

بیوستراتیگرافی سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش‌های قلعه‌جق و یزدان‌آباد (غرب حوضه کپه داغ) بر اساس نانوفسیل‌های آهکی

اعظم غلامی فرد، دانشجوی دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشگاه شهیدبهبشتی تهران، ایران*

انوشیروان لطفعلی کنی، دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهبشتی تهران، ایران

اعظم ماهانی پور، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

چکیده

این مطالعه به بررسی بیوستراتیگرافی توالی رسوبات کرتاسه زیرین، شامل سازندهای سرچشمه و سنگانه در غرب حوضه کپه داغ (در برش‌های قلعه‌جق و یزدان‌آباد)، از نقطه نظر نانوفسیل‌های آهکی می‌پردازد. ضخامت این دو سازند در برش قلعه‌جق، در مجموع ۴۰۶۰ متر و در برش یزدان‌آباد ۱۱۴۰ متر است. بر اساس مطالعات انجام شده، در مجموع ۵۸ گونه از ۲۹ جنس متعلق به ۱۷ خانواده، در این دو برش شناسایی شدند و پراکندگی آن‌ها ثبت گردید. بر اساس الگوی پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی شاخص، حضور قسمت فوقانی بیوزون نانوفسیلی NC6، Zون NC7A، NC7(B&C) و قسمت‌های تحتانی بیوزون NC8 در برش قلعه‌جق و قسمت فوقانی بیوزون نانوفسیلی NC5، Zون NC6، NC7A و قسمت‌های تحتانی بیوزون NC7B در برش یزدان‌آباد، محرز شده است. بنابر نانوفسیل‌های آهکی شاخص، سن آپسین پیشین تا ابتدای آپسین پسین برای سازند سرچشمه و آپسین پسین تا آلبین پیشین برای سازند سنگانه، در برش قلعه‌جق و سن بارمین پسین تا ابتدای آپسین پیشین برای سازند سرچشمه و آپسین پیشین تا ابتدای آپسین پسین برای سازند سنگانه، در برش یزدان‌آباد پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: نانوفسیل‌های آهکی، بیوستراتیگرافی، سازندهای سرچشمه و سنگانه، قلعه‌جق و یزدان‌آباد

مقدمه

غرب حوضه کپه داغ و به منظور تعیین سن برش‌های مذکور، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های مورد

مطالعه

قاعده برش قلعه‌جق در حدود ۳۵ کیلومتری شمال بجنورد، در کوه بابابلند و با مختصات طول جغرافیایی شرقی $۱۶^{\circ} ۵۳'$ و عرض جغرافیایی شمالی $۵۷^{\circ} ۴۷' ۵۷''$ قرار دارد. قاعده برش یزدان‌آباد در بالای روستای یزدان‌آباد و با مختصات طول جغرافیایی شرقی $۱۰^{\circ} ۳۵' ۵۷''$ و عرض جغرافیایی شمالی $۳۴^{\circ} ۵۵' ۳۷''$ قرار دارد. دسترسی به این برش‌ها از طریق جاده آسفالت‌شیروان - بجنورد امکان‌پذیر است. این دو برش به فاصله ۳۰ کیلومتری از هم قرار دارند (شکل ۱).

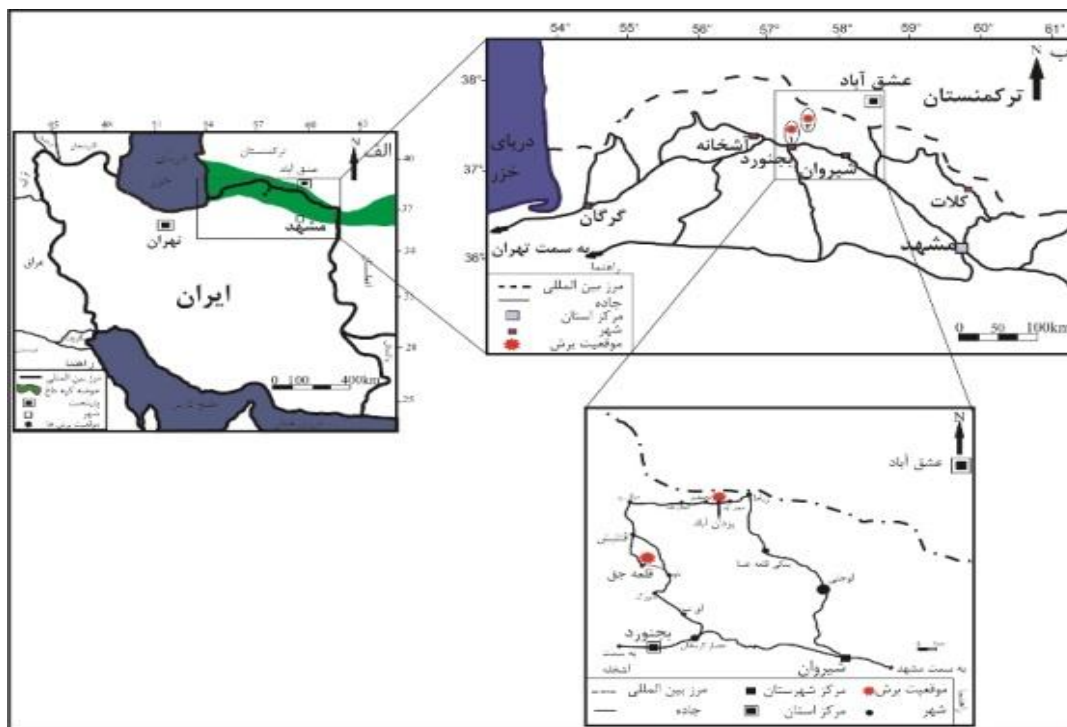
چینه‌شناسی برش‌های مورد مطالعه

ضخامت برونزد سازندهای سرچشمه و سنگانه برش قلعه جق در مجموع ۴۰۶۰ متر است که ضخامت سازند سرچشمه در آن ۲۴۶۰ متر و ضخامت سازند سنگانه ۱۴۰۰ متر است. سازند سرچشمه در این برش به صورت هم‌شیب بر روی آهک‌های سازند تیرگان قرار دارد. بخش‌های ابتدایی سازند عموما متشکل از آهک‌های رسی است که میان‌لایه‌هایی از آهک در آن قرار دارند. در ادامه تا انتهای سازند، شیل با میان‌لایه‌هایی از آهک وجود دارند. آخرین لایه آهکی پرفسیل لایه جداکننده سازند سرچشمه از سنگانه است (لایه مذکور بدن رعایت مقیاس و به صورت اغراق‌آمیز برای نمایش محل جدایش سازندها، در شکل ۳ آمده است). سازند سنگانه با ضخامت ۱۴۰۰ متر و به صورت هم‌شیب بر روی سازند سرچشمه قرار گرفته است که بخش‌های ابتدایی آن همچنان از شیل با میان‌لایه‌های آهکی تشکیل شده است. بر روی این شیل‌ها، سیلتستون با میان‌لایه‌های ماسه سنگ، شیل یا سنگ آهک قرار دارد. سپس تا انتهای برش شیل‌های حاوی

حوضه رسوبی کپه داغ، با وسعتی حدود ۵۵۰۰۰ کیلومتر مربع علاوه بر شمال شرق ایران، در بخش‌های وسیعی از ترکمنستان و شمال افغانستان گسترش دارد. این حوضه معادل $۳/۳$ درصد مساحت کل کشور و در بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه و ۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی قرار گرفته است. رسوب‌گذاری در این حوضه از ژوراسیک تا الیگوسن به طور نسبتاً مداوم صورت گرفته است. ضخامت زیاد سنگ‌های رسوبی و نبود فعالیت‌های آذرین، کپه داغ را پس از زاگرس مناسب‌ترین حوضه برای تشکیل و تجمع هیدروکربن ساخته است. در این حوضه، سنگ‌های رسوبی کرتاسه از گسترش و ضخامت بالایی برخوردار هستند و جزء کامل‌ترین و سست‌ترین نهشته‌های ایران هستند (افشارحرب ۱۹۷۹ و ۱۳۷۳). رسوبات کرتاسه این حوضه شامل سازندهای شورچیچه، تیرگان، سرچشمه، سنگانه، آیتامیر، آبدراز، آب‌تلخ، نیزار و کلات است که در این مطالعه، سازندهای سرچشمه و سنگانه از دیدگاه نانوفسیلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تا کنون بر اساس سایر گونه‌های فسیلی، مطالعاتی بر روی این دو سازند انجام شده است (برای مثال داوطلب و همکاران ۱۳۸۹، موسوی‌زاده و همکاران ۱۳۸۹، شریفی و همکاران ۱۳۹۲ و کشمیری و همکاران ۱۳۹۳). از آنجایی که نانوفسیل‌های آهکی یکی از دقیق‌ترین ابزارهای بیوستراتیگرافی جهت تعیین سن و تطابق لایه‌های رسوبی هستند (Bown and Young 1998)، بررسی سازندها به لحاظ محتوای نانوفسیلی در دهه‌های اخیر، در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته است. از مطالعات نانوفسیلی انجام شده بر روی سازندهای سرچشمه و سنگانه می‌توان به مطالعات انجام شده توسط دهقان (۱۳۸۱)، هادوی و شکری (۱۳۸۵)، هادوی و بدایقی (۱۳۸۵، ۱۳۸۸)، ماهانی‌پور و همکاران (۱۳۹۰، ۱۳۹۱)، ماهانی‌پور و لطفعلی‌کنی (۱۳۹۴) و (Mahanipour et al. 2011) اشاره کرد. در این مطالعه سازندهای سرچشمه و سنگانه، در

قسمت دیده می‌شوند. سازند سنگانه نیز به صورت هم‌شیب توسط ماسه‌سنگ‌های ضخیم‌لایه سازند آیتامیر پوشیده شده است.

