نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
تابستان ۱۳۹۰، ۴ (۱): ۴۰-۵۳

Sedimentary Facies
Summer 2011, 4 (1): 40-53

زیست چینه‌نگاری و پالئواکولوژی سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان)

رضوان دهقان [۱*]، امرالله صفری [۲]

۱ـ دانشجوی کارشناسی ارشد چینه شناسی و فسیل شناسی، دانشگاه اصفهان، ایران

۲ـ استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، ایران

*پست الکترونیک: rezvan.dehgan@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۰**

چکیده

به منظور معرفی تجمعات فونی، تعیین سن و پالئواکولوژی، سازند قم در برش قهرود مورد مطالعه قرار گرفته است. ضخامت سازند قم در ناحیه مورد مطالعه ۳۲۵ متر و شامل سنگ آهکهای نازک، متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای بوده که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگهای ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت پوشیده شده‌اند. بر اساس مطالعات انجام شده ۱۴ جنس و ۲۶ گونه از روزن‌داران بنتیک در این برش تشخیص داده شده است. با توجه به مجموعه روزن‌داران بنتیک سن سازند قم در این ناحیه الیگوسن پسین (چاتین) تا میوسن پیشین (آکی‌تانین؟) تعیین شده است. حضور روزن‌داران بنتیک بزرگ با دیواره نازک هیالین مانند لپیدوسیکلینیده‌ها و نومولیتیده‌های بزرگ با همزیست جلبکی نشانگر عمق زیاد، نور و انرژی کم، شوری نرمال دریایی و قرار گرفتن در زیر محیط دریای باز می‌باشد. در اعماق کمتر این دسته روزن‌داران به علت کاهش عمق، افزایش شدت نور و میزان انرژی، پوسته‌هایشان ضخیمتر و اندازه کوچکتری دارند. در لاگون نیمه محصور روزن‌داران با دیوارهٔ منفذدار و روزن‌داران با دیوارهٔ بدون منفذ با همدیگر حضور دارند. در آبهای کم عمق‌تر (لاگون محصور) حضور روزن‌داران با دیوارهٔ بدون منفذ مانند آستروتریلینا، بورلیس، میلیولید و پنروپلیس نشانگر کاهش عمق، افزایش نور و شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سازند قم، زیست چینه‌نگاری، روزن داران، پالئواکولوژی، ناحیه قهرود.

مقدمه

لایه‌هایی از سنگ آهکهای کم عمق و مارن که به طور مشخص از نظر رنگ و سنگ شناسی از سازند قرمز زیرین و سازند قرمز بالایی متمایز هستند را سازند قم می‌نامند (رحیم زاده، ۱۳۷۳). ته نشستهای سازند قم به سن الیگوسن تا میوسن یکی از واحدهای سنگ چینه‌ای ایران مرکزی و نشانگر آخرین پیش‌روی دریا در ایران مرکزی است. زمان این پیش‌روی در همه نقاط یکسان نبوده است. در مناطقی مانند سبزواران و قم، این پیش‌روی در الیگوسن میانی (آشکوب روپلین) اتفاق افتاده و در بعضی نقاط مانند آذربایجان در میوسن زیرین (آشکوب آکیتانین و حتی بوردیگالین) بوده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). شرایط رسوب‌گذاری حوضه قم توسط حرکات عمودی مثبت و منفی کف حوضه کنترل گردیده است. این نوع حرکات که باعث افزایش و کاهش عمق حوضه می‌شوند یکی از عوامل مؤثر در تغییر رخساره بوده‌اند (رحیم زاده، ۱۳۷۳). به باور دزی (۱۹۵۵) بالا آمدگی سطح آب دریاها در الیگوسن

پیشین ـ میانی، باعث شده تا دریا یک بار دیگر بعضی از مناطق ایران را پوشانده و رسوباتی با رخساره دریایی ته نشست نمایند. وی این رسوبات را در ایران مرکزی سازند قم نامید. مرز زیرین سازند قم در همه جا یکسان نیست. برحسب میزان فرسایش پیش از پیش‌روی، این مرز ممکن است به شکلها و سازندهای گوناگون باشد که در بین آنها سازند سرخ پایینی بیشترین سهم را دارد. در بیشتر جاها این مرز ناگهانی و ممکن است با دگرشیبی خفیف باشد ولی دگرشیبی مورد نظر چندان آشکار نیست. مرز بالایی سازند قم در همه جا به یک سطح فرسایشی است که گاه با حذف پاره‌ای از عضوهای سازند همراه است. این سطح به طور معمول ناگهانی و به ردیفهای آواری سازند سرخ بالایی است که در بیشتر جاها هم شیب و گاه با دگرشیبی ختم می‌گردد (آقانباتی،۱۳۸۳).

روش مطالعه

پس از مطالعات صحرایی و با استفاده از نقشه زمین شناسی چهارگوش کاشان (زاهدوی و عمیدی، ۱۹۹۱) برش چینه شناسی مناسبی از سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان) به ضخامت ۳۲۵ متر انتخاب گردید. نمونه برداری عمدتاً با فواصل کمتر از یک متر انجام گرفت. پس از برداشت تعداد ۲۰۰ نمونه سخت، از نمونه‌ها مقطع نازک تهیه گردید. سپس مقاطع نازک مورد بررسی قرار گرفت و محتوای فسیلی آنها مشخص شد. از میکروفسیلهای موجود عکس گرفته شد. جهت شناسایی محتوای فسیلی از آدامز و بورژآ (۱۹۶۷) و لوبلیش و تاپن (۱۹۸۸) استفاده گردید.

در این پژوهش پالئواکولوژی سازند قم نیز مورد بررسی قرار گرفته است. درک تغییرات شرایط محیطی بر اساس شواهد ثبت شده در توالیهای رسوبی یکی از مهمترین گامها برای بازسازی رویدادهای مربوط به تغییرات سطح آب با استفاده از داده‌های چینه‌ای است. روزن‌داران از مهمترین تشکیل دهندگان کربناتهای کم عمق مناطق حاره‌ای هستند. مخصوصاً روزن‌داران بنتیک بزرگ حساسیت زیادی نسبت به تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهند و به دلیل طول زندگی کوتاهشان (اغلب تا چند ماه) به خوبی قادر به ثبت شرایط محیطی خود می‌باشند. این دلایل روزن‌داران را به ابزار قدرتمندی جهت تفسیر شرایط دیرینه مبدل می‌سازد. بنابراین با استفاده از اصل یکنواختی و با مقایسهٔ روزن‌داران سنگواره و انواع امروزیشان (هم ریختها) می‌توانیم شرایط محیطی را از آنها استنباط کنیم. در این رابطه از منابعی مانند هالوک و گلن (۱۹۸۶)، گیل (۲۰۰۰)، پومار (۲۰۰۱) و بیوینگتون و راسی (۲۰۰۴) استفاده شده است.

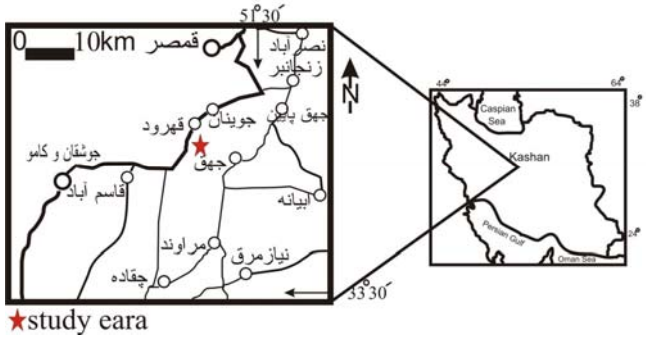
بحث

سازند قم در منطقه مورد بررسی با مختصات جغرافیایی به طول شرقی ″۲۴ ′۲۴ °۵۱ و عرض شمالی ″۴۴ ′۳۷ °۳۳ در ناحیه قهرود در ۴۵ کیلومتری جنوب کاشان واقع شده است (شکل ۱). سازند قم در این برش شامل سنگ آهکهای نازک، متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای بوده که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگهای ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت پوشیده شده است. باتوجه به ترکیب سنگ شناسی برش مورد مطالعه، برش مذکور با عضو a از عضوهای نه گانهٔ سازند قم قابل تطابق است. رخساره سازند قم در منطقه مورد مطالعه تماماً سنگ آهکی و شامل مادستون، وکستون، پکستون، گرینستون و باندستون می‌باشد. محتوای فسیلی سازند قم در این برش با بررسی مقاطع نازک شناسایی گردید که شامل روزن‌داران زیر می‌باشند:

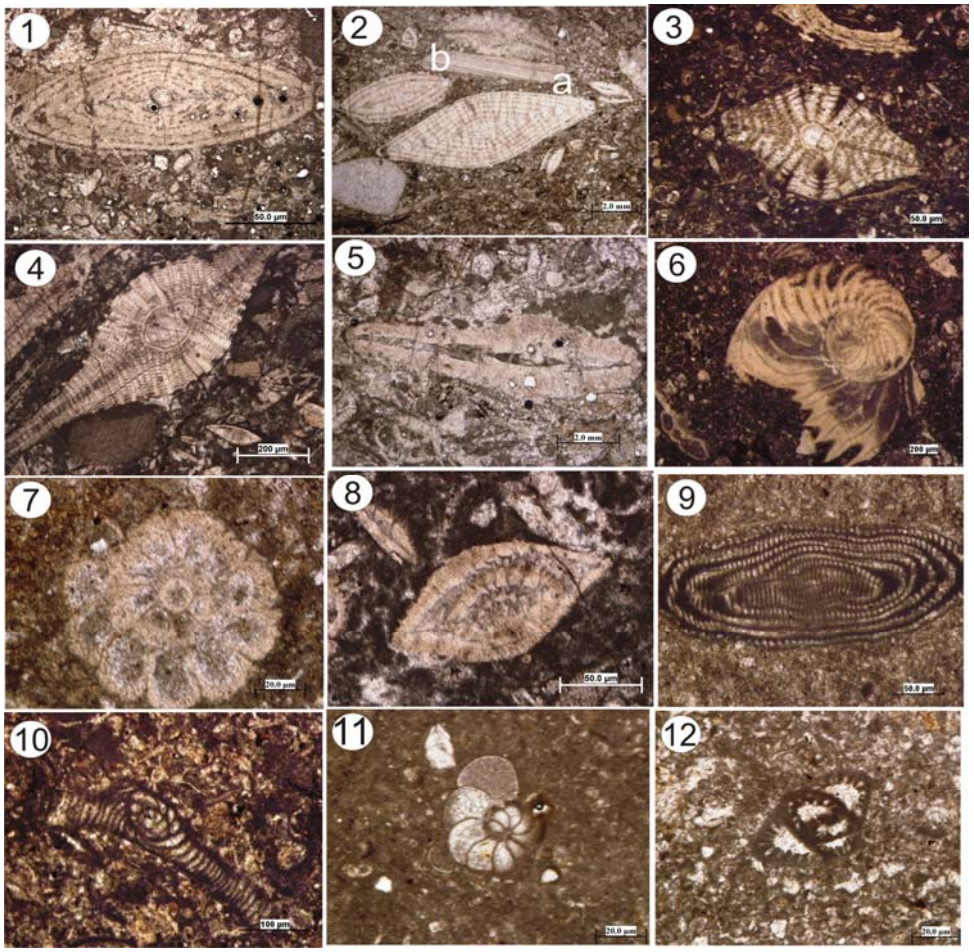
Amphistegina sp., *Austrotrillina asmariensis*, *Austrotrillina howchini*, *Austrotrillina* sp., *Borelis pygmaea*, *Borelis* sp., *Dendritina* sp., *Discorbis* sp., *Elphidium* sp., *Eulepidina dilatata*, *Eulepidina* sp., *Lepidocyclina* sp., *Neorotalia* sp., *Neorotalia viennoti*, *Nephrolepidina* sp., *Nephrolepidina*

tournoueri, *Nummulites vascus*, *Nummulites fichteli*, *Nummulites* sp., *Operculina camplanata*, *Operculina* sp., *Peneroplis evolutus*, *Peneroplis* sp., *Peneroplis thomasi*, *Valvulina* sp.

به همراه مجموعه فوق فسیلهای Textularids، Miliolids، Coralinacean، Bryozoa، Echinoid و Ostracod نیز شناسایی گردید (شکل ۲). این مجموعه با توجه به حضور ائولپیدیناها، نفرولپیدیناها و نومولیتسها (گونههای *Nummulites fichteli* و *Nummulites vascus*) میتوانند با زون تجمعی *Eulepidina- Nephrolepdina-Nummulites* Assemblage zone از (آدامز و بورژآ، ۱۹۶۷) مطابقت کنند و با توجه به اجتماع فسیلی آن دارای سن الیگوسن و معادل آسماری زیرین میباشند (شکل ۳).



شکل ۱: نقشه راهها و موقعیت دسترسی به منطقه مورد مطالعه (بختیاری، ۱۳۸٤)



شکل ۲- تصاویر میکروسکپی برخی روزن داران موجود در سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان)

1-*Nummulites fichteli* 2-*Nummulites fichteli* (a) and *Nummulites vascus* (b) 3-*Nephrolepidina tournoueri* 4- *Eulepidina dilatata* 5-*Operculina* sp. 6-*Operculina complanata* 7- *Neorotalia viennoti* 8- *Amphistegina* sp. 9- *Borelis pygmea* 10- *Peneroplis evolutus* 11- *Elphidium* sp. 12- *Austrotrillina howchini*

Biozones		Rock units	Age
Borelis melo group - Meandropsina iranica Assemblage zone		Upper Asmari	Burdigalian
Elphidium sp.14-Miogypsina Assemblage sub zone	Miogypsinoides - Archaias - Valvulinid Assemblage zone	Upper middle Asmari	Late Aquitanian
Archaias asmariensis - Archaias hensoni Assemblage sub zone		Lower middel Asmari	Early Aquitanian
Eulepidina - Nephrolepidina - Nummulites Assemblage zone		Lower Asmari	Oligocene

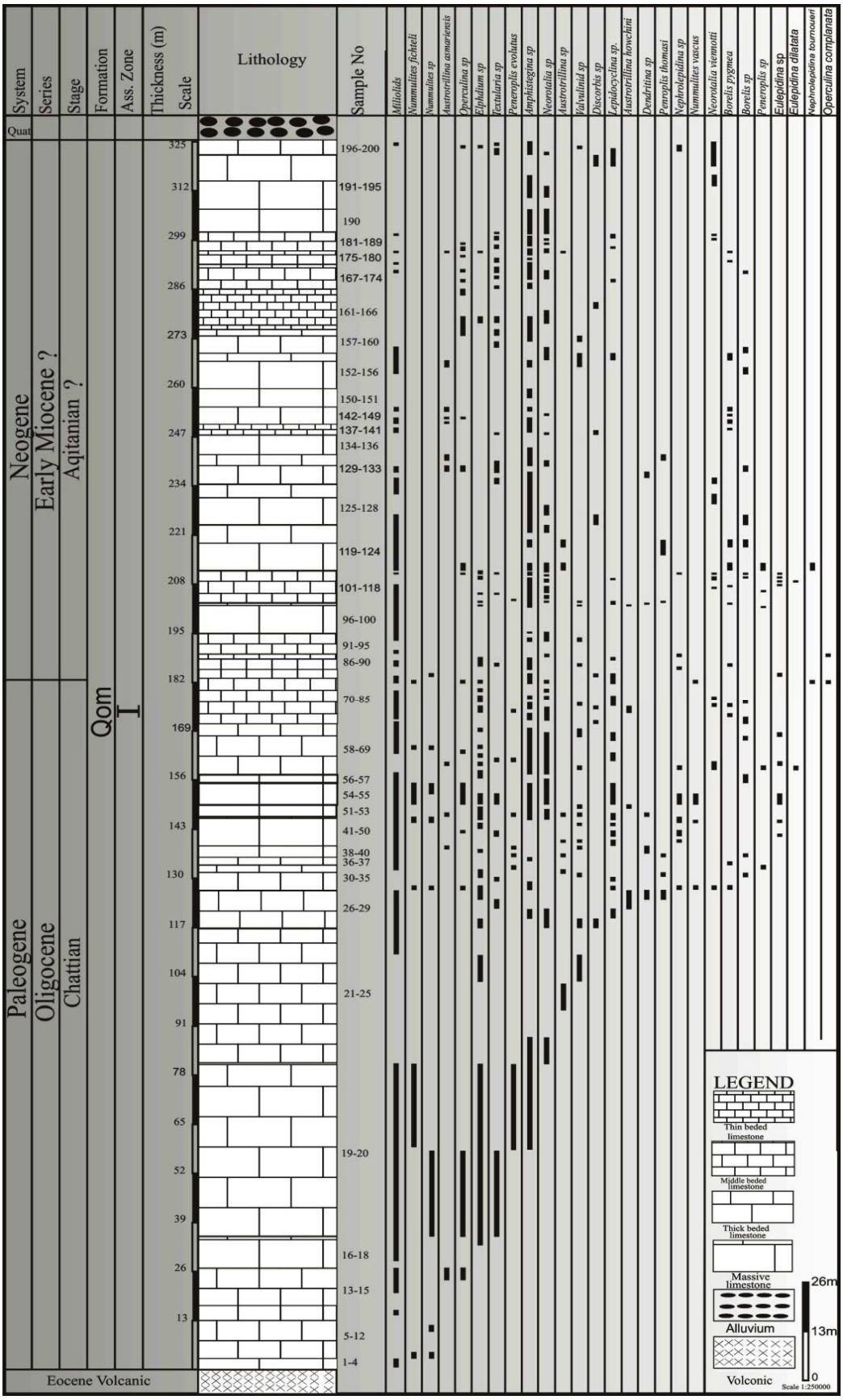
شکل ۳: زون بندی سازند آسماری (آدامز و بورژوآ، ۱۹۶۷)

