

## بررسی زیست‌محیطی ترسبات کامپانین - ماستریشتین

پوهنمل دوکتور محمدانور محقی استاد دیپارتمنت جیولوجی پوهنحی زمین‌شناسی پوهنتون بامیان

moheghy@gmail.com

### چکیده

در این تحقیق شرایط زیست‌محیطی ترسبات کامپانین - ماستریشتین از طریق معرفی و شناسایی نانوفوسیل‌های آهکی، تعیین بایوزون‌های زیستی و مقایسه آن با زون بندی‌های استاندارد جهانی و تفسیر پالئوآکولوجیکی حوضه انجام می‌گیرد. برای دستیابی به این هدف چندین سکشن بر مبنای نانوفوسیل‌های آهکی مطالعه گردید که با توجه به اولین ظهور گونه‌های شاخص نانوفوسیلی مانند *Micula prinsii* و *Quadrum trifidum*, *Quadrum sissinghii* و مجموعه فوسیل‌های همراه، سن سکشن‌های انتخاب شده ابتدای کامپانین پسین و انتهای ماستریشتین پسین پیشنهاد می‌شود. شمارش گونه‌های شناسایی شده و تفسیر پالئوآکولوجیکی نشانگر عرض‌های جغرافیایی نسبتاً پایین، پروداکتیویتی و فرتیلیتی کم و رسوب‌گذاری در دمای نسبتاً بالا می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** زیست‌محیطی، نانوفوسیل‌های آهکی، کامپانین، ماستریشتین، بایوزون

# **Environmental study of the Campanian – Maastrichtian sediments**

Senior teaching assistant Dr. Mohammad Anvar Moheghy

Geology Department, Geosciences Faculty, Bamyan University

moheghy@gmail.com

In this research, the environmental conditions of Campanian-Maastrichtian sediments are introduced through the introduction and identification of calcareous nannofossils, the determination of biological biozones and their comparison with global standard zonations and paleoecological interpretation of the sedimentary basin. In order to achieve this goal, several sections based on calcareous nannofossil were studied. Due to the first occurrence of the nannofossil index species such as *Quadrum sissinghii*, *Quadrum trifidum* and *Micula prinsii* and associated fossils, the age of the selected sections Early Late Campanian-Late Late Maastrichtian is suggested, the counting of identified species and paleoecological interpretations indicates relatively low geographic latitudes, low productivity and low fertility, and sedimentation at relatively high temperatures.

**Key words:** Environmental, Calcareous nannofossils, Campanian, Maastrichtian, Biozone

## مقدمه

در این تحقیق نانوفوسیل‌های آهکی مربوط به زمان‌های کامپانین و ماستریشتین در کپه داغ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). نانوپلانکتون‌های آهکی در تریاس پسین ظاهر شدند و در طول مزوزوئیک و سنوزوئیک متنوع شده و در دریا‌های امروزی به‌وفور یافت می‌شوند. این دسته از فوسیل‌ها به دلیل تنوع زیاد و فراوانی نسبی در محیط‌های رسوبی استوایی و نیمه‌استوایی و همچنین به علت محدودهٔ چینه‌شناسی کوتاه، برای زیرتقسیمات بایواستراتیگرافی از اهمیت فراوانی برخوردارند. خصوصیت پلانکتونی یا شناوری این گروه فوسیلی و در نتیجه پراکندگی نانوفوسیل‌ها در نواحی جغرافیایی وسیع به سودمندی آن‌ها به‌عنوان ابزاری جهت تطابق بین ناحیه‌ی می‌افزاید (هادوی، ۱۳۸۷).

گونه‌های نواحی گرمسیر و معتدل حضور یکپارچه دارند و برای زون‌بندی بایواستراتیگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در عرض‌های جغرافیایی بالاتر تعداد گونه‌ها کمتر است و انواعی هم که وجود دارند دارای محدوده سنی زیادی هستند و از نظر استراتیگرافی ارزش کمتری دارند.

اهداف این مطالعه بررسی زیست‌محیطی ترسبات کامپانین - ماستریشتین از طریق معرفی و شناسایی نانوفوسیل‌های آهکی این مرز، تعیین زون‌های زیستی موجود در آن و مقایسهٔ آن با زون - بندیه‌های استاندارد جهانی، بررسی چگونگی سطح تماس فرمیشن‌ها و در نهایت تفسیر پالئوآکولوجیکی حوضه می‌باشد.

