

نانوستراتیگرافی سازندهای سرچشمه و سنگانه در باختر منطقه کپه‌داغ (برش تکل کوه)

اعظم ماهانی‌پور^{۱*}، انوشیروان لطفعلی کنی^۱، محمد حسین آذابی^۱ و سید ناصر رئیس‌السادات^۲

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

^۲ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

^۳ گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۶/۲۸

چکیده

در این مطالعه توالی رسوبات کرتاسه زیرین شامل سازندهای سرچشمه و سنگانه در باختر منطقه کپه‌داغ (برش تکل کوه) از نقطه نظر نانوفسیل‌های آهکی مورد بررسی قرار گرفت. در برش مورد مطالعه ستبرای این دو سازند ۱۶۶۸ متر است. بر اساس زیست‌زون‌بندی نانوفسیل‌های آهکی، زون‌های نانوفسیلی NC5، NC6 و NC7 تعیین شده است. بر همین اساس سن سازند سرچشمه بارمین پسین - آپتین پیشین و سن سازند سنگانه انتهای آپتین پیشین - ابتدای آپتین پسین است. اجتماع نانوفسیل‌های آهکی موجود در این دو سازند شامل انواعی است که شاخص حوضه تیس هستند. همچنین در اجتماع نانوفسیل‌های آهکی، انواع شاخص آب‌های سرد از قبیل *Repagulum parvidentatum* و *Seribiscutum* sp. نادر بوده، در حالی که انواع شاخص آب‌های گرم از قبیل *Rhagodiscus* spp. و *Nannoconus* spp. در منطقه به طور چیره حضور دارند.

کلیدواژه‌ها: کپه‌داغ، سازند سرچشمه، سازند سنگانه، نانوفسیل‌های آهکی، بارمین پسین - آپتین.

*نویسنده مسئول: اعظم ماهانی‌پور

E-mail: a_Mahanipour@uk.ac.ir

۱- مقدمه

مقدار خود می‌رسد، بنابراین در این تحقیق سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش یاد شده واقع در باختر منطقه کپه‌داغ نمونه‌برداری و مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- موقعیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی برش مورد مطالعه

برش چینه‌شناسی تکل کوه (باختر منطقه کپه‌داغ) در ۶۷ کیلومتری شمال باختری آسخانه قرار دارد و دسترسی به آن از طریق جاده آسفالت‌آسخانه - شیروان امکان‌پذیر است. در این برش سازندهای سرچشمه و سنگانه از گسترش و پراکندگی خوبی برخوردار هستند. مختصات جغرافیایی برش برداشت شده عبارت از طول جغرافیایی "۱۰°۵۶'۰۹" خاوری و عرض جغرافیایی "۳۷°۴۳'۰۶" شمالی است (شکل‌های ۱- الف و ب).

۱-۱. سازند سرچشمه

در برش تکل کوه سازند سرچشمه از تناوبی از مارن خاکستری، سنگ آهک مارنی کرم تا خاکستری روشن و شیل خاکستری تشکیل شده که به سمت بالا به تناوب مارن خاکستری روشن و سنگ آهک کرم رنگ تبدیل می‌شود (شکل ۲) و با آن که سنگ‌شناسی مشابه برش الگو است اما بخش‌های شیلی و مارنی از یکدیگر قابل تفکیک نیستند. لایه کلیدی تشکیل شده از سنگ آهک زیست آواری در رأس این سازند، دو سازند سرچشمه و سنگانه را از یکدیگر تفکیک کرده است. ستبرای سازند سرچشمه در برش الگو حدود ۱۳۸۰ متر است و به طور هم‌شیب بر روی سازند تیرگان و در زیر سازند سنگانه قرار دارد.

۲-۱. سازند سنگانه

در برش مورد مطالعه سازند سنگانه به طور هم‌شیب بر روی سازند سرچشمه و بانایوستگی فرسایشی در زیر سازند کلات قرار گرفته است. این سازند از تناوب شیل و مارن خاکستری در بخش‌های زیرین تشکیل شده که به سمت بالا به مارن آهکی خاکستری روشن با میان‌لایه‌هایی از شیل تبدیل می‌شود. ستبرای سازند سنگانه در این برش ۲۸۸ متر است که در مقایسه با برش‌های مجاور (مثلاً برش شیخ) در بخش خاوری کمتر است. سنگ‌شناسی سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش تکل کوه در شکل ۲ و گسترش و پراکندگی این دو سازند در شکل ۳ نشان داده شده است.

۳- روش مطالعه و نمونه‌برداری

از برش تکل کوه در فواصل ۳ تا ۵ متری و از ژرفای تقریباً ۳۰ سانتی‌متری ۲۸۸ نمونه

حوضه کپه‌داغ شامل کوه‌های هزار مسجد در شمال خاوری ایران است که در یک راستای WNW تا ESE از خاور دریای مازندران آغاز و پس از عبور از ترکمنستان و ایران وارد خاک افغانستان می‌شود (افشارحرب، ۱۳۷۳). این حوضه رسوبی از گسترش خوبی در بخش‌های شمال خاوری ایران برخوردار است. بخشی از حوضه کپه‌داغ که در ایران واقع است در محدوده عرض جغرافیایی $36^{\circ}00'N$ و $61^{\circ}14'E$ و طول جغرافیایی $38^{\circ}16'$ قرار دارد. (شکل ۱- الف و ب). این منطقه را بیشتر رسوبات دوران‌های مزوزوییک و سنوزوییک می‌پوشاند که ستبرای آن در برخی از نواحی بیش از هشت‌هزار متر است. در منطقه کپه‌داغ، رسوبات کرتاسه از گسترش و ستبرای قابل توجهی برخوردار هستند. مطالعه دقیق زمین‌شناسی این توالی توسط زمین‌شناسان شرکت ملی نفت ایران در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ انجام شده است. مطالعات (Afshar-Harb (1979 & 1373) بر روی زمین‌شناسی عمومی و زمین‌شناسی نفت این حوضه متمرکز و چینه‌شناسی و پتانسیل نفت‌زایی را در حوضه کپه‌داغ مورد بررسی قرار داده است. کلاتری (Kalantari, 1969) روزن‌بران ژوراسیک و کرتاسه این منطقه را مطالعه کرده است. آمونیت‌های کرتاسه این حوضه توسط Seyed-Emami & Aryai (1981); Seyed-Emami (1980); Immel et al. (1997) و Raisossadat (2004, 2006) و Seyed-Emami (1984, 1996) مطالعه شده است. نانوفسیل‌های آهکی در سازند سرچشمه توسط شکری (۱۳۷۹)، دهقان (۱۳۸۱)، هادوی و شکری (۱۳۸۵) و در سازند سنگانه توسط هادوی و بدافی (۱۳۸۵) در خاور منطقه مطالعه شده است.

نانوفسیل‌های آهکی در تریاس ظاهر شدند، در ژوراسیک به شکوفایی رسیدند و از اواخر ژوراسیک به بعد یکی از اجزای اصلی محیط‌های دریایی هستند. در اقیانوس‌های عهد حاضر نیز نانوپلانکتون‌های آهکی فراوان بوده و از اجزای اصلی رسوبات دریایی به شمار می‌روند (Bornemann et al., 2003).

همچنین نانوفسیل‌های آهکی شاخص‌های زیست‌چینه‌نگاری خوبی برای نهشته‌های مزوزوییک و سنوزوییک هستند (Thierstein, 1971, 1973; Sissingh, 1977; Perch- (Nielsen, 1979; Bown et al., 1998). هدف از این مطالعه تعیین سن دقیق سازندهای سرچشمه و سنگانه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در برش تکل کوه است. با توجه به این که مطالعات چندانی بر روی نانوفسیل‌های آهکی این دو سازند در باختر منطقه کپه‌داغ انجام نشده است و همچنین ستبرای این سازندها به سمت باختر به بیشترین

NC6 (Watznaueria oblongata zone) و زیست‌زون‌های NC5 (Chiastozygus litterarius zone) و NC7A (Rhagodiscus angustus zone) که در زیر شرح کوتاهی از هر یک بیان می‌شود.