ندول‌های چرتی، با میان‌لایه‌هایی از سیلتستون حضور دارند که به سمت بالای برش از ضخامت سیلتستون کاسته می‌شود. بعضاً میان‌لایه‌هایی از ماسه سنگ یا سنگ آهک نیز در این



شکل ۱- الف) موقعیت جغرافیایی حوضه رسوبی کپه داغ در ایران و کشورهای همسایه (برگرفته از Berberian and King 1981 با اندکی تغییرات)؛ ب و ج) موقعیت برش قلعه جق (۱) و برش یزدان‌آباد (۲) در منطقه کپه داغ (برگرفته از افشارحرب ۱۳۷۳، با اندکی تغییرات).

شکل ۴ آمده است). سازند سنگانه با ضخامت ۴۸۵ متر و به صورت هم‌شیب بر روی سازند سرچشمه قرار گرفته است که از سیلتستون با میان‌لایه‌هایی از آهک رسی، مارن، ماسه‌سنگ و سنگ آهک تشکیل شده است. سازند سنگانه نیز به صورت هم‌شیب توسط ماسه‌سنگ‌های ضخیم‌لایه سازند آیتامیر پوشیده شده است.

بررسی تغییرات رخساره‌ای و ضخامت واحدهای سنگی مختلف، نشان‌دهنده نقش اساسی گسل‌های پی‌سنگی با روند تقریباً خاوری-باختری و گاه شمال‌خاوری-جنوب‌باختری، در کنترل رسوب‌گذاری حوضه کپه داغ است. گسل‌های پی‌سنگی در زمان رسوب‌گذاری فعال بوده و با ایجاد

ضخامت برونزد سازندهای سرچشمه و سنگانه برش یزدان‌آباد در مجموع ۱۱۴۰ متر است که ضخامت سازند سرچشمه در آن ۶۵۵ متر و ضخامت سازند سنگانه ۴۸۵ متر است. سازند سرچشمه در این برش نیز به صورت هم‌شیب بر روی آهک‌های سازند تیرگان قرار دارد. در این برش بخش ابتدایی سازند سرچشمه از تناوبی از سنگ آهک و شیل آهکی تشکیل شده است که به سمت بالا از ضخامت سنگ آهک کاسته می‌شود. در ادامه تا انتهای سازند مارن‌های آهکی، مارن و آهک رسی و قرار دارند. انتهای سازند را یک لایه آهکی پرفسیل تشکیل می‌دهد (لایه مذکور بدن رعایت مقیاس و به صورت اغراق‌آمیز برای نمایش محل جدایش سازندها، در

اسلاید، در اسلایدهای کم‌فسیل مورد بررسی قرار گرفت.

بیوزوناسیون

حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی در سازندهای سرچشمه و سنگانه از ضعیف تا خوب در نوسان است که آثار انحلال غالباً در نمونه‌های فسیلی قابل مشاهده است. در بسیاری از نمونه‌ها (به خصوص در سازند سنگانه)، تنها گونه‌های بسیار مقاوم در برابر دیاژنز (*Watznaueria barnesiae* & *Watznaueria fossacincta*) در اسلاید‌ها دیده می‌شود. در این مطالعه، تعداد ۵۶ گونه نانوفسیلی از ۲۸ جنس و متعلق به ۱۴ خانواده در برش قلعه جق و تعداد ۴۵ گونه از ۲۶ جنس متعلق به ۱۳ خانواده در برش یزدان‌آباد، شناسایی گردید (تصویر تعدادی از این گونه‌ها در پلیت ۱ و ۲ به نمایش در آمده است). تعداد ۴۳ گونه در هر دو برش مشترک هستند. شناسایی‌ها بر اساس Perch-Nielsen 1985 و Bown et al. 1998 انجام شده است. بیوزوناسیون نانوفسیل‌های آهکی برای زمان آپسین - آلبین در حوضه تتیس توسط Manivit 1971، 1973 & Thierstein 1971، Roth، Sissingh 1977، Bralower et al. 1993 & Perch-Nielson 1979 و 1995 پیشنهاد شده است. در برش‌های مورد مطالعه، بیوزوناسیون روث (Roth 1978) که توسط برالوئر و همکاران (Bralower et al. 1993) در آن تغییراتی داده شده، مورد استفاده قرار گرفته است و با زیست‌زون‌بندی جهانی سیسینگ (Sissingh 1977) مقایسه شده است (شکل ۲). بیوزون‌های ارائه شده بر اساس اولین حضور (FO) و آخرین حضور (LO) تکاملی گونه‌ها و از نوع Interval Zone است.

هورست و گرابن موجب تغییرات رخساره‌ای و نبوده‌های رسوبی شده و گاه حوضه‌های دریایی نسبتاً عمیقی در برخی بلوک‌های این حوضه به وجود آورده‌اند. یکی از گسل‌های پی‌سنگی مهم در شمال این حوضه، گسل مراوه‌تپه است. عملکرد این گسل پی‌سنگی موجب تشکیل گرابن مراوه‌تپه شده است که بیشینه رسوب‌گذاری در این ناحیه از کپه‌داغ، مشاهده می‌شود (افشار حرب ۱۳۷۳). مقطع قلعه جق تقریباً در مجاورت گسل پی‌سنگی مراوه‌تپه در حاشیه شمالی بلوک مراوه‌تپه قرار دارد. افزایش ضخامت قابل توجه سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش قلعه جق، احتمالاً در ارتباط با این مسأله است.

روش آماده‌سازی و مطالعه

به منظور مطالعات بیوستراتیگرافی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در برش قلعه جق، تعداد کل ۱۰۰۶ نمونه و در برش یزدان‌آباد، تعداد ۲۸۰ نمونه با فاصله تقریبی ۴ متر و از نمونه‌های تازه و فاقد هوازدگی برداشت شد. در این مطالعه از روش ته‌نشست ثقلی (Gravity Settling) که یکی از روش‌های استاندارد تهیه مقاطع نانوفسیلی است (Bown and Young 1998)، استفاده شده است. برای مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۱۲۸۶ اسلاید از نمونه‌های برداشت شده از برش‌های مورد مطالعه، با استفاده از این روش آماده و مطالعه گردید. اسلایدهای تهیه شده با میکروسکوپ نوری پلاریزان Leica مدل DMLP با عدسی شیئی ۶۳ و عدسی چشمی ۱۶ مورد مطالعه قرار گرفت. اسلایدها بر اساس میزان فراوانی جنس و گونه‌ها، از رویت ۳ تا ۵ ردیف (در حدود ۱۵۰ تا ۲۵۰ میدان دید) در اسلایدهای پرفسیل تا تقریباً کل

| Age | Roth (1978) | | Sissingh (1977) | | Ghaleh jegh Section | | Formation | Yazdan abad Section | | Formation |
|---------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| | N. zones | Nannofossil event | N. zones | Nannofossil event | Nannofossil zones | Nannofossil event | | Nannofossil zones | Nannofossil event | |
| Albian | Late Albian | NC9B | ↑ <i>Eiffelithus monechiae</i> | CC 9 | ↑ <i>Eiffelithus turriseiffeli</i> | Not Zone | Atamir Fm. | Not Zone | Atamir Fm. | |
| | | NC9A | ↑ <i>Axopodorhabdus albianus</i> | CC 8b | | | | | | |
| | NC8C | ↑ <i>Tranolithus orionatus</i> | | | | | | | | |
| | NC8B | ↑ <i>Hayesites albiensis</i> | CC 8a | ↑ <i>Tranolithus orionatus</i> | | | | | | |
| | NC8A | ↑ <i>Prediscosphaera columnata</i> | | ↑ <i>Prediscosphaera columnata</i> | | | | | | |
| Aptian | Early Albian | NC7C | ↑ <i>Ragodiscus achylostaurion</i> | | | Sanganeh Fm. (1400 m) | Sanganeh Fm. (1400 m) | Sanganeh Fm. (485 m) | Sanganeh Fm. (485 m) | |
| | | NC7B | ↓ <i>Micrantholithus spp.</i> | CC 7 b | ↓ <i>Micrantholithus spp.</i> | | | | | |
| | NC7A | ↑ <i>Eprolithus floralis</i> | | ↑ <i>Eprolithus floralis</i> | | | | | | |
| | NC 6 | ↓ <i>Nannoconus steinmannii</i> | CC 7 a | ↓ <i>Eprolithus floralis</i> | | | | | | |
| | NC 5 e,d | ↓ <i>Calcicalathina oblongata</i> | | | | | | | | |
| Hutervian-Barremian | Late Barremian | NC 5 a,b,c | ↓ <i>Calcicalathina cuvillieri</i> | CC 6 | ↑ <i>Chiastozygus litterarius</i> | Not Zone | Tirgan Fm. | Not Zone | Tirgan Fm. | |
| | | NC 4 | | | | | | | | |
| | Early Hutervian | | | | | | | | | |

