش و برخورد نهایی صفحه آفریقا– عربستان با ایران که از زمان مزوزوئیک آغاز شده ایجاد شده‌اند [۱۳]. یکی از آثار مهم برخورد این صفحات بسته‌شدن اقیانوس تتیس در طی زمان میوسن و تشکیل حوضه‌های پیش‌کمان (اصفهان– سیرجان) و پشت‌کمان (حوضه قم) در صفحه ایران و حاشیه شمال‌شرقی دریای تتیس است. این حوضه‌ها توسط یک سیستم کمان آتشفشانی که در زمان ائوسن توسعه یافته از هم جدا شده‌اند [۵۵]. در هر دو حوضه رسوب‌گذاری دریایی سازند قم در الیگوسن آغاز شده و تا میوسن پیشین تداوم داشته است [۳۰]، [۴۵]، [۴۶]، [۴۷]. در الیگوسن پیشین، حوضه پیش‌کمان با پیش‌روی دریای قم به زیر آب رفته در حالی‌که در حوضه پس‌کمان، محیط دریایی تا ابتدای الیگوسن پسین وجود نداشته است. پس از آن، در هر دو حوضه در سرتاسر الیگوسن پسین شرایط نرمال دریایی حاکم شده است. رویتر و همکاران [۴۹] ته‌نشست‌های سازند قم را نشانگر آخرین پیش‌روی دریا در ایران‌مرکزی می‌دانند. همچنین آقانباتی [۱] نیز بیان می‌دارد که زمان پیش‌روی و پس‌روی دریای مورد نظر در همه‌جا یکسان هم‌زمان نیست. در بعضی نقاط این پیش‌روی در روپلین و در بعضی نقاط تا بوردیگالین بوده به‌طوری که ضخامت نهشته‌های سازند قم در بخش‌های مختلف ایران مرکزی متفاوت است.

۳-محدوده مورد مطالعه

به‌منظور بررسی ریزرخساره، تعیین محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم برش چینه‌نگاری نراق در شمال‌غرب نراق و شمال‌شرق دلیجان با مختصات جغرافیایی ″۴۲/۲ ′۴۹ °۵۰ طول شرقی و ″۲۲ ′۰۱ °۳۴ عرض شمالی برای مطالعه انتخاب شد. دسترسی به برش مورد مطالعه از طریق بزرگ‌راه قم - کاشان و جاده دلیجان امکان‌پذیر است. این برش چینه‌نگاری با ۲۵۵ متر ضخامت به‌طور عمده شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، مارن، سنگ‌آهک رسی و سنگ‌آهک صخره‌ساز است (شکل ۱– a, b). سازند قم در این برش با ناپیوستگی فرسایشی برروی سازند قرمز زیرین قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده شده است. در این برش با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی، تفکیک عضوهای بی‌نام (با ضخامت ۱۵ متر، شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ‌آهکی و سنگ‌آهک ماسه‌ای)، عضو a? (با ضخامت ۱۸ متر، شامل ماسه‌سنگ‌آهکی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا)، عضو b (با ضخامت ۵۵ متر، شامل مارن، سنگ‌آهک، ماسه‌سنگ آهکی و سنگ‌آهک رسی) و عضو c-1 (با ضخامت ۱۶۷ متر، شامل سنگ‌آهک ریفی صخره‌ساز) سازند قم صورت گرفت (شکل ۲).



شکل ۱) a: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش چینه‌نگاری نراق (برگرفته از [۶۴]؛ با اندکی تغییرات). **b: نقشه** زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی کهک [۲۴] همراه‌با تغییرات.



شکل ۲) مرز عضو بی‌نام و عضوهای a? ، b و c-1 سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق (دید به‌سمت شمال‌غرب).

۴-مواد و روش‌ها

اطلاعات برش مورد مطالعه، نمونه‌برداری و بررسی‌های صحرایی با همکاری کارشناسان مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران انجام شده است. با توجه به ویژگی‌ها و تغییرات سنگ‌شناسی نمونه‌برداری با فواصل تقریباً ۲ متری و به‌صورت سیستماتیک انجام شده است. تعداد نمونه‌های برداشت شده از ۲۵۵ متر ضخامت نهشته‌های سازند قم در برش نراق، ۱۱۱ نمونه، شامل ۲۴ نمونه نرم و۸۷ نمونه سخت می‌باشد (موقعیت نمونه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است). نمونه‌ها در آزمایشگاه و با روش‌های استاندارد و معمول آماده‌سازی شدند. در این برش تعیین رخساره‌ها، براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی مشخص و پس از آن توصیف تغییرات جانبی رخساره‌ها با هدف مشخص‌کردن محیط رسوبی (اعم از رمپ یا شلف) انجام شده است. لازم به‌ذکر است در نام‌گذاری سنگ‌های کربناته از طبقه‌بندی دانهام [۱۵] و سنگ‌های آواری از طبقه‌بندی فولک [۱۹] استفاده شد. تفسیر ریزرخساره‌ها، کمربندهای رخساره‌ای و تعیین محیط رسوبی با استفاده از روش‌های مطالعاتی فلوگل [۱۸] صورت گرفت. همچنین جهت مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، تفکیک سیستم‌ترکت‌ها و سطوح سکانسی از الگوی هانت و تاکر [۳۳] و [۳۴] استفاده شد.

۵-بحث و نتایج

۱-۵-زیست‌چینه‌نگاری برش مورد مطالعه

بررسی تعداد ۱۱۱ نمونه برداشت شده از برش مورد مطالعه منجر به شناسایی ۵۸ جنس و ۸۱ گونه از روزن‌داران (۶ جنس و ۱۱ گونه از روزن‌داران پلانکتیک و ۵۲ جنس و ۷۱ گونه از روزن‌داران بنتیک) گردید. با توجه به گسترش و پراکندگی روزن‌داران در نهشته‌های سازند قم در برش نراق، دو زیست‌زون تجمعی معادل بیوزوناسیون آدامز و بورژواَ [۱۰] تشخیص داده شد. **زیست‌زون تجمعی ۱:** از قاعده برش تا ضخامت ۳۳ متری معادل زیست‌زون تجمعی – *Eulepidina – Nephrolepidina – Nummulites* Assemblage Zone با سن الیگوسن (روپلین– شاتین) و روزن‌داران مشاهده شده در این زیست‌زون تجمعی به‌شرح ذیل می‌باشد:

Nummulites vascus, Nummulites intermedius-fichteli group, *Spiroloculina* spp., *Heterolepa* sp., *Planorbulina* spp., *Neorotalia viennotti, Heterostegina* spp., *Amphistegina* spp., *Asterigerina rotula, Nephrolepidina* spp., *Cibicides* spp., *Textularia* spp., *Triloculina* spp., *Quinqueloculina* spp., *Eulepidina* spp., *Valvulina* spp., *Discorbis* spp., *Lenticulina inornate, Bolivina* spp., *Nonion commune, Heterolepa dutemplei*.

زیست‌زون تجمعی ۲: از ۳۳ متری قاعده برش تا انتهای برش با ضخامت ۲۲۲ متر، معادل زیست‌زون تجمعی *Miogypsinoides – Archaias* - Valvulinid Assemblage Zone – آدامز و بورژواَ [۱۰] با سن میوسن پیشین (اکیتانین) است (موقعیت زیست‌زون‌های تجمعی برش مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است). روزن‌داران مشاهده شده در این زیست‌زون تجمعی به شرح زیر می‌باشد:

Bigenerina spp., *Cibicides lobatulus, Lagena simplex, Nodosaria* spp., *Globigerina praebulloides, Planularia* spp., *Nonionella hantkeni, Uvigerina semiornata, Fursenkoina acuta, Lagena striata, Lagena* sp., *Cibicides angerianus, Dentalina elegans, Uvigerina pygmoides, Saracenaria* sp., *Textularia mariae, Guttulina problema, Gyroidina soldanii, Globigerinoides triloba, Globigerinella obesa, Globigerinoides immaturus, Globoquadrina dehiscens, Quinqueloculina buchiana, Bolivina marginata multicostata, Quinqueloculina peregrina, Paragloborotalia nana, Paragloborotalia opima, Dentalina inornata, Catapsydrax dissimilis, Paragloborotalia mayeri, Textularia depardita, Pyrgo* spp., *Elphidium granosum, Uvigerina* spp., *Paragloborotalia siakensis, Quinqueloculina triangularis, Reussella* spp., *Glomospira* spp., *Pyrgo simplex, Brizalina* spp., *Miogypsinoides* spp., *Paragloborotalia* spp., *Schlumbergerina* sp., *Neoeponides* spp., *Miogypsina* sp., *Glomospirella* spp., *Operculina complanata, Elphidium* spp., *Pseudolituonella reicheli, Haplophragmium* spp., *Valvulineria* spp., *Peneroplis evolutus, Sphaerogypsina globulus, Sherbornina* spp., *Borelis* spp., *Austrotrillina asmariensis, Lenticulina* spp., *Dendritina rangi, Valvulina* sp.1, *Meandropsina*

iranica, Halkyardia sp., *Spiroloculina* spp., *Heterolepa* sp., *Planorbulina* spp., *Neorotalia viennotti, Heterostegina* spp., *Amphistegina* spp., *Asterigerina rotula, Nephrolepidina* spp., *Cibicides* spp., *Textularia* spp., *Triloculina* spp., *Quinqueloculina* spp., *Eulepidina* spp., *Valvulina* spp., *Discorbis* spp., *Lenticulina inornate, Bolivina* spp., *Nonion commune, Heterolepa dutemplei.*

۵-۲-ریزرخساره[۱]و سنگ‌رخساره‌های[۲]برش چینه‌نگاری نراق

براساس کمیت و نوع دانه‌های تشکیل‌دهنده (خرده‌های فسیلی، خرده‌سنگ و پلوئید)، سیمان و ماتریکس رخساره‌های رسوبات کربناته سازند قم تشخیص داده شده و تفکیک شده‌اند. ریزرخساره‌های شناسایی شده در بخش کربناته سازند قم، براساس مطالعات میکروسکپی به سه کمربند رخساره‌ای[۳]شامل لاگون[۴]، رسوبات ریف[۵]و شیب پلات‌فرم[۶]تعلق دارند [۴۸]. ریزرخساره‌های شناسایی شده در بخش کربناته برش چینه‌نگاری نراق به‌ترتیب از کم‌عمق‌ترین کمربند رخساره‌ای تا عمیق‌ترین کمربند، به‌ترتیب نوشته و توصیف شده‌اند. پس از آن سنگ‌رخساره‌های آواری (کنگلومرا و ماسه‌سنگ)، رخساره مختلط (مارن) و رخساره هیبرید (ماسه‌سنگ هیبریدی) در این برش توصیف شده‌اند. نام ریزرخساره‌های برش نراق با حرف N، آغاز شده و بعد از این حرف، ریزرخساره‌های محیط لاگون با حرف L، محیط سد کربناته[۷]با حرف B و جلوی ریف یا دریای باز[۸]با حرف O مشخص شده است. در این مطالعه به‌منظور مطالعات چینه‌نگاری سکانسی از میکروفسیل‌ها به‌عنوان شاخص‌های حساس محیطی در تعیین سیستم ترکت‌ها و مرزهای سکانسی استفاده شد. بنابراین در بررسی ریزرخساره‌ها درصد روزن‌داران پلانکتیک، روزن‌داران بنتیک (با پوسته‌های هیالین، پورسلانوز و آگلوتینه) و دیگر خرده‌های بیوژنیک از قبیل مرجان؛[۹] جلبک قرمز؛[۱۰] خارپوست،[۱۱] دوکفه‌ای؛[۱۲] شکم‌پا[۱۳]و بریوزوا[۱۴]و همچنین درصد دانه‌های تخریبی به‌عنوان اجزای غیرزیستی در تمامی مقاطع سنگ‌های کربناته محاسبه شد و روند تغییرات عمودی هر یک از آلوکم‌ها در ستون چینه‌نگاری برش مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۳).