زیست‌زون NC5 (Watznaueria oblonga): این زیست‌زون از آخرین حضور گونه *Cruciolithus cuvillieri* تا ظهور گونه *Rucinolithus irregularis* معرفی شده و نشان‌دهنده زمان بارمین است (Roth, 1978; Bralower et al., 1993 & 1995).

زیست‌زون NC6 (Chiastozygus litterarius): این زیست‌زون از ظهور گونه *Rucinolithus irregularis* تا ظهور گونه *Eprolithus floralis* معرفی شده و نشان‌دهنده زمان آپتین پیشین است (Roth, 1978; Bralower et al., 1993 & 1995).

زیست‌زون NC7 (Rhagodiscus angustus): این زیست‌زون از ظهور گونه *Eprolithus floralis* تا ظهور گونه *Prediscosphaera columnata* معرفی شده است (Roth, 1978; Bralower et al., 1993 & 1995). در درون این زیست‌زون، زیست‌زون فرعی (NC7A) از پیدایش گونه *Eprolithus floralis* تا آخرین حضور گونه *Micrantholithus spp.* تعریف شده است. این زیست‌زون نشان‌دهنده زمان آپتین است.

۷- بحث

۷-۱. نانوستراتیگرافی

اولین نمونه‌هایی که از بخش‌های زیرین برش برداشت شده حاوی گونه *Nannoconus bermudezii* هستند که شاخص بارمین پسین است (Deres and Achéritéguy, 1980). Perch-Nielsen (1979) آخرین حضور این گونه را با ظهور گونه *Chiastozygus litterarius* برابر دانسته است. آخرین حضور گونه *Nannoconus bermudezii* در ۴۵۰ متری قاعده برش (در سازند سرچشمه) ثبت شده است. ظهور گونه *Rucinolithus irregularis* در ردیف مورد مطالعه به عنوان شاخصه مرز بارمین-آپتین در نظر گرفته شده (Bralower et al., 1993) که در ۵۷۵ متری به ثبت رسیده، بنابراین از ابتدای برش تا ۵۷۵ متری متعلق به زون نانوفسیلی (NC5) *Watznaueria oblonga* (Roth, 1978; Bralower et al., 1993) است و به بارمین پسین تعلق دارد.

از ظهور گونه *Rucinolithus irregularis* تا ظهور گونه *Eprolithus floralis* به زون *Chiastozygus litterarius* (NC6) تعلق دارد (Roth, 1978; Bralower et al., 1993 & 1995). Thierstein (1973) شروع زون NC6 را منطبق بر ظهور گونه‌های *Rucinolithus irregularis* یا *Chiastozygus litterarius* و پایان آن را با ظهور *Eprolithus floralis* می‌داند و پایان آن را با ظهور *Rhagodiscus angustus* (Thierstein, 1973; Erba, 1988) یا *Rhagodiscus angustus* (Roth, 1978) مقارن دانسته است. Bralower et al. (1994) ظهور گونه *Rhagodiscus angustus* را پایین‌تر از ظهور گونه *Eprolithus floralis* قرار داده که در مواردی از جمله حوضه تیس نیز (Applegate & Bergen, 1988; Aguado et al., 1991, 1992a, b) این دو حادثه همزمان نیستند. در مطالعات Roth (1978) و (Roth, 1978 & 1994) یکی از این دو حادثه (ظهور گونه‌های *Rhagodiscus angustus* یا *Eprolithus floralis*) برای تعریف مرز بالایی زون NC6 استفاده شده است. با توجه به آن که فرم‌هایی حدواسط بین گونه *Rhagodiscus angustus* و گونه *Rhagodiscus gallagheri* وجود دارد (Aguado et al., 1999)، بنابراین در این مطالعه ظهور گونه *Eprolithus floralis* به جای ظهور گونه *Rhagodiscus angustus* مورد استفاده قرار گرفته و حداقل پیدایش گونه *Rucinolithus irregularis* در ۵۷۵ متری تا ظهور گونه *Eprolithus floralis* در ۱۴۱۵ متری به زون NC6 تعلق دارد.

از ظهور گونه *Eprolithus floralis* تا ظهور گونه *Prediscosphaera columnata* به زون *Rhagodiscus angustus* (NC7A) (Bralower et al., 1993; Manivit et al., 1977) تعلق دارد.

برداشت شد. نمونه‌های موجود (۲۸ نمونه) به روش ثقلی (Gravity settling technique) (Bown and Young 1998) آماده‌سازی شده و اسلایدها زیر میکروسکوپ نوری المپوس Olympus BX-51 و با بزرگنمایی ۱۲۵۰×، ۱۶۰۰× و ۲۰۰۰× مورد مطالعه قرار گرفته است. برای مطالعات تاکسونومی از Perch-Nielsen (1985) و Bown (1998) استفاده شده است.

تعداد جنس و گونه‌های نانوفسیل‌های آهکی در هر اسلاید شمارش شده است تا بتوان تنوع آنها را مورد بررسی قرار داد.

۴- حفظ شدگی، ترکیب و تنوع نانوفسیل‌های آهکی

فراوانی و اجتماع نانوفسیل‌های آهکی ممکن است تحت تأثیر انحلال و دیاژنز قرار بگیرند و سبب افزایش انواع مقاوم در برابر انحلال شود. همچنین دیاژنز باعث انحلال و یا رشد ثانویه کلسیت در نانوفسیل‌های آهکی می‌شود و تشخیص آنها را با مشکل روبه‌رو می‌کند. با توجه به ظرافت نانوفسیل‌ها، توجه به این مسئله در مطالعات از اهمیت زیادی برخوردار است. در این برش دیاژنز بر حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی تأثیر گذاشته است به طوری که در بعضی از لایه‌ها تنها نانوفسیل‌های مقاوم در مقابل دیاژنز دیده می‌شوند، اما در لایه‌هایی که دیاژنز تأثیر نداشته یا تأثیر کمتری داشته است، گونه‌های مقاوم در برابر دیاژنز به همراه گونه‌های ظریف حضور دارند. در سنگ‌آهک‌های مارنی و مارن‌های سازند سرچشمه حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی ضعیف تا متوسط است اما در مارن‌های سازند سنگانه نانوفسیل‌های آهکی از حفظ‌شدگی خوبی برخوردار هستند، به طوری که انواع حساس به دیاژنز نیز حضور دارند. طبق نظر Tremolada et al. (2006) حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های آهکی را می‌توان از روی غنای گونه‌ها نیز مشخص کرد، به طوری که نانوفسیل‌های آهکی با حفظ‌شدگی خوب تنوع بالایی داشته و همچنین تنوع نانوفسیل‌های آهکی در مارلستون بیشتر از کلی استون است. در برش مورد مطالعه تنوع نانوفسیل‌های آهکی در سازند سرچشمه بین ۰ تا ۴۷ و در سازند سنگانه بین ۲۱ تا ۶۶ نوسان دارد.

۵- حوادث زیستی نانوفسیل‌های آهکی

اولین رویداد زیستی نانوفسیل‌های آهکی در برش تکل کوه آخرین حضور (LO) گونه *Nannoconus bermudezii* و نخستین حضور (FO) گونه *Rucinolithus irregularis* است. محدوده چینه‌شناسی گونه *Nannoconus bermudezii* محدود به بارمین پسین بوده و اولین حضور گونه *Rucinolithus irregularis* با آغاز آپتین دیده شده است. حادثه زیستی دیگری که در برش تکل کوه ثبت شده اولین حضور گونه *Rhagodiscus angustus* است که تقریباً ۱۰۰ متر پیش از اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* به ثبت رسیده است. نخستین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* ثبت نشده و همچنین جنس *Micrantholithus spp.* تا انتهای برش دیده می‌شود. در شکل ۴ رویدادهای زیستی مهم نانوفسیل‌های آهکی و زیست‌زون‌های شناسایی شده نمایش داده شده‌اند.