شکل ۲- بیوزون‌های نانوفسیلی موجود در سازندهای سرچشمه و سنگانه برش‌های مورد مطالعه و مقایسه آن‌ها با بیوزون‌های استاندارد جهانی نانوفسیل‌های آهکی در عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط (مقیاس در تصویر رعایت نشده است).

یزدان آباد و در ضخامت ۶۱۳ متری سازند سرچشمه تعیین گردیده است. بنابراین قسمت‌های فوقانی بیوزون NC5 در ۶۱۳ متر ابتدایی سازند سرچشمه واقع است.

بیوزون نانوفسیلی : NC6 زون *Chiastozygus litterarius*
این بیوزون از اولین حضور *Rucinolithus irregularis* تا اولین حضور *Eprolithus floralis* را شامل و محدوده زمانی آن آپسین پیشین است. گونه *Rucinolithus irregularis* (شاخص مرز زیرین) در برش قلعه‌جق رویت نشده و موقعیت مرز پایینی این زون در این برش محرز نشده است و احتمالاً پایین‌تر از سازند سرچشمه است. مرز بالایی این زون در برش قلعه‌جق، در ضخامت ۱۱۲۴ متری سازند سرچشمه و با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تعیین گردیده

بیوزون‌های نانوفسیلی، به ترتیب از قاعده تا راس برش عبارتند از:

بیوزون نانوفسیلی : NC5 زون *Watznaueria oblonga*
این بیوزون از آخرین حضور *Cruciellipsis cuvillieri* تا اولین حضور *Rucinolithus irregularis* را شامل و محدوده زمانی آن بامرین پسین است. به دلیل نبود هیچ یک از گونه‌های شاخص مرزهای بالا و پایین این زون، در برش قلعه‌جق، این زون ثبت نشد و احتمالاً پایین‌تر از مرز زیرین سازند سرچشمه قرار دارد. گونه *Cruciellipsis cuvillieri* (شاخص مرز زیرین) در برش یزدان‌آباد رویت نشده و موقعیت مرز پایینی این زون در برش یزدان‌آباد محرز نشده است و احتمالاً پایین‌تر از سازند سرچشمه است. مرز بالایی این زون با اولین حضور *Rucinolithus irregularis* در برش

بیوزون فرعی NC7B معرف میانه آپسین پسین است و آخرین حضور *Micrantholithus spp.* تا اولین حضور گونه *Ragodiscus achlyostaurion* را شامل می‌شود. بیوزون فرعی NC7C نیز محدوده اولین حضور *Ragodiscus achlyostaurion* تا اولین حضور *Prediscosphaera columnata* را شامل می‌شود. مرز پایینی بیوزون فرعی NC7A در برش قلعه‌جق در ضخامت ۱۱۲۴ متری سازند سرچشمه با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تعیین گردیده است. مرز بالایی این زون فرعی در برش قلعه‌جق، در ضخامت ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه و با آخرین حضور گونه‌های جنس *Micrantholithus* تعیین گردیده است. در برش قلعه‌جق، به دلیل عدم حضور گونه *Ragodiscus achlyostaurion* از ضخامت ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه تا ضخامت ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه (اولین حضور *Prediscosphaera columnata*) به عنوان محدوده تفکیک‌نشده زیر زون‌های (NC7(B & C) مشخص شده است. مرز پایینی بیوزون فرعی NC7A در برش یزدان‌آباد، در ضخامت ۱۶۹ متری سازند سنگانه با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تعیین گردیده است. مرز بالایی این زون فرعی در برش یزدان‌آباد، در ضخامت ۳۲۴ متری سازند سنگانه و با آخرین حضور گونه‌های جنس *Micrantholithus* تعیین گردیده است. بنابراین محدوده این بیوزون فرعی در مجموع با ضخامت ۱۵۵ متر، در سازند سنگانه واقع است.

بیوزون نانوفسیلی : NC8 زون *Prediscosphaera columnata*

این بیوزون از اولین حضور *Prediscosphaera columnata* تا اولین حضور *Axipodorhabdus albianus* را شامل و محدوده زمانی آن آلبین پیشین است. مرز پایینی این بیوزون در برش قلعه‌جق، در ضخامت ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه و با اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تعیین گردیده است. مرز بالایی زون در این برش به دلیل عدم حضور *Axipodorhabdus albianus* مشخص نیست. بنابراین

است. بنابراین قسمت‌های فوقانی بیوزون NC6 در ۱۱۲۴ متر ابتدایی سازند سرچشمه در برش قلعه‌جق، واقع است. در برش یزدان‌آباد، مرز پایینی این زون با اولین حضور *Rucinolithus irregularis* و در ضخامت ۶۱۳ متری سازند سرچشمه تعیین گردیده است. مرز بالایی این زون در این برش، در ضخامت ۱۶۹ متری سازند سنگانه و با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تعیین شده است. بنابراین این زون نانوفسیلی، ۴۲ متر انتهایی سازند سرچشمه به همراه ۱۶۹ متر ابتدایی سازند سنگانه در برش یزدان‌آباد (مجموعاً ۲۱۱ متر) را شامل می‌شود.

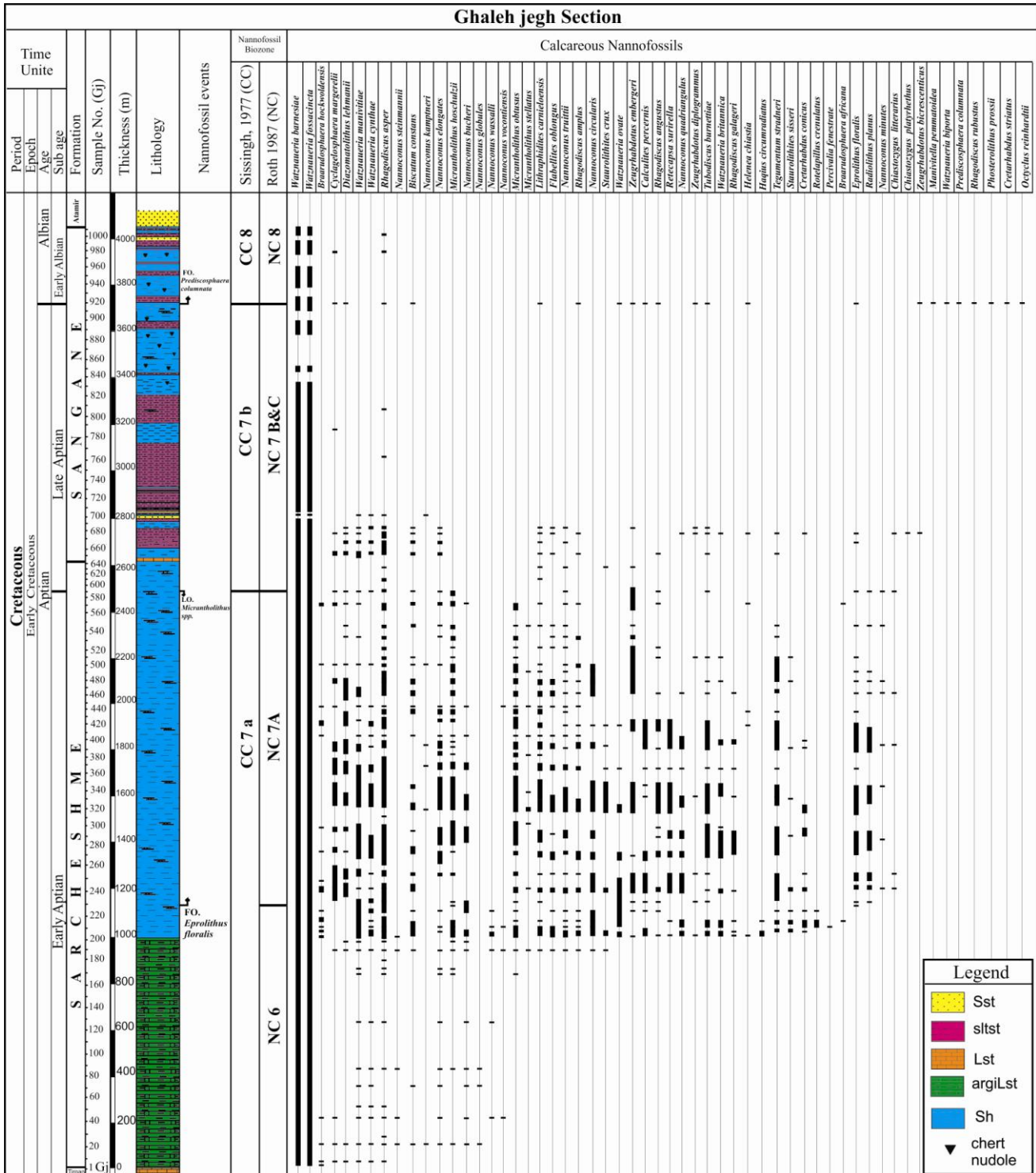
بیوزون نانوفسیلی : NC7 زون *Ragodiscus angustus*