الف: مجموعه ریزرخساره‌های پشت ریف (محیط لاگون) در برش چینه نگاری نراق

NL1: روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون[۱۵]این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق به‌صورت پکستون/ وکستون همراه با روزن‌داران محیط لاگون و روتالید است. عناصر اصلی سازنده این ریزرخساره روزن‌داران با پوسته هیالین از خانواده روتالیدها و روزن‌داران با پوسته پوسلانوز از خانواده میلیولاسه است. همچنین خارپوست، جلبک‌قرمز و تکه‌هایی از کورولوم مرجان، دوکفه‌ای و بریوزوئر و روزن‌داران با پوسته آگلوتینه و شکم‌پا ازعناصر فرعی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره است (شکل ۴. الف – ب).

تفسیر: روزن‌داران با پوسته هیالین، آب‌های با شوری نرمال دریایی را برای زندگی ترجیح می‌دهند، ولی روزن‌داران با پوسته پورسلانوز (میلیولید) معمولاً در آب‌های کم‌عمق با کاهش گردش آب، اکسیژن و محیط با شوری بالا زندگی می‌کنند [۲۳]. حضور روزن‌داران بنتیک منفذدار و بدون‌منفذ در این رخساره در کنار یکدیگر بیانگر رسوب‌گذاری آن در لاگون (محیط‌های

[۱] Microfacies
[۲] Petrofacies
[۳] Facies belt
[۴] Lagoon
[۵] Reef sediments
[۶] Slope
[۷] Bar
[۸] Open marine
[۹] Coral
[۱۰] Red algae
[۱۱] Echinoderm
[۱۲] Placypoda
[۱۳] Gastropoda
[۱۴] Bryozoa
[۱۵] Lagoonal Foraminiferal Rotalid Packstone / Wackestone

کم‌عمق و نیمه‌محصور) است [۲۳]، [۵۰]. مجموعه روزن‌دارانی که در آنها میلیولیدها غالب هستند نشانه شوری بالا است [۲۳]. اندازه روزن‌داران با پوسته هیالین در محیط لاگون کوچک‌تر از اندازه این روزن‌داران در محیط دریای باز است. با توجه به‌حضور روزن‌داران با پوسته پورسلانوز محیط لاگون و اجزای کنده‌شده از محیط ریف (تکه‌های مرجان و جلبک‌قرمز) در ریزرخساره NL1، می‌توان گفت این ریزرخساره به کمربند رخساره‌ای شماره ۷ (لاگون دریای باز[۱۶]تعلق داشته و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۱۰[۱۷]فلوگل می‌باشد.

NL2: بیوکلاست وکستون/ پکستون[۱۸]این ریزرخساره شامل بیوکلاست وکستون / پکستون همراه‌با آثاری از مرجان، جلبک‌قرمز، بریوزوئر و خارپوست است. به‌طور عمده این ریزرخساره حاوی روزن‌داران محیط لاگون (روزن‌داران روخانواده میلیولاسه)، جلبک‌قرمز و مرجان است و عناصر فرعی سازنده این ریزرخساره شامل شکم‌پا، بریوزوئر و خارپوست است. در برخی از مقاطع این ریزرخساره ذرات تخریبی کوارتز کمتر از ۵ درصد وجود دارد (شکل ۴. ج – د).

تفسیر: حضور فراوان روزن‌داران با دیواره پورسلانوز (میلیولیدا) بیانگر محیط‌های خیلی کم‌عمق کم‌شور تا فوق‌شور با آشفتگی کم و گل فراوان است [۲۳]، [۵۰]. این ریزرخساره براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده ویلسون و فلوگل نشان‌دهنده محیط لاگون است. وجود میلیولید و شکم‌پا به‌صورت پراکنده، خرده دوکفه‌ای و دانه‌های پراکنده کوارتز و همچنین نبود شواهد خروج از آب مانند ترک گلی و ساختمان‌های چشم‌پرنده‌ای بیانگر نهشته شدن این ریزرخساره در محیط لاگون است [۶۳]. با توجه به‌حضور قطعات متعلق به محیط پرانرژی (خارپوست، جلبک قرمز و تکه‌های کنده شده از کلونی مرجان) در زمینه میکرایتی همراه با روزن‌داران محیط لاگون در ریزرخساره NL۲ می‌توان گفت که این ریزرخساره معرف بخش‌های جلوتر (نزدیک‌تر به سد) کمربند رخساره‌ای شماره ۷ (لاگون دریای باز) و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۱۰، در طبقه‌بندی فلوگل است.

NL3: بیوکلاستیک، پلوئید پکستون/ وکستون[۱۹]این ریزرخساره شامل پکستون تا وکستون، حاوی قطعات فسیلی و پلوئید است. عمده قطعات فسیلی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره جلبک‌قرمز خردشده و سالم است. استراکد، بریوزوئر، دوکفه‌ای، مرجان، خارپوست، روزن‌داران لاگونی نظیر *Quinqueloculina, Massilina, Pyrgo, Borelis, Spiroloculina* و برخی روزن‌داران با پوسته هیالین در محیط کم‌عمق نظیر *Rotalia* از دیگر عناصرتشکیل‌دهنده این ریزرخساره می‌باشند. همچنین از اجزای غیراسکلتی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره پلوئید است که میزان آن در برخی مقاطع به بیشتر از ۱۰ درصد می‌رسد (شکل ۴. ذ – ر).

تفسیر: وجود قطعات خردشده موجودات ریف‌ساز نظیر جلبک و بریوزوئر، حضور پلت‌های دفعی و تنوع رخساره‌های اسکلتی می‌تواند بیانگر ته‌نشست آن در یک محیط پلاتفرم درونی نزدیک ریف باشد. همچنین پلوییدها درمحیط‌های مختلف جزرومدی، لاگون و در آب‌های عمیق یافت می‌شود [۱۸]، [۶۰]. ریزرخساره NL3 معرف کمربند رخساره‌ای شماره۷ (لاگون دریای باز) و ریزرخساره استاندارد شماره ۹ ؛[۲۰]در طبقه‌بندی فلوگل [۱۸] است.

ب: مجموعه ریزرخساره‌های سدی در برش چینه‌نگاری نراق

NB1: باندستون مرجانی[۲۱]این ریزرخساره در برش نراق به‌طور عمده حاوی مرجان همراه‌با میزان بسیار کم بریوزوئر، جلبک‌قرمز و روزن‌داران با پوسته پورسلانوز به تله‌افتاده می‌باشد. مرجان‌های سازنده این باندستون چهارچوب ارگانیکی را

[۱۶] Open marine lagoon
[۱۷] SMF10
[۱۸] Bioclast Wackestone / Packstone
[۱۹] Bioclastic, Peloid Packstone to Wackestone
[۲۰] SMF9
[۲۱] Coral Boundstone

ایجاد کرده‌اند که در برخی مقاطع فضای خالی درون چارچوب مرجان‌ها توسط فسفات یا کلسیت پر شده‌اند. در این ریزرخساره پدیده تخلخل حاصل از رشد مرجان‌ها ایجاد شده که از جمله تخلخل‌های اولیه است (شکل ۴. ز).

تفسیر: مرجان‌ها در شرایط آب و هوای گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری و کمبود مواد مغذی (الیگوتروفیک) غالب می‌گردند [۲۵]. براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده توسط ویلسون و فلوگل این ریزرخساره متعلق به محیط ریف است. در مورد کارکرد این سد کربناته در برش نراق، به‌عنوان یک سد کامل یا تکه‌ای می‌توان بیان کرد که به‌دلیل اختلاط روزن‌داران محیط شیب کربناته با روزن‌داران محیط لاگون در محیط لاگونی پشت این ریزرخساره می‌توان گفت که ریف‌های مرجانی به‌صورت تکه‌ای[۲۲] بوده و نتوانسته به‌صورت یک سد کامل مابین دریای باز و محیط لاگون عمل کرده باشد. ریزرخساره NB1 متعلق به کمربند رخساره‌ای شماره ۵ و ریزرخساره استاندارد شماره ۷ فلوگل است.

NB2: باندستون جلبک قرمز:[۲۴] این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق به‌صورت باندستون حاوی ۹۰ درصد جلبک قرمز است. مهمترین جلبک‌های قرمز کورالین سازنده این ریزرخساره *Lithophyllum* است که از لایه‌های خمیده و منحنی‌شکل تشکیل شده است. که به‌عنوان چارچوب اصلی سازنده این ریزرخساره در نظر گرفته می‌شود. در این ریزرخساره کلنی‌های جلبک‌قرمز همراه با خطوط رشد کاملاً مشهود است (شکل ۴. س).

تفسیر: تجمع جلبک قرمز کورالیناسه‌آ براساس فلوگل [۱۸] مؤید محیطی با نور کافی و انرژی نسبتاً زیاد محیط (گردش متوسط تا بالای آب) است. براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده توسط ویلسون و فلوگل این ریزرخساره متعلق به محیط ریف است. جلبک قرمز کورالیناسه‌آ با وجود وابسته بودن به نور می‌تواند در شرایط الیگوفوتیک نیز زندگی کند و در آب‌های با نفوذ کم‌نور نیز به فراوانی دیده می شود. پوسته‌گذاری تجمعات جلبکی در طی یک سنگ‌شدگی زودهنگام باعث ایجاد ساختارهای نامنظم و مقاوم می‌شود [۴۲]. ریزرخساره NB2 متعلق به کمربند رخساره‌ای شماره ۵ و ریزرخساره استاندارد شماره ۷ فلوگل است و نشان‌دهنده سد ریفی است.

ج: مجموعه ریزرخساره‌های دریای باز در برش چینه‌نگاری نراق:

NO1: بیوکلاستیک پکستون تا وکستون / فلوتستون به‌همراه خرده‌های تخریبی:[۲۹] این ریزرخساره به‌صورت پکستون تا وکستون و فلوتستون حاوی قطعات بزرگ ریفی نظیر خارپوست، مرجان، انواع جلبک‌قرمز و روزن‌داران محیط شیب کربناته در زمینه‌ای میکرایتی است. از محتوای اصلی این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق می‌توان به میکروفسیل‌هایی نظیر جلبک‌های قرمز *Lithothamnium* و *Lithophyllum*، بریوزوئر شامل *Onycocella* و *Tubucelaria*، مرجان، دوکفه‌ای، روزن‌داران پلانکتیک نظیر *Paragloborotalia mayeri, Globigerina praebolloides*، و روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین دریایی مربوط به شیب کربناته نظیر *Asterigerina, Miogypsina, Nummulites, Nephrolepidina, Amphistegina*، *Eulepidina, Operculina, Heterostegina* می‌باشد. عناصر فرعی سازنده این ریزرخساره روزن‌داران با پوسته آگلوتینه به‌صورت پراکنده در زمینه‌ای از گل‌آهکی می‌باشد. در این ریزرخساره در برخی مقاطع اندازه آلوکم‌ها بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر است. در این ریزرخساره خرده‌های آواری (نظیر کوارتز و به‌میزان کمتر خرده‌سنگ) نیز مشهود است (شکل ۴. ش).