۶- الگوی زیست‌زون‌بندی نانوفسیل‌های آهکی

نانوفسیل‌های آهکی یکی از مهم‌ترین گروه‌های فسیلی برای تعیین سن و تطابق لایه‌های رسوبی هستند. زیست‌زون‌بندی نانوفسیل‌های آهکی برای زمان بارمین-آپتین در حوضه تیس توسط (Manivit (1971), Thierstein (1971, 1973), Sissingh (1977), Roth (1978) و (Perch-Nielsen (1979) و (Bralower et al. (1993, 1995) پیشنهاد شده است. در نوشتار حاضر زون‌بندی Roth (1978) که توسط (Bralower et al. (1993, 1995) در آن تغییراتی داده شده، مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس زیست‌زون‌بندی Roth (1978)، زیست‌زون‌های یافت شده در توالی سازندهای سرچشمه و سنگانه عبارتند از: بخش بالایی زیست‌زون

در آب‌های گرم و عرض‌های جغرافیایی پایین می‌زیسته‌اند. آنها در محیط‌های فلات قاره‌ای با ژرفای کم که ورود مواد آواری ناچیز باشد به همراه گونه‌های پنتالیت (مانند Roth and Krumbach, 1986). نانو کونیدها معمولاً بخش چیره سنگ‌های کربناتی هستند و کاهش در فراوانی آنها منطبق با میزان کم کربنات کلسیم است (Erba and Tremolada, 2004). این گروه از نانوفسیل‌های آهکی در برش مورد مطالعه حضور و در بعضی از لایه‌ها فراوانی بالایی دارند و روند مشابهی را با توجه به میزان کربنات کلسیم اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند (به غیر از لایه‌هایی که تحت تأثیر دیاژنز شدید قرار گرفته‌اند).

جنس و گونه‌هایی مانند *Biscutum constans*, *Discorhabdus ignotus* و *Diazomatolithus lehmanii* نیز در بعضی از لایه‌ها حضور داشته و فراوانی خوبی دارند. این جنس و گونه‌ها شاخص میزان بالای مواد غذایی در محیط رسوبی هستند (Roth and Bowdler, 1981; Roth and Krumbach, 1986; Erba et al., 1992; Herrle, 2003; Erba and Tremolada, 2004).

از دیگر انواع نانوفسیل‌های آهکی که در برش مورد مطالعه در بعضی از لایه‌ها فراوانی خوبی دارند جنس *Rhagodiscus* spp. است که در مطالعات انجام شده *Rhagodiscus* spp. به عنوان شاخص آب‌های گرم در نظر گرفته می‌شود (Erba, 1986, 1987; Roth and Krumbach, 1986; Mutterlose, 1987, 1989, 1991; Crux, 1989; Erba et al., 1992). با توجه به این که انواع شاخص آب گرم مانند *Rhagodiscus* و *Nannoconids* در زمان آپتین فراوانی خوبی در منطقه دارد اما گونه‌های شاخص آب سرد مانند *Serbiscutum* sp. و *Repagulum parvidentatum* (Street and Bown, 2000) نادرند، در نتیجه گرمی آب‌های منطقه طی زمان تنه‌نشست این رسوبات محتمل می‌نماید. این گفته با شرایط آب و هوای گرم و گلخانه‌ای که برای کرتاسه میانی در نظر گرفته شده (Barron et al., 1995)، همخوانی دارد.

۸- نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده بر روی نانوفسیل‌های آهکی موجود در برش تکل کوه واقع در باختر منطقه کپه‌داغ بیانگر نتایج زیر است:

- براساس زیست‌زون‌بندی (Roth (1978)، زون‌های نانوفسیلی *Watznaueria Rhagodiscus angustus* و *Chiastozygus litterarius* (NC6) • *oblonga* (NC5) (NC7) تعیین شده است.

- اجتماعات نانوفسیلی موجود سن بارمین پسین-آپتین پیشین را برای سازند سرچشمه و سن انتهای آپتین پیشین-ابتدای آپتین پسین را برای سنگانه در برش تکل کوه واقع در باختر منطقه کپه‌داغ آشکار می‌کند.

- فرایند دیاژنز در بعضی از لایه‌ها بر اجتماع، تنوع و فراوانی نانوفسیل‌های آهکی تأثیر گذاشته است، بنابراین در بعضی از لایه‌ها، تنوع نانوفسیل‌های آهکی کم و تنها گونه‌های مقاوم در برابر دیاژنز با فراوانی بالا دیده شده‌اند. در لایه‌هایی که دیاژنز تأثیر نداشته و یا تأثیر آن کم بوده است، گونه‌های مقاوم در برابر دیاژنز به همراه گونه‌های ظریف دیده می‌شوند.

- اجتماع نانوفسیل‌های آهکی شامل نانوفسیل‌های با پراکندگی جهانی و نانوفسیل‌هایی است که تنها در حوضه تنیس یافت شده‌اند. از جمله نانوفسیل‌هایی که شاخص حوضه تنیس هستند می‌توان به *Nannoconus* spp. و *Percivalia fenestrata* اشاره کرد.

- با توجه به حضور نانوفسیل‌های آهکی شاخص آب‌های گرم مانند *Nannoconus* spp. و *Rhagodiscus* spp. و نادر بودن گونه‌های شاخص آب‌های سرد مانند *Serbiscutum* sp. و *Repagulum parvidentatum*، استنباط می‌شود که در زمان رسوبگذاری این دو سازند، آب‌های گرم در منطقه چیره بوده‌اند.

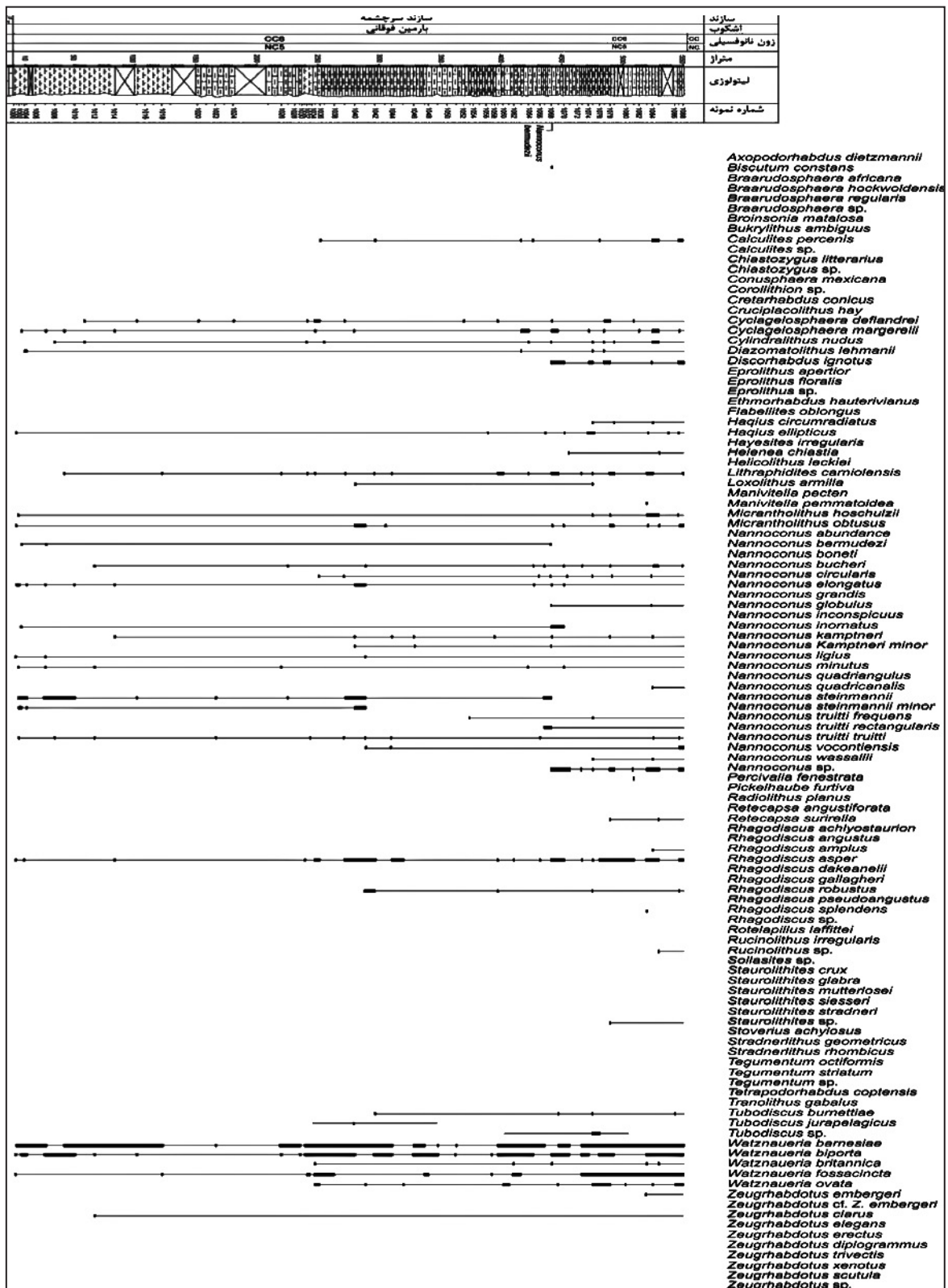
(Roth, 1978) تعلق دارد اما در مطالعه حاضر ظهور *Prediscosphaera columnata* ثبت نشده و انواع *Micrantholithus* spp. تا انتهای برش حضور دارد، بنابراین بخش بالایی برش از ظهور *Eprolithus floralis* در ۱۴۱۵ متری تا انتهای برش به زون *Rhagodiscus angustus* (NC7A) تعلق دارد. بر پایه زیست‌زون‌بندی نانوفسیلی سن سازند سرچشمه بارمین پسین-آپتین پیشین و سن سازند سنگانه انتهای آپتین پیشین-ابتدای آپتین پسین است.

پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در برش مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده و تصویر نانوفسیل‌های مهم موجود در تابلوهای ۱، ۲ و ۳ آمده است.

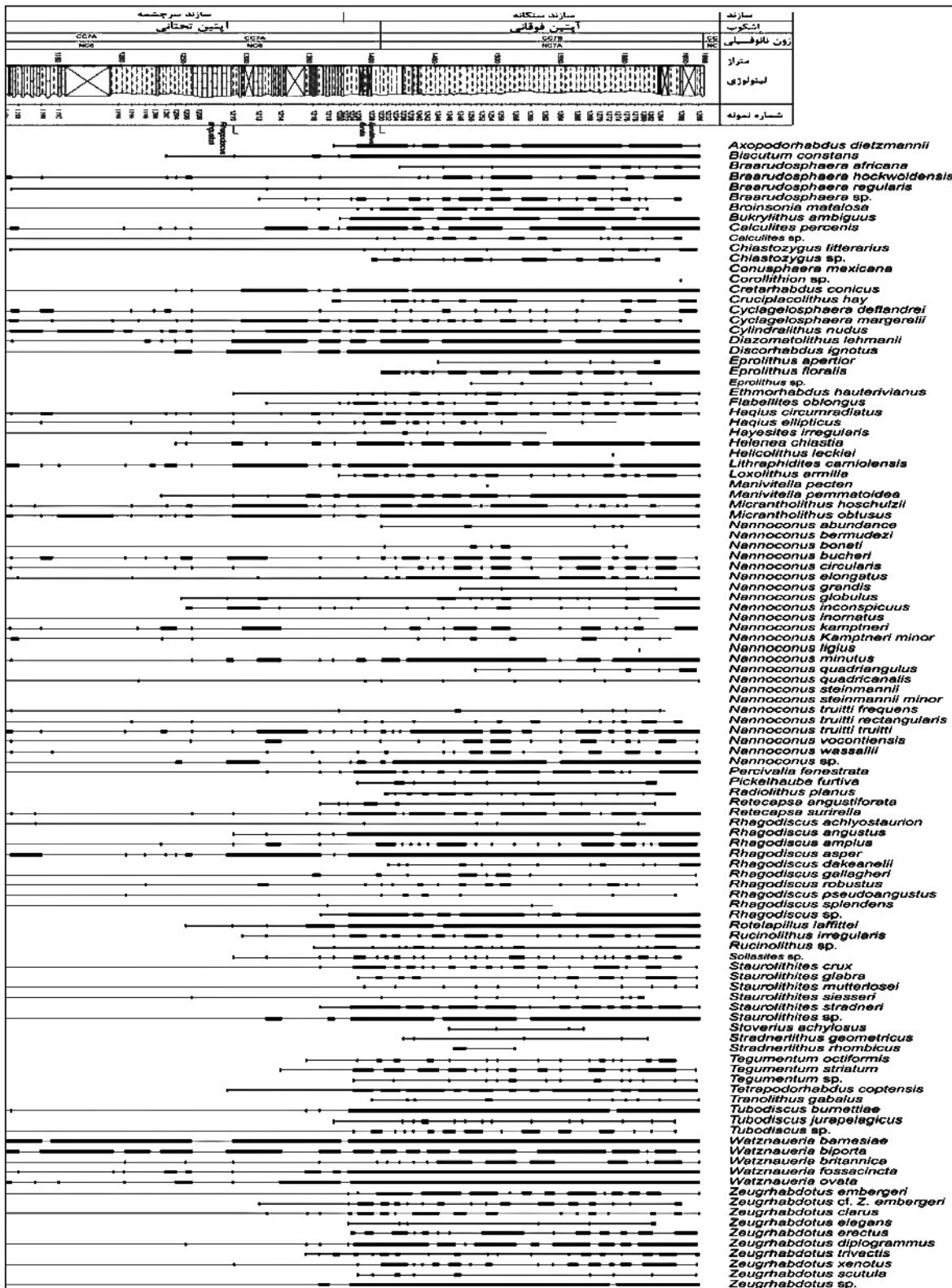
۲-۷. محیط رسوبی و جغرافیای دیرین

نانوفسیل‌های موجود در زمان بارمین پسین-آپتین در سازندهای سرچشمه و سنگانه در منطقه کپه‌داغ از انواع با پراکندگی جهانی (مانند، *Biscutum constans*, *Cyclagelosphaera* spp., *Diazomatolithus lehmanii*, *Lithraphidites carniolensis*, *Rhagodiscus* spp., *Watznaueria* spp., *Zeughrabdotos* spp. مختص حوضه تنیس (مانند، *Haqius* spp., *Nannoconus* spp., *Micrantholithus* spp., *Perch-Nielsen*, 1979, 1985, 1988; Mutterlose, 1987), *Percivalia fenestrata* (1992a,b; Van Niel, 1994) تشکیل شده است.