این بیوزون از اولین حضور *Eprolithus floralis* تا اولین حضور *Prediscosphaera columnata* را شامل و محدوده زمانی آن آپسین پسین است. مرز پایینی این زون در برش قلعه‌جق در ضخامت ۱۱۲۴ متری سازند سرچشمه با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* و مرز بالایی زون در این برش، در ضخامت ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه و با اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تعیین گردیده است. بنابراین این زون در ۱۵۳۸ متر انتهایی سازند سرچشمه به همراه ۱۰۵۰ متر ابتدایی سازند سنگانه در این برش (مجموعاً به ضخامت ۲۵۸۶ متر)، واقع شده است. مرز پایینی این زون در برش یزدان‌آباد، در ضخامت ۱۶۹ متری سازند سنگانه و با اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تعیین گردیده است. مرز بالایی این زون در برش یزدان‌آباد به دلیل نبود گونه *Prediscosphaera columnata* محرز نشده و احتمالاً در بالاتر از سازند سنگانه است. بنابراین ثبت قسمت‌های ابتدایی بیوزون NC7، در ۳۱۶ متر انتهایی سازند سنگانه در برش یزدان‌آباد محرز شده است.

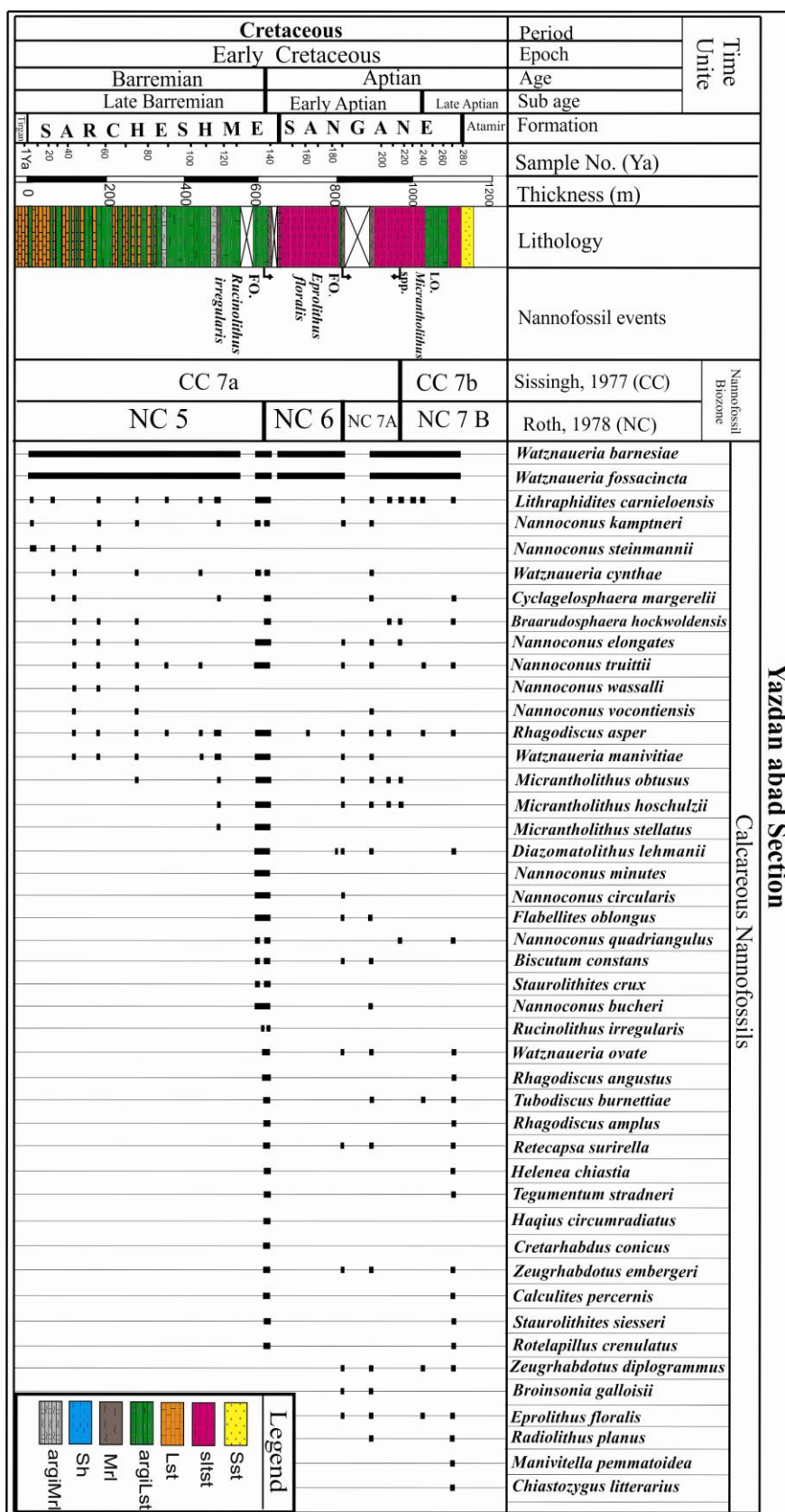
در این بیوزون سه زیرزون قرار دارد که اولین زیرزون، NC7A است. این بیوزون فرعی، اولین حضور *Eprolithus floralis* تا آخرین حضور *Micrantholithus spp.* را در بر می‌گیرد و محدوده زمانی آن ابتدای آپسین پسین است.

قسمت های ابتدایی بیوزون NC8 با ضخامت ۳۵۰ متر در انتهای سازند سنگانه محرز شده است. این بیوزون در برش یزدان آباد به دلیل عدم رویت گونه *Prediscosphaera* *columnata* تعیین نشده و احتمالاً در بالاتر از سازند سنگانه قرار دارد (شکل ۳ و ۴).

قسمت های ابتدایی بیوزون NC8 با ضخامت ۳۵۰ متر در انتهای سازند سنگانه محرز شده است. این بیوزون در برش یزدان آباد به دلیل عدم رویت گونه *Prediscosphaera* *columnata* تعیین نشده و احتمالاً در بالاتر از سازند سنگانه قرار دارد (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳ - جدول پراکندگی نانوفسیل های آهکی و بیوزوناسیون بر مبنای گونه های شاخص نانوفسیلی موجود در برش قلعه جق



شکل ۴- جدول پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی و بیوزوناسیون بر مبنای گونه‌های شاخص نانوفسیلی در برش یزدان‌آباد

بحث

همانگونه که در قسمت بیوزوناسیون ذکر شد؛ بررسی پراکندگی نانوفسیل‌ها در برش قلعه‌جق، بیانگر ثبت اولین حضورگونه *Eprolithus floralis* در ضخامت ۱۱۲۴ متری سرچشمه است که به عنوان حادثه معرف انتهای زون NC6 و ابتدای زون NC7 در نظر گرفته می‌شود. با توجه به عدم حضور گونه *Rucinolithus irregularis* (حادثه نانوفسیلی معرف ابتدای زون NC6) در این فاصله، از ابتدای سازند تا ضخامت ۱۱۲۴ متری به آپسین پیشین تعلق دارد. به دنبال حادثه نانوفسیلی فوق، آخرین حضور *Micrantholithus spp.* در ضخامت ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه واقع است که این حادثه معرف انتهای بیوزون فرعی NC7A و سن ابتدای آپسین پسین است و بنابراین از ضخامت ۱۱۲۴ متری سازند سرچشمه تا ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه متعلق به زمان ابتدای آپسین پسین است. حادثه نانوفسیلی بعد، اولین حضور *Prediscosphaera columnata* در ضخامت ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه است. بنابراین از ضخامت ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه تا انتهای سازند به زمان آلبن پیشین تعلق دارد.