## استراتیگرافی فرمیشن‌های کلات و آبدراز

نام فرمیشن کلات از ناودیس کلات و شهرک کلات نادری گرفته شده، ولی بهترین گسترش آن در تنگ نیزار دیده می‌شود به این دلیل سکشن الگو در این تنگ معرفی گردید. در این محل، فرمیشن کلات از ۲۷۷ متر سنگ‌آهک و شیل تشکیل شده است (افشارحرب، ۱۳۷۳).

فرمیشن کلات بیشتر در مناطق مرکزی و خاور کپه داغ گسترش دارد. در غرب کپه داغ، ردیف‌های مشابه با فرمیشن کلات رخساره سکشن الگو را ندارند و از جنوب به شمال، ضخامت آن‌ها کاهش می‌یابد (آقانباتی، ۱۳۸۳).

سکشن الگوی فرمیشن آبدراز در ۷۵ کیلومتری شرق مشهد در روستای آبدراز واقع است. در این محل لیتولوجی فرمیشن آبدراز شامل ۱۸۸ متر شیل و سنگ آهک می‌باشد (افشارحرب، ۱۳۷۳).

ضخامت این فارمیشن از جنوب شرق به طرف شمال غرب از ۵۰۰ متر تا ۱۵۰۰ متر تغییر می‌کند.  
(درویش زاده، ۱۳۸۸).



شکل ۱- تصاویری از سکشن‌های مطالعه شده

در شرق کپه داغ مرز زیرین فارمیشن کلات با فارمیشن نیزار پیوسته گزارش شده است (Hadavi & Notghi Moghaddam, 2012) ولی در غرب کپه داغ افشارحرب (۱۳۷۳) براین باوراست که مرز زیرین فارمیشن کلات سطحی فرسایشی است که به صورت ناپیوسته بر روی واحد سنگی آبدراز قرار دارد.

در این تحقیق تعداد ۱۲ نمونه از ۳۰ متر ضخامت مرز زیرین فارمیشن کلات در هر سه سکشن قلعه زو، شیخ و جوزک، باهدف بررسی دقیق بایواستراتیگرافی و پالئواکولوجی برداشت و مطالعه گردید. لیتولوجی مرز فارمیشن کلات و آبدراز در سکشن‌های مذکور عمدتاً شامل سنگ‌آهک، سنگ‌آهک ماسه‌یی، شیل و مارن آهکی است.

### آماده‌سازی و مطالعه

نانوپلانکتون‌های آهکی به تعداد میلیون‌ها عدد در هر گرم از نمونه‌ها وجود دارند و به همین علت برای کار با نانوفسیل‌ها نمونه‌یی کوچک کافی است. ازسنگی با ابعاد سه سانتی متر مکعب به‌راحتی می‌توان چند نمونه آماده‌سازی کرد. مزیت دیگر برداشت نمونه‌های بزرگ‌تر برای کار نانوفسیل این است که معمولاً این نمونه‌ها برای کارهای میکرو فوسیلی دیگر و آنالیزهای جیوشیمیایی مثل اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های پایدار، کلسی متری (Calcimetry) و محتوای کربن ارگانیکی نیز مناسب و ایده‌آل هستند.

آماده‌سازی با روش اسمیراسلاید (Smear slide) انجام می‌شود به دلایل متعدد این روش نسبت به روش‌های دیگر مزیت دارد:

اولاً در این روش از ظروف آزمایشگاهی متعدد استفاده نمی‌شود، پس امکان آلودگی از این طریق وجود ندارد، ثانیاً بدلیل استفاده از تمام رسوب تراشیده شده احتمال از دست رفتن فوسیل‌های شاخص یا فوسیل‌هایی با وزن مخصوص خاص صفر می‌شود که این مسئله اثری مطلوب بر شمارش فوسیل‌ها و تفسیر پالئواکولوجیکی نمونه‌ها می‌گذارد.

ثالثاً استفاده از روش اسمیراسلاید نسبت به روش‌های دیگر آسان‌تر بوده و تجهیزات آزمایشگاهی خاصی مورد نیاز نمی‌باشد، آماده‌سازی آن سریع بوده و در زمان کوتاه‌تری نسبت به روش‌های دیگر انجام می‌گردد (Bown and Young, 1998).