تفسیر: طبق نظر هاتینگر [۳۱]، [۳۲]، [۴۳] و [۴۴] حضور گسترده روزن‌داران پهن و بزرگ نظیر Lepidocyclinidهای کشیده که اغلب سالم و بدون شکستگی هستند و همچنین نومولیتیدها، نشان‌دهنده شوری نرمال اقیانوسی و قسمت‌های پایینی زون

[۲۱] Patch reef
[۲۲] SMF 7
[۲۳] Red algae Boundstone
[۲۴] Bioclastic Packstone to Wackestone/ Floatstone with lithoclast grains

نوری و محیطی آرام و بدون تأثیر امواج در قسمت پایین زون‌نوری را نشان می‌دهد. روزن‌داران دارای پوسته‌های پهن و بزرگ معمولاً برای نواحی پرانرژی نامناسبند و آشفتگی محیط باعث نابودی آنها می‌شود [۲۶]. با افزایش عمق به‌علت کاهش تحرک آب روزن‌داران تغییر شکل داده و دارای پوسته نازک‌تر می‌شوند رشد در این حالت کندتر و پوسته کشیده‌تر می‌شوند. با توجه به تجمع و فراوانی فونای اسکلتی دریای باز مانند لپیدوسیکلیناها و نومولیتیدهای پهن و بزرگ و کشیده محیط این ریزرخساره بخش‌های کم‌عمق‌تر دریای باز، بخش پایینی سراشیب کربناته است [۲۳]. ریزرخساره NO1 متعلق به کمربند شیب کربناته (محیط اسلوپ) و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۵ [۶] فلوگل است.

د: رخساره مختلط

رخساره مارن: در قسمت‌های ابتدایی برش چینه‌نگاری نراق (عضو b) ضخامت زیادی از مارن‌های سبز تا خاکستری دیده می‌شود (شکل ۴. ص). که حاوی روزن‌داران بنتیک و پلانکتیک هستند. نمونه‌های ایزوله به‌دست آمده از این رخساره شامل روزن‌داران پلانکتیک نظیر *Globigerina, Catapsydrax, Globigerinoides, Paragloborotalia* و روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین نظیر *Lenticulina, Cibicides, Uvigerina, Lagena, Bolivina,Nodosaria* است. در برخی نقاط در انتهای عضو b مارن‌ها کمی سیلتی شده‌اند.

تفسیر: حضور روزن‌داران پلانکتیک و روزن‌داران بنتیک کوچک بیانگر نهشته‌شدن این رخساره در محیطی کم انرژی و پایین‌تر از زون نوری دریای باز است [۲۳]، [۱۸]. در برش نراق، تناوب این رخساره با ریزرخساره‌های دریای باز و وجود روزن‌داران پلانکتیک و بنتیک مربوط به محیط شیب کربناته در آن، حاکی از تشکیل این رخساره در قسمت‌های نسبتاً عمیق دریای باز (اسلوپ) است. بنابراین می‌توان گفت در این برش مارن‌های تشکیل‌دهنده عضو b سازند قم، با توجه به‌حضور نسبتاً قابل توجه روزن‌داران پلانکتیک همراه با روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است.

ز: سنگ‌رخساره هیبریدی

ماسه‌سنگ هیبریدی: این ماسه‌سنگ در برش نراق به‌صورت هیبرید آرنایت است که حاوی اجزای غیرتخریبی مانند کربنات کلسیم و روزن‌داران با پوسته آهک هیالین *(Nummulites, Nephrolepidina)* است که از درون حوضه رسوب‌گذاری سرچشمه گرفته‌اند و میزان آنها به حدود ۴۵٪ می‌رسد. بخش تخریبی آن نیز عمدتاً شامل خرده‌سنگ (چرت و ولکانیک) و کوارتز است از خارج از حوضه سرچشمه گرفته‌اند و میزان آنها به بیشتر از ۴۵٪ می‌رسد. اندازه دانه‌ها متغییر، زاویه‌دار و دارای گردشدگی و جورشدگی بدی می‌باشند. این سنگ‌رخساره در عضوهای بی‌نام، a? و b سازند قم در برش نراق دیده می‌شود (شکل ۴. ف- ق).

تفسیر: حضور همزمان دانه‌های کوارتز و رسوبات کربناته در محیط‌های دریایی به عوامل مانند تکتونیک، آب و هوا و نوسانات سطح آب دریا نسبت داده می‌شود [۴۰]. با توجه به حضور روزن‌داران محیط شیب کربناته نظیر *Nummulites, Heterostegina, Nephrolepidina* در بخش غیرتخریبی این سنگ‌رخساره در عضوهای بی‌نام و a? سازند قم و با توجه به موقعیت قرارگیری این ماسه‌سنگ هیبریدی در عضوهای مذکور می‌توان گفت این سنگ رخساره در بخش‌های کم‌عمق دریای باز نهشته شده است. در رابطه با ماسه‌سنگ هیبریدی انتهایی عضوb سازند قم در این برش می‌توان عنوان کرد که به‌علت حضور روزن‌داران با پوسته پورسلانوز نظیر میلیولیده و پنروپلیده به نظر می‌رسد سنگ‌رخساره مذکور در این عضو در محیط لاگون تشکیل شده باشد.

[۶] SMF5

ر: سنگ‌رخساره‌های آواری[۲۷]

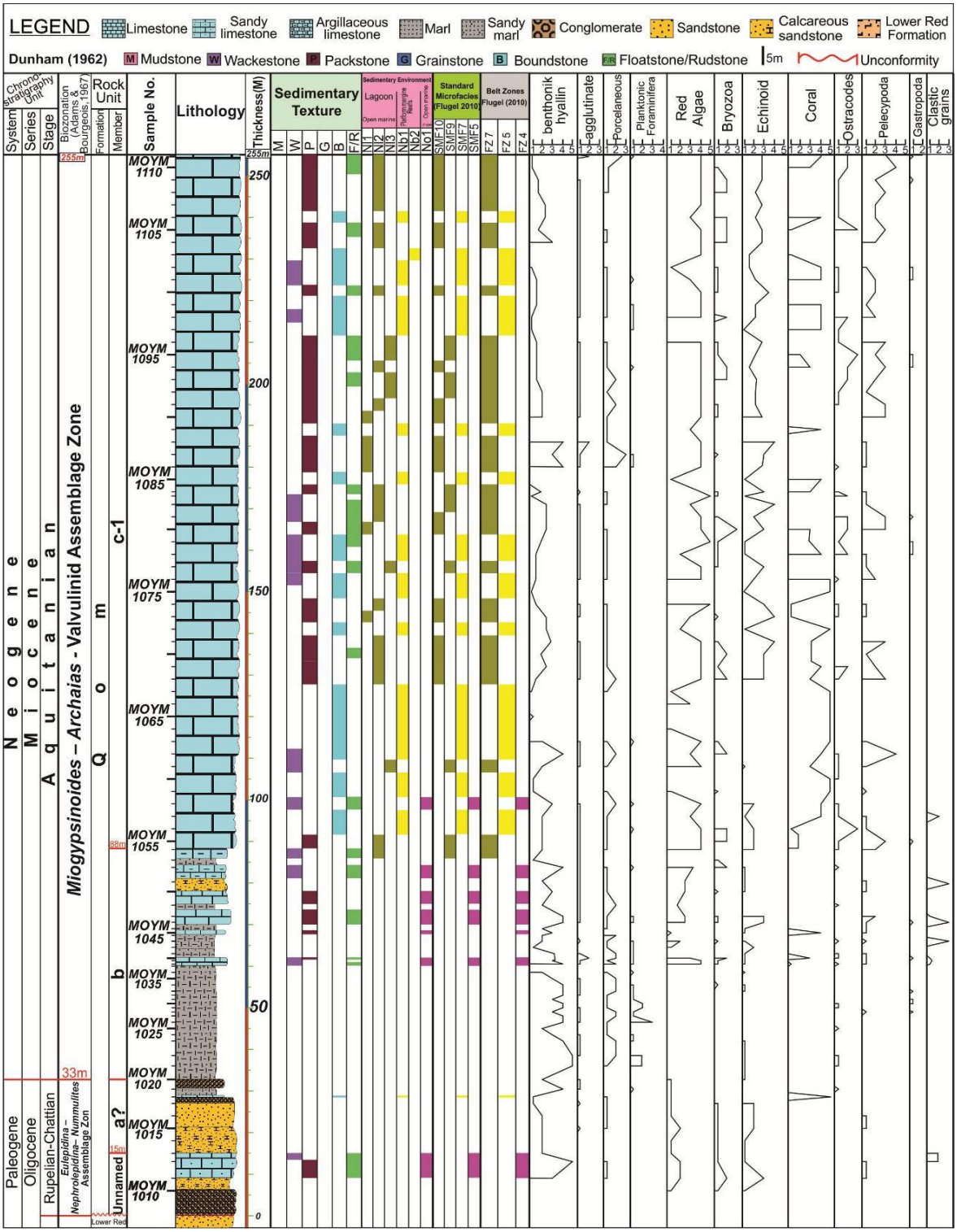
کنگلومرا:[۲۸]این سنگ رخساره در بخش ابتدایی سازند قم در عضو بی‌نام و همچنین در انتهای عضو ?a سازند قم در برش نراق دیده می‌شود. کنگلومرای قاعده‌ای سازند قم به ضخامت ۶ متر و رنگ خاکستری، یک کنگلومرای پلی‌ژنتیک و دانه‌پشتیبان است که از قلوه‌سنگ‌های سازندهای پیشین و بیشتر از خرده‌سنگ‌های چرت، ولکانیک در زمینه‌ای با سیمان کربناته و دارای جلبک قرمز و فونای دریایی تشکیل شده است. اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده این کنگلومرا از اندازه بولدر تا گراول می‌باشد و اندازه دانه‌ها از قاعده به‌سمت بالا ریزشونده است. دانه‌های تشکیل‌دهنده آن دارای جورشدگی و گردشدگی بدی می‌باشند که نشان‌دهنده مسافت کوتاه حمل و نقل و نزدیک بودن به ناحیه منشأ می‌باشد. این سنگ‌رخساره تخریبی در قاعده برش به‌عنوان کنگلومرای پیش‌رونده سازند قم است (شکل ۴. ن – و). کنگلومرای انتهایی عضو ?a سازند قم در این برش نیز یک کنگلومرای پلی‌ژنتیک دانه‌پشتیبان می‌باشد که از خرده‌سنگ‌های ولکانیکی و چرت تشکیل شده است. ضخامت این کنگلومرا در دو افق انتهایی حدود ۲ متر می‌باشد. اندازه دانه‌های آن در حد پبل، زاویه‌دار و با جورشدگی و گردشدگی بد می‌باشند.

تفسیر: محیط تشکیل کنگلومرای پیش‌رونده قاعده سازند قم، با توجه به موقعیت قاعده‌ای، رنگ و وجود فونای دریایی در زمینه آن، این واحد سنگی به قاعده کانال نسبت داده می‌شود [۳۷]. در رابطه با کنگلومرای انتهایی عضو ?a سازند قم در برش نراق می‌توان گفت با توجه به شواهد رسوبات مارنی قاعده‌ای عضو b سازند قم به‌نظر می‌رسد دو افق کنگلومرایی انتهایی عضو ?a در ارتباط با پایین افتادن سطح نسبی آب دریا در حاشیه حوضه می‌باشد که باعث ورود مواد تخریبی شده و ته‌نشست آنها به فرآیندهای توربیدایتی منتسب می‌باشد.