بررسی پراکندگی نانوفسیل‌ها در برش یزدان‌آباد، بیانگر ثبت اولین حضورگونه *Rucinolithus irregularis* در ضخامت ۶۱۳ متری سرچشمه است. با توجه به عدم حضور گونه *Cruciellopsis cuvillieri* (حادثه نانوفسیلی معرف ابتدای زون NC5) در این فاصله، از ابتدای سازند سرچشمه تا ضخامت ۶۱۳ متری این برش، به بارمین پسین تعلق دارد. ثبت اولین حضورگونه *Eprolithus floralis* در ضخامت ۱۶۹ متری سازند سنگانه است. بنابراین از ضخامت ۶۱۳ متری سازند سرچشمه تا ۱۶۹ متری سازند سنگانه متعلق به آپسین پیشین است. به دنبال حادثه نانوفسیلی فوق، آخرین حضور *Micrantholithus spp.* در ضخامت ۳۲۴ متری سازند سنگانه واقع است که این حادثه معرف انتهای بیوزون فرعی NC7A و بنابراین از ضخامت ۱۶۹ متری سازند سنگانه تا ۳۲۴ متری سازند سنگانه متعلق به زمان ابتدای آپسین پسین است. از ضخامت ۳۲۴ متری سازند سنگانه تا انتهای سازند نیز حادثه نانوفسیلی ثبت نشده است و این محدوده به بخش پایینی زون فرعی NC7B و سن آپسین پسین نسبت داده شده است.

بر اساس مطالعات بیواستراتیگرافی که تا کنون بر روی سازندهای سرچشمه و سنگانه صورت گرفته است این سازندها در قسمت‌های مختلف حوضه کپه داغ، دارای ضخامت و سن‌های متفاوتی هستند. علاوه بر اختلاف عمق حوضه در نواحی مختلف، گسل‌هایی که همزمان با رسوب‌گذاری در حوضه فعال بوده‌اند (افشارحرب ۱۳۷۳) نیز در این اختلاف ضخامت (آن‌چنان‌که در برش قلعه‌جق و یزدان‌آباد مشاهده می‌شود)، تأثیر داشته‌اند. در مطالعات نانوفسیلی انجام شده بر روی سازند سرچشمه در مقطع تیپ که توسط هادوی (۱۳۸۱) انجام شد سن سازند، آپسین - آلبن تعیین گردید. در برش‌های مزدوران و امیرآباد توسط هادوی و بداقی (۱۳۸۵)، سن آلبن تا تورونین آغازی و میانی برای این سازند تعیین شده است. در مطالعات نانوفسیلی انجام شده بر روی سازند سنگانه در برش‌های آتشگان و امیرآباد توسط هادوی و شکری (۱۳۸۵)، سن آلبن، برای برش امیرآباد و سن آلبن تا آلبن پسین برای این سازند در برش آتشگان، تعیین شده است. از جمله مطالعات نانوفسیلی بر روی هر دو سازند سرچشمه و سنگانه، مطالعه ماهانی پور و همکاران (۱۳۹۰) در برش تکل کوه و ماهانی‌پور و کنی (۱۳۹۴) در برش شیخ است. سن سازند سرچشمه در برش تکل کوه، بارمین پسین تا آپسین پیشین و سن سازند سنگانه، که در این برش با ناپیوستگی فرسایشی در زیر سازند کلات واقع شده، آپتین پیشین تا ابتدای آپسین پسین تعیین شده است (ماهانی‌پور و همکاران ۱۳۹۰). در برش شیخ، سن سازند سرچشمه بارمین پسین تا ابتدای آپسین پسین و سن سازند سنگانه آپسین پسین تا آپسین پسین؟ تعیین شده است (ماهانی‌پور و کنی ۱۳۹۴).

بر اساس بیوزون‌های نانوفسیلی ثبت شده در برش‌های مورد مطالعه و برش شیخ، می‌توان آن‌ها را از نقطه‌نظر بیوستراتیگرافی با یکدیگر مقایسه کرد. تطابق این برش‌ها در شکل ۵ نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، قسمت‌های فوقانی بیوزون NC5 با سن بارمین پسین، بخش ابتدایی سازند سرچشمه در برش شیخ (۲۹۱ متر از قاعده) و یزدان‌آباد (۶۱۳ متر از قاعده) را شامل می‌شود. این بیوزون در برش قلعه‌جق احتمالاً قبل از رسوب‌گذاری سازند سرچشمه واقع است زیرا شروع این

برش یزدان‌آباد تشکیل می‌دهد. در برش قلعه‌جق این بیوزون فرعی با ضخامت ۱۳۶۲ متر، ضخامت ۱۱۲۴ متری تا ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه را شامل می‌شود. بررسی روند تغییر ضخامت این بیوزون فرعی حاکی از آن است که نرخ رسوب‌گذاری در زمان آپسین پسین در محل برش قلعه‌جق بالاتر از دو برش دیگر بوده و همچنین این بیوزون فرعی در برش یزدان‌آباد کاملاً در سازند سنگانه قرار می‌گیرد در حالی که در برش شیخ در مرز سازندهای سرچشمه و سنگانه (ضخامت بیشتر در سازند سرچشمه) واقع است. این بیوزون فرعی در برش قلعه‌جق کاملاً در سازند سرچشمه واقع شده است از آن جایی که رخساره سازند سرچشمه به نسبت سازند سنگانه از عمق رسوب‌گذاری کمتری برخوردار است (کشمیری و همکاران ۱۳۹۳) بنابراین در مدت زمان معرفی شده توسط زیست‌زون NC7A، احتمالاً خط ساحلی به موقعیت برش قلعه‌جق نزدیک‌تر بوده است.

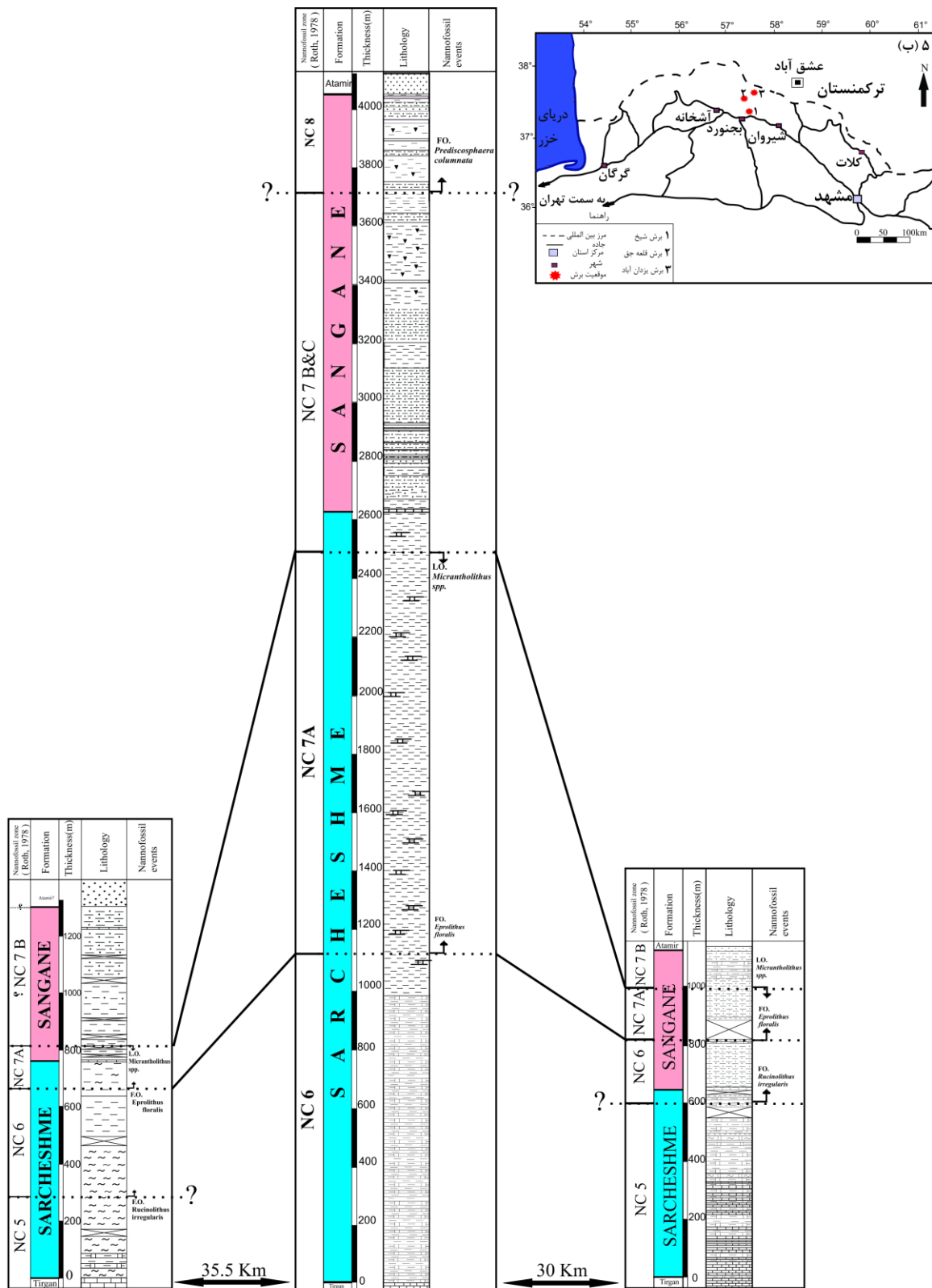
قسمت‌های ابتدایی بیوزون فرعی NC7B، در برش شیخ (از ضخامت ۵۲ متری سازند سنگانه تا انتهای برش و با ضخامت ۴۵۰ متر) و یزدان‌آباد (از ضخامت ۳۲۴ متری سازند سنگانه تا انتهای برش و با ضخامت ۱۲۶ متر)، ثبت شده است. بیوزون NC7(B & C) به طور تفکیک نشده و با ضخامت ۱۲۲۴ متر (از ضخامت ۲۴۸۶ متری سازند سرچشمه تا ۱۰۵۰ متری سازند سنگانه) در برش قلعه‌جق اندازه‌گیری شده است. بنابراین با توجه به عدم ثبت رخداد زیستی مشخص‌کننده بخش انتهایی این زیست‌زون در برش شیخ و یزدان‌آباد و عدم دسترسی به ضخامت واقعی این زیست‌زون، نمی‌توان روند خاصی را برای این زیست‌زون در حوضه در نظر گرفت.