و بورژآ (۱۹۶۷) زون مذکور را معادل الیگوسن در نظر گرفتند و موفق به تفکیک آشکوبهای الیگوسن نشدند، اما بزرگ‌نیا (۱۹۶۶)، رهقی (۱۹۷۳) و جونز و راسی (۱۹۹۴)، ائولپیدیناها را همراه با نومولیتسها از الیگوسن پسین و بدون نومولیتسها از میوسن پیشین گزارش کرده‌اند (دانشیان و رمضانی دانا، ۲۰۰۷). بنابراین در این برش از قاعده به سمت بالا تا ضخامت ۱۸۲ متری که ائولپیدیناها همراه با نومولیتسها هستند سن الیگوسن پسین یا چاتین و از ضخامت ۱۸۲ متری تا انتهای برش مورد مطالعه به علت عدم حضور نومولیتسها سن میوسن پیشین (آکی تانین؟) را می‌توان در نظر گرفت (شکل ۴).

مقایسه و تطابق

دراین بخش ته نشستهای مربوط به سازند قم در برش ناحیه قهرود در جنوب کاشان با چهار ناحیهٔ دیگر در ایران مرکزی در جنوب شرق نطنز (شجاعی، ۱۳۸۴)، جنوب شرق کاشان (صدیقی، ۱۳۸۷)، جنوب غرب کاشان (محمدی، ۱۳۸۸) و جنوب غرب کاشان (حسن زاده، ۱۳۸۹) مورد تطابق و مقایسه قرار می گیرد (شکل ۵).

سازند قم در برش مورد مطالعه دارای ۳۲۵ متر ضخامت مشتمل بر ۴ واحد سنگ چینه‌نگاری است که تماماً سنگ آهکی می‌باشد. در این برش یک بایوزون زیستی *Eulepidina – Nephrolepidina - Nummulites* Assemblage Zone تشخیص داده شد. در برش مذکور رسوبات متعلق به زمان چاتین با ۱۸۲ متر ضخامت و رسوبات متعلق به آکی تانین؟ با ۱۴۳ متر ضخامت نهشته شده‌اند (شکل ۵- ۳). سازند قم در ناحیه سده برزک (جنوب غرب کاشان) با ۴۱۰ متر ضخامت مشتمل بر ۶ واحد سنگ چینه‌نگاری است و حاوی ۲۲ متر تناوب شیل قرمز و سنگ آهک ماسه‌ای نازک لایه، ۸۵ متر سنگ آهک نازک، متوسط تا ضخیم لایه، ۴۰ متر مارن سبز، ۳۴ متر سنگ آهک متوسط تا ضخیم لایه به رنگ سبز تا کرم با یک میان لایه مارن، ۱۶۹ متر سنگ آهک توده‌ای به رنگ کرم تا خاکستری، ۹۰ متر سنگ آهک توده‌ای، ضخیم تا متوسط لایه قهوه‌ای رنگ و یک بایوزون زیستی *Eulepidina-Nephrolepidina-Nummulites* Assemblage Zone است. سازند قم در این برش در زمان روپلین دارای ۱۳۸ متر ضخامت و در زمان چاتین دارای ۲۷۲ متر ضخامت می‌باشد (حسن زاده، ۱۳۸۹) (شکل ۵-۱). سازند قم در ناحیه جزه با ۴۰۵ متر ضخامت و دارای ۵ واحد سنگ چینه‌نگاری شامل ۵۶/۵ متر تناوبی از شیل و سنگ آهکهای نازک، متوسط و ضخیم لایه در قاعده، ۹۷/۸ متر سنگ آهکهای نازک، متوسط، ضخیم لایه و توده‌ای، ۱۰۹ متر تناوب سنگ آهک متوسط تا ضخیم لایه با مارن، ۵۱/۸ متر سنگ آهکهای نازک، متوسط، ضخیم لایه و توده‌ای و ۱۸۸ متر مارن سبز رنگ تا خاکستری و دو بایوزون زیستی که شامل *Eulepidina-Nephrolepidina-Nummulites* Assemblage Zone و *Globigerina* spp. Assemblage Zone می‌باشد. نهشته‌های مربوط به الیگوسن (روپلین و شاتین) در این برش با ضخامت ۲۶۵ متر و نهشته‌های مربوط به آکی‌تانین با ضخامت ۱۴۰ متر انباشته شده‌اند (محمدی، ۱۳۸۸) (شکل ۵- ۲).



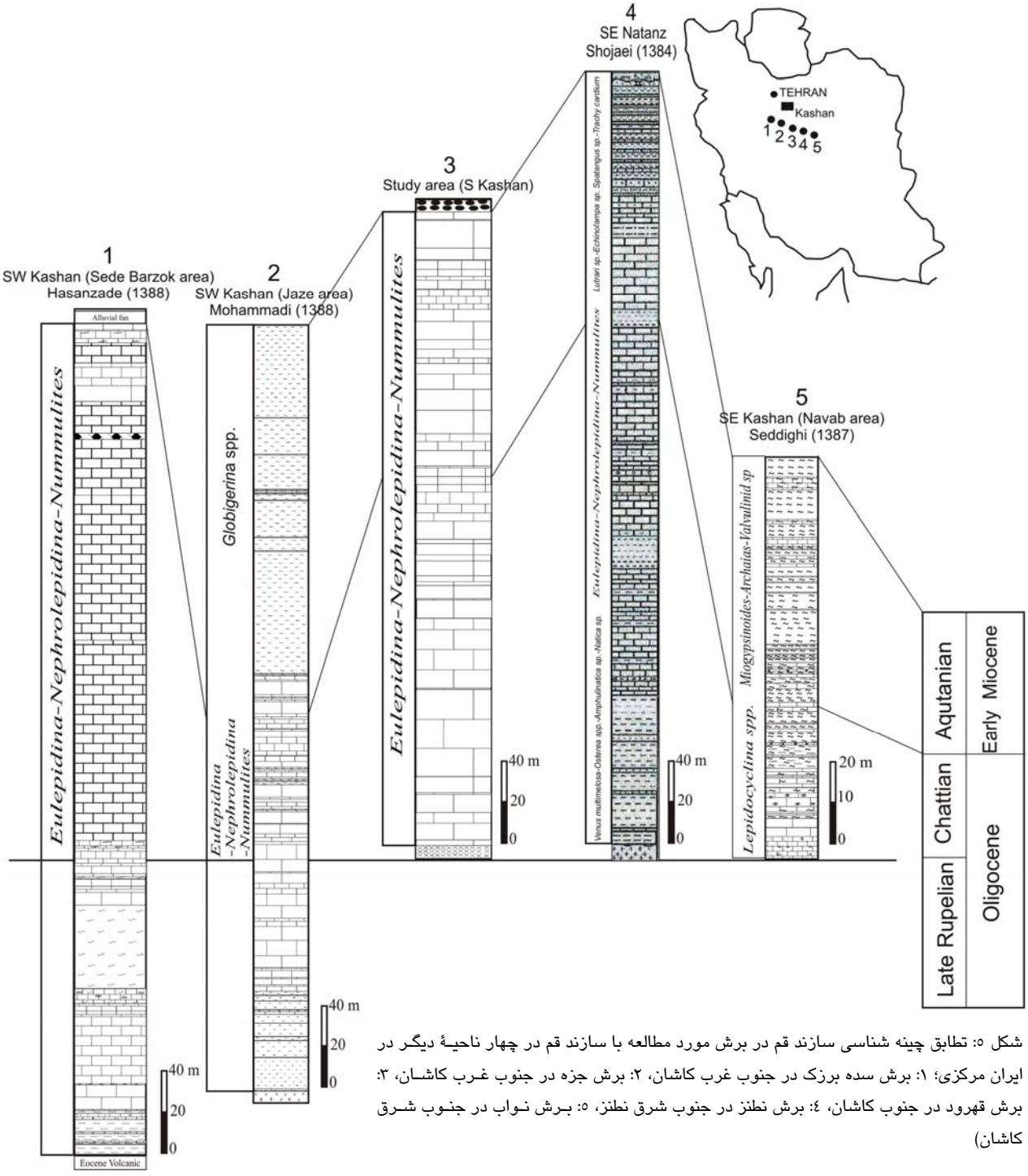
شکل ٤: ستون زیست چینه‌نگاری و توزیع عمودی روزن داران سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان)