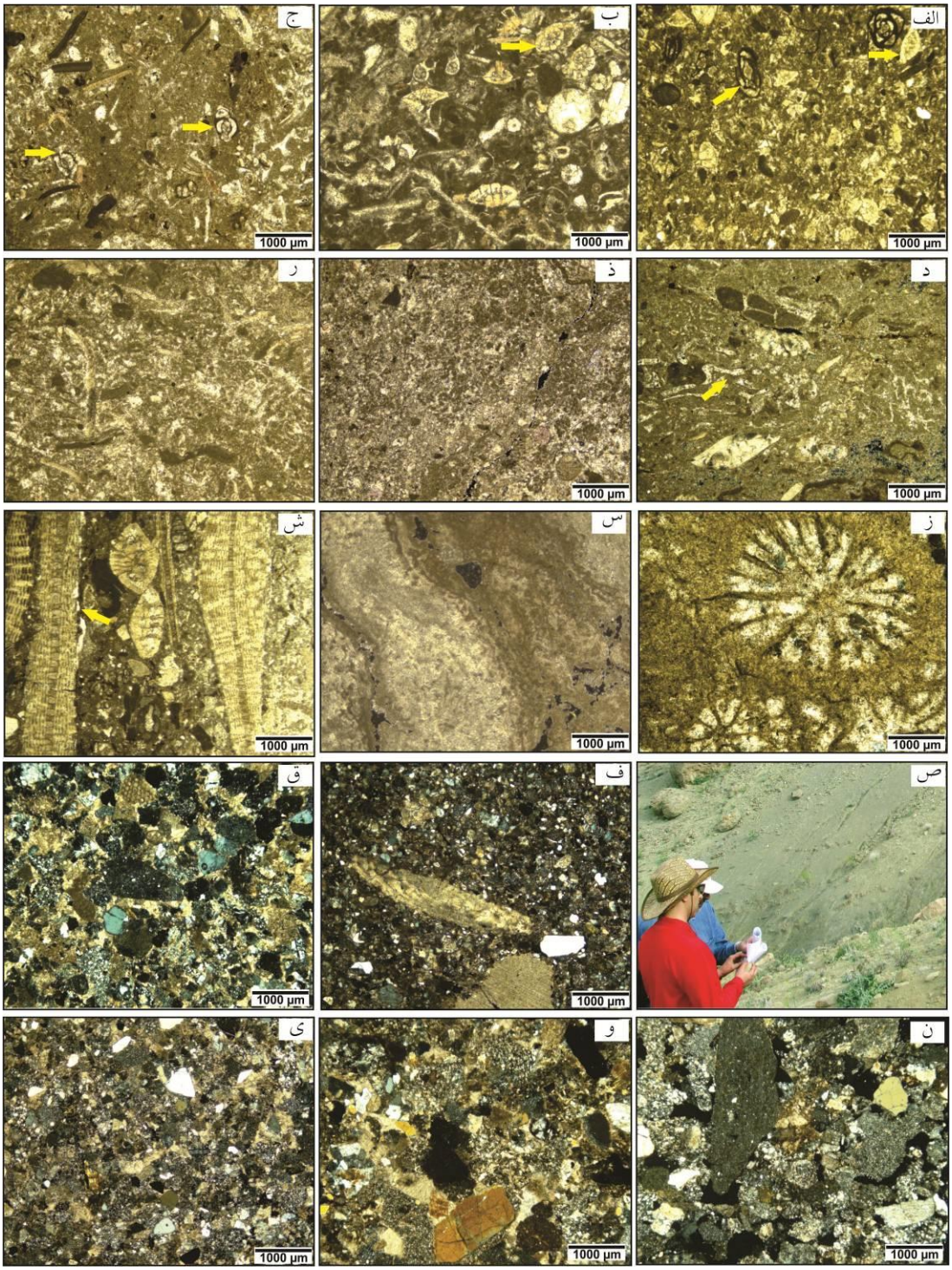
ماسه‌سنگ:[۲۹]**لیت آرنایت**[۳۰]: این سنگ‌رخساره به گروه لیتیک‌آرنایت‌ها تعلق دارد. درصد کوارتز در ماسه‌سنگ‌های عضو ?aسازند قم در برش نراق به حدود ۱۰ درصد، میزان فلدسپات کمتر از ۱۰ درصد و میزان خرده‌سنگ‌ها در آنها به بیشتر از۴۰ درصد می‌رسد. عمده خرده‌سنگ‌های تشکیل‌دهنده این ماسه‌سنگ، آهکی، ولکانیکی و به میزان بیشتر چرت بوده به‌طوری که می‌توان این سنگ‌رخساره را چرت‌آرنایت نامگذاری نمود. از اجزای دیگر تشکیل‌دهنده این ماسه‌سنگ بیوتای دریایی است. سیمان اتصال دهنده اجزای ماسه‌سنگی از نوع کربناته است. این ماسه‌سنگ دارای جورشدگی و گردشدگی بد می‌باشد. اندازه دانه‌ها در این رخساره نیز متغییر و زاویه‌دار می‌باشند (شکل ۴. ی).

تفسیر: محیط تشکیل این ماسه‌سنگ با توجه به سیمان کلسیتی، وجود بیوتای دریایی و نشانه‌هایی از فاصله کم ناحیه منشأ تا محل رسوب‌گذاری به‌نظر می‌رسد جریان‌های توربیدایتی می‌تواند در ته‌نشست آن تاثیرگذار باشد [۳۷]. وجود خرده‌های فسیلی در بین دانه‌های سیلیسی– آواری، نشان‌دهنده وجود دوره‌های با جریان‌های انرژی بالا است [۳۵].

[۲۷] Clastic facies
[۲۸] Conglomerate
[۲۹] Sandstone
[۳۰] Litharenite



شکل۳) تغییرات ریزرخساره‌ها، اجزای زیستی و زیست‌زون‌های تجمعی در طول سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق.

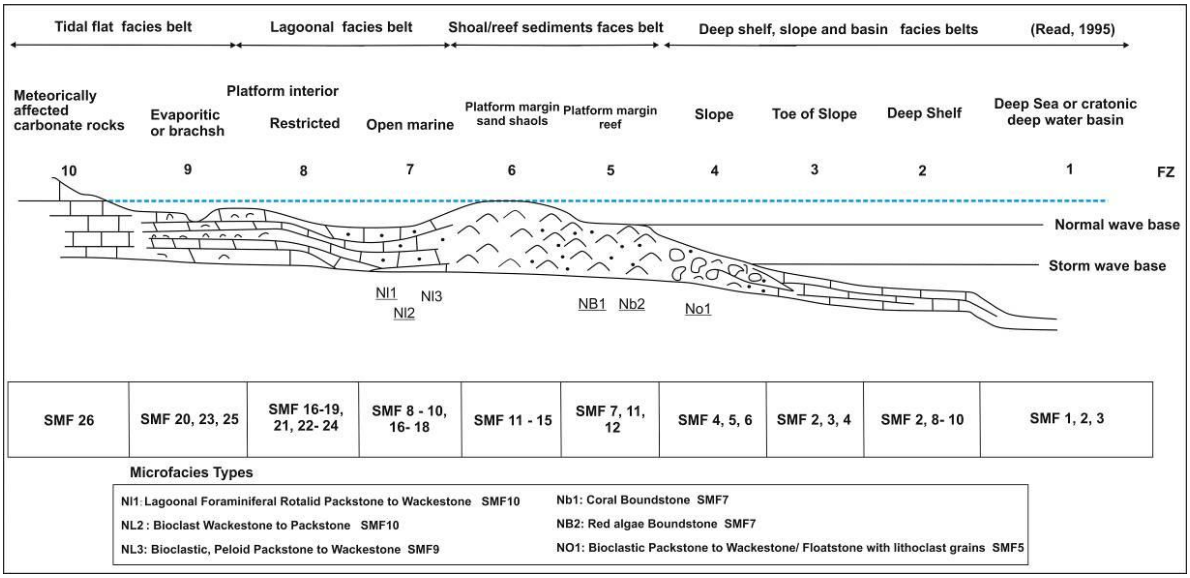


شکل ۴) الف – ب) ریزرخساره روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون (NL1) که در آن روتالیدها و روزن‌داران بنتیک میلیولیده با فلش مشخص شده است، **ج – د)** ریزرخساره بیوکلاست وکستون/ پکستون (NL2) که در آن روزن‌داران بنتیک میلیولیده و بیوکلاست با فلش مشخص شده است، **ذ– ر)** ریزرخساره بیوکلاست، پلوئید پکستون / وکستون (NL3)، **ز)** ریزرخساره باندستون مرجانی (NB1)، **س)** ریزرخساره باندستون جلبک قرمز (NB2)، **ش)** ریزرخساره بیوکلاست پکستون تا وکستون / فلوتستون همراه خرده‌های تخریبی(NO1)، که در آن روزن‌دار بنتیک لپیدوسیکلین با فلش مشخص شده است، **ص)** رخساره مارن در عضو b سازند قم، **ف – ق)** سنگ‌رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی در عضو a و b سازند قم، **ن – و)** سنگ‌رخساره کنگلومرا در عضو بی‌نام و عضو ?a سازند قم، **ی)** سنگ‌رخساره لیت‌آرنایت در عضو ?a سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق (سنگ‌رخساره‌ها در نور پلاریزه می‌باشند).

۳-۵-مدل ته‌نشینی نهشته‌های سازند قم

از جمله مطالعاتی که در زمینه محیط رسوبی برروی نهشته‌های سازند قم در ناحیه نراق صورت گرفته می‌توان به مطالعه منصوری و صفری [۹] در ۲۵ کیلومتری شمال‌شرق دلیجان اشاره کرد. که با تشخیص ۸ ریزرخساره در بخش کربناته سازند قم مربوط به محیط لاگون و دریای باز، مدل محیط رسوبی رسوبات سازند قم در ناحیه نراق را شلف باز تعیین کرده‌اند. کاروان و همکاران [۷] نیز ۱۲ ریزرخساره کربناتی متعلق به پهنه‌جزرومدی، لاگون، سدبیوکلاستی و دریای باز تشخیص داده‌اند و محیط رسوبی نهشته‌های برجای گذاشته شده سازند قم را در شمال‌شرق دلیجان یک رمپ هموکلینال در نظر گرفته‌اند. به‌علت ویژگی خاص حوضه قم و گستردگی زیاد آن همراه‌با تغییرات رخساره‌ای زیادی که دارد تعیین یک مدل رسوبی برای آن در همه نقاط ایران‌مرکزی امکان‌پذیر نیست. ریزرخساره‌های معرفی شده در برش نراق همراه‌با اجتماع و پراکندگی روزن‌داران با دیواره آهکی منفذدار و بدون‌منفذ، عوامل کلیدی در ارائه مدل رسوبی در نهشته‌های مورد بررسی است.

در این برش با توجه به‌وجود رخساره محیط شیب کربناته، وجود دانه‌های اسکلتی و غیراسکلتی بخش‌های کم‌عمقی که به این محیط حمل شده‌اند، همچنین با توجه به تغییرات نسبتاً سریع رخساره‌ای، ضخامت نسبتاً زیاد ریزرخساره‌های ریفی می‌توان نتیجه گرفت که محیط رسوبی نهشته‌های سازند قم در برش نراق یک شلف کربناته بوده و با توجه به عدم‌وجود ریزرخساره‌های مربوط به لاگون دریای محدود شده و وجود شواهد تشکیل ریف به‌صورت تکه‌ای (اختلاط روزن‌داران محیط شیب کربناته با روزن‌داران محیط لاگون در محیط لاگون پشت ریف که نشان از عدم پیوسته بودن ریف می‌باشد) می‌توان نتیجه گرفت که برش مورد مطالعه در پلت‌فرمی از نوع شلف کربناته باز[۳]رسوب‌گذاری شده‌است [۴۸]، [۴۳]، [۴۴]، [۱۸]. در شکل ۵، طرح فرضی محیط رسوبی و پراکندگی ریزرخساره‌ها در شلف کربناته مربوط به کمربندهای مختلف رخساره‌ای در برش چینه‌نگاری مورد مطالعه ترسیم شده است.