قسمت‌های ابتدایی بیوزون NC8 با سن آلبین پیشین، ۳۵۰ متر انتهایی سازند سنگانه را در برش قلعه‌جق شامل می‌شود و در دو برش دیگر ثبت نشده است. بنابراین رسوب‌گذاری سازند سنگانه با توجه به ثبت قسمت‌های ابتدایی بیوزون NC8 در انتهای برش قلعه‌جق، دیرتر از برش‌های دیگر پایان یافته است.

سازند در برش مذکور با زون NC6 (بخش انتهایی زون) مقارن است. بنابراین رسوب‌گذاری رخساره شیلی-مارنی سازند سرچشمه در موقعیت برش قلعه‌جق دیرتر از موقعیت برش‌های دیگر آغاز شده است زیرا اثری از رسوبات این سازند تا زمان آپسین پیشین (زون نانوفسیلی NC6) در برش مذکور به چشم نمی‌خورد.

بیوزون NC6 از ضخامت ۲۹۱ متری تا ۶۴۷ متری سازند سرچشمه در برش شیخ و در واقع ۳۵۶ متر میانی این سازند را شامل می‌شود. همچنین این بیوزون با ضخامت ۲۱۰ متر، از ضخامت ۶۱۳ متری سازند سرچشمه تا ۱۶۹ متر ابتدایی سازند سنگانه (شامل ۴۲ متر انتهای سازند سرچشمه و ۱۶۹ متر ابتدایی سازند سنگانه) را در برش یزدان‌آباد شامل می‌شود در حالی که بخش‌های فوقانی این بیوزون ۱۱۲۴ متر ابتدایی سازند سرچشمه را در برش قلعه‌جق شامل شده است. با در نظرگیری ضخامت زیست‌زون NC6 در می‌یابیم که در مدت زمان معادل این بیوزون، نرخ رسوب‌گذاری در برش شیخ (۳۵۶ متر) از یزدان‌آباد (۲۱۱ متر) بیشتر بوده در برش قلعه‌جق (۱۱۲۴ متر و تنها شامل بخش فوقانی این زون) از هر دوی آن‌ها بیشتر است. همچنین این بیوزون در برش‌های شیخ و قلعه‌جق کاملاً در سازند سرچشمه قرار می‌گیرد در حالی که در برش یزدان‌آباد سازندهای سرچشمه و سنگانه را شامل شده است رخساره سازند سرچشمه به نسبت سازند سنگانه از عمق رسوب‌گذاری کمتری برخوردار است (کشمیری و همکاران ۹۳). از آن جایی که زیست‌زون NC6، در برش یزدان‌آباد در سازند سنگانه و در برش قلعه‌جق و شیخ سازند سرچشمه واقع شده است می‌توان چنین نتیجه گرفت که، در مدت زمان معرفی شده توسط زیست‌زون NC6، احتمالاً خط ساحلی به موقعیت برش قلعه‌جق و شیخ نزدیک‌تر بوده است.

بیوزون فرعی NC7A با سن ابتدای آپسین پسین از ضخامت ۶۴۷ متری تا ضخامت ۸۱۶ متری (یعنی ۱۱۷ متر انتهایی سازند سرچشمه و ۵۲ متر ابتدایی سازند سنگانه؛ جمعاً به ضخامت ۱۶۹ متر) را در برش شیخ تشکیل می‌دهد. همچنین این بیوزون فرعی از ضخامت ۱۶۹ متری تا ضخامت ۳۲۴ متری سازند سنگانه (جمعاً به ضخامت ۱۵۵ متر) را در



۱. برش شیخ: ماهانی پور و کنی ۱۳۹۴

۲. برش قلعه جق

۳. برش یزدان‌آباد

شکل ۵- تطابق بیوستراتیگرافی برش‌های مورد مطالعه (قلعه جق و یزدان‌آباد) با برش شیخ

نتیجه

بررسی نانوفسیل‌های آهکی در سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش‌های مورد مطالعه، که بخشی از قلمرو حوضه تتیس است، بیانگر ثبت بیوزون‌های جهانی روث (Roth 1978) در این رسوبات است. بر اساس مطالعات نانوفسیلی صورت گرفته، حضور قسمت فوقانی زون NC6، زون NC7A، NC7(B & C) و قسمت‌های تحتانی زون NC8 در سازندهای سرچشمه و سنگانه برش قلعه جق، محرز شده است. با توجه به نانوفسیل‌های موجود در این برش، سن آپسین پیشین تا ابتدای آپسین پسین برای سازند سرچشمه و آپسین پسین تا آلبین پیشین برای سازند سنگانه پیشنهاد می‌شود. همچنین حضور قسمت فوقانی بیوزون نانوفسیلی NC5، زون NC6 و قسمت‌های تحتانی بیوزون NC7B در برش یزدان آباد، محرز شده است. با توجه به نانوفسیل‌های موجود، سن بامین پسین تا ابتدای آپسین پیشین برای سازند سرچشمه و آپسین پیشین تا ابتدای آپسین پسین برای سازند سنگانه، در برش یزدان آباد پیشنهاد می‌شود.

در مطالعات پیشین، این دو سازند به لحاظ بیوستراتیگرافی و بر اساس نانوفسیل‌های آهکی، در برش شیخ مورد مطالعه قرار گرفته بودند. در مقایسه برش‌های مورد مطالعه با برش مذکور و زیست‌زون‌های نانوفسیلی ثبت شده در آنها، مشخص شده است که رسوب‌گذاری سازند سرچشمه در دو برش شیخ و یزدان‌آباد با توجه به ثبت زیست‌زون NC5 در آنها، زودتر از برش قلعه جق آغاز گشته است. رسوب‌گذاری سازند سنگانه با توجه به ثبت زیست‌زون NC8(A & B) در انتهای برش قلعه جق، دیرتر از دو برش دیگر پایان یافته است. با مقایسه ضخامت زیست‌زون‌های نانوفسیلی موجود (شکل ۵)، چنین دریافت می‌شود که در مدت زمان معرفی شده توسط زیست‌زون NC6 و NC7A (آپسین پیشین و ابتدای آپسین پسین)، نرخ رسوب‌گذاری در محل برش قلعه جق از میزان بالاتری نسبت به محل برش‌های یزدان‌آباد و شیخ برخوردار بوده است.