سازند قم در جنوب شرق نطنز (جنوب شرق کاشان) دارای ۴۷۲ متر ضخامت بوده و مشتمل بر ۳ واحد سنگ چینه‌نگاری مارن با میان لایه آهک ماسه‌ای، ماسه سنگ، آهک نازک لایه بیوکلاست دار به ضخامت ۹۰ متر، سنگ آهکهای نازک تا ضخیم لایه خاکستری وآهکهای مارنی به ضخامت ۲۹۰ متر و تناوب مارن و شیل سبز رنگ آلوده به ژیپس به ضخامت ۹۰ متر و نیز سه بایوزون زیستی *Venus multimelosa*- *Ostrea* spp.- *Amphulinatica* sp.- *Natica* sp.، *Eulepidina*- *Nephrolepidina*- *Lutrari* sp.- و *Nummulites* Assemblage Zone *Echinolampa* sp.- *Spatangus* sp.- *Trachy cardium* است. در این برش رسوبات متعلق به روپلین مشاهده نشده‌اند در حالی که رسوبات زمان چاتین با ضخامت ۳۸۰ متر و رسوبات زمان آکی تانین با ضخامت ۹۲ متر ته نشست کرده‌اند (شجاعی، ۱۳۸۴)، (شکل ۵- ۴). همچنین در جنوب شرق کاشان (برش نواب) سازند قم با ضخامت ۱۸۰/۵ متر دارای ۶ واحد سنگ چینه‌ای شامل ۱۰ متر سنگ آهک نازک لایه، ۱۳ متر سنگ آهکهای متوسط، ضخیم و با میان لایه‌های مارنی، ۱۴/۲۵ متر سنگ آهکهای توده‌ای تا ضخیم لایه، ۱۰۳ متر مارن با میان لایه‌هایی از سنگ آهک نازک لایه، ۴۳/۵ متر تناوب مارن با سنگ آهک نازک لایه و سنگ آهک مارنی و ۸۹ متر تناوب مارن سبز و سنگ آهک نازک لایه و ۲ بایوزون زیستی *Lepidocyclina* spp. Assemblage Zone و *Miogypsinoides-Archaias*- *Valvulinid* sp. Assemblage Zone است. نهشته‌های متعلق به روپلین نیز در این برش مشاهده نشده‌اند، اما نهشته‌های مربوط به زمان چاتین دارای ۶۶ متر ضخامت و نهشته‌های زمان آکی‌تانین دارای ۱۱۴/۵ متر ضخامت می‌باشند (صدیقی، ۱۳۸۷)، (شکل ۵- ۵).

با مطالعه بر روی تجمع زیستی روزن‌داران بزرگ کف‌زی در نواحی مورد مقایسه رسوبات با سن رو پلین ـ چاتین منطبق بر زون زیستی شماره ۳ آدامز و بورژآ (۱۹۶۷) معادل با آسماری زیرین در ناحیه زاگرس می‌باشند. رسوبات با سن آکی‌تانین در برش جنوب شرق منطبق با زون زیستی شماره ۲ آدامز و بورژآ (۱۹۶۷) و معادل با آسماری میانی در ناحیه زاگرس می‌باشد. روند برشهای مورد مطالعه به موازات روند اصلی رسوب‌گذاری سازند قم می‌باشد.

در برش سده برزک که در جنوب غرب کاشان واقع شده است دریا از ابتدای الیگوسن پیشین (روپلین) پیش‌روی خود را آغاز نموده است و تا انتهای الیگوسن پسین (چاتین) رسوب‌گذاری انجام شده است. در برش جزه شرایط دریایی از ابتدای الیگوسن (روپلین) وجود داشته و این شرایط تا زمان میوسن پیشین (آکیتانین) تداوم داشته است. به سمت جنوب و جنوب شرق کاشان شرایط متفاوت گردیده به گونه‌ای که در برش قهرود رسوب‌گذاری از زمان الیگوسن پسین (چاتین) آغاز شده (دریا در این برش دیرتر از برشهای سده برزک و جزه واقع در جنوب غرب کاشان پیش‌روی کرده است) و تا میوسن پیشین (آکیتانین) رسوب‌گذاری ادامه داشته است. در برش نطنز مانند برش قهرود رسوبات زمان الیگوسن پیشین (روپلین) وجود نداشته و رسوب‌گذاری از زمان الیگوسن پسین (چاتین) آغاز شده و تا زمان آکیتانین ادامه داشته است. در برش نواب نیز دریا زمان الیگوسن پسین (چاتین) پیش‌روی خود را آغاز نموده و تا آکیتانین شرایط دریایی حکفرما بوده است.

بر این اساس رسوب‌گذاری نهشته‌های سازند قم در جنوب غرب کاشان زودتر از جنوب شرق کاشان آغاز شده ضمن این که رسوب‌گذاری مذکور در جنوب شرق تا آکی تانین ادامه داشته است.



شکل ۵: تطابق چینه شناسی سازند قم در برش مورد مطالعه با سازند قم در چهار ناحیهٔ دیگر در ایران مرکزی؛ ۱: برش سده برزک در جنوب غرب کاشان، ۲: برش جزه در جنوب غرب کاشان، ۳: برش قهرود در جنوب کاشان، ٤: برش نطنز در جنوب شرق نطنز، ٥: برش نواب در جنوب شرق کاشان)

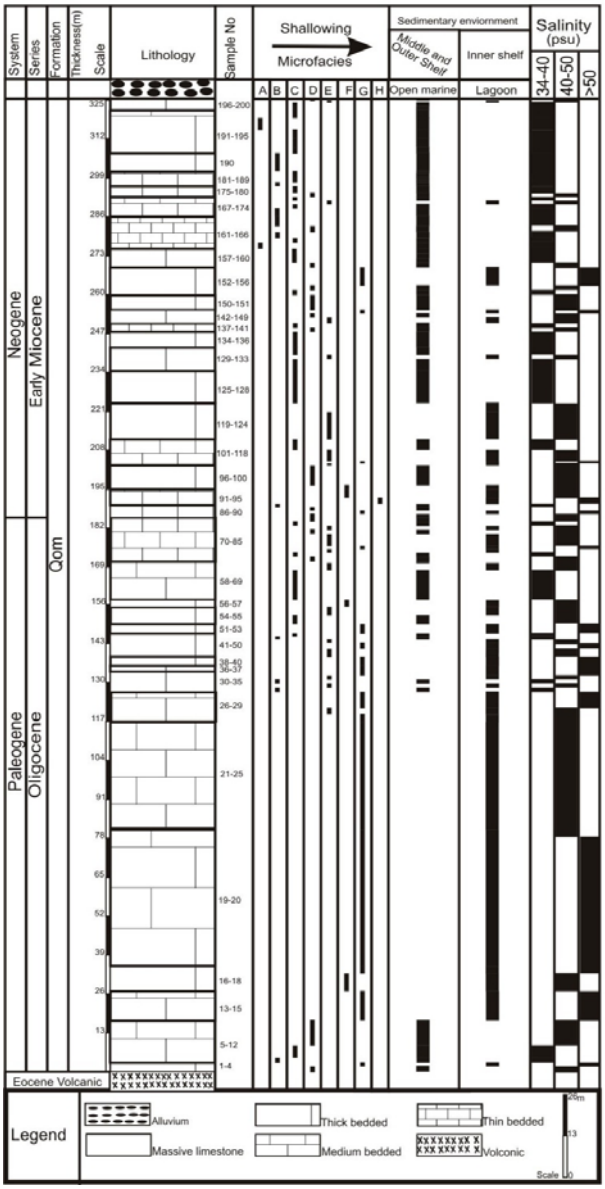
پالئواکولوژی

شوری: حل شدن کاتیونهایی نظیر Na، Ca، K و Sr در آب دریا موجب شور شدن آن می‌شود. شوری آب تأثیر به سزایی در کنترل و پراکنش روزن داران دارد. شوری بالا مانع رشد و تکامل روزن داران بزرگ می گردد، اما شوری متوسط تأثیر چندانی ندارد (بیوینگتون و راسی، ۲۰۰۴). درجه تحمل روزن داران بزرگ در مقابل شوری متفاوت است به گونه‌ای که روزن‌داران بزرگ روتالیده (نومولیتیده‌ها و آمفیستژینیده‌ها) به طور بارزی استنوهالین با محدوده بردباری در حدود ۳۰ ـ ۴۵ هزارم می‌باشند (هالوک