به‌طور کلی ترکیب اجتماع نانوفسیل‌های آهکی بیانگر غنای مواد غذایی و دمای آب‌های سطحی است. همچنین فرایندهای رسوبگذاری مانند دیاژنز بر حفظ شدگی نانوفسیل‌های آهکی و در نهایت ترکیب اجتماع آنها تأثیر دارد. بنابراین توجه به میزان فراوانی و تنوع این اشکال از اهمیت زیادی برخوردار است. برای مثال گونه *Watznaueria barnesae* معمولاً به عنوان یک گونه با پراکندگی جهانی در نظر گرفته می‌شود (Premoli Silva et al., 1989; Roth and Krumbach, 1986). *Premoli Silva et al.*, 1989; Roth and Krumbach, 1986) که در تمامی دوران مزوزویک زیای (فون) چیره بوده است. درصد بالای *Watznaueria barnesae* که یک جنس مقاوم در برابر دیاژنز است در نمونه‌های با حفظ‌شدگی خوب تا متوسط بیانگر آب‌های سطحی الیگوتروف است (Roth and Krumbach, 1986; Premoli, 1998). اگر در نانوفسیل‌های آهکی با حفظ‌شدگی متوسط، فراوانی *Watznaueria barnesae* بیش از ۴۰ درصد باشد، این امر بیانگر تغییرات دیاژنتیکی و انحلال جنس و گونه‌های ظریف است (Roth and Bowdler, 1981; Thierstein, 1981; Thierstein, 2006). (and Roth, 1991; Williams and Bralower, 1995; Tremolada et al., 2006). در برش تکل کوه در بعضی از لایه‌ها (لایه‌های سنگ‌آهک ماری سازند سرچشمه)، *Watznaueria barnesae* به همراه جنس و گونه‌های مقاوم در برابر دیاژنز مانند *Rhagodiscus* spp., *Zeughrabdotos* spp. و *Cretarhabdus* spp. اندازه بزرگ‌تر از ۳/۵ میکرون (Tremolada et al., 2006) دیده شده و نمونه‌ها فاقد گونه‌های ظریف، مانند *Biscutum constans* و *Discorhabdus ignotus* (Tremolada et al., 2006) هستند. در این لایه‌ها فراوانی و تنوع نانوفسیل‌های آهکی پایین است، به طوری که بعضی از نمونه‌ها به دلیل تأثیر عوامل دیاژنزی فاقد نانوفسیل است. در بعضی دیگر از لایه‌ها (برای مثال لایه‌های ماری سازند سنگانه) این جنس همراه با جنس و گونه‌های ظریف یافت می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر کم دیاژنز و انحلال بر اجتماعات نانوفسیلی است. در این نمونه‌ها تنوع نانوفسیلی بالا است. گروه دیگر از نانوفسیل‌های آهکی نانو کونیدها هستند که فرم‌های مقاوم در برابر دیاژنز هستند بنابراین کاهش شدید در فراوانی این دسته را بیشتر می‌توان در ارتباط با عوامل اولیه محیطی در مقایسه با تأثیر عوامل دیاژنزی دانست. نانو کونیدها با شرایط الیگوتروف (Busson and Noël, 1991; Herrle, 2003) یا مزوتروف (Scarparo Cunha and Koutsoukos, 1998) سازگاری دارند. Street and Bown (2000) عقیده دارند که نانو کونیدها تاکنون‌های نریتیک هستند که

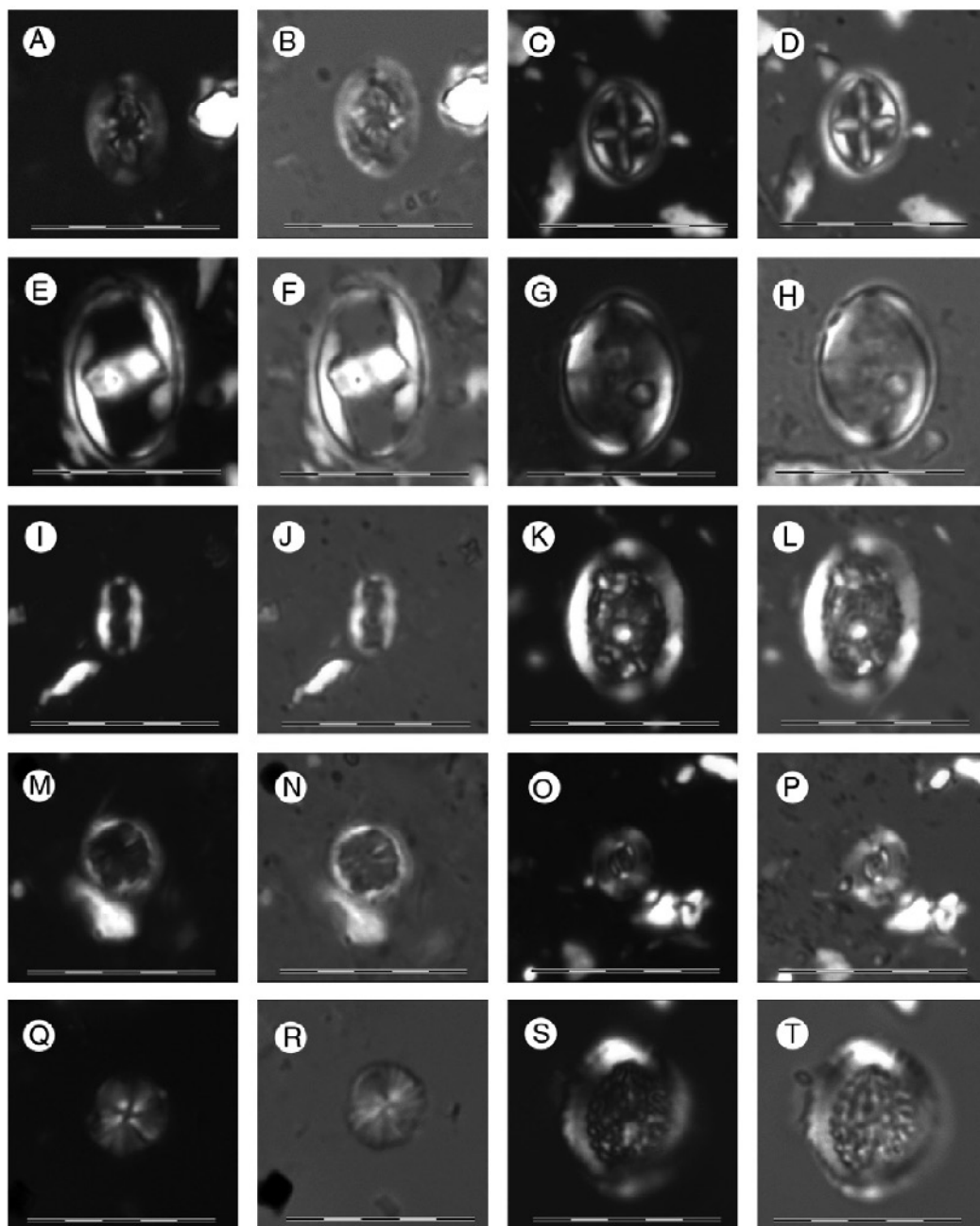


شکل ۵- پراکنده‌گی نانوفسیل‌های آهکی در برش تکل کوه



ادامه شکل ۵- پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی در برش تکل کوه

Plate 1



Chiastozygaceae

Figs. A, B- *Bukryolithus ambiguous* Black, 1971a. Sample 1280, Fig. A (XPL), Fig. B (PPL), 2000x.

Figs. C, D- *Staurolithites stradneri* Rood et al., 1971. Sample 1275, Fig. C (XPL), Fig. D (PPL), 2000x.

Figs. E, F- *Zeugrhabdotus embergeri* (Noël, 1958) Perch-Nielsen, 1984. Sample 1273, Fig. E (XPL), Fig. F (PPL), 2000x.

Rhagodiscaceae

Figs. G, H- *Percivalia fenestrata* (Worsley, 1971) Wise, 1983. Sample 1272, Fig. G (XPL), Fig. H (PPL), 2000x.

Figs. I, J- *Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971. Sample 1235, Fig. I (XPL), Fig. J (PPL), 2000x.

Figs. K, L- *Rhagodiscus asper* (Stradner, 1966) Reinhardt, 1967. Sample 1283, Fig. K (XPL), Fig. L (PPL), 2000x.

Stephanolithiaceae

Figs. M, N- *Rotelapillus laffitei* (Noël, 1957) Noël, 1973. Sample 1235, Fig. M (XPL), Fig. N (PPL), 2000x.

Biscutateae

Figs. O, P- *Biscutum constans* (Górka, 1957) Black, 1959. Sample 1235, Fig. O (XPL), Fig. P (PPL), 2000x.