شکل ۵) طرح فرضی محیط رسوبی ریزرخساره‌ها و پراکندگی ریزرخساره‌ها، کمربندهای رخساره‌ای استاندارد ویلسون [۶۳] با ریزرخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۸].

[۳] Open shelf

۵-۴-سکانس‌های رسوبی برش چینه‌نگاری نراق

چینه‌نگاری سکانسی که از آن به‌عنوان یک انقلاب در زمین‌شناسی یاد می‌شود علمی است که توالی‌های رسوبی را به بسته‌های رسوبی تقسیم می‌کند و به مطالعه و بررسی واحدهای رسوبی می‌پردازد و بیان می‌دارد که این واحدها دارای ارتباط زایشی با یکدیگرند و توسط ناپیوستگی‌ها یا پیوستگی‌های هم‌ارز محدود گردیده‌اند. در واقع چینه‌نگاری سکانسی علم مطالعه توالی‌ها است [۱۷]. در این تحقیق، مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده برروی سکانس‌های رسوبی، براساس ویژگی‌های سنگ‌چینه‌ای، ریزرخساره‌ای و محیط رسوبی منجر به شناسایی سه سکانس رسوبی رده سوم، سه مرز سکانسی از نوع اول[۳۲] یک مرز سکانسی از نوع دوم[۳۳] (شکل ۶) که در ذیل شرح داده شده است:

سکانس اول (Depositional Seq.1)

این سکانس به‌سن الیگوسن (روپلین-شاتین) دربردارنده عضوهای بی‌نام و ?a سازند قم با ضخامت ۳۳ متر (نمونه‌های MOYM1010 تا MOYM1020) شامل دسته رخساره‌های LST، TST و HST است. توالی‌های سنگی مربوط به این سکانس شامل کنگلومرای قاعده‌ای، ماسه‌سنگ‌آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ و در انتها کنگلومرا بوده و مرزهای سکانسی ابتدا و انتهای این سکانس از نوع اول است. در این برش، شروع سکانس اول با کنگلومرای پیش‌رونده بر روی ماسه‌سنگ‌های سازند قرمز زیرین و انتهای آن با ناپیوستگی فرسایشی (مرز سکانسی از نوع اول) (مرز بین عضو ?a و عضو b سازند قم) قابل تفکیک است. در این سکانس بالا آمدن دریا با به‌جا گذاشتن یک افق کنگلومرای پیش‌رونده به ضخامت ۶ متر، بر روی ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ سازند قرمز زیرین آغاز شده است.

این افق کنگلومرای پیش‌رونده، پلی‌میکتیک و از ذرات آواری و ولکانیکی تشکیل شده است و در زمینه آن فونای دریایی وجود دارد. در ابتدای بالاآمدگی سطح آب دریا پرشدگی کانال‌ها توسط رسوبات پرکننده کانال انجام شده که مجموعه رسوبات سیستم‌ترکت تراز پایین (LST) سطح آب دریا را تشکیل می‌دهد [۳]، [۱۸]. در ادامه این توالی تخریبی و آغاز پیشروی سریعتر نسبی سطح آب دریا و مهاجرت رخساره‌ها به‌سمت مرکز حوضه دسته رخساره پیش‌رونده TST در این سکانس (شامل نمونه‌های MOYM1011 تا MOYM1013) با ضخامت ۹ متر با لیتولوژی ماسه‌سنگ آهکی و سنگ‌آهک ماسه‌ای تشکیل شده است. در این دسته رخساره پیش‌رونده، فراوانی بریوزوئر از قاعده به‌سمت رأس روند افزایشی دارد (شکل ۳).

جلبک‌های قرمز نیز اگرچه از لحاظ فراوانی دارای نوسانات بوده اما به‌طور کلی روند افزایشی نشان می‌دهند. در بین روزن‌داران، فرم‌های بنتیک حضور دارند که اشکال با پوسته هیالین تا mfs1 روند افزایشی تدریجی را نشان می‌دهند اما فرم‌های با پوسته پورسلانوز تغییرات مشخصی ندارند (شکل ۳). شناسایی mfs1 در این سکانس براساس تغییر میزان فراوانی محتویات فسیلی و همچنین ویژگی‌های ریزرخساره‌ای است. در این سطح حضور ریزرخساره NO1 هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۵[۳۴]فلوگل و مربوط به بخش‌های پایینی کمربند شیب کربناته یا کمربند شماره ۴ فلوگل) به‌علت داشتن روزن‌دارانی نظیر *Nummulites, Amphistegina, Asterigerina* و *Nephrolepidina* حکایت از پیش‌روی سریع دریا در زمان روپلین و نشان‌دهنده محیط عمیق‌تری نسبت به بخش ابتدایی برش دارد بنابراین نمونه MOYM1013 به عنوان سطح حداکثر غرقابی mfs1 درنظر گرفته شد که روند نسبی افزایش عمق را نشان می‌دهد.

سطح حداکثر غرقابی mfs1 در انتهای سنگ‌آهک ماسه‌ای و در انتهای عضو بی‌نام سازند قم واقع شده است. در ادامه این سکانس، دسته رخساره‌های HST قرار دارد که ضخامت HST در این سکانس ۱۸ متر (نمونه شماره MOYM1014 تا

[۳۲] SB type I
[۳۳] SB type II
[۳۴] SMF5

MOYM1020) و متشکل از لیتولوژی ماسه‌سنگ آهکی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا در بخش انتهایی است که تمامی این دسته رخساره معادل عضو ?a سازند قم در این برش چینه‌نگاری است. در این سکانس، دسته رخساره‌های تراز بالا از لحاظ محتویات زیستی، فراوانی بریوزئر، جلبک‌قرمز و روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین روند کاهشی را نشان می‌دهند. در حالی که فراوانی روزن‌داران بنتیک با پوسته پورسلانوز روندی روبه افزایشی را نشان می‌دهند. بیشترین پایین افتادگی نسبی سطح آب دریا در این سکانس در انتهای افق کنگلومرای ۲ متری عضو ?a سازند قم واقع است که به‌عنوان مرز سکانسی نوع اول (SBI) در برش چینه‌نگاری نراق در نظر گرفته می‌شود (شکل ۷. الف).

سکانس دوم (Depositional Seq.2)

این سکانس در برش چینه‌نگاری نراق با پیش‌روی آب دریا با ضخامت ۴۸ متر (شامل نمونه‌های MOYM1021 تا MOYM1051) در عضو b سازند قم با محدوده سنی اکیتانین قرار دارد. مرز زیرین این سکانس از نوع اول برروی سکانس اول و با مرز سکانسی نوع دوم در زیر سکانس سوم قرار گرفته و شامل دسته رخساره‌های TST و HST است که با نهشته‌شدن مارن آغاز و در ادامه با تناوب سنگ‌آهک و مارن و ماسه‌سنگ آهکی خاتمه می‌یابد. دسته رخساره پیش‌رونده TST (نمونه‌هایMOYM1021 تا MOYM1026) در این سکانس با الگوی برانبارش Retrogradation و با ضخامت ۱۴ متر شروع به نهشته‌شدن کرده که شامل مارن‌های سبزرنگ و خاکستری حاوی روزن‌داران پلانکتیک و بنتیک با پوسته هیالین است. در ابتدای این دسته رخساره، روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین روند افزایشی را به‌سمت بالا نشان می‌دهند (شکل ۳) و در ادامه این دسته رخساره با افزایش میزان روزن‌داران پلانکتیک روند افزایش نسبی سطح آب دریا مشخص می‌گردد که می‌توان گفت این رخساره در قسمت‌های نسبتاً عمیق دریای باز نهشته شده است.

روزن‌داران پلانکتیک مشاهده شده در این دسته رخساره TST شامل*Globigerina, Globigerinoides* و *Paragloborotalia* است. در انتهای دسته رخساره پیش‌رونده، در نمونه MOYM1026، به‌علت افزایش فراوانی روزن‌داران پلانکتیک، به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs2) در نظر گرفته شد. در ادامه این سکانس، دسته رخساره ترازبالا HST با ضخامت ۳۴ متر (شامل نمونه‌هایMOYM1027 تا MOYM1051) و لیتولوژی مارن، تناوب مارن سیلتی و سنگ‌آهک و در انتها ماسه‌سنگ‌آهکی قرار دارد. این دسته رخساره با مارن‌های حاوی روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین، آگلوتینه و پورسلانوز آغاز شده و در ادامه با لیتولوژی متناوب سنگ‌آهک و مارن سیلتی قابل شناسایی است.

در انتهای این سکانس لیتولوژی سنگ‌آهک ماسه‌ای با سنگ‌رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی با روزن‌داران میلیولیده و پنروپلیده محیط لاگون همراه می‌باشد که به‌عنوان کم‌عمق‌ترین بخش سکانس و به‌عنوان مرز سکانسی نوع دوم در نظر گرفته شد. محتویات روزن‌داران در دسته رخساره تراز بالا حاکی از روند کاهشی در روزن‌داران پلانکتیک و روند تقریبا افزایشی در روزن‌داران با پوسته پورسلانوز است. همچنین جلبک‌های قرمز نیز در این دسته رخساره همراه با نوسانات روندی افزایشی را نشان می‌دهند. در این سکانس هم سطح حداکثر غرقابی (mfs2) براساس تغییرات محتویات فسیلی، همراه با ویژگی‌های ریزرخساره‌ای تعیین شد (شکل ۷. ب).

سکانس سوم (Depositional Seq.3)

این سکانس با ضخامت ۱۷۴ متر بیشترین ضخامت را در بین سکانس‌های شناسایی شده در برش چینه‌نگاری نراق دارد. این سکانس با محدوده سنی اکیتانین در بخش انتهایی عضو b و عضو c-1 سازند قم قرار گرفته است. این سکانس شامل نمونه‌های MOYM1052 تا MOYM1111 است که با مرز سکانسی نوع دوم برروی سکانس دوم قرار گرفته و مرز بالایی این سکانس از نوع اول است. این سکانس شامل دسته رخساره‌های پیش‌رونده TST و تراز بالا HST است. این سکانس با دسته رخساره پیش‌رونده (TST) با الگوی برانبارش شروع می‌شود. که ضخامت دسته رخساره TST ۲۰ متر (شامل نمونه‌های

MOYM1052 تا MOYM1058) می‌باشد که دارای لیتولوژی سنگ‌آهک رسی، مارن و سنگ‌آهک در بخش انتهایی عضو b و بخش ابتدایی عضو c-1 سازند قم است.

این دسته رخساره بعد از یک واحد ریزرخساره NO1 به‌صورت پکستون تا وکستون و فلوتستون حاوی قطعات بزرگ و فسیل‌هایی نظیر خارپوست، جلبک‌قرمز و روزن‌داران محیط شیب کربناته به یک واحد ریزرخساره NL2 بیوکلاست وکستون/ پکستون متعلق به کمربند ۷ (لاگون دریای باز) و پس از آن به رخساره ریفی (باندستون مرجانی NB1) می‌رسد. در این دسته رخساره در ادامه روند پیش‌رونده مجدداً به رخساره NO1 (دریای باز) که مربوط به کمربند جلوی شیب‌قاره[۳۵]در نمونه MOYM1058 می‌رسد که دارای روزن‌داران بنتیک محیط شیب قاره از جمله *Nephrolepidina* و *Amphistegina* است که به‌عنوان عمیق‌ترین ریزرخساره در این دسته رخساره و سطح حداکثر غرقابی mfs3 آب دریا در نظر گرفته شد. دسته رخساره TST از لحاظ محتویات زیستی، حاوی جلبک‌قرمز با روند فراوانی تقریباً افزایشی، فراوانی روزن‌داران با پوسته هیالین همراه با نوسان، فراوانی روزن‌داران با پوسته پورسلانوز کاهشی و مرجان‌ها نیز روند افزایشی را نشان می‌دهد (شکل ۳).