در روش اسمیراسلاید نخست حدود یک سانتی‌متر مکعب از نمونه به‌وسیله کاردک تراشیده می‌شود تا میزان تأثیر آلودگی و هوازدگی به حد اقل برسد سپس مقداری از نمونه به میزان تقریبی ۸-۱۰ گرم خراشیده شده تا به صورت پودر درآید آنگاه با افزودن قطره‌یی آب مقطر و به کمک

یک خلال دندان پودر حاصله روی لام پهن شده و توسط حرکات زیگزاکی خلال دندان ضخامت‌های مختلف از نمونه روی لامل ایجاد می‌شود و پس از خشک شدن نمونه روی اجاق برقی با استفاده از چسب کانادا بالزام لامل آماده شده روی لام چسبانده می‌شود.

هرچند که مناسب‌ترین لیتولوجی از نظر وجود نانوفوسیل‌های آهکی مارن و چاک است ولی فوسیل‌های مذکور در تمامی ترسبات دریایی مزوزوئیک و سنوزوئیک که حاوی کربنات کلسیم دانه‌ریز بوده و تحت تأثیر متامورفیسم، دیاجنز شدید و هوازدگی قرار نگرفته‌اند، یافت می‌شوند. به این سبب جهت تهیه نمونه تازه و غیر هوازده، نمونه‌برداری از اعماق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری انجام می‌شود.

جهت بررسی خصوصیات نانوفوسیل‌ها از میکروسکوپ نوری المپوس مدل BX51 و با عدسی شیئی ۱۰۰ و روغن ایمرسیون استفاده گردید و مطالعه ساختمان گونه‌های مختلف در دو نور موازی (PPL) و متقاطع (XPL) انجام شد.

به منظور شناسایی نانوفوسیل‌ها و نیز مطالعات بایواستراتیگرافی از گزارش‌های متعددی مانند Cepek and Hay (1969), Thierstein (1976), Perch-Nielsen (1985), Williams and Bralower (1995), Burnett (1998), Bown *et al.*, (1998), Bown and Concheyro (2004). استفاده شده است و برای انجام مطالعات آماری تعداد نانوفوسیل‌های موجود در بیست میدان دید شمارش گردید.

### تاریخچه مطالعات فوسیل‌شناسی

مطالعات فوسیل‌شناسی چندی بر روی فارمیشن آبدراز انجام شده که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

طاهری و وزیری مقدم (۱۳۸۳)، Kalantari (1969)، فروغی و صادقی (۱۳۸۵)، بخشنده و خسرو تهرانی (۱۳۸۷)، همچنین مطالعات رسوب‌شناسی نیز توسط محمودی قرایی و همکاران (۱۳۸۹) و فاتح بهاری و همکاران (۱۳۹۰) صورت گرفته است.

فارمیشن کلات نیز توسط محققان مختلفی از جمله Hadavi & Notghi Moghaddam, (2012)، علامه و همکاران (۱۳۸۶)، مطالعه شده است. از گزارش‌های رسوب‌شناسی مربوطه می‌توان به محبوبی و همکاران (۱۳۸۴) و موسوی حرمی و همکاران (۱۳۸۸) اشاره کرد.

در این تحقیق علاوه بر معرفی بایوزون‌های نانوفسیلی به مطالعه مرز فارمیشن‌های آبدراز و کلات در غرب کپه داغ پرداخته و تأثیر فاکتورهای زیست‌محیطی بر مبنای نانوفوسیل‌های آهکی بررسی گردید.

## بایوزوناسیون

نانوپلانکتون‌های آهکی به دلیل تنوع زیاد و فراوانی نسبی در محیط‌های رسوبی استوایی و نیمه-استوایی، محدوده سنی کوتاه و اندازه بزرگ اهمیت فراوانی در بایواستراتیگرافی دارند. تاکنون مطالعات زیست‌چینه‌ی فراوانی بر مبنای نانوفوسیل‌های کریتاسیس در دنیا انجام‌شده که منجر به تعیین استانداردهای جهانی شده است که مهم‌ترین آن زون بندی استاندارد جهانی (Sissingh, 1977) است که در این گزارش از آن استفاده‌شده است. در این زون بندی بر اساس اولین حضور و یا انقراض گونه‌های شاخص و مجموعه فوسیل‌های همراه آن‌ها، بایوزون‌ها تعریف می‌گردد بر این اساس بایوزون‌های نانوفسیلی CC21 و CC26 در مرز زیرین فارمیشن کلات شناسایی شده است که جهت تفاسیر پالئواکولوجیکی به آن‌ها اشاره می‌شود:

### **Quadrum sissinghii Zone (CC21)**

این بایوزون از ظهور گونه *Quadrum sissinghii* تا ظهور گونه *Quadrum trifidum* ادامه دارد که سن آن ابتدای کامپانین پسین می‌باشد. ضخامت بایوزون مذکور در هر یک از سکشن‌های قلعه زو، شیخ و جوزک هجده متر بوده که شامل ترسبات بخش فوقانی فارمیشن آبدراز می‌شود. Sissingh (1977) در منطقه تونس و بر اساس گونه *C. aculeus* این بایوزون را به سه بایوزون فرعی تقسیم کرد. در عرض‌های بالا اولین حضور گونه *Arkhangelskiella cymbiformis* به‌عنوان شاخص قاعده این زون به کار می‌رود.

### **Nephrolithus frequens zone (CC26)**

این بایوزون از ظهور تا انقراض گونه *Nephrolithus frequens* تعریف می‌شود و نشان‌گر بازه زمانی انتهای ماستریشتین پسین می‌باشد از آنجاکه گونه *N. frequens* شاخص عرض‌های جغرافیایی بالاست لذا بر اساس گزارش Perch-Nielsen (1985) در عرض‌های جغرافیایی پایین ظهور گونه *Micula prinsii* به‌عنوان شاخص بخش فوقانی این بایوزون استفاده می‌شود. ضخامت این بایوزون در تمامی سکشن‌های قلعه زو، شیخ و جوزک دوازده متر بوده که شامل ترسبات آهکی بخش زیرین فارمیشن کلات می‌گردد.

با توجه به بایوزون‌های معرفی‌شده سن پیشنهادی در هر سه سکشن برای ضخامت مورد مطالعه ابتدای کامپانین پسین و انتهای ماستریشتین پسین است نبود بایوزون‌های CC24, CC22, CC23 و CC25 بین بخش فوقانی فارمیشن آبدراز و بخش زیرین فارمیشن کلات نشان‌دهنده وجود ناپیوستگی در این مرز می‌باشد.

## مناقشه

ویژگی شناوری و در نتیجه پراکندگی نانوفوسیل‌های آهکی در نواحی جغرافیایی وسیع به سودمندی آن‌ها به‌عنوان ابزاری برای تطابق بین ناحیه‌ی می‌افزاید (هادوی، ۱۳۸۷). از این‌رو در این تحقیق بر پایه حضور گونه‌هایی که شاخص فاکتورهای مختلف محیطی هستند و نیز بر اساس تغییرات فراوانی نانوفوسیل‌های آهکی در طول سکشن‌های مورد مطالعه و نتایج زیر حاصل شده است.

### میزان انحلال نانوفوسیل‌های آهکی

با توجه به میزان فراوانی گونه‌های مقاوم و درصد فراوانی بسیار پایین *M. decussate* که به‌عنوان گونه‌ی مقاوم در برابر انحلال شناخته می‌شود (Williams & Bralower 1995). می‌توان به تأثیر پدیده انحلال در مرز زیرین فرمیشن کلات در سکشن‌های سه‌گانه مطالعه شده در غرب کپه داغ پی برد. در حالی که شرق کپه داغ در سکشن‌های دوبرادر، چه‌چهره و کلات دارای تعداد نسبتاً فراوان *M. decussate* است که می‌تواند نشان‌گر عدم تأثیر پدیده انحلال باشد. در مجموع حفظ‌شدگی اندام‌های ظریف‌تر و آسیب‌پذیرتر مانند پل‌ها و صلیب‌ها در نانوفوسیل‌های آهکی مطالعه‌شده در شرق کپه داغ بیشتر است. علاوه بر آن تنوع و فراوانی گونه‌های نانوفوسیلی در شرق کپه داغ نسبت به غرب فراوان‌تر می‌باشد (Hadavi & Notghi Moghaddam, 2012). با توجه به تأثیر منفی دیاجنز و انحلال بر میزان حفظ‌شدگی نانوپلانکتون‌های آهکی می‌توان گفت که فراوانی و تنوع کمتر نانوفوسیل‌های آهکی در غرب کپه داغ می‌تواند ناشی از تأثیر دیاجنز و انحلال در زمان رسوب‌گذاری باشد.