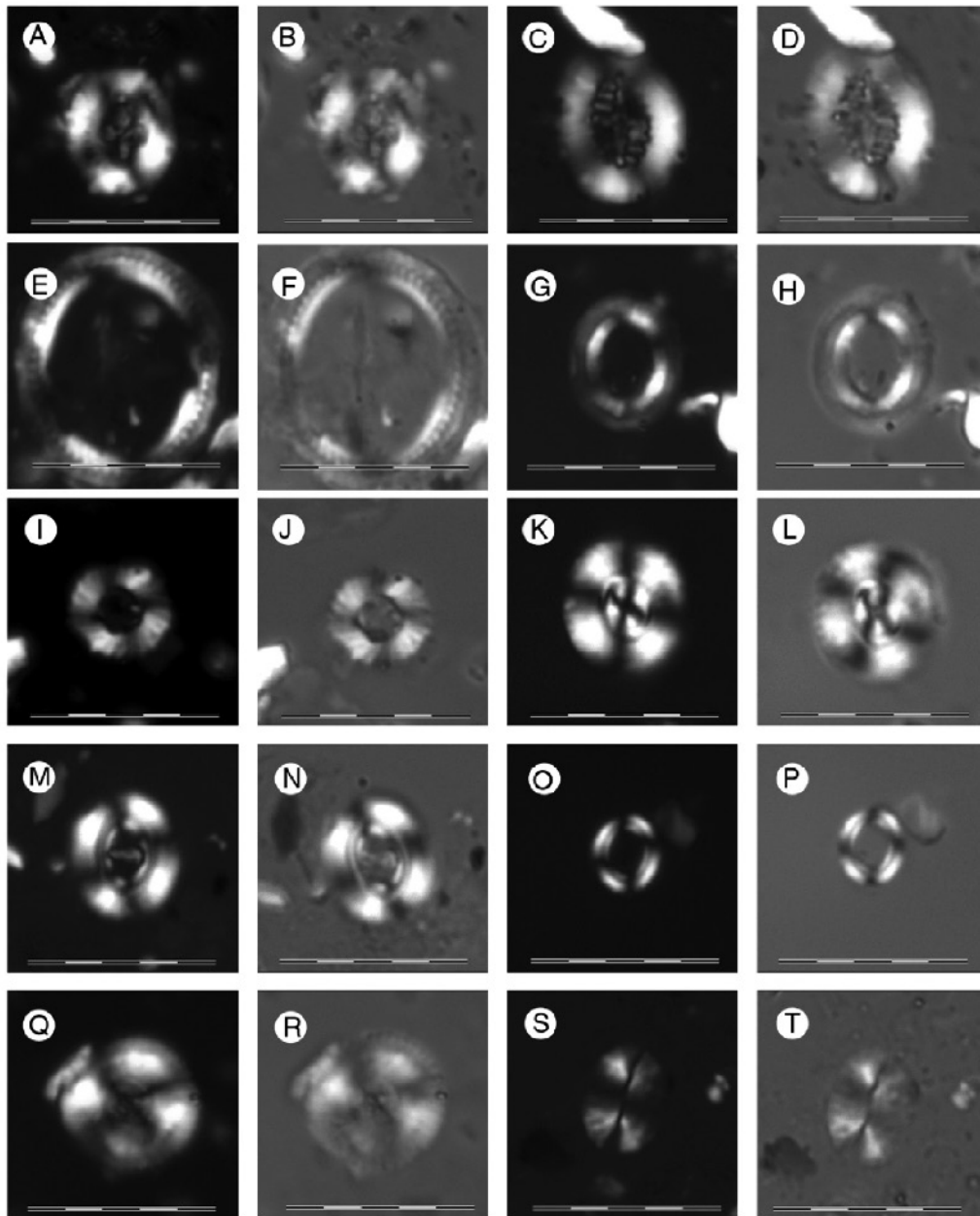
Figs., Q, R- *Discorhabdus ignotus* (Gorka, 1957) Perch-Nielsen, 1968. Sample 1234, Fig. Q (XPL), Fig. R (PPL), 2000x.

Cretrarhabdaceae

Figs. S, T- *Cretrarhabdus conicus* Bramlette and Martini, 1964. Sample 1235, Fig. S (XPL), Fig. T (PPL), 2000x.

Scale bar: 10µm.

Plate 2



Cretarhabdaceae

Figs. A, B- *Helenea chiesta* Worsley, 1971. Sample 1279, Fig. A (XPL), Fig. B (PPL), 2000x.

Figs. C, D- *Retecapsa surirella* (Deflandre and Fert, 1954) Grün in Grün and Allemann, 1975. Sample 1284, Fig. C (XPL), Fig. D (PPL), 2000x.

Tubodiscaceae

Figs. E, F- *Manivitella pemmatoidea* (Deflandre, 1965) Thierstein, 1971 emend. Black, 1973. Sample 1286, Fig. E (XPL), Fig. F (PPL), 2000x.

Figs. G, H- *Tubodiscus burnettiae* Bown in Kennedy et al., 2000. Sample 1235, Fig. G (XPL), Fig. H (PPL), 2000x.

Watznaueriaceae

Figs. I, J- *Diazomatolithus lehmanii* Noël, 1965. Sample 1269, Fig. I (XPL), Fig. J (PPL), 2000x.

Figs. K, L- *Watznaueria barnesiae* (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968. Sample 1245, Fig. K (XPL), Fig. L (PPL), 2000x.

Figs. M, N- *Watznaueria Britannica* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1964. Sample 1276, Fig. M (XPL), Fig. N (PPL), 2000x.

Figs. O, P- *Watznaueria ovata* Bukry, 1969. Sample 1235, Fig. O (XPL), Fig. P (PPL), 2000x.

Uncertain Heterococcoliths

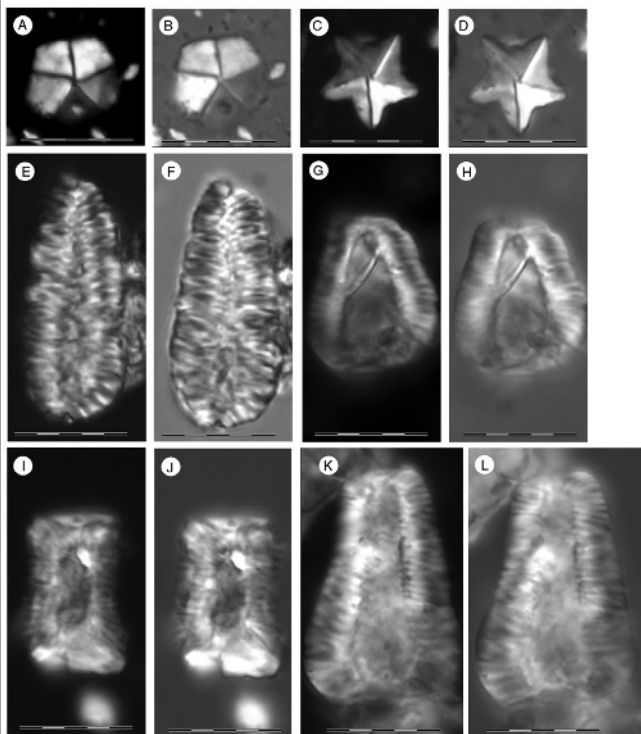
Figs. Q, R- *Haqius circumradiatus* (Stover, 1966) Roth, 1978. Sample 1284, Fig. Q (XPL), Fig. R (PPL), 2000x.

Calyptrosphaeraceae

Figs. S, T- *Calculites perennis* Jeremiah, 1996. Sample 1234, Fig. S (XPL), Fig. T (PPL), 2000x.

Scale bar: 10µm.

Plate 3



Nannoliths

Braarudosphaeraceae

Figs. A, B- *Braarudosphaera hockwoldensis* Black, 1973.

Sample 1288, Fig. A (XPL), Fig. B (PPL), 2000x.

Figs. C, D- *Micrantholithus obtusus* Stradner, 1963. Sample

1272, Fig. C (XPL), Fig. D (PPL), 2000x.