در ادامه این سکانس، دسته رخساره HST با ضخامت ۱۵۴ متر (شامل نمونه‌های MOYM1059 تا MOYM1111) و با سن اکیتانین در عضو c-1 سازند قم واقع است. این دسته رخساره با ریزرخساره‌های مربوط به کمربند لاگون دریای باز و رخساره‌های ریفی NB1 به‌صورت تقریبا متناوب و تکرارشونده در سنگ آهک عضو c-1 سازند قم قرار گرفته است. با توجه به ماهیت تکرارشونده رخساره‌ها در دسته رخساره تراز بالا HST در این سکانس، نباید انتظار داشت که توالی‌های کاملاً کم عمق شونده و تجمعی را در این دسته رخساره داشته باشیم. از لحاظ محتویات زیستی در این دسته رخساره، فراوانی جلبک قرمز روند افزایشی روبه‌بالا، بریوزوئر و روزن‌داران مربوط به محیط لاگون با پوسته پورسلانوز روندی همراه با نوسان و تقریباً افزایشی را نشان می‌دهند. مرز بالایی این سکانس از نوع اول و توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده شده است (شکل ۷. ج).

۵-۵-مقایسه مرزهای سکانسی برش مورد مطالعه با نمودار تغییرات جهانی سطح آب دریا

احتمالاً قدیمی‌ترین مطالعه چینه‌نگاری سکانسی انجام شده برروی سازند قم در محدوده سنی الیگوسن- میوسن مطالعه لاسمی و امین‌رسولی [۸] است که نویسندگان در آن بدون ذکر نام برش‌های مورد مطالعه در جنوب بخش مرکزی حوضه قم در ناحیه‌الگو هفت سکانس رسوبی تعریف کردند که سکانس‌های یک تا پنج را با سن شاتین تا اکیتانین و سکانس‌های شش تا هفت را با سن بوردیگالین معرفی کرده‌اند. رویتر و همکاران [۴۹] نیز با بررسی چینه‌نگاری سکانسی ۴ برش از سازند قم شامل برش‌های آباده- زفره (سیرجان- اصفهان) و قم و چاله‌قره (قم) در محدوده سنی شاتین- بوردیگالین محیط رسوبی را رمپ کربناته تعیین کرده و هفت سکانس رسوبی در مطالعه خود تشخیص داده‌اند و تمامی مرزهای سکانسی را قابل انطباق با تغییرات جهانی سطح آب دریا عنوان نمودند.

کاروان و همکارن [۷] نهشته‌های سازند قم به‌سن الیگوسن (روپلین- شاتین) را در شمال‌شرق دلیجان از لحاظ چینه‌نگاری سکانسی مورد بررسی قرار داده و ۸ سکانس رسوبی رده سوم (۷ سکانس رسوبی در روپلین و یک سکانس رسوبی در شاتین) تشخیص داده‌اند. آنها در مقایسه منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا با برش مورد مطالعه خود، مرزهای سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز روپلین- شاتین را قابل انطباق با تغییرات جهانی سطح آب دریا می‌دانند و عدم انطباق مرزهای سکانسی دیگر را به فعال بودن حوضه رسوبی قم از نظر زمین‌ساخت و تغییرات محلی سطح آب دریا نسبت داده‌اند.

[۳۵] Slope

در این مطالعه نیز مانند سایر مطالعات مذکور مقایسه مرزهای سکانسی تشخیص داده شده در برش نراق با نمودار جهانی سطح آب دریاها صورت گرفت.

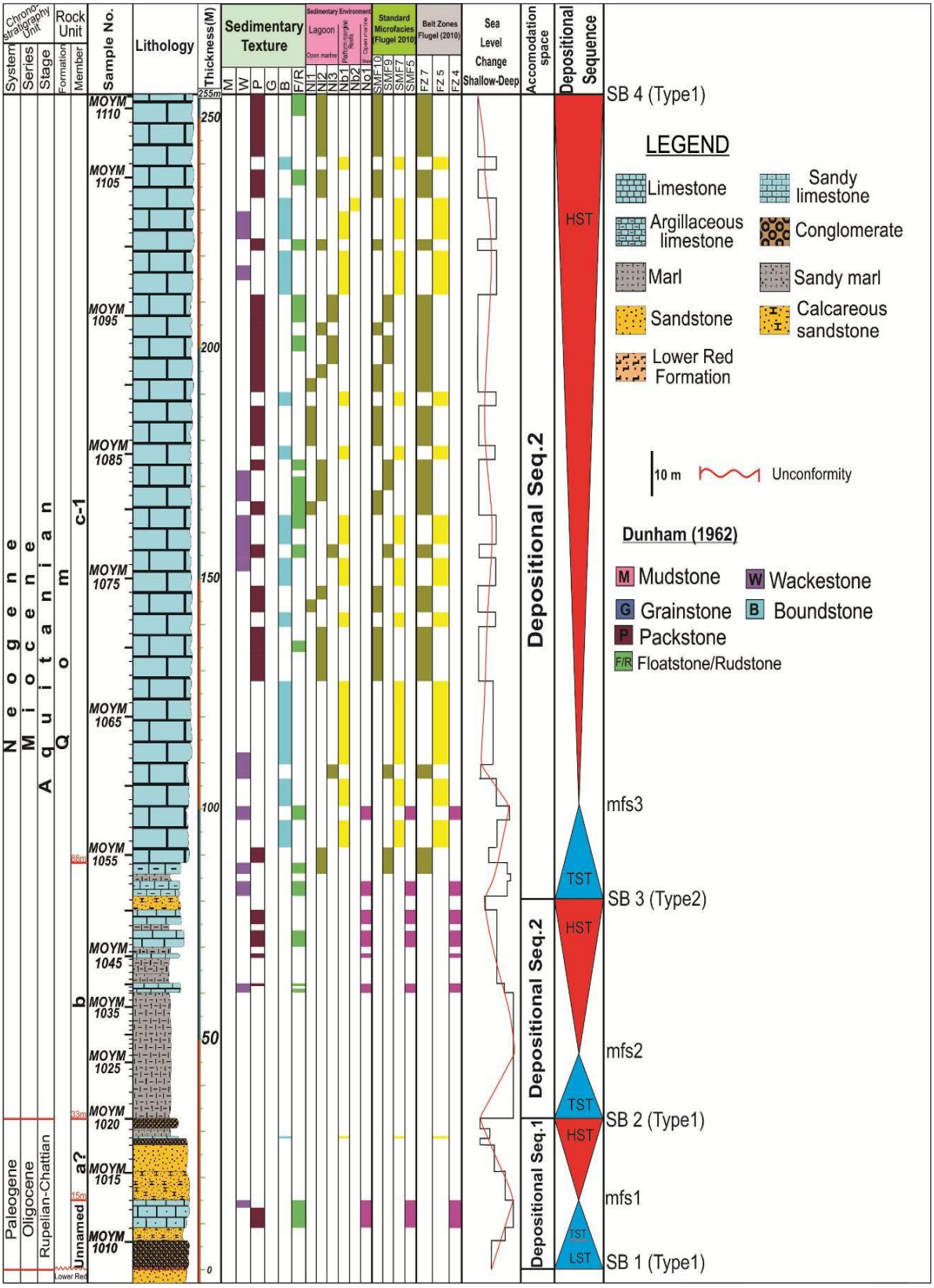
افزون‌بر این، به استناد اشتوکلین [۵۶] و بزرگ‌نیا [۱۲] که بیان می‌دارند که در زمان الیگوسن- میوسن حوضه ایران مرکزی و حوضه زاگرس، به‌هم مرتبط بوده‌اند. لذا مقایسه مرزهای سکانسی سازند قم در برش نراق با سکانس‌های تشخیص داده شده در فروافتادگی دزفول در زون زاگرس نیز انجام شد که در شکل ۸ نمایش داده شده است.

اهرنبرگ و همکاران [۱۶] در فروافتادگی دزفول در میدان‌های نفتی مارون، اهواز و بی‌بی‌حکیمه و برش‌های سطح‌الارضی از تاقدیس کوه‌خویز، ۹ مرز سکانسی در سازند آسماری در محدوده زمانی روپلین- بوردیگالین شناسایی کرده‌اند. ون‌بوخم و همکاران [۶۱] نیز چندین برش سطح الارضی و تحت الارضی از سازند آسماری را در دو روند عمود برهم در فروافتادگی دزفول مطالعه و با توجه به مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم انجام شده، ۷ مرز سکانسی را در همان محدوده زمانی تفکیک نموده‌اند. شارلند و همکاران [۵۲]، [۵۳]

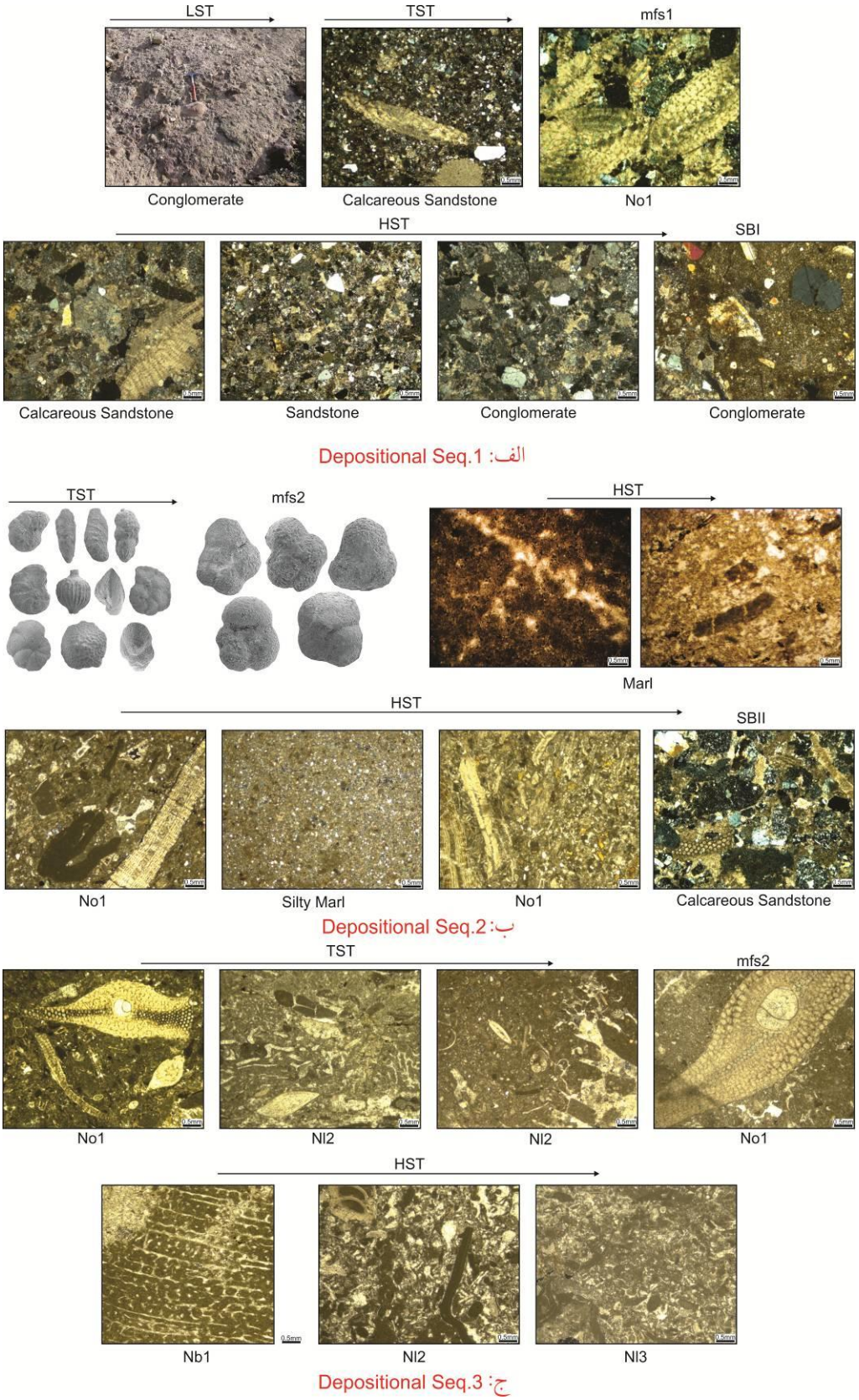
در تحقیقی که روی تکتنواستراتیگرافی، کرونواستراتیگرافی و چینه‌نگاری سکانسی و تحول چینه‌نگاری سکانسی از توالی‌های پروتروزوئیک پسین تا فانروزوئیک ورقه‌عربی داشتند، ۱۱ مگاسکانس تکتنواستراتیگرافی و ۶۳ سطح حداکثرگستردگی آب دریا را تشخیص دادند. وی و همکارانش در آخرین مگاسکانس تکتنواستراتیگرافی، پنج mfs (pg30, pg40, pg50, Ng10, Ng20) و سه مرز سکانسی را در محدوده سنی الیگوسن – میوسن پیشین معرفی نمودند (شکل ۸).

