

## نانواستراتیگرافی نهشته‌های برش آویچ (حاشیه شرقی بلوک لوت)

مرضیه نطقی مقدم<sup>۱\*</sup>، فرح جلیلی<sup>۲</sup>، فاطمه هادوی<sup>۳</sup>

- ۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
- ۲- دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند، ایران
- ۳- استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

\*پست الکترونیک: m.n.moghaddam@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۴

### چکیده

در این پژوهش زیست‌چینه‌نگاری نهشته‌های منسوب به الیگومیوسن برش چینه‌شناسی آویچ واقع در حاشیه شرقی بلوک لوت بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی بررسی شده است. این نهشته‌ها حدود ۵۵۰ متر ضخامت دارند و عمدتاً شامل واحدهای ماسه‌سنگی، آرژیلیتی و مارنی با میان لایه‌های ماسه‌سنگی می‌باشند. بر اساس مطالعات انجام‌شده، ۴۵ گونه نانوفسیلی متعلق به ۱۸ جنس شناسایی شد. بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده، زیست‌زون‌های NN2 و NN3 از زیست‌پهنه‌بندی Martini (1971) برای نهشته‌های روی بخش ماسه‌سنگی و زیست‌زون‌های NN7 تا NN9 برای بالاترین بخش از نهشته‌های مورد مطالعه تعیین گردید. زیست‌زون‌های تعیین شده نشانگر سن آکیتانین - تورتونین برای توالی مورد بررسی است. همچنین وجود زیست‌زون‌های NP18 و NP19 در نمونه‌های متعلق به بالاترین ردیف‌های گذر زیرین توالی یاد شده در برش آویچ، نشانگر سن ائوسن پسین (پریابونین) برای این نهشته‌ها است. نبود زیست‌زون‌های NP20 تا NNI، می‌تواند ناشی از نبود نانوفسیل‌های آهکی در ماسه‌سنگ‌های منطقه و یا قطع شدگی توالی ناشی از گسل خوردگی بین نهشته‌های ائوسن و میوسن باشد.

**واژه‌های کلیدی:** نانواستراتیگرافی؛ آویچ؛ بلوک لوت؛ آکیتانین؛ تورتونین؛ پریابونین.

### مقدمه

مرکزی است. وجود فعالیت‌های شدید ماگمایی و توده‌های نفوذی، حضور گسل‌ها و درز و شکاف‌های فراوان و وجود رخصاره‌های مختلف دگرگونی در واحدهای مختلف سنگی از ویژگی‌های شاخص آن می‌باشد. علاوه بر آن به صورت محدودتر سنگ‌های رسوبی نظیر سنگ آهک، مارن و ماسه‌سنگ نیز در این پهنه ساختاری دیده می‌شوند (آقانباتی، ۱۳۸۳). توالی رسوبات پالئوژن و نوژن در برخی مناطق این حوضه رسوبی رخنمون دارند، اما به دلیل وجود شرایط تکنونیک خاص در بسیاری از نقاط، این توالی‌ها مورد

بلوک لوت با روند شمالی - جنوبی و با درازای حدود ۹۰۰ کیلومتر و عرض حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر، شرقی‌ترین بخش خرد قاره ایران مرکزی است (آقانباتی، ۱۳۸۳). به باور بیشتر زمین‌شناسان، مرز شرقی بلوک لوت با گسل نهندان، مرز غربی با گسل نایبند، مرز شمالی با گسل درونه و مرز جنوبی این بلوک با فروافتادگی جازموریان است (Gansser, 1995؛ Stocklin & Setudehina, 1991؛ Nowroozi, 1972؛ Stocklin & Navabi, 1973). تاریخچه چینه‌ای بلوک لوت بسیار نزدیک با دیگر نواحی خرد قاره ایران