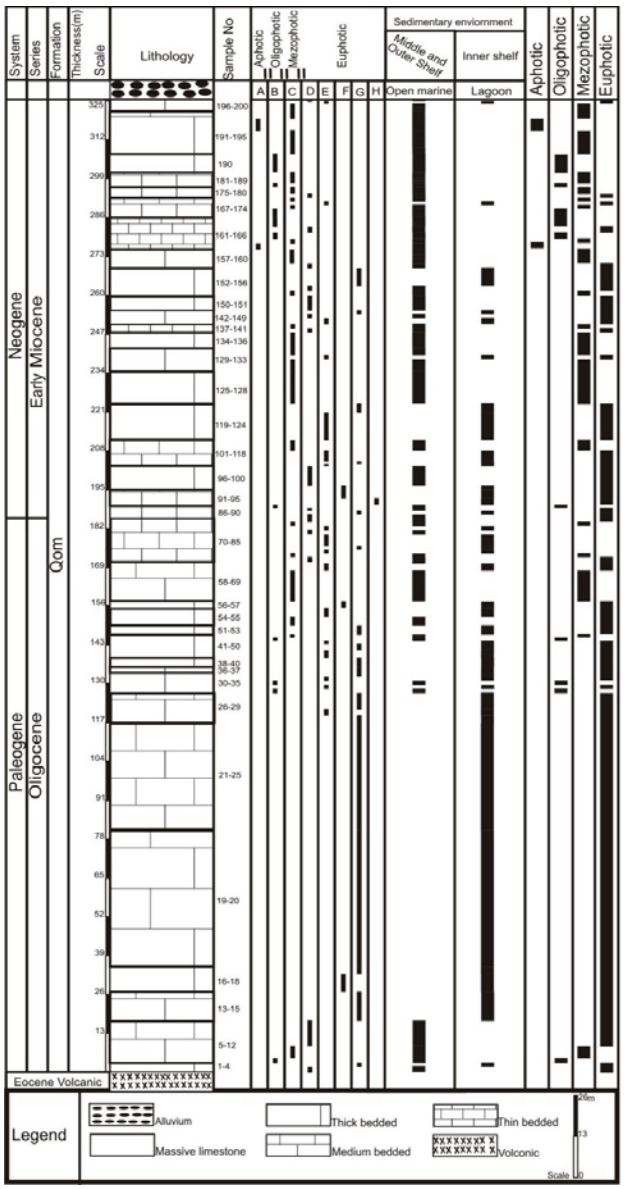
و گلن، ۱۹۸۶). میلیولاینهای آبهای کم عمق (آلوئولینیدها، سوریتیدها، پنروپلیدها و میلیولیدها) که در لاگونها و دیگر محیطهای آرام متداولند به طور کلی توانایی تحمل شوریهای بالاتری را نسبت به روتالینها دارند. روزن داران با دیواره منفذدار در درجه شوری نرمال اقیانوس فراوان‌تر هستند در حالی که روزن داران با دیواره بدون منفذ در آبهای گرم با شوری نرمال تا هیپرسالین همانند مناطق کم عمق پشت ریف که درجه اشباع کلسیت بالا است فراوان‌تر می‌باشند (گیل، ۲۰۰۰). در برش مورد مطالعه حضور روزن داران با دیواره پورسلانوز همراه با ریزرخساره‌های مربوط به زیر محیط رسوبی لاگون به طور عمده در بخش پایینی برش می‌باشد. فراوانی روزن‌داران با دیواره پورسلانوز مانند میلیولید و بورلیس بدون حضور روزن‌داران با دیواره هیالین محیط لاگون محصور با درجه شوری بالا را نشان می‌دهد. حضور روزن‌داران با دیواره پورسلانوزبه همراه روزن‌داران با دیواره هیالین، محیط لاگون نیمه محصور را نشان می‌دهد که به سمت دریای باز رفته و درجه شوری نسبت به محیط لاگون کاهش می‌یابدکه البته اندازه روزن‌داران با دیواره هیالین در محیط لاگون نیمه محصور کوچکتر از اندازه این روزن‌داران در محیط دریای باز می‌باشد. در محیط دریای باز که به طور عمده در بخشهای بالایی برش مورد مطالعه است روزن‌داران با دیواره هیالین حضور دارند که اندازه کشیده‌تری دارند و شوری نرمال اقیانوس را نشان می‌دهند (شکل ۱۲). جایگاه ریزرخساره‌های شناسایی شده در این برش در مقابل تغییرات شوری در سه بازهٔ شوری psu۴۰-۳۴، psu ۵۰ -۴۰ و بیش از psu ۵۰ تعیین شده است. چنان که در ستون مشخص است از قسمتهای پایینی برش مذکور به سمت قسمتهای بالایی (از اعماق کم به سمت اعماق بیشتر) از شدت شوری کاسته شده است (شکل ۶).

نور: شفافیت آب و عمق از کنترل کننده‌های مؤثر بر شدت نور می‌باشند. شدت نور با افزایش عمق کاهش می‌یابد (هالوک، ۱۹۸۷). همچنین ورود مواد آواری، تراکم زیاد پلانکتونها و آشفتگی آب شفافیت آب را کاهش داده و در نتیجه نور کمتری عبور داده خواهد شد. نفوذ نور در ستون آب به طور مستقیم و غیر مستقیم بر تولید کربنات تأثیرگذار است. (پومار، ۲۰۰۱) سه ناحیه نوری را بیان می‌کند که شامل زون یوفوتیک، زون الیگوفوتیک و زون افوتیک می‌باشد. همچنین جهت بازسازی زون نوردار در ارتباط با عمق از طبقه بندی باسی و همکاران (۲۰۰۷) می‌توان استفاده نمود. آنها زون نوردار را با توجه به چگونگی پخش و گسترش روزن‌داران کف‌زی به دو بخش پایینی و بالایی تقسیم نموده‌اند. زون نوردار بالایی خود به دو بخش بالایی و پایینی قابل تقسیم است. چنان که روزن‌داران با دیواره بدون منفذ بخش بالایی زون نوردار (معادل زون یوفوتیک) و روزن‌داران با دیواره منفذدار و عمدتاً دارای صدفی متورم و لنزی شکل بخش پایینی زون نوردار بالایی (معادل زون مزوفوتیک) را نشان می‌دهند در حالی که روزن‌داران با دیواره منفذدار با صدفی کشیده و نازک در زون نوردار پایینی (معادل زون الیگوفوتیک) دیده می‌شوند. روزن‌داران همزیست‌دار و موجودات وابسته به نور زیر زون نوردار یعنی در زون افوتیک حضور ندارند و در این زون (زون افوتیک) روزن‌داران پلانکتون دیده می‌شوند. با توجه به طبقه بندی باسی و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین نوع روزن‌داران موجود در رخساره‌های مختلف می‌توان شرایط نوری حاکم بر زمان تشکیل ریزرخساره‌ها را تعیین نمود (شکل ۷). همان گونه که در شکل مشخص است در این ستون از سمت قاعدهٔ برش مورد مطالعه به سمت بالای آن بر عمق افزوده شده و از شدت نور کاسته شده است. در هر دو شکل ۶ و ۷ افزایش عمق از قاعدهٔ برش به سمت بالا از الیگوسن به میوسن به خوبی مشخص است.