در نمودار تغییرات جهانی سطح آب دریا در نمودار حق و همکاران [۲۷]، [۲۸] ۳ سکانس رده سوم در محدوده زمانی الیگوسن- میوسن پیشین (اکیتانین) و همچنین هاردنبول و همکاران [۲۹] تعداد ۳ سکانس رسوبی رده سوم در محدوده سنی الیگوسن- میوسن پیشین (اکیتانین) معرفی شده است (شکل ۸). مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در رسوبات ناحیه مورد مطالعه با رسوبات معادل زمانی آن (سازند آسماری) در فروافتادگی دزفول و زون ایذه براساس ون‌بوخم و همکاران [۶۱] و مقایسه با منحنی جهانی تغییرات سطح نسبی آب دریاها در بازه زمانی روپلین- اکیتانین گویای انطباق نسبی است. به‌طوری که مرز سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن- میوسن در این مطالعه با مطالعات انجام شده در فروافتادگی دزفول و همچنین مطالعات جهانی همخوانی دارد.

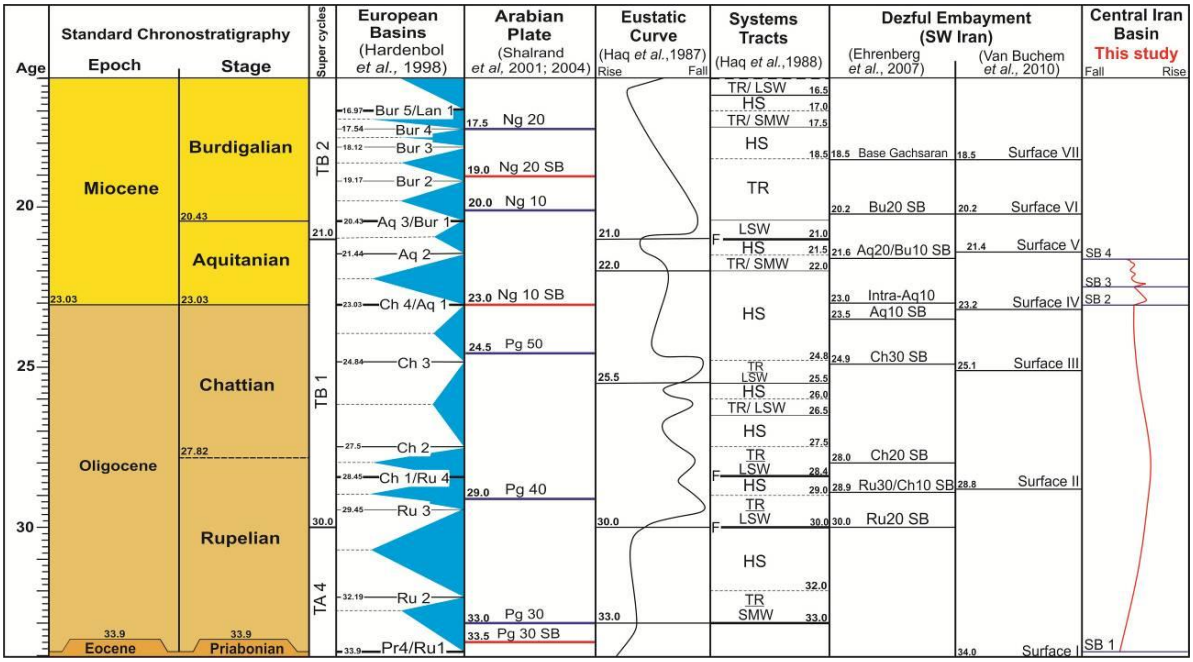
در این مطالعه، تعداد سکانس‌های تشخیص داده شده در محدوده سنی الیگوسن، با تعداد سکانس‌های تشخیص داده شده جهانی و مطالعات انجام شده برروی سازند آسماری در زون زاگرس در این محدوده سنی همخوانی ندارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه تعیین سن مطلق بر روی رسوبات سازند قم انجام نشده و با توجه به عدم آگاهی از اینکه چه بخشی از رسوب‌گذاری مربوط به محدوده سنی روپلین – شاتین در برش نراق صورت گرفته، بنابراین می‌توان گفت که علت این امر می‌تواند ناشی از فرسایش و نبود رسوبگذاری در محدوده سنی مذکور در برش چینه‌نگاری نراق باشد (شکل ۸).



شکل ۶: ریزرخساره‌ها، سیستم ترکت‌ها و سکانس‌های رسوبی نهشته‌های سازند قم در برش نراق.



شکل ۷: الف) ریزرخساره‌های شناسایی شده مربوط به سکانس اول، ب) ریزرخساره ها و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روزن‌داران به تفکیک دسته رخساره‌ها مربوط به سکانس دوم، ج) ریزرخساره های سکانس سوم به تفکیک دسته رخساره.



شکل ۸: مقایسه سکانس‌های رسوبی شناسایی شده در برش مورد مطالعه با سکانس‌های جهانی [۲۹]، [۲۷]، [۲۸]، صفحه عربی [۵۲]، [۵۳] و فروافتادگی دزفول [۶۱]، [۱۶].

۶-نتیجه‌گیری

سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق با ضخامت ۲۵۵ متر و لیتولوژی عمده کنگلومرا، ماسه‌سنگ آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، مارن، سنگ آهک‌رسی و سنگ‌آهکی ریفی با ناپیوستگی فرسایشی برروی سازند قرمز زیرین قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده می‌باشد. تفکیک عضوهای صورت گرفته از نظر سنگ‌شناسی شامل عضوهای بی‌نام، ?a, b و c-1 سازند قم در این منطقه بوده است. مطالعه پتروگرافی ۱۱۱ نمونه برداشت شده از سازند قم در این برش منجر به شناسایی ۶ ریزرخساره در بخش کربناته و رخساره مارن، رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی و دو سنگ‌رخساره آواری ماسه‌سنگ و کنگلومرا در نهشته‌های سازند قم شد. ریزرخساره NL1: روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون، NL2: ریزرخساره بیوکلاست وکستون/ پکستون و NL3: ریزرخساره بیوکلاستیک، پلوئید پکستون/ وکستون مربوط به پشت ریف (محیط لاگون)؛ NB1: ریزرخساره باندستون مرجانی و NB2: ریزرخساره باندستون جلبک قرمز مربوط به سد و NO1: ریزرخساره بیوکلاستیک پکستون تا وکستون / فلوتستون به‌همراه خرده‌های تخریبی مربوط به بخش شیب قاره دریای باز می باشد. با توجه به‌حضور قابل توجه روزن‌داران پلانکتیک همراه با روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین در مارن‌های عضو b سازند قم در این برش که نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است. بنابراین می‌توان گفت رخساره مارن ابتدایی سازند قم در برش نراق مربوط به محیط نسبتاً عمیق دریای باز است. با توجه به‌وجود رخساره شیب، تغییرات نسبتاً سریع رخساره‌ای، ضخامت نسبتاً زیاد ریزرخساره‌های ریف، شواهد مربوط به وجود ریف تکه‌ای (عدم وجود ریزرخساره مربوط به محیط لاگون محدود شده و اختلاط فونای محیط شیب کربناته با فونای مربوط به محیط لاگون در محیط پشت سد) لذا تشکیل سازند قم در برش نراق برروی یک شلف کربناته باز بوده‌است. براساس مطالعات سکانسی سه سکانس رسوبی رده سوم و ۴ مرز سکانسی (۳ مرز سکانس از نوع اول و یک مرز سکانسی از نوع دوم) تشخیص داده شد. سکانس اول با سن الیگوسن (روپلین- شاتین) شامل سیتم ترکت‌های LST، TST و HST با ضخامت ۳۳ متر، سکانس رسوبی دوم با ضخامت ۴۸ متر، با سن اکیتانین شامل سیستم ترکت‌های TST و HST و سکانس سوم با ضخامت ۱۷۴ متر شامل سیستم ترکت‌های TST و HST با سن اکیتانین می‌باشد. مقایسه مرزهای

سکانسی سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق با نمودارهای جهانی سطح آب دریاها تقریباً بیانگر انطباق قابل قبولی در مرز سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن- میوسن با نمودارهای جهانی سطح آب دریا است.

سپاس و قدردانی

از مدیریت محترم پژوهش و فناوری اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، جهت تهیه مقاطع نازک نمونه‌ها و در اختیار قرار دادن اطلاعات برش مورد مطالعه و از دانشگاه فردوسی مشهد کمال تشکر و امتنان را داریم. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر علی بهداد و دکتر ابراهیم محمدی تشکر و قدردانی می گردد.

مراجع

[۱] آقانباتی، س. ع.، ۱۳۸۳. کتاب زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

[۲] امیری بختیار، ح.، جعفری، ج.، صمدی، الف.، ۱۳۸۳. اصول چینه شناسی سکانس‌ها، آموزش و توسعه شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب.

[۳] امینی، ع.، ۱۳۸۸. مبانی چینه‌نگاری سکانسی، انتشارات دانشگاه تهران.

[۴] باغبانی، د.، الهیاری، م.، و شاکری، ع.، ۱۳۷۵. بررسی حوضه رسوبی و توان هیدروکربوری- چینه شناسی- چرخه‌های رسوبی و گسل‌های نواحی تکتونیکی- رسوبی و جغرافیایی دیرینه قم، شرکت ملی نفت شماره.

[۵] دانشیان. ج.، مصدق. ح.، خلج، ح.، قاسمی. ع.، ۱۳۸۷. چینه نگاری سکانسی نهشته های سازند قم در ناحیه الگو(برش کوه بیچاره) در جنوب شرق قم، شمال ایران مرکزی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه). جلد ۳۴- شماره ۵- سال ۱۳۸۷. ص ۵۴-۱۹.

[۶] رحیم‌زاده، ف.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران، الیگوسن، میوسن، پلیوسن، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، شماره ۱۲، سازمان زمین شناسی کشور.