Nannoconaceae

Figs. E, F- *Nannoconus bermudezi* Brönnimann, 1955.

Sample 1002, Fig. E (XPL), Fig. F (PPL), 2000x.

Figs. G, H- *Nannoconus bucheri* Brönnimann, 1955.

Sample 1251, Fig. G (XPL), Fig. H (PPL), 2000x.

Figs. I, J- *Nannoconus elongatus* Brönnimann, 1955.

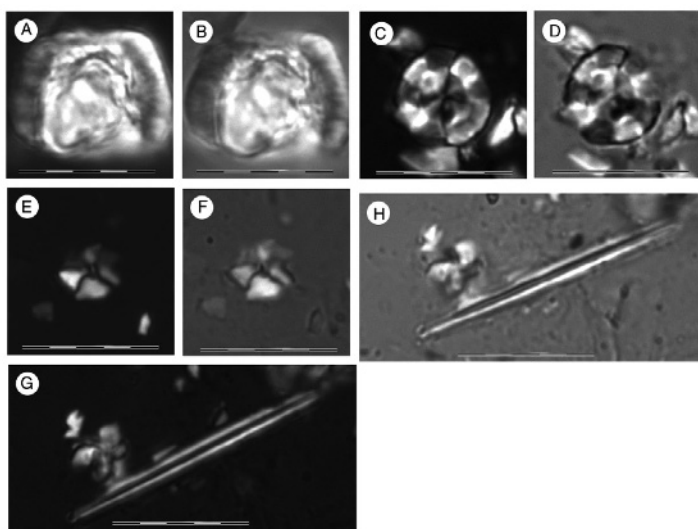
Sample 1276, Fig. I (XPL), Fig. J (PPL), 2000x.

Figs. K, L- *Nannoconus kamptneri* Brönnimann, 1955.

Sample 1250, Fig. K (XPL), Fig. L (PPL), 2000x.

Scale bar: 10µm.

Plate 4



Nannoconaceae

Figs. A, B- *Nannoconus circularis* Deres and Achéritéguy,

1980. Sample 1260, Fig. A (XPL), Fig. B (PPL), 2000x.

Polycyclolithaceae

Figs. C, D- *Eprolithus floralis* (Stradner, 1962) Stover, 1966.

Sample 1234, Fig. C (XPL), Fig. D (PPL), 2000x.

Uncertain polycycloliths

Figs. E, F- *Rucinolithus irregularis* Thierstein in Roth and

Thierstein, 1972. Sample 1288, Fig. E (XPL), Fig. F

(PPL), 2000x.

Microrhabdulaceae

Figs. G, H- *Lithraphidites carniolensis* Deflandre, 1963.

Sample 1280, Fig. G (XPL), Fig. H (PPL), 2000x.

Scale bar: 10µm.

کتاب‌نگاری

- افشارحرب، ع، ۱۳۷۳- زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه‌داغ. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۲۷۵ صفحه.
- دهقان، ف، ۱۳۸۱- بایواستراتیگرافی سازنده سرچشمه بر اساس نانوپلانکتون‌های آهکی در مقطع تیپ (کپه‌داغ مرکزی)؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۱ صفحه.
- شکری، م، ح، ۱۳۷۹- بایواستراتیگرافی سازنده سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی (۶۵ کیلومتری شمال شرق مشهد) در مقطع تیپ. رساله کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.
- هادوی، ف. و شکری، م، ۱۳۸۵- بایواستراتیگرافی سازنده سرچشمه بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی در برش آتشیگان و امیرآباد (رشته کوه کپه‌داغ)؛ دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صفحه ۲۱۹.
- هادوی، ف. و بدافی، ف، ۱۳۸۵- بایواستراتیگرافی سازنده سنگانه بر مبنای نانوپلانکتون‌های آهکی در مقطع امیرآباد و مزدوران؛ دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، صفحه ۲۰۶.

References

- Afshar-Harb, A., 1979- The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of the Kopet Dag region, northern Iran, Unpublished Ph.D. thesis, Imperial College of Science and Technology, London, 316 pp.

- Aguado, R., 1993- Nannofósiles del Cretácico de la Cordillera Bética. Bioestratigrafía. PhD thesis, Dpt. Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, 413 pp., 37 pls (Universidad de Granada, Granada).
- Aguado, R., Castro, J. M., Company, M. & Alfonso de Gea, G., 1999- Aptian bioevents _ an integrated biostratigraphic analysis of the Almadich Formation, Inner prebetic Domain, SE Spain. *Cretaceous Research*, 20, 663- 683.
- Aguado, R., Company, M., O'Dogherty, L., Sandoval, J. & Tavera, J. M., 1992a- Biostratigraphic analysis of the pelagic Barremian/ Aptian in the Betic Cordillera (southern Spain). Preliminary data. *Cretaceous Research*, 13, 445-452.
- Aguado, R., Molina, J. M. & O'Dogherty, L., 1992b- Bioestratigrafía y litoestratigrafía de la Formación Carbonero (Barremiense-Albiense?) en la transición Subbético Externo- Subbético Medio (Sur de Jaén). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 17, 325-344.
- Aguado, R., O'Dogherty, L., Rey, F. J. & Vera, J. A., 1991- Turbiditas calcáreas del Cretácico al Norte de Vélez Blanco (Zona Subbética): bioestratigrafía y génesis. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 4, 271-304.
- Applegate, J. L. & Bergen, J. A., 1988- Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 103, 293-348.
- Barron, E. J. & Washington, W. M., 1985- Warm Cretaceous climates: high atmospheric CO₂ as a plausible mechanism. In: Sundquist, E.T., Broecker, W.S. (Eds.), *The carbon cycle and atmospheric CO₂: natural variations Archean to Present*, Geophysical Monograph, 32, American Geophysical Union, Washington DC, pp. 546-553.
- Berberian, M. & King, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, 18, 210-265.
- Bornemann, A., Aschwer, U. & Mutterlose, J., 2003- The impact of calcareous nannofossils on the pelagic carbonate accumulation across the Jurassic-Cretaceous boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 199, 187-228.
- Bown, P. R., (Eds.), 1998- *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, Chapman and Hall, London, 315.
- Bown, P. R. & Young, J. R., 1998- Techniques; In: Bown, P.R., (Eds.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall, London, 16- 28.
- Bown, P. R., Rutledge, D., Crux, J. A. & Gallagher, L. T., 1998- Lower Cretaceous. In: Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 86-131.
- Bralower, T. J., Arthur, M. A., Leckie, R. M., Sliter, W. V., Allard, D. J. & Schlanger, S. O., 1994- Timing and Paleoceanography of Oceanic Dysoxic/Anoxia in the Late Barremian to Early Aptian (Early Cretaceous). *Palaios*, 9, 335-369.
- Bralower, T. J., Leckie, R. M., Sliter, W. V. & Thierstein, H. R., 1995- An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy; *SEPM Special Publication*, 54, 65-79.
- Bralower, T. J., Sliter, W. V., Arthur, M. A., Leckie, R. M., Allard, D. J. & Schlanger, S. O., 1993- Dysoxic/anoxic episodes in the Aptian-Albian (Early Cretaceous). *American Geophysical Union Schlanger Memorial Volume, Monograph*, 73, 5-37.
- Burns, C. E. & Bralower, T. J., 1998- Upper Cretaceous nannofossil assemblages across the Western Interior Seaway: implications for the origins of lithologic cycles in the Greenhorn and Niobrara Formations. *SEPM, Society for Sedimentary Geology, Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 6, 35-58.
- Busson, G. & Noël, D., 1991- Les nannoconidés indicateurs environnementaux des océans et mers épicontinentales du Jurassique terminal et du Crétacé inférieur. *Oceanol. Acta*, 14, 333-356.
- Cobianchi, M., Luciani, V. & Bosellini, A., 1997- Early Cretaceous nannofossils and planktonic foraminifera from northern Gargano (Apulia, southern Italy). *Cretaceous Research* 18, 249-293.
- Crux, J. A., 1989- Biostratigraphy and paleogeographical applications of Lower Cretaceous nannofossils from north-western Europe. In: Crux, J.A., van Heck, S.E. (Eds.), *Nannofossils and their Applications*. Ellis Horwood, Chichester, pp. 143-211.
- Deres, F. & Ach éritéguy, J., 1980- Biostratigraphie des Nannoconides. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 4, 1-53.
- Erba, E., 1986- I Nannofossili calcarei nell'Aptiano-Albiano (Cretacico inferiore): biostratigrafia, paleoceanografia e diagenesi degli Scisti a Fucoidi del Pozzo Piobbico (Marche). Ph.D. thesis, University of Milan, 313 pp.
- Erba, E., 1987- Mid-Cretaceous cyclic pelagic facies from the Umbrian-Marchean Basin: what do calcareous nannofossils suggest? *International Nannoplankton Association Newsletter* 9, 5253-.
- Erba, E., 1988- Aptian-Albian calcareous nannofossil biostratigraphy of the Scisti a Fucoidi cored at Piobbico (central Italy). *Riv. Ital. Paleontol. Stratigr.*, 94, 249-284.
- Erba, E., 1994- Nannofossils and superplumes: the early Aptian "nannoconid crisis". *Paleoceanography*, 9, 483501-.
- Erba, E., Castradori, D., Guasti, G. & Ripepe, M., 1992- Calcareous nannofossils and Milankovitch cycles: the example of the Albian Gault Clay Formation (southern England). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 93, 47-69.
- Erba, E. & Tremolada, F., 2004- Nannofossil carbonate fluxes during the Early Cretaceous: phytoplankton response to nutrification episodes, atmospheric CO₂, and anoxia. *Paleoceanography* 19. doi:10.1029/2003PA00084 (PA1008).
- Herrle, J. O., 2003- Reconstructing nutricline dynamics of mid-Cretaceous oceans: evidence from calcareous nannofossils from the Niveau Paquier black shale (SE France). *Marine Micropaleontology*, 47, 307-321.
- Immel, H., Seyed-Emami, K. & Afshar-Harb, A., 1997- Kreide- Ammoniten aus dem iranischen teil des Koppeh-Dagh (NE-Iran). *Zitteliana*, 21, 159-190.
- Kalantari, A., 1969- Foraminifera from the Middle Jurassic-Cretaceous successions of Kopet Dagh region (NE-Iran). Ph.D. Thesis, London University, England.