منابع

- افشارحرب ع. ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه داغ. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ ص.
- داوطلب ا. قاسمی‌نژاد ا. عاشوری ع. وحیدی نیا م. ۱۳۸۹. پالینواستراتیگرافی و محیط دیرینه سازند سرچشمه در برش چینه‌شناسی انجیربلاغ، شرق حوضه رسوبی کپه داغ. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش ۴۱، ص ۱-۲۰.
- دهقان ف. ۱۳۸۱. بایوستراتیگرافی سازند سرچشمه بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی در مقطع تیپ (کپه داغ)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۲ ص.
- شریفی م. قاسمی‌نژاد ا. اختری م. ۱۳۹۲. پالینوستراتیگرافی، پالینوفاسیس و پالئوآکولوژی سازند سرچشمه در چاه توس ۱، شرق کپه داغ. مجله دیرینه‌شناسی، سال اول، ش ۲، ص ۱۷۵-۱۸۶.
- کشمیری م. قاسمی‌نژاد ا. عاشوری ع. یزدی‌مقدم م. جمالی ا. ۱۳۹۳. پالینولوژی و پالئوآکولوژی سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش چینه‌شناسی باغک واقع در شرق کپه داغ. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش ۵۶، ص ۱۷-۳۳.
- ماهانی‌پور ا. لطفعلی‌کنی ا. آدابی ح.م. و رئیس‌السادات ن. ۱۳۹۰. نانوستراتیگرافی سازندهای سرچشمه و سنگانه در باختر منطقه کپه داغ (برش تکل کوه). فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین ش ۷۹، ص ۸۳-۹۴.
- ماهانی‌پور ا. ن. رئیس‌السادات و لطفعلی‌کنی ا. ۱۳۹۱. بررسی رخداد غیر هوازی اقیانوسی آبتین پیشین بر اساس نانوفسیل‌های آهکی و آمونیت‌ها در غرب منطقه کپه داغ. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش ۴۷، ص ۸۳-۹۶.

- Bown P.R. and J.R. Young 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (Eds.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*: Chapman and Hall, London, p. 16-28.
- Bralower T.J. Leckie R.M. Sliter W.V. and Thierstein H.R. 1995. An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P., Hardenbol, J. (Eds.), *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlations: SEPM Special Publication*, 54:65-79.
- Bralower T.J. Sliter W.V. Arthur M.A. Leckie R.M. Allard D.J. and Schlanger S.O. 1993. Dysoxic/anoxic episodes in the Aptian – Albian (Early Cretaceous). In: Pringle, M. et al. (Eds.), *The Mesozoic Pacific: Geology, Tectonics and Volcanism: AGU Geophysical Monograph*, 77:5–37.
- Mahanipour A. Mutterlose J. Kani A.L. and Adabi M.H. 2011. biostratigraphy of early Cretaceous (Aptian) calcareous nannofossils and the δ^{13} Ccarb isotope record from NE Iran: *Cretaceous Research*, 32:331-356.
- Manivit H. 1971. Nannofossiles calcaires du Crétacé français (Aptien –Masetrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes: Ph.D. Thesis, Université de Paris, France.
- Perch-Nielsen K. 1985. Mesozoic calcareous nannofossils; In: *Plankton stratigraphy: Cambridge Earth Science Series*, New York, p. 329-435.
- Perch-Nielsen K. 1979. Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (Ed.), *Aspekte der Kreide Europas: IUGS Series A*, 6:223–272.
- Roth P.H. 1978. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. In: Benson, W.E., Sheridan, R.E., et al. (Eds.), *Initial Reports of Deep Sea Drilling Project*, 44: 731–759.
- Sissingh W. 1977. "Biostratigraphy of Cretaceous Calcareous Nannoplankton": *Geologie Mijnbouw*, 56:37-49.
- Thierstein H.R. 1971. Tentative Lower Cretaceous calcareous nannoplankton zonation: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 64:459-488.
- Thierstein H.R. 1971. Tentative Lower Cretaceous calcareous nannoplankton zonation: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 64: 459-488.
- Thierstein H.R. 1973. Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy: *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 29:1-52.
- ماهانی‌پور ا. و لطفعلی کنی ا. ۱۳۹۴. بررسی بیوستراتیگرافی نانوفسیل‌های آهکی سازندهای سرچشمه و سنگانه در غرب حوضه کپه داغ، برش چینه‌شناسی شیخ. *مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، ش ۵۸، ص ۵۷ – ۶۶.
- موسوی‌زاده س. م. محبوبی ا. موسوی حرمی س. ر. محمودی قرائی م. ح. و نجفی م. ۱۳۸۹. اثر فسیل‌های سازنده سرچشمه (آپسین) در برش ناودیس خور (شمال مشهد) و کاربرد آن‌ها در تفسیر شرایط رسوبی. *نشریه علمی- پژوهشی رخساره‌های رسوبی*، دانشگاه فردوسی مشهد، سال ۳، ش ۲، ص ۹۹ – ۱۰۹.
- هادوی ف. و بدایغی ف. ۱۳۸۵. بیوستراتیگرافی سازنده سنگانه بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی در مقطع امیرآباد و مزدوران. *دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۲۰۶.
- هادوی ف. و بدایغی ف. ۱۳۸۸. نانوستراتیگرافی سازنده سنگانه در برش مزدوران (کپه داغ). *نشریه علمی- پژوهشی رخساره‌های رسوبی*، جلد ۲، ص ۱۱۵ – ۱۲۷.
- هادوی ف. و شکری م. ۱۳۸۵. بیوستراتیگرافی سازنده سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی در برش آتشگان و امیرآباد (رشته کوه کپه داغ). *دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۲۱۹.
- Afshar-Harb A. 1979. The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dagh region, Northern Iran. PhD thesis, Imperial College of Science and Technology, London, 316 p. (Unpublished).
- Aubry M.P. 1986. Paleogene calcareous nannoplankton biostratigraphy of northwestern Europe: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 55(2-4):267-334.
- Bown P.R. Rutledge D.C. Crux J.A. Gallagher L.A. 1998. Lower Cretaceous In: *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*; Chapman and Hall, London, 86-102 p.