[۷] کاروان، م.، محبوبی، الف.، وزیری مقدم، ح.، موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۳. رخساره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در شمال‌خاوری دلیجان- شمال باختری ایران‌مرکزی، فصلنامه علوم زمین (چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی)، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ص ۲۳۷.

[۸] لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۲. چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در جنوب بخش مرکزی حوضه رسوبی ایران مرکزی، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.

[۹] منصوری، پ.، صفری، الف.، ۱۳۹۲. میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند قم در ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان)، انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دوره هفتم.

[10] Adams, T. D., and Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy Iran. *Iranian Oil Operating Companies Geological and Exploration Division*, Report no.**1074**, pp:1-37, unpublished.

[11] Amirshahkarami, M. & Karavan, M., 2015. Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran, *Geoscience Frontiers*, **6 (4)**, 593-604. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2014.08.004

[12] Bozorgnia, F., 1966. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, **24**, p. 69 –75.

[13] Coleman-Sadd, SP., 1982. Two stage continental collision and plate driving forces. *Tectonophysics* 90:263–282.

[14] Dozy, J., 1955. A sketch of post Craetaceous volcanism in Central Iran. In soder (1959) Detailed in vestigations marine formation of Qum, second part, *N.I.O.C. GR.* 186.58 p.

[15] Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to depositional texture, In: Classification of Carbonate Rocks, *A Symposium Ed. W. Ham.* AAPG, Mem. **1.** pp.80-121.

[16] Ehrenberg, S. N., Pickard, N. A. H., Laursen, G. V., Monibi, S., Mossadegh, Z. K., Svana, T. A., Aqrawi, A. A. M., McArthur, J. M. & Thirlwall, M. F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation) Oligocene – Lower Miocene SW Iran, *Journal of Petroleum Geology*, **30**, 107–128. https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.2007.00107.

[17] Emery, D. & Myers, K. J., 1996. Sequence stratigraphy: *Blackwell Science*, p. 297. DOI: https://doi.org/10.1017/S0016756897307389.

[18] Flugel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. *Springer-Verlag*, Berlin, 976p.
[19] Folk, R. L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks: *Hemphil. Pub.* Co., Austin, Texas, 182p.
[20] Furon, R. & Marie P., 1939. Sur la microfaune des marnes aquitaniennes Lepidocyclines de Qoum (Perse). *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique d eFrance*, 79-80.
[21] Furrer, M. A. & Soder, P. A., 1955. The Oligo-Miocene marine formation in the Qom region (central Iran). *In Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Rome*, Section I/A/5 (pp. 267-277).
[22] Gansser, A., 1955. New Aspects of the Geology in Central Iran (Iran). *In 4th World Petroleum Congress. World Petroleum Congress.*
[23] Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphic sequence in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155: 211-238. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00117-0.
[24] Ghalamghash, J. & Babakhani, A.R., 1996. Geological map of Kahak area, scale 1: 100,000. *Geol. Surv. Iran*, Tehran.
[25] Hallock, P., 2005. Global change and modern coral reefs: new opportunities to understand shallow-water carbonate depositional processes. *Sedimentary Geology*, **۱۷۵(۱-٤)**, pp.۱۹-۳۳. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.12.027
[26] Hallock, P & Glenn, E. C., 1986. Larger foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies. *Palaios*, 1: 44-64. https://doi.org/10.2307/3514459.
[27] Haq, B.U., Hardenbol, J. and Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change.
[28] Haq, B.U., Hrdenbol, J., & Vial, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea level. *Science*, **235**: 1156-1167.
[29] Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., Graciansky, P.D. and Vail, P.R., 1998. Mezozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. *SEPM, Spec. Publ*, **60**, p.60.
[30] Harzhauser, M., Kroh, A., Mandic, O., Piller, W. E., Go¨hlich U., Reuter, M., Berning, B., 2007. Biogeographic responses to geodynamics: a key study all around the Oligo-Miocene Tethyan Seaway. Zool Anz 246:241–256. https://doi.org/10.1016/j.jcz.2007.05.001.
[31] Hottinger, L., 1983. Neritic macroid genesis, an ecological approach. In Coated grains (pp. 38-55). *Springer*, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-68869-0_5.
[32] Hottinger, L., 1983. Processes determining the distribution of larger foraminifera in space and time. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **30**, pp. 239-253.
[33] Hunt, D. & Tucker, M. E., 1992. Standard Para sequences and the forced regressive wedge system tracts deposition during base-level fall. *Sed. Geol.* **81**, pp. 1-9.
[34] Hunt, D. T. & Tucker, M. E., 1995. Stranded parasequences and the forced regressive wedge-systems tract: Deposition during base-level Fall-Reply. *Sedimentary Geology*, 95.
[35] Khalifa, M.A., Soliman, H.E. and Wanas, H.A., 2006. The Cambrian Araba Formation in northeastern Egypt: facies and depositional environments. *Journal of Asian Earth Sciences*, **27(6),** pp.873-884. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.09.003.
[36] Khalili, M., Beavers, R. & Torabi, H., 2007. Depositional environment of the evaporitic unit (D-member) of the Qom Formation (Central Iran), *Carbonates and Evaporites*, **22**, p. 101-112.
[37] Miall, A.D., 2013. Principles of sedimentary basin analysis. Springer Science & Business Media.
[38] Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A. and Vaziri-Moghaddam, H., 2019. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates and Evaporites*, **34(4),** pp.1293-1306.
[39] Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Vaziri, M. R. & Ghaedi, M., 2011. Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, south of the Kashan, Central Iran, *Carbonates and Evaporites*, **26**, p. 255-271.
[40] Nichlos, G., 2009. Sedimentology and stratigraphy, *Chapman and Hall*, 432 p.
[41] Nouradini, M., Azami, H. R., Hamed, M., Yazdi, M., 2015. Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstrauctions of the LowerMiocene deposites of theQomFormation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletin De La Sociedad Geologica Mexicana*, **67**, pp. 59-73.
[42] Okhravi, R. & Amini, A., 1998. An example of mixed carbonate-pyroclastic sedimentation (Miocene, Central Basin, Iran), *Sedimentology*, **118**, p. 37-54. https://doi.org/10.1016/S0037-0738(98)00004-9.
[43] Pomar, L., 2001. Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **175(1-4)**, pp.249-272. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00375-3.
[44] Pomar, L., 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. Basin Research, **13**: 313–334. DOI: https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00152.x.
[45] Rahaghi, A., 1973. Etude de quelques grands foraminiferes de la Formation de Qum (Iran Central). *Rev. Micropaleont.*, **16**, pp: 23-38.

[46] Rahaghi, A., 1976. Contribution a l'etude de quelques grands foraminiferes de l'Iran, Publ. Soc. Nat. Iran. Petrol., Lab. *Micropaleont., Tehran.*, **6**, pp.1-79.
[47] Rahaghi, A., 1980. Tertiary faunal assemblage of Qum-Kashan, Sabzewar and Jahrum areas, *NIOC*, **8,** p. 1-64.
[48] Read, J. F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds.
[49] Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, F., Kroh, A., Aubry, M. P., Wielandt-Schuster, U. and Hamedani, A., 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways, *International Journal of Earth Sciences*, **98**, p. 627-650.
[50] Romero, J., Caus, E., & Rossel, J., 2002. A model for the Palaeoenviornmental, distridution of larger foraminifera based on Late Middle Eocene deposits on the margine of the southPtrenean Basin (SE Spaian). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecplogy*, **179**: 43-56. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00406-0.
[51] Seddighi, M., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. & Ghabeishavi, A., 2011. Depositional environment and constraining factors on the facies architecture of the Qom Formation, Central Basin, Iran, Historical Biology, 24, p. 91-100. https://doi.org/10.1080/08912963.2011.580434.
[52] Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbury, A.D. and Simmons, M.D., 2001. Arabian plate sequence stratigraphy, *GeoArabia Spec. Publ.*, Bahrain: Gulf Petrolink, 2.
[53] Sharland, P.R., Casey, D.M., Davies, R.B., Simmons, M.D. and Sutcliffe, O.E., 2004. Arabian plate sequence stratigraphy–revisions to SP2. *GeoArabia*, **9(1),** pp.199-214.
[54] Sthal, A. F., 1911, Persien: in Handbuch der Regionalen Geology. *Heidelberg (Winter)*, Hft. 8, **5**, pt.6, 46 p.
[55] Stocklin, J. & Setudehnia, A., 1971. Stratigraphic Lexicon of Iran, Ministry of Mines and metals. *Geological Survey of Iran*, Report no. **18**.
[56] Stocklin, J., 1952. Stratigraphical investigations in the Qom – Arak – Gulpaigan – Delijan area. National Iranian Oil Company. Report. **95**.
[57] Stocklin, J., 1968. Salt deposits of the Middle East.
[58] Stocklin, J., Setudehina, A., 1991. *Stratigraphic lexicon of Iran. Geol Surv Iran Report 18*, pp 1–376.
[59] Tietze, E., 1875. Ein ausflug nach dem siahkuh (schwarzer berg) in persien. *Mitteilungen der Geographischen Geographischen Gesellschaft Wien*, **18(8)**, 257-267.
[60] Tucker, M. E. & Wright, V. P., 1990. Carbonate platforms: facies evolution and sequences. *Internal Association Sedimentary*, **2**, p.328.
[61] Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V. and Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. Geological Society, London, *Special Publications*, **329 (1),** pp.219-263. https://doi.org/10.1144/SP329.10.
[62] Vaziri-Moghaddam, H. & Torabi, H., 2004. Biofacies and sequance strayigraphy of the Oligocene succession, Central basin, Iran, Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen, *Stuttgart*, **6**, p. 321-344.
[63] Wilson, J. L., 1975. Carbonate Facies in Geological History. *Heidelberg (Springer)*, 471p.
[64] www.Iranview.com. 2019.

نشریه علمی– پژوهشی زمین شناسی نفت ایران
سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹ص۲۳-۴۴
Iranian Joural of Petrolum Geology
No. 19, Spring & Summer 2020, pp 23-44

Microfacies analysis, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Naraq area

Asma Aftabi Arani, Alireza Ashouri*, Jahanbakhsh Daneshian, Abbas Ghaderi, Mohammad-Reza Arianasab

۱- □□.□. □□□□□□□□, □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□, □□□□

۲- □□□□□□□□□□, □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□, □□□□

۳- □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□, □□□□□□□□ □□□□□□□□□□□, □□□□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□□, □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□, □□□□□□□, □□□□

۴- □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□, □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□, □□□□□□□□, □□□□

۵- □□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□, □□□□□□□, □□□□□

*ashouri@um.ac.ir

Received: November 2020, Accepted: May 2021

Abstract

Naraq section is located in the South of the Qom sedimentary basin, Central Iran. The study of microfacies sedimentary environments and sequence stratigraphic features of the Qom Formation in this area can significantly increase the knowledge about Qom sedimentary basin. In this study, 111 samples of the Qom Formation in Naraq section in the northwest of Naraq, with thickness of 255 m have been investigated. Microscopic studies and field evidence on the carbonate beds of the Qom Formation in this section led to the identification of 6 microfacies belonging to the lagoon, reef and slope facies belts of the platform, which indicates the Qom Formation deposited in a carbonate platform of open shelf type. In this model, marls of b member of the Qom Formation show more relative depth. Also sequence stratigraphic studies show that the Naraq section is composed of three sedimentary sequences of third- order, three types I and one type II sequence boundaries were recognized in this Formation. Comparison of the relative sea level change curves of this region with the global sea level change curve, the lower and upper sequence boundaries of the Qom Formation and the Oligocene- Miocene boundary, shows high accordance with global sea level changes.

Keywords: Microfacies, Sedimentary environment, Sequence stratigraphy, Qom Formation, Naraq.