### درجه حرارت

تحقیقات انجام‌شده بر روی تغییرات دمایی کریتاسیس بر اساس گروه‌های مختلف فسیلی به‌ویژه نانوفوسیل‌های آهکی، بسیار متنوع بوده و اکثر آن‌ها وجود شرایط دمایی متفاوتی را برای کریتاسیس پیشنهاد می‌کنند که برخی از این تحقیقات به‌قرار ذیل هستند:

(Thibult and Gardin, 2007, Barrera and Savin, 1999, Eshet *et al.*, 1992, Li and Keller, 1999)

نکته مهم این است که نانوفوسیل‌های آهکی نسبت به تغییرات دمایی بسیار حساس‌اند و مجموعه‌های نانوفوسیلی موجود در آب‌های سرد اقیانوس‌های کنونی متفاوت از مجموعه‌های موجود در آب‌های گرم هستند. برای پی‌بردن به وضعیت دمایی گذشته با کمک نانوفوسیل‌ها می‌توان از چگونگی ساختار کوکولیت‌ها و حضور یا عدم حضور گونه‌های شاخص آب و هوایی استفاده نمود.



کوکولیت‌ها حاوی کربنات کلسیم کریستالی می‌باشند و عمل کلسیتی‌شدن در دمایی دو تا سه برابر دمای زیست کوکولیت‌ها انجام می‌گیرد.

با توجه به وجود نانوفوسیل‌های شاخص آب‌وهوای گرم و عرض‌های جغرافیایی پایین در مرز زیرین فارمیشن کلات و عدم وجود فوسیل‌های شاخص آب‌وهوای سرد و عرض‌های جغرافیایی بالا می‌توان گفت منطقه در عرض جغرافیایی نسبتاً پایین واقع شده و در نتیجه رسوب‌گذاری در آب‌وهوای نسبتاً گرم صورت گرفته است.

### مواد غذایی

بین تنوع نانوفوسیل‌ها و میزان مواد غذایی رابطه عکس وجود دارد زیرا ورود مقدار زیادی مواد غذایی به‌وسیله رودخانه‌های اطراف به حوضه و جریان‌های رو به بالا باعث ناپایداری شرایط محیطی شده و تنوع نانوفوسیل‌ها را کاهش می‌دهد (Erba, 2006). از سویی برخی گونه‌های نانوفوسیلی از جمله *Biscutum constance*, *Discorhabdutus rotatorius*, *Discorhabdus ignotus*, *Diazomatholithus lehmanii* (Mutterlose et al., 2005) نشان‌گر پروداکتیویتهی بالا بوده و در مقابل گونه‌های مانند *Watznaeria barnesae*, *Eiflithus*, *Lithraphidites carniolensis* و *turriseiflithus*, *Prediscosphaera Cretacea*, نشان‌دهنده پروداکتیویتهی پایین می‌باشند (Herrle et al. 2003).

پایین بودن تنوع نانوفوسیل‌های آهکی در مرز زیرین فارمیشن کلات در سکشن‌های مورد مطالعه گویای میزان نسبتاً کم مواد غذایی در حوضه رسوب‌گذاری در زمان تشکیل ترسبات است و حضور گونه‌های شاخص پروداکتیویتهی پایین مانند *Watznaeria barnesae*, *Eiflithus* و *turriseiflithus*, *Lithraphidites carniolensis* و عدم حضور گونه‌های شاخص پروداکتیویتهی بالا نشان‌دهنده پروداکتیویتهی پایین حوضه است.

تحقیق انجام‌شده در شرق حوضه رسوبی کپه داغ مبین تنوع بیشتر نانوفوسیل‌های آهکی در این مرز است (Hadavi & Notghi Moghaddam, 2012) و این امر می‌تواند بیانگر پروداکتیویتهی بالاتر شرق کپه داغ نسبت به غرب آن در مرز زیرین فارمیشن کلات باشد.

### عمق قدیمه

باتوجه به وضعیت گونه‌ها می‌توان تا حدودی به عمق حوضه رسوبی مورد نظر پی‌برد. نانوفوسیل‌های آهکی که فتواتروف بوده و قادر به انجام فتوسنتز هستند عمدتاً در زون نوری که نور بیشترین نفوذ را دارد به‌وفور یافت می‌شوند زون نوری با توجه فاکتورهای مختلف از جمله زاویه تابش

نور خورشید، میزان شفافیت و تلاطم آب‌ها حداکثر تا عمق دوصد متری را دربر می‌گیرد ولی نانوپلانکتونهای آهکی بیشترین فراوانی را در عمق پنجاه متری دارند (شکل ۲)؛ اما به دلیل خاصیت شناوری و قرارگیری در پلت‌های مدفوعی و ریزش به‌صورت برف‌های دریایی حتی بعد از عمق موازنه کربنات کلسیم Carbonate Compensation Depth هم قابل رؤیت هستند.