دما: از دیگر عوامل اثرگذار بر موجودات کربنات ساز دما می‌باشد. روزن‌داران به تغییرات دمای محیط واکنش نشان



شکل ٦: جایگاه ریزرخساره‌ها و محدوده شوری برای هریک از آنها



شکل ۷: جایگاه ریزرخساره‌ها و محدوده قرارگیری آنها در زونهای نوری

می‌دهند. روزن‌داران بزرگ بنتیک شاخص آب و هوای حاره‌ای و نیمه حاره‌ای می‌باشند. فراوانی آنها محدود شده به خطوط هم دمای زمستانی ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد آبهای سطحی است (رنما و ترلسترا، ۲۰۰۱). روزن‌داران همزیست دار مجبور به زیست در محدودهٔ دمایی هستند که جلبک همزیستشان در آن دما بتواند زندگی کند. دما همچنین برتنوع روزن‌داران بنتیک بزرگ اثرگذار است به گونه‌ای که در آبهای کم عمق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای، روزن‌داران دارای بیش از ۱۰ گونه هستند، ولی در دماهای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد از تعداد این گونه‌ها کاسته می‌شود (بیوینگتون و راسی، ۲۰۰۴). در برش قهرود حضور جلبکهای قرمز و همراه روزن‌داران بنتیک بزرگ نشانگر نهشته شدن توالی مورد مطالعه در آبهای گرمسیری تا نیمه گرمسیری می‌باشد (شکل ۸).

مواد غذایی: مواد غذایی به مواد غیرآلی نظیر یونهای نیتروژن، سیلیس، آهن و فسفر گفته می‌شود که توسط موجودات فتوسنتزکننده تثبیت می‌شوند و در سنتز پروتئین جهت زنده نگه داشتن سلول، رشد و تولید مثل از آن

استفاده می‌شود (هالوک، ۲۰۰۱). جریانهای حاصل از بارندگی و تخریب سواحل و بالا آمدگی آبهای سرد مناطق عمیق دریایی از منابع تولید مواد غذایی هستند. جهت بیان شرایط کم غذایی تا شرایط حداکثر غذایی از اصطلاحات الیگوتروفی (شرایط کم غذایی)، مزوتروفی (شرایطی با غذای متوسط)، یوتروفی (شرایط پرغذایی) و هایپروتروفی (حداکثر غذا) استفاده می‌گردد (موتی و هالوک، ۲۰۰۳).

شرایط الیگوتروفی: در این شرایط میزان مواد غذایی کم است. در این حالت کمبود مواد غذایی باعث کاهش رقابت بر سر بستر زیست می‌شود که عامل کنترل کننده اجتماع موجودات تولید کننده کربنات است (موتی و هالوک، ۲۰۰۳).

شرایط مزوتروفی: در این شرایط میزان مواد غذایی متوسط است و میزان نفوذ نور برای رشد جلبکهای آهکی (جلبکهای سبز و قرمز) کافی می‌باشد. در این حالت جلبکهای سبز، جلبکهای قرمز و اسفنجها به رقابت بر سر بستر زیست می‌پردازند. بنابراین در شرایط مزوتروفی عامل محدود کننده، رقابت بر سر بستر زیست می‌باشد.

در برش مورد مطالعه حضور روزن‌داران بنتیک و جلبکهای قرمز کورالیناسه‌آ نشانگر شرایط غذایی الیگوتروفی تا مزوتروفی می‌باشد (شکل ۸).

فرآیند همزیستی: بسیاری از روزن‌داران بزرگ همزیست جلبکی دارند و دارای ساختار اسکلتی تکامل یافته‌تری نسبت به روزن‌داران غیرهمزیست دار هستند. این روزن‌داران به دلیل داشتن همزیست جلبکی شکل پوسته و آرایش حجرات خود را تغییر داده تا نیاز به نور جلبک همزیست مرتفع شود (گیل، ۲۰۰۰). از جملهٔ این تغییرات افزایش حجرات جانبی در لپیدوسیکلیناها و افزایش مساحت پوسته می‌باشد. این تغییر شکل باعث می‌گردد تا روزن‌داران همزیست دار بتوانند تا اعماق بیشتری به زندگی خود ادامه دهند. در برش مورد مطالعه وجود آلوئولینهای کشیده و دوکی شکل به خوبی این رابطهٔ همزیستی را نشان می‌دهند (شکل ۹). این نوع زندگی به خصوص در شرایط الیگوتروفی برای روزن دار و جلبک همزیست مفید می‌باشد (هالوک، ۱۹۸۵).

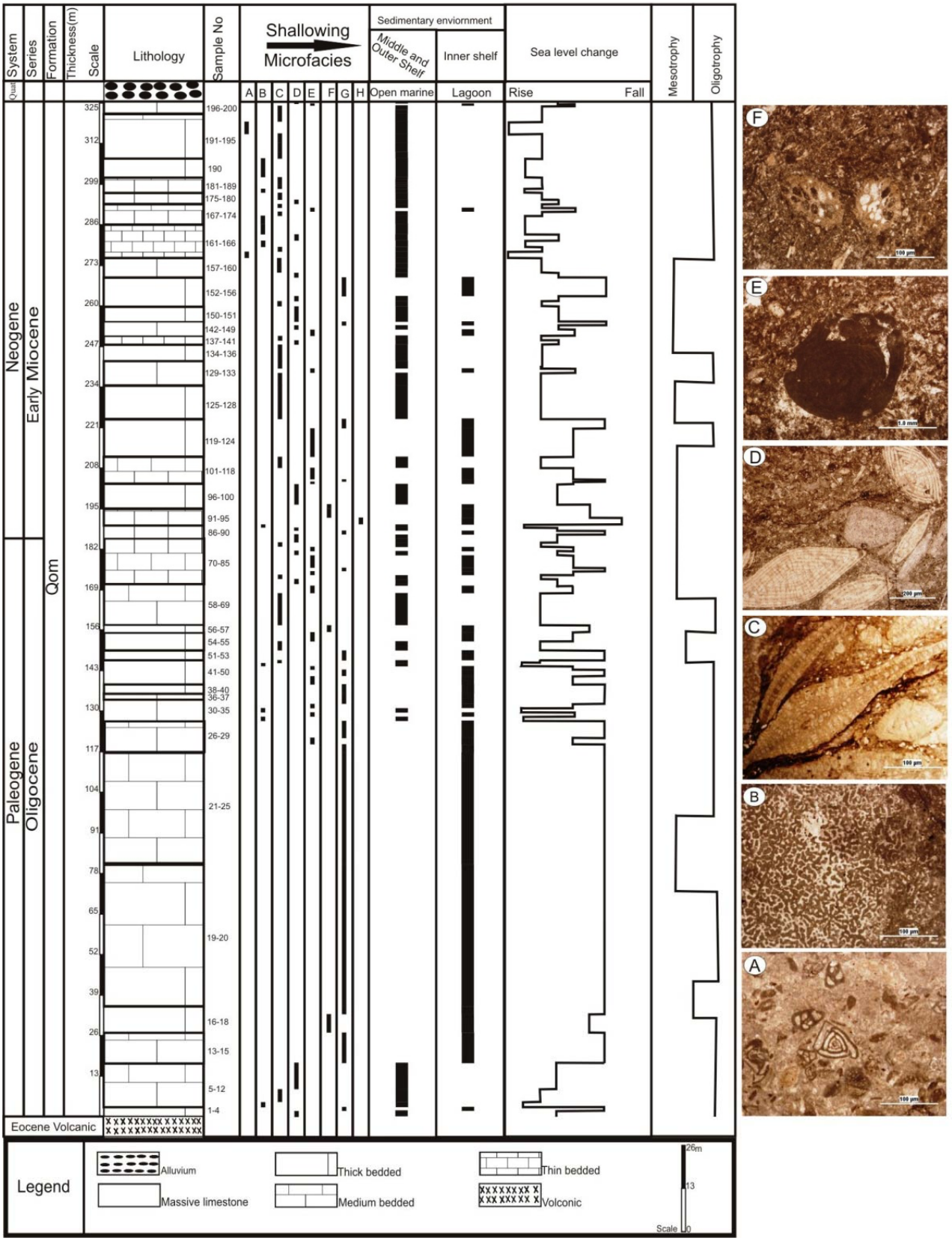
تحرک و انرژی هیدرودینامیکی در ارتباط با عمق: تحرک آب یکی دیگر از عوامل اثرگذار بر فرآیند کلسیتی شدن است. در نتیجه متابولیسم روزن‌داران، مواد آلی همچون اسیدهای آلی به صورت لایه‌ای در اطراف آنها قرار می‌گیرند. این لایه جذب نور، دی اکسیدکربن و به طور کلی فرآیند کلسیتی شدن را با مشکل مواجه می‌کند. در جایی که تحرک و آشفتگی آب وجود داشته باشد مانع از تجمع این محصولات شده و در نتیجه روزن داران دارای پوستهٔ ضخیم‌تر و رشد سریع‌تر و اندازه کوچکتری می‌شوند. با افزایش عمق از شدت نور و تحرک آب کاسته می‌شود و روزن‌داران تغییر شکل داده و دارای پوستهٔ نازک‌تر می‌شوند و رشد در این حالت کندتر و پوسته کشیده‌تری دارند.