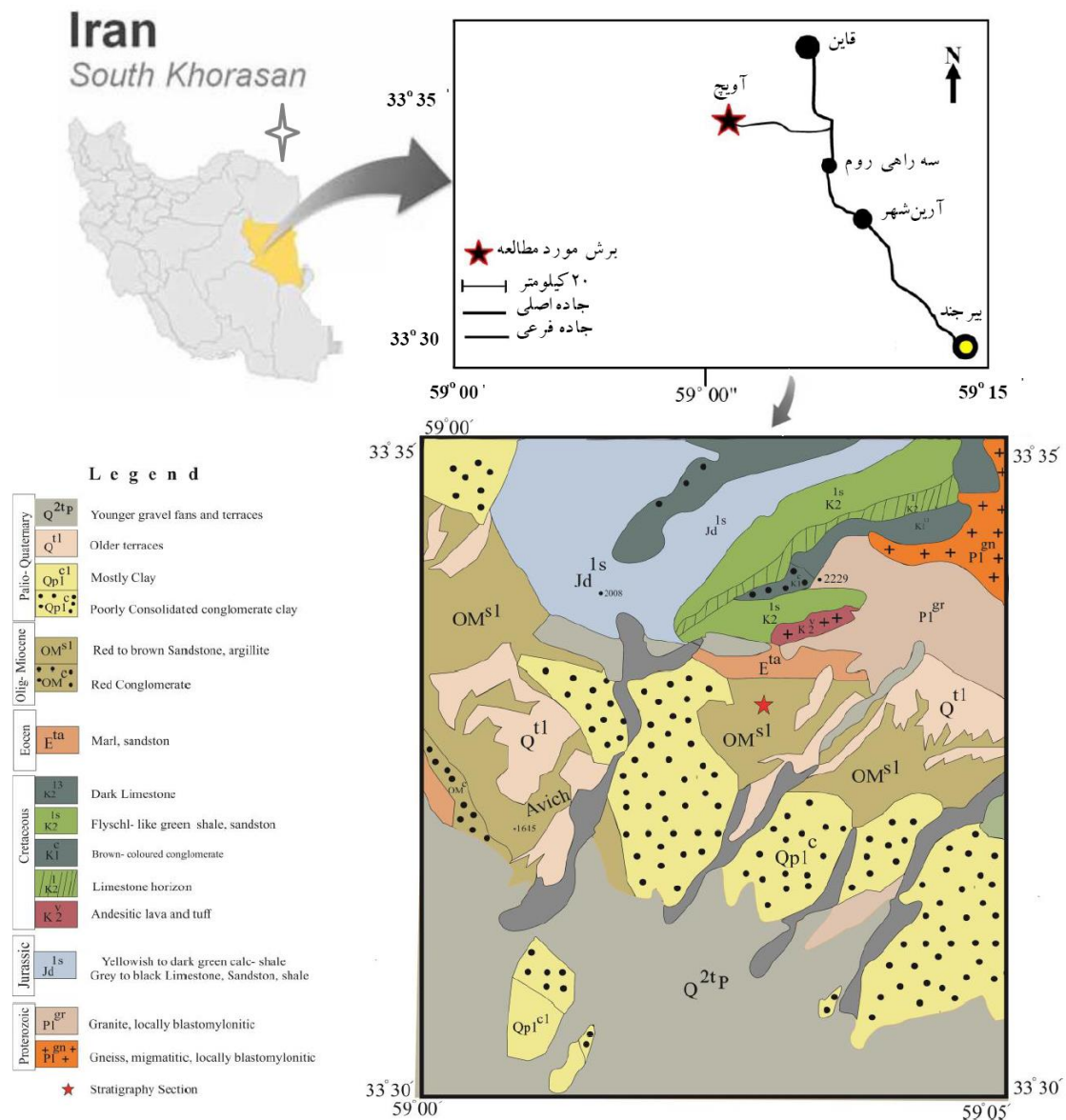
**موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه**

توالی مورد مطالعه در جنوب روستای آویچ در مسیر جاده اصلی بیرجند - مشهد و پس از سه راهی روم قرار دارد و مختصات جغرافیایی قاعده آن "۳۶° ۳' ۵۹" طول شرقی و "۵۷° ۳۳' ۳۳" عرض شمالی می‌باشد. نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. ضخامت توالی مورد مطالعه در برش آویچ ۵۵۰ متر بوده و مشتمل بر ماسه‌سنگ، سنگ آهک آرژیلی و مارن‌های سبز مایل به خاکستری با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ است. توالی نمونه‌برداری شده با یک مرز گسله بر روی مارن و ماسه‌سنگ‌های ائوسن قرار گرفته و مرز بالایی آن به صورت عادی با یک واحد کنگلومرایی مشخص است. در این مطالعه تعداد ۲۰ نمونه از ۲۰ متر انتهای توالی ائوسن منطقه، جهت تعیین سن گذر نهشته‌های ائوسن به الیگومیوسن نمونه‌برداری شد (شکل ۲). با توجه به ضخامت زیاد توالی منسوب به الیگومیوسن در این منطقه و جهت تعیین سن این توالی، بعد از تقریباً ۷۰ متر ابتدایی که ماسه‌سنگی بوده و با فواصل زیاد نمونه برداری شد (۱۰ نمونه)، تقریباً ۱۰۰ متر ردیف رسوبات پایینی و ۱۰۰ متر ردیف رسوبات بالایی توالی با فواصل ۱ متری نمونه‌برداری شدند (شکل‌های ۳ و ۴).