فراوانی گونه *W. barnesae* با عمق نسبت عکس دارد (Watkins *et al.*, 1996) این مطلب در مطالعات کنونی نیز صادق است. بدین معنا که با افزایش عمق تعداد *W. barnesae* کم می‌شود.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق با توجه به گسترش استراتیگرافی نانوفوسیل‌های آهکی موجود در مقاطع مورد مطالعه و اولین حضور گونه‌های شاخص و تجمع فسیلی همراه بایوزون‌های CC21 و CC26 از زون‌بندی Sissingh (1977) پیشنهاد می‌گردد که نشان‌گر بازه زمانی ابتدای کامپانین پسین برای بخش فوقانی فارمیشن آبدراز و انتهای ماستریشتین پسین برای بخش زیرین فارمیشن کلات می‌باشد. در ضمن نبود بایوزون‌های C22, CC23, CC24 و CC25 در این مرز نشان‌دهنده وجود ناپیوستگی در آن است. از مجموع مطالعات پالئواکولوجیکی می‌توان به دمای نسبتاً بالا، پروداکتیویتی و فرتیلیتی پایین حوضه و قرارگیری آن در عرض جغرافیایی نسبتاً پایین پی‌برد.

## منابع

۱. افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳. زمین‌شناسی ایران، زمین‌شناسی کپه داغ. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ ص.
۲. آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
۳. بخشنده، ل.، خسرو تهرانی، خ.، ۱۳۸۷. هم ارزی ردیف‌های سنگی و زیستی تورونین - کامپانین در دو حوضه کپه داغ و ایران مرکزی براساس فرامینیفرهای پلانکتونیک، مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۴ (۲): ۱۶۵-۱۷۲.
۴. درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۸. زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص.
۵. طاهری، ع.، وزیری مقدم، ح.، ۱۳۸۳. بایواستراتیگرافی داینوفلاژله در سازندهای آبدراز، آب تلخ و چهل‌کمان در مقطع تیپ آیتامیر. مجموعه مقالات هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۱۴-۱۶ شهریور ۱۳۸۳، دانشگاه صنعتی شاهرود، صص ۶۷۷-۸۶۸.
۶. علامه، م.، قاسمی‌نژاد، الف.، سعیدی، ع.، ۱۳۸۶. پالینولوژی و محیط دیرینه سازند کلات در شرق حوضه رسوبی کپه داغ، فصل‌نامه زمین‌شناسی کاربردی، ۳ (۳): ۱۸۷-۲۰۰.
۷. فاتح بهاری، ل.، محبوبی، الف.، محمودی قرایی، م.ح.، موسوی حریمی، ر.، ۱۳۹۰. تاریخچه دیاژنز زوج لایه‌های گل‌سفید- مارن آهکی در سازند آبدراز، شرق حوضه کپه داغ، رخساره‌های رسوبی، ۴(۱): ۷۷-۹۲.
۸. فروغی، ف.، صادقی، ع.، ۱۳۸۵. بایواستراتیگرافی سازند آبدراز در مقطع چینه‌شناسی روستای طاهرآباد (شرق حوضه کپه داغ) برمبنای فرامینیفرهای پلانکتونی، زمین‌شناسی ایران، ۲(۴): ۴۷-۶۳.
۹. محبوبی، الف.، موسوی حریمی، س.ر.، نجفی، م.، منصوری دانشور، پ.، ۱۳۸۴. چینه‌نگاری سکانسی و تاریخچه تغییرات سطح آب دریا در سنگ‌های آهکی سازند کلات (ماستریشتین بالایی) در شمال مشهد، فصل‌نامه علوم زمین، ۱۵(۵۸): ۲-۱۷.
۱۰. محمودی قرایی، م.ح.، کریمیان طرقله، الف.، وحیدی نیا، م.، ۱۳۸۹. ایکنوفاسیس گلوسی فانجیتس در آخرین افق سازند آبدراز، ویژگی‌ها و کاربردها در تفسیر محیط رسوبی، رخساره‌های رسوبی، ۳(۱): ۸۵-۹۳.
۱۱. موسوی حریمی، س.ر.، محبوبی، الف.، کریمیان طرقله، الف.، ۱۳۸۸. تاریخچه رسوب‌گذاری و چینه‌نگاری سکانسی سازند کلات در غرب کپه داغ و مقایسه آن با بخش مرکزی حوضه، فصل‌نامه زمین‌شناسی ایران، ۳(۹): ۶۷-۷۸.
۱۲. هادوی، ف.، ۱۳۸۷. نانوپلانکتونهای آهکی، نشر بنفشه مشهد، ۵۷۶ ص.