با توجه به سازگاری انرژی هیدرودینامیکی دو نوع پوسته مشاهده می‌شود:

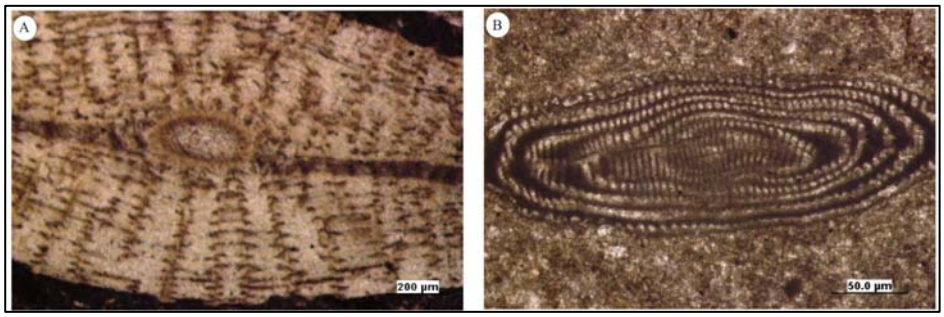
۱ـ پوسته‌های لاملار ضخیم، مانند برخی از نومولیتیدها.

۲ـ پوسته‌های دوکی شکل سخت با تعداد زیادی حجرات ثانویه مانند آلوئولینیدها.

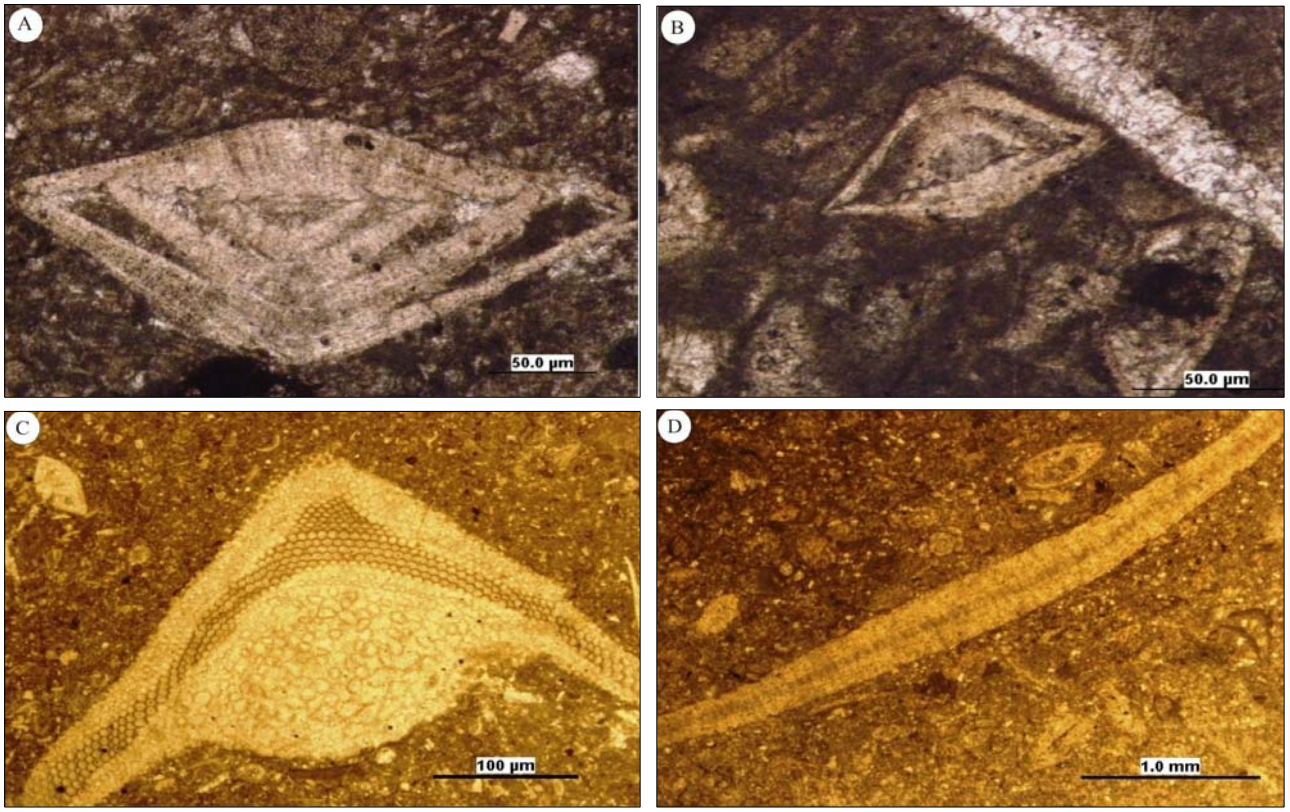
پوسته‌های پهن و بزرگ (مانند برخی از نومولیتیدها) معمولاً برای نواحی پر انرژی نامناسبند، زیرا آشفتگی محیط باعث نابودی آنها می‌شود (راسر، ۲۰۰۵). در ناحیه مورد مطالعه آمفیستژینا با پوسته لاملار و ضخیم و بورلیس دوکی شکل با حجرات ثانویهٔ متعدد، گویای محیط پرانرژی در لاگون می‌باشند. به سمت بخشهای عمیق‌تر روزن‌دارانی مانند اپرکولینا، لپیدوسیکلیناهای پهن و بزرگ، آمفیستژیناهای مسطح‌تر و کشیده دیده می‌شوند که گویای محیطی با انرژی کمتر می‌باشند (شکل ۱۰).



شکل ۸: تصاویر A، C و D روزن‌داران بنتیک (نمونه‌های ٤٠، ٥٧ و ٥٠)، تصویر B مرجان (نمونه ١٥٧)، تصویر E کورالیناسه‌آ (نمونه ١٨٧) و تصویر F بریوزوئر (نمونه ١٦٠) هستند و حاکی از وجود آب و هوای حاره‌ای - نیمه حاره‌ای و شرایط غذایی الیگوتروفی تا مزوتروفی در زمان الیگوسن - میوسن می‌باشند.

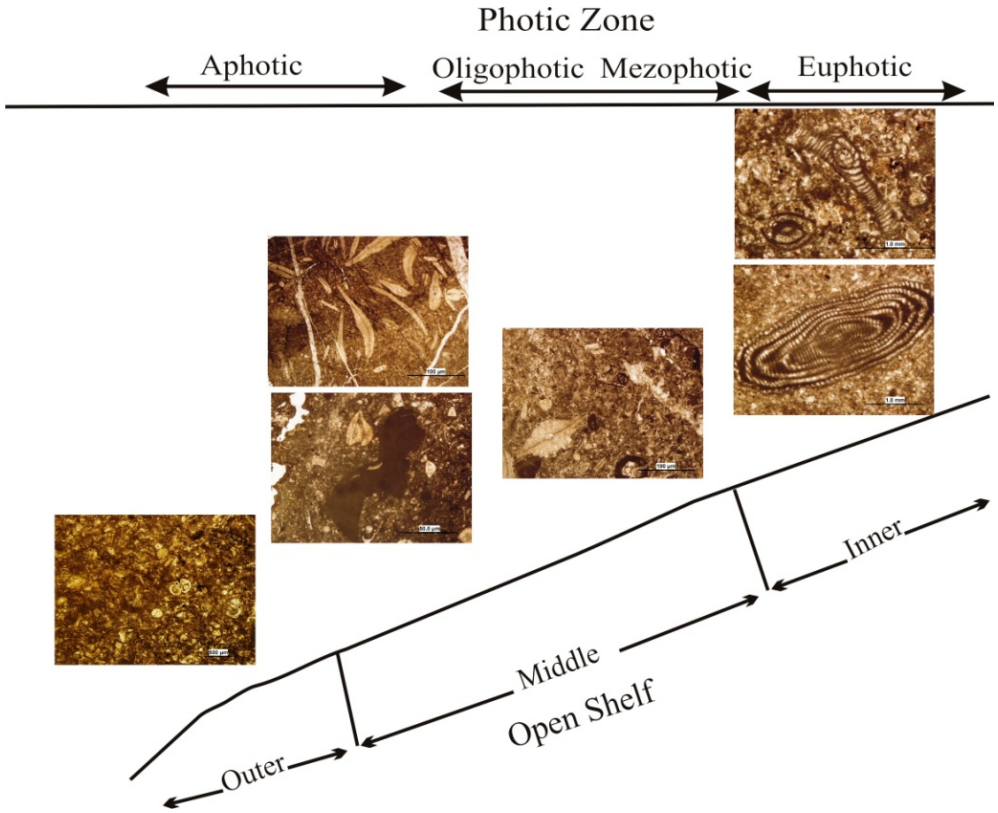


شکل ۹: افزایش حجرات ثانویه در لپیدوسیکلینا (تصویرA) وبورلیس دوکی شکل با حجرات ثانویه متعدد در مناطق با شدت نور بالا و پر انرژی در لاگون (تصویر B)