### روش مطالعه

پس از انجام مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، برای آماده‌سازی نمونه‌ها از روش اسمیراسلاید استفاده شده است (Bown & Young, 1998). اسلایدهای آماده‌شده با میکروسکپ نوری المیوس مطالعه و عکس‌برداری شدند. گسترش زیست‌چینه‌ای نانوفسیل‌های شناسایی شده در شکل‌های ۲ تا ۴ و تصاویر گونه‌ها در شکل‌های ۵ و ۶ آورده شده است. AE در شکل‌های ۵ و ۶ معرف گونه‌های شناسایی شده در نهشته‌های ائوسن و AM معرف گونه‌های

مطالعه قرار نگرفته و غالب مطالعات انجام شده در این بلوک مرتبط با تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، مطالعات تکتونیک و یا سنگ‌شناختی بوده است (Stocklin *et al.*, 1972؛ Saadat *et al.*, 2010؛ Mazhari & Sharifiyan-Attar, 2012؛ Asadi & Kolahdani, 2014). از این رو جهت تکمیل مطالعات قبلی و انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، نمونه‌برداری و بررسی نهشته‌های این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا جهت انجام مطالعات زیست‌چینه‌نگاری بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی، نهشته‌های منسوب به الیگومیوسن جنوب روستای آویچ (جنوب غرب قاین) نمونه‌برداری و بررسی گردید (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی آقنابتی (۱۳۸۳) واقع در حاشیه شرقی بلوک لوت بوده و در شرق ایران قرار دارد. همان طور که ذکر شد در شرق ایران و به ویژه در بلوک لوت مجموعه‌های رسوبی پالئوژن و نئوژن گزارش شده، اما تاکنون مطالعات فسیل‌شناسی ناچیزی بر روی این رسوبات انجام شده است. از مطالعات نانوفسیل‌شناسی انجام شده می‌توان به بررسی‌های صورت گرفته بر روی نهشته‌های پالئوژن روستای کلاته شمس (مهدوی، ۱۳۹۲) و شرق افضل‌آباد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۴) و مطالعه نهشته‌های نئوژن غرب بیرجند در روستای دستگرد (Hadavi & Zohravi, 2010)، جنوب غرب افضل‌آباد (احراری، ۱۳۸۹)، شمال شرق افضل‌آباد (نظری سیاه‌سر، ۱۳۹۰) و شرق افضل‌آباد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۴) اشاره کرد. شایان ذکر است تاکنون در برش آویچ مطالعات فسیل‌شناسی و یا سایر مطالعات زمین‌شناسی انجام نشده و گزارش آن در دسترس نیست. از این رو در راستای تکمیل مطالعات و تعیین سن نهشته‌های نئوژن منطقه، پژوهش حاضر برای اولین بار به بررسی نانوفسیل‌های آهکی در برش چینه‌شناسی جنوب آویچ می‌پردازد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی برش مورد مطالعه (برگرفته از Berthiaux et al., 1981; با ترسیم مجدد)

Andruleit, Bown & Young, 1998; Watkins, 2007) در این مطالعه جهت شناسایی گونه‌های نانوفسیلی از توصیف گونه‌ها که شرح آن توسط Perch-Nielsen (1985) و Bown & Young (1998) ارائه گردیده، استفاده شده است.

شناسایی شده در نهشته‌های میوسن برش آویچ است.

در این مطالعه جهت شناسایی گونه‌های نانوفسیلی از توصیف گونه‌ها که شرح آن توسط Perch-Nielsen (1985) و Bown & Young (1998) ارائه گردیده، استفاده شده است.

نانوفسیل‌های آهکی حفظ شدگی و ترکیب گونه‌ای

تغییرات دیاژنزی نظیر مراحل رشد ثانویه و انحلال، تأثیر نامطلوبی بر حفظ شدگی گونه‌های مختلف نانوفسیلی دارند

اگرچه پدیده‌های یاد شده گاهی بر روی گونه‌های نانوفسیلی به دست آمده از برش آویچ اثرگذار بوده و در مواردی نانوفسیل‌هایی با ساختارهای ناقص یا خرد شده در توالی رسوبی مطالعه شده دیده می‌شوند، اما تعداد آن‌ها زیاد نیست و تأثیر عوامل مذکور اثر چندانی بر فرآیند شناسایی نانوفسیل‌ها نداشته است. پل‌ها، منافذ و سایر ساختارهای ناحیه مرکزی در غالب گونه‌های شناسایی شده از جنس‌های مختلف مانند

شناسایی شده در نهشته‌های میوسن برش آویچ است.

در این مطالعه جهت شناسایی گونه‌های نانوفسیلی از توصیف گونه‌ها که شرح آن توسط Perch-Nielsen (1985) و Bown & Young (1998) ارائه گردیده، استفاده شده است.

نانوفسیل‌های آهکی حفظ شدگی و ترکیب گونه‌ای

تغییرات دیاژنزی نظیر مراحل رشد ثانویه و انحلال، تأثیر نامطلوبی بر حفظ شدگی گونه‌های مختلف نانوفسیلی دارند

یاد شده امروزه نیز توسط نانوفسیل شناسان استفاده می‌شوند. به تازگی زون‌بندی جدیدی برای محدوده زمانی پالئوژن توسط Agnini *et al.* (2014) و زون‌بندی زیستی دیگری برای نئوژن توسط Backman *et al.* (2012) ارائه شده است؛ اگرچه بسیاری از افق‌های زیستی استفاده شده در زون‌بندی‌های قدیمی‌تر، همچنان با مطالعات جدید سازگار است. لذا زون‌بندی‌های پیشنهادی جدید تا حدی برپایه زون‌بندی‌های قدیمی می‌باشد و این مسأله نشانگر یکپارچگی زون‌بندی زیستی کلاسیک که قابل اعتماد است و زون‌بندی جدید، می‌باشد. از آن جا که زون‌بندی Martini (1971) در پالئوژن و نئوژن بسیار کامل می‌باشد و از طرفی گونه‌های شاخص زیست‌زون‌های مربوط به این زون‌بندی از فراوانی و گسترش جهانی خوبی برخوردارند، لذا در پژوهش حاضر نیز از زون‌بندی Martini (1971) استفاده شده است. زون‌بندی Martini (1971) برای محدوده زمانی پالئوژن شامل ۲۵ زیست‌زون با علامت اختصاری NP بوده و دارای ۲۱ زیست‌زون با علامت اختصاری NN برای نئوژن است.

با توجه به این که لایه‌های ماسه سنگی این توالی فاقد نانوفسیل بوده‌اند، زون‌بندی ارائه شده در این پژوهش برای دو واحد ائوسن و الیگومیوسن است. دو واحد مذکور توسط یک گسل و محدوده ماسه سنگی فاقد نانوفسیل مجزا می‌شوند. لازم به ذکر است از آن جا ضخامت توالی مورد مطالعه در منطقه زیاد می‌باشد، جهت تعیین سن کلی توالی فقط ۱۰۰ متر ابتدایی و ۱۰۰ متر انتهایی مطالعه شده‌اند. بر پایه اولین حضور و یا آخرین حضور گونه‌های شاخص و مجموعه فسیل‌های همراه آن‌ها، زیست‌زون NP18 و لبه پایینی زیست‌زون NP19 در ۲۰ متر انتهایی از نهشته‌های ائوسن منطقه (شکل ۲)، زیست‌زون NN2 و لبه پایینی زیست‌زون NN3 در ۱۰۰ متر ابتدای نهشته‌های

*Helicosphaera* و *Chiasmolithus* و نیز ویژگی‌های انتهای بازوها در *Discoaster* حفظ شدگی نسبتاً خوبی دارند. از این رو می‌توان گفت، گونه‌های نانوفسیلی شناسایی شده در برش آویچ از حفظ شدگی متوسط تا نسبتاً ضعیف برخوردارند که می‌تواند علاوه بر تأثیر انحلال و دیازنز ناشی از شرایط تکتونیک منطقه نیز باشد. نانوفسیل‌های موجود در این پژوهش، از تنوع نسبتاً خوبی برخوردار بوده‌اند به طوری که ۴۵ گونه متعلق به ۱۸ جنس از آن‌ها شناسایی شد. مجموعه تاکسای غالب در میان نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در این پژوهش، گونه‌های متعلق به جنس‌های *Coccolithus*، *Hughesius*، *Tetralithoides*، *Sphenolithus* و *Helicosphaera* هستند به طوری که تقریباً در غالب نمونه‌های مطالعه شده دیده می‌شوند. گونه‌های متعلق به جنس‌های *Discoaster*، *Catinaster*، *Triquetrorhabdulus* و یا *Isthmolithus* در نمونه‌های متعلق به بخش‌های خاصی از ابتدا و یا انتهای برش مورد مطالعه دیده می‌شوند (شکل‌های ۲ تا ۴).

### زیست‌چینه‌نگاری

نانوفلوراها به جهت تنوع زیاد، فراوانی نسبی در محیط‌های رسوبی استوایی و نیمه استوایی، بازه زمانی کوتاه، شناوری و پراکندگی برای چینه‌شناسان زیستی اهمیتی فوق‌العاده دارند و در مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و تطابق بین ناحیه‌ای مورد استفاده هستند. از این رو مطالعات زیست‌چینه‌نگاری وسیعی در زمان‌های مختلف بر مبنای این گروه میکروفسیلی انجام شده و زون‌بندی‌های متعددی نیز توسط محققین مختلف ارائه شده است (Perch-Nielsen, 1985). درخصوص نانوفسیل‌های آهکی پالئوژن و نئوژن نیز زون‌بندی‌های زیستی مختلفی پیشنهاد شده است که برخی از آن‌ها شامل Martini (1971, 1976)، Okada & Bukry (1980) و Bukry (1973, 1975, 1978). زون‌بندی‌های

بخش‌های قدیمی‌تر ائوسن یعنی پایین NP15 گزارش شده است، لذا نمی‌تواند به عنوان شاخص مناسبی مورد استفاده قرار گیرد. از این رو Martini (1976) زیست‌زون ترکیبی NP19/NP20 را پیشنهاد کرده است. در مطالعه حاضر، همان‌طور که ذکر شد اولین حضور *Isthmolithus recurvus* در نمونه ۱۵ مشاهده شده که مؤید آغاز زیست‌زون NP19 از نمونه ذکر شده است. علاوه بر آن، آخرین حضور *Cribozentrum reticulatum* نیز در نمونه ۱۵ دیده شده که شاهد دیگری بر آغاز زیست‌زون NP19 خواهد بود. در نمونه‌های مطالعه شده از این بخش، گونه *Sphenolithus pseudoradians* به عنوان شاخص لبه بالایی زیست‌زون مذکور شناسایی نشد. از آن جا که گونه شاخص انتهای زیست‌زون در ضخامت مورد مطالعه از انتهای نهشته‌های ائوسن دیده نشد، لذا تعیین ضخامت این زیست‌زون در برش آویچ و در ضخامت مورد بررسی ممکن نیست.

#### NN2: Discoaster druggii Zone

محدوده این زیست‌زون طبق تعریف Martini & Worsley (1970) از اولین حضور گونه‌ی *Discoaster druggii* تا آخرین حضور گونه *Triquetrorhabdulus carinatus* می‌باشد و سن آن معادل میوسن پیشین (آکیتانین - ابتدای بوردیگالین) است. در بخش بالایی این زیست‌زون فرم‌های اولیه *Helicosphaera ampliaperta* و *Helicosphaera kamptneri* یافت شده است. اولین حضور گونه *Sphenolithus belemnus* توسط Bukry (1973) همزمان با بخش بالایی این زیست‌زون معرفی شده و برای تعیین قاعده زیست‌زون NN3 مورد استفاده قرار می‌گیرد. *Discoaster druggii*، *Sphenolithus belemnus* و *Triquetrorhabdulus carinatus* در عرض‌های جغرافیایی بالا خیلی کمیاب بوده و یا وجود ندارند و

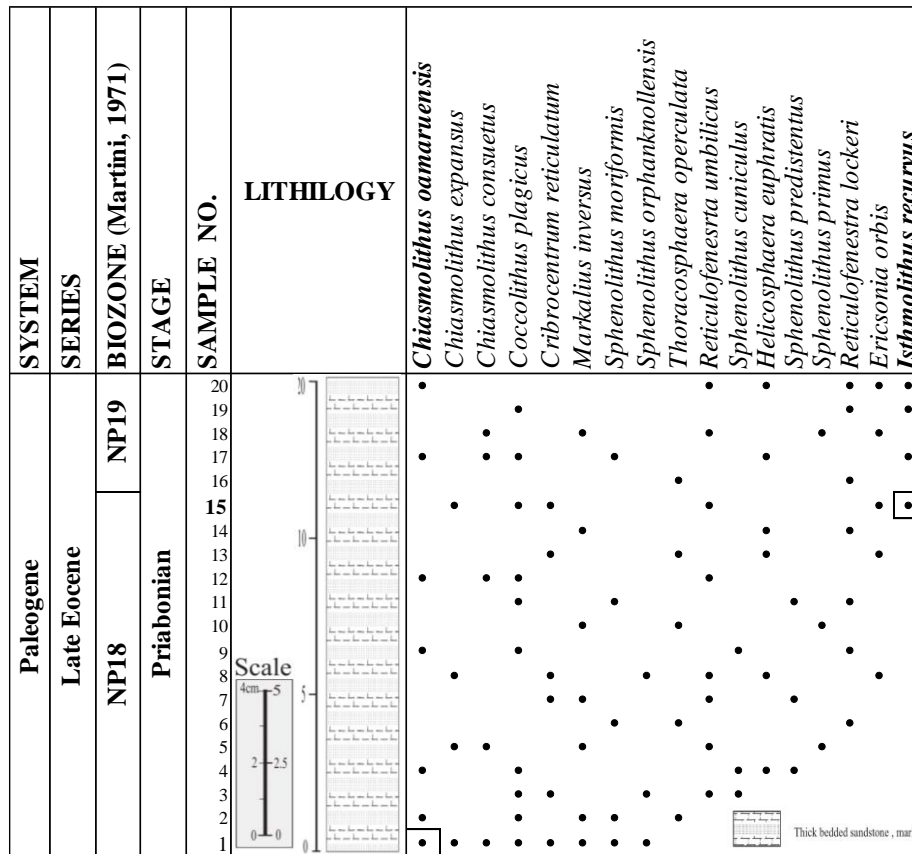
منسوب به الیگومیوسن (شکل ۳) و زیست‌زون‌های NN7 تا NN9 از زون‌بندی Martini (1971) در ۱۰۰ متر انتهایی نهشته‌های مذکور (شکل ۴)، تعیین گردید. در ادامه شرح هر یک از زیست‌زون‌های شناسایی شده و نتایج زیست‌چینه‌نگاری حاصل در برش آویچ آورده شده است:

#### NP18: Chiasmolithus oamaruensis Zone

گستره این زیست‌زون توسط Martini (1970) از اولین حضور *Chiasmolithus oamaruensis* تا اولین حضور *Isthmolithus recurvus* تعریف شده و سنی معادل ائوسن پسین (پریابونین) دارد. گونه *Cribozentrum reticulatum* در طول زیست‌زون مذکور در عرض‌های جغرافیایی بالا و پایین یافت می‌شود. گونه *Chiasmolithus oamaruensis* در اولین نمونه مطالعه شده از نهشته‌های ائوسن منطقه دیده شد که نشانگر آغاز زیست‌زون NP18 است. اولین حضور *Isthmolithus recurvus* در نمونه ۱۵ مشاهده شد که پایان بخش زیست‌زون مذکور است. لذا ضخامت زیست‌زون NP18 در بخش مورد مطالعه ۱۵ متر می‌باشد.

#### NP19: Isthmolithus recurves Zone

این زیست‌زون را Martini (1970) از اولین حضور *Isthmolithus recurvus* تا اولین حضور *Sphenolithus pseudoradians* تعریف و سن ائوسن پسین (پریابونین) را برای آن در نظر گرفته است. علاوه بر شاخص‌های تعریف شده، آخرین حضور *Cribozentrum reticulatum* جهت تعیین لبه پایینی زیست‌زون NP19 و به عنوان مرز تقریبی NP18/NP19 در عرض‌های جغرافیایی پایین معرفی شده است. درخصوص مرز بالایی این زیست‌زون خاطر نشان می‌شود از آن جا که اولین حضور گونه شاخص *Sphenolithus pseudoradians* در برخی نواحی از