13. Barrera, E., Savin, SM. 1999 "Evolution of Campanian–Maastrichtian marine climates and oceans. In: Barrera, E.,

- Johnson, CC. (eds.), Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System" Geological Society of America, Special, Boulder. Paper 332, pp. 245–282.
14. Bown, P.R., and Young, J. (1998) Techniques In: Bown. P.R., (Ed.). Calcareous nannofossil biostratigraphy. Kluwer Academic publisher. London. pp. 16-28.
  15. Bown, P.R., Rutledge, D.C., Crux, J.A., & Gallagher, L.T., 1998. Lower Cretaceous. In: Bown, P.R., (Ed.), Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman & Hall /Kluwer Academic Publishers, pp. 86-131.
  16. Burnett, J.A., 1998. Upper Cretaceous In: Bown PR (ed) Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Chapman and Hall/ Kluwer Academic Publishers: 132–199.
  17. Cepek, P., Hay W.W. 1969. Calcareous nannoplankton and biostratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous. Trans Gulf Coast Assoc. Geol Soc, 19:323–336.
  18. Erba, E., 2006. The first 150 million years history of calcareous nannoplankton: Biosphere – geosphere interactions. Palaeo Journal. 232: 237- 250.
  19. Eshet, Y., Moshkovitz, S., Habib, D., Benjamini, C., Margaritz, M. 1992 "Calcareous nannofossil and dinoflagellate stratigraphy across the Cretaceous/ Tertiary boundary at Hor Hahar, Israel" Marine Micropaleontology. 18: 199–228.
  20. Hadavi, F., Notghi Moghaddam, M., 2012. Nannostratigraphy, nannofossil events, and paleoclimate fluctuations in the lower boundary of Kalat formation in East Kopet Dagh (NE Iran). Arabian Journal of Geoscience. doi.10.1007/s12517-012-0802
  21. Herrle, J., Pross, J., Friedrich, O., Kobler, P., Hemleben, C., 2003. Forcing mechanisms for mid-Cretaceous black shale formation: evidence from the Upper Aptian and Lower Albian of the Vocontian Basin (SE France). Palaeo Journal. 399- 426.
  22. Kalantari, A., 1969. Foraminifera from the middle – Jurassic – Cretaceous successions of Kopet Dagh region (N.E. IRAN). Tehran, NIOC. Laboratories, Publication, No.3, Ph.D. thesis, London University.
  23. Li, L., Keller, G. 1999 "Variability in Late Cretaceous and deep waters: evidence from stable isotopes" Marine Geology. 161: 171–190

24. Mutterlose, J., Bornemann, A., & Herrle, J.O., 2005. Mesozoic calcareous nannofossils state of the art. *Palaeontologische Zeitschrift*, V: 79 pp. 113-134. doi. 10.1007/BF03021757.
25. Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., Perch-Nielsen, K., (Eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Univ. Press. 329- 426.
26. Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en mijnbouw*, 56: 37-65.
27. Thibault, N., Gardin, S., 2007. The late Maastrichtian nannofossil record of climate change in the South Atlantic DSDP Hole 525A. *Marine Micropaleontology*. 65: 163- 184.
28. Thierstein, H.R., 1976. Mesozoic Calcareous Nannoplankton, *Micropaleontology*. 1: 325-362.
29. Watkins, D.K., Wise, S.W., Pospichal, J.J., Crux, J., 1996. Upper Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and paleoceanography of the Southern Ocean. In: Mognilevsky, A., Whatley, R. (Eds.), *Microfossils and Oceanic Environments*. Aberystwyth Press, University of Wales, pp. 355–381.
30. 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*. v. 10, p. 815-839.