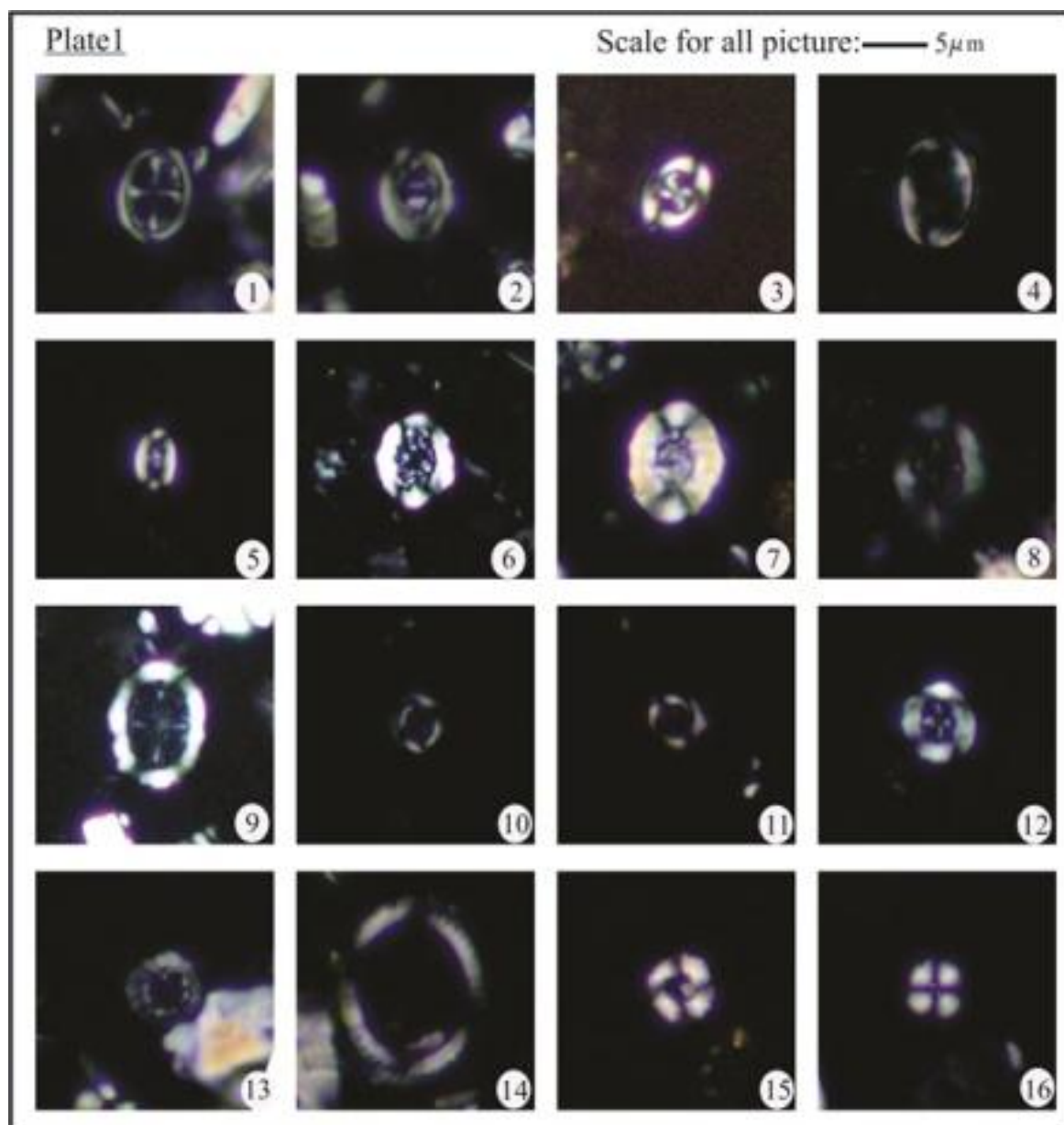


Plate 1, XPL: Cross Polarised Light, PPL: Plane Polarised Light, Sr: Sangane Formation, Sn: Sangane Formation, Gz: Galeh jekh section, Ya: Yazdanabad section; 1- *Staurolithites siesseri* (XPL, Sr, 211 Gj) Bown in Kennedy et al. 2000; 2- *Zeughrabdotos bicrescenticus* (XPL, Sn, 676 Gj) (Stover 1966) Burnett in Gale et al. 1996; 3- *Tegumentum stradneri* (45° rotated, XPL, Sr, 139 Ya) Thierstein in Roth & Thierstein, 1972; 4- *Percivalia fenestrata* (XPL, Sr, 211 Gj) (Worsley 1971) Wise, 1983; 5- *Rhagodiscus angustus* (XPL, Sr, 139 Ya) (Stradner 1963) Reinhardt, 1971; 6- *Rhagodiscus asper* (XPL, Sn, 197 Ya) (Stradner 1963) Reinhardt, 1967; 7- *Rhagodiscus robustus* (XPL, Sn, 925 Gj) Bown, 2005; 8- *Cretarhabdus conicus* (XPL, Sr, 140 Ya) Bramlette & Martini, 1964; 9- *Cretarhabdus striatus* (XPL, Sn, 925 Gj) (Stradner 1963) Black, 1973 ; 10- *Flabellites oblongus* (XPL, Sr, 205 Gj) (Bukry 1969) Crux in Crux et al. 1982; 11- *Flabellites oblongus* (45° rotated, XPL, Sr, 205 Gj) (Bukry 1969) Crux in Crux et al. 1982; 12- *Helenea chiasia* (XPL, Sr, 139 Ya) Worsley, 1971; 13- *Prediscosphaera columnata* (XPL, Sn, 925 Gj) (Stover 1966) Perch-Nielsen, 1984; 14- *Manivitella pemmatoidea* (XPL, Sn, 925 Gj) (Deflandre in Manivit 1965) Thierstein, 1971; 15- *Diazomatolithus lehmanii* (XPL, Sn, 194 Ya) Noël, 1965; 16- *Cyclagelosphaera margerelii* (XPL, Sr, 217 Gj) Noël, 1965.

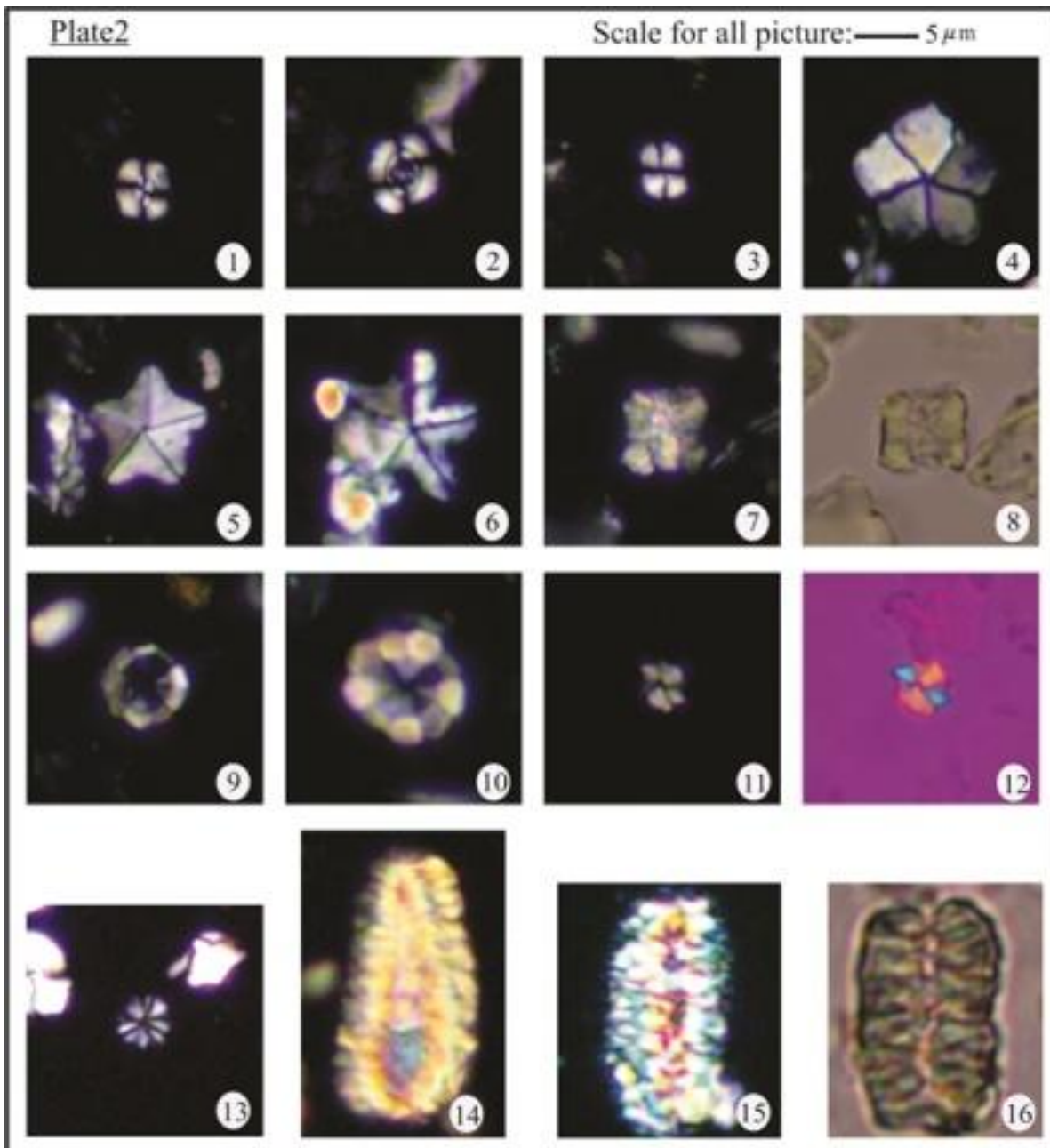


Plate 2, XPL: Cross Polarised Light , PPL: Plane Polarised Light, Sr: Sangane Formation, Sn: Sangane Formation, Gz: Galeh jeh section, Ya: Yazdanabad section; 1- *Watznaueria barnesiae* (XPL, Sn, 195 Ya) (Black in Black & Barnes 1959) Perch-Nielsen, 1968; 2- *Watznaueria britannica* (XPL, Sn, 689 Gj) (Stradner 1963) Reinhardt, 1964; 3- *Calculites percernis* (XPL, Sr, 140 Ya) Jeremiah, 1996; 4- *Braarudosphaera africana* (XPL, Sr, 217 Gj) Stradner, 1961; 5- *Micrantholithus obtusus* (XPL, Sn, 195 Ya) Stradner, 1963; 6- *Micrantholithus stellatus* (XPL, Sr, 398 Gj) Aguado in Aguado et al. 1997; 7- *Nannoconus quadriangulus* (XPL, Sr, 242 Gj) Deflandre & Deflandre-Rigaud, 1962; 8- *Nannoconus quadriangulus* (PPL, Sr, 242 Gj) Deflandre & Deflandre-Rigaud, 1962; 9- *Radiolithus planus* (XPL, Sn, 197 Ya) Stover, 1966; 10- *Eprolithus floralis* (XPL, Sr, 345 Gj) (Stradner 1962) Stover, 1966; 11- *Rucinolithus irregularis* (XPL, Sr, 135 Ya) Thierstein, in Roth & Thierstein 1972; 12- *Rucinolithus irregularis* (PPL with $\frac{1}{4}$ AP, Sr, 135 Ya) Thierstein, in Roth & Thierstein (1972); 13- *Phosterolithus prossii* (XPL, Sn, 925 Gj) (Herrle & Mutterlose 2003) Aguado 2014; 14- *Nannoconus kamptneri* Brönnimann, 1955; (XPL, Sr, 119 Ya); 15- *Nannoconus steinmannii* Kamptner, 1931 (XPL, Sr, 22 Gj); 16- *Nannoconus steinmannii* (PPL, Sr, 22 Gj) Kamptner, 1931.