شکل ۱۰: A) آمفیستژینای متورم با دیوارهٔ ضخیم درمناطق با شدت نور و انرژی بالا، B) آمفیستژینا لاملار با پوسته نازک و حالت کشیده بیانگر بخشهای عمیق، کم نور و تحرک کم آب، C) لپیدوسیکلینای متورم در عمق کم و شدت نور بالا، D) لپیدوسیکلینای کشیده در اعماق با شدت نور کم.

عمق: جهت بازسازی عمق دیرینه آب، روزن‌داران از شاخص ترین نشانه‌ها می‌باشند. جایگاه زندگی روزن‌داران در سکوی کربناتی به نحوهٔ زندگی و ریخت شناسی کنشی آنها بستگی دارد (وزیری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). تغییر عمق با ایجاد شیب بوم شناختی باعث ایجاد گوناگونی در شکل پوسته روزن‌داران بزرگ می‌شود (رومرو و همکاران، ۲۰۰۲). روزن‌داران با دیوارهٔ پورسلانوز در اعماق کم فراوان می‌باشند و با افزایش عمق از تعداد این نوع روزن‌داران کاسته و بر تعداد روزن‌داران با پوستهٔ هیالین افزوده می‌شود. با افزایش عمق، روزن‌داران با دیوارهٔ هیالین تغییر شکل داده به گونه‌ای که در اعماق کم صدف عدسی شکل و ضخیم و متورم دارند و با افزایش عمق صدفی کشیده و نازک‌تر پیدا می‌کنند (کاسوویک و همکاران، ۲۰۰۴؛ بیوینگتون‌پنی و ریسی، ۲۰۰۴؛ براندانو و همکاران، ۲۰۰۸). روزن‌داران پلانکتون نیز در عمیق ترین قسمت سکوی کربناتی قرار دارند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: روند تغییر روزن‌داران در طی افزایش عمق؛ A و B) روزن‌داران پورسلانوز (نمونه‌های ۱۰۷ و ۱۴۲)، C) همیافتی کورالیناسه‌آ، روزن‌داران پورسلانوز و روزن‌داران هیالین (نمونه ۱۱۹)، D) روزن‌داران هیالین با پوسته‌های کشیده (نمونه ۹۰)، E) کورالیناسه‌آ (نمونه ٦٦)، G) روزن‌داران پلانکتون (نمونه ١٦٧).

نتیجه‌گیری

رسوبات سازند قم در برش مورد مطالعه با ضخامت ۳۲۵ متر شامل سنگ آهکهای نازک، متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای می‌باشد که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگهای ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت پوشیده شده است. محتوای فسیلی سازند قم در این برش با بررسی مقاطع نازک شناسایی گردید و با توجه به مجموعه روزن‌داران بنتیک سن سازند قم در برش موردمطالعه چاتین ـ آکی‌تانین؟ تعیین گردید. بر اساس تطابق صورت گرفته، دریا از سمت جنوب غرب کاشان پیش‌روی خود را آغاز نموده و رسوب‌گذاری در جنوب غرب کاشان زودتر از جنوب شرق کاشان صورت گرفته است. در ضمن رسوب‌گذاری در جنوب شرق تا آکی‌تانین ادامه داشته است. روزن‌داران با دیوارهٔ پورسلانوز یافت شده دلالت بر آبهای کم عمق، هیپرسالین، انرژی و نور زیاد می‌کنند. روزن‌داران با دیواره هیالین (مانند لپیدوسیکلیناها و نومولیتیدها) با پوسته نازک، مسطح و کشیده نیز بر آبهای عمیق، نور و انرژی کمتر و شوری نرمال دلالت می‌کنند. همچنین فراوانی و تنوع بالای روزن‌داران بنتیک در برش مورد مطالعه نشانه نهشته شدن این توالیها در آبهای گرم نواحی گرمسیری تا نیمه گرمسیری می‌باشد و معرف شرایط غذایی الیگوتروفی و تا حدی مزوتروفی است. در طی گذر از الیگوسن به میوسن در برش مورد مطالعه افزایش عمق در پلاتفرم کربناته رخ داده است.

منابع

آقانباتی، ع.و ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور*، ۵۸۶ ص.

بختیاری، س.، ۱۳۸۴. اطلس راههای ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰. *مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی*، ۲۸۸ ص.

رحیم زاده، ف.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران: الیگوسن، میوسن و پلیوسن. *سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور*، ۳۱۱ ص.

زاهدی، م. و عمیدی، س. م.،۱۹۹۱. نقشه زمین شناسی چهار گوش ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان، *سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور*.

Adams, T.D., & Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy. *Iranian Oil Operating Companies, Geological and Exploration Division*, Unpublished Report 1074: 1–37.

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.

Bozorgnia, F., 1966. Qom Formation stratigraphy of the central basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of Iranian petroleum Institute*, 24: 69-75.

Daneshian, J., & Ramezani-Dana, L., 2007. Early Miocene benthic foraminifera and biostratigraphy of the Qom Formation, Deh-Namak, Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 844-858.

Dozy, J.J., 1955. A sketch of past Cretaceous volcanism in Central Iran. *Leidse, Geol., Medeelinges*, 20: 48-57.

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.

Hallock, P., 1985. Why are larger foraminifera large? *Paleobilogy*, 11 (2): 195-208.

Hallock, P., 1987. Fluctuations in the trophic resource continuum: a factor in global diversity cycles? *Paleoceanography*, 2: 457-471.

Hallock, P., & Glenn, E.C., 1986. Larger foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies. *Palaios*, 1: 44-64.

Hollock, P., 2001. Coral reefs carbonate sedimentation, nutrients, and global change. *In*: Stanely, G.D., (ed.), The history and sedimentology of ancient reef ecosystem. *Kluwer Academic / Plenum Publishers*, New York, p. 387-427.

Jones, R.W., & Racey, A., 1994. Cenozoic stratigraphy of the Arabian Peninsula and Gulf. *In*: Simmons, M.D., (ed.), Micropalaeontology and Hydrocarbon Exploration in the middle East. *Chapman & Hall*, UK. pp. 273-303.

Loblich, A.R., & Tappan, H., 1998. Foraminiferal genera and their classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 970 p.

Mutti, M., & Hallok, P., 2003. Carbonate system along nutrient and temperature gradient: Some sedimentological and geochemical constraits, International Journal of Earth-Science, 92: 465-475.

Pomar, L., 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, 13: 313–334.

Rahaghi, A., 1973. Etude de quelques grands foraminiferes de la Formation Qom (Iran Central). *Rev. Micropaleont.*, 16: 23-38.

Rasser, M.W., & Nebelsich, J.H., 2003. Provenance analysis of Oligocene autochthonous and allochthonous coralline algae a quantitative approach towards reconstructing transported assemblages: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 201: 89-111.

Renema, W., & Troelstra, S.R., 2001. Larger foraminifera distribution on a mesotrophic carbonate shehf in SW Sulawesi (Indonesia). *Palaecogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 175: 125-174.

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.

Wilson, M.E.Y., & Vecsei, A., 2005. The apparent Paradox of abundant formal facies in low latitudes: their environmental significance and effect on platform development. *Earth Science Reviews*, 69: 133-168.