- Manivit, H., 1971- Nannofossils calcaires du Crétacé français (Aptien – Masetrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes. Ph.D. Thesis, Université de Paris, France.
- Manivit, H., Perch-Nielsen, K., Prins, B. & Verbeek, J. W., 1977- Mid Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Proceedings, 80, 169–181.
- Mutterlose, J., 1992a- Biostratigraphy and palaeobiogeography of Early Cretaceous calcareous nannofossils. *Cretaceous Research*, 13, 167–189.
- Mutterlose, J., 1992b- Migration and evolution patterns of floras and faunas in marine Early Cretaceous sediments of NW Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 94, 261-282.
- Mutterlose, J., 1987- Calcareous nannofossils and belemnites as warmwater indicators from the NW-German Middle Aptian. *Geologische Jahrbuch*, 96, 293-313.
- Mutterlose, J., 1989- Temperature-controlled migration of calcareous nannofloras in the north-west European Aptian. In: Crux, J.A., van Heck, S.E. (Eds.), *Nannofossils and their Applications*. Proceedings of the International Nannofossil Association Conference, London. Ellis Horwood, Chichester, pp. 122–142.
- Mutterlose, J., 1991- Das Verteilungs- und Migrationmuster des kalkigen Nannoplanktons in der borealen Unterkreide (Valangine-Apt) NW-Deutschlands. *Paleontographica B* 221, 27-152.
- Perch-Nielsen, K., 1988- New lower cretaceous calcareous nannofossil species from England. *International Nannoplankton Association Newsletter*, 10, 30–37.
- Perch-Nielsen, K., 1979- Calcareous Nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. In: Wiedmann, J. (Eds.), *Aspekte der Kreide Europas*. IUGS Series A, 6, pp. 223–272.
- Perch-Nielsen, K., 1985- Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Earth Science Series, Cambridge University Press, pp. 329-426.
- Premoli Silva, I., Erba, E. & Tornaghi, M., 1989- Paleoenvironmental signals and changes in surface fertility in mid Cretaceous Corg-rich pelagic facies of the Fucoïd Marls (Central Italy). *Geobios*, 11, 225-236.
- Raisossadat, S. N., 2004- The ammonite family Deshayesitidae in the Kopet Dag Basin, north-east Iran. *Cretaceous Research*, 25, 115-136.
- Raisossadat, S. N., 2006- The ammonite family Parahoplitidae in the Sanganeh Formation of the Kopet Dag Basin, north-eastern Iran. *Cretaceous Research*, 27, 907-922.
- Roth, P. H., 1978- Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean. Initial Report of the DSDP, 44, 731-759.
- Roth, P. H. & Bowdler, J. L., 1981- Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biogeography and oceanography of the Atlantic Ocean. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 32, 517-546.
- Roth, P. H. & Krumbach, K. R., 1986- Middle Cretaceous calcareous nannofossil biogeography and preservation in the Atlantic and Indian oceans: implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, 10, 235-266.
- Scarpato Cunha, A. A. & Koutsoukos, E. A. M., 1998- Calcareous nannofossils and planktic foraminifers in the upper Aptian of the Sergipe Basin, northeastern Brazil: palaeoecological inferences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 142, 175-184.
- Seyed-Emami, K., 1980- Parahoplitidae (Ammonoidea) aus dem Nordost- und Zentraliran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1980, 719-737.
- Seyed-Emami, K. & Aryai, A. A., 1981- Ammoniten aus dem unteren Cenoman von Nordostiran (Koppeh Dag). *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*, 21, 23-39.
- Seyed-Emami, K., Forster, R. & Mojtahedi, A., 1984- Ammoniten aus dem mittleren Cenoman von Nordost-Iran (Koppeh-Dagh). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 159-172.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G. & Behroozi, A., 1996- Ammoniten aus dem Oberen Bajoc (Mittlerer Jura) des SE-Koppeh Dag und SE-Alborz (NEIran). *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*, 36, 87-106.
- Sissingh, W., 1977- Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie Mijnbouw*, 56, 37-65.
- Street, C. & Bown, P. R., 2000- Palaeobiogeography of Early Cretaceous (Berriasian-Barremian) calcareous nannoplankton. *Marine Micropaleontology*, 39, 265-291.
- 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 Geologisches Bundesanstalt*, 29, 3-53.
- Thierstein, H. R., 1981- Late Cretaceous nannoplankton and the change at the Cretaceous Tertiary boundary. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 32, 355-394.
- Thierstein, H. R. & Roth, P. H., 1991- Stable isotopic and carbonate cyclicity in Lower Cretaceous deep-sea sediments: dominance of diagenetic effects. *Marine Geology*, 97, 1-34.
- Tremolada, F., Erba, E. & Bralower, T. J., 2006- Late Barremian to early Aptian calcareous nannofossil paleoceanography and paleoecology from the Ocean Drilling Program Hole 641C (Galicia Margin). *Cretaceous Research*, 27, 887-897.
- Van Niel, B., 1994- A review of the terminology used to describe the genus *Nannoconus* (calcareous nannofossil, incertae sedis). *Cah. Micropaleontol.*, 9, 29–55.
- Williams, J. R. & Bralower, T. J., 1995- Nannofossil assemblages, fine fraction stable isotopes, and the paleoceanography of the Valanginian-Barremian (Early Cretaceous) North Sea Basin. *Paleoceanography*, 10, 815-864.
- Wise, S. W., 1988- Mesozoic-Cenozoic history of calcareous nannofossils in the region of Southern Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 67, 157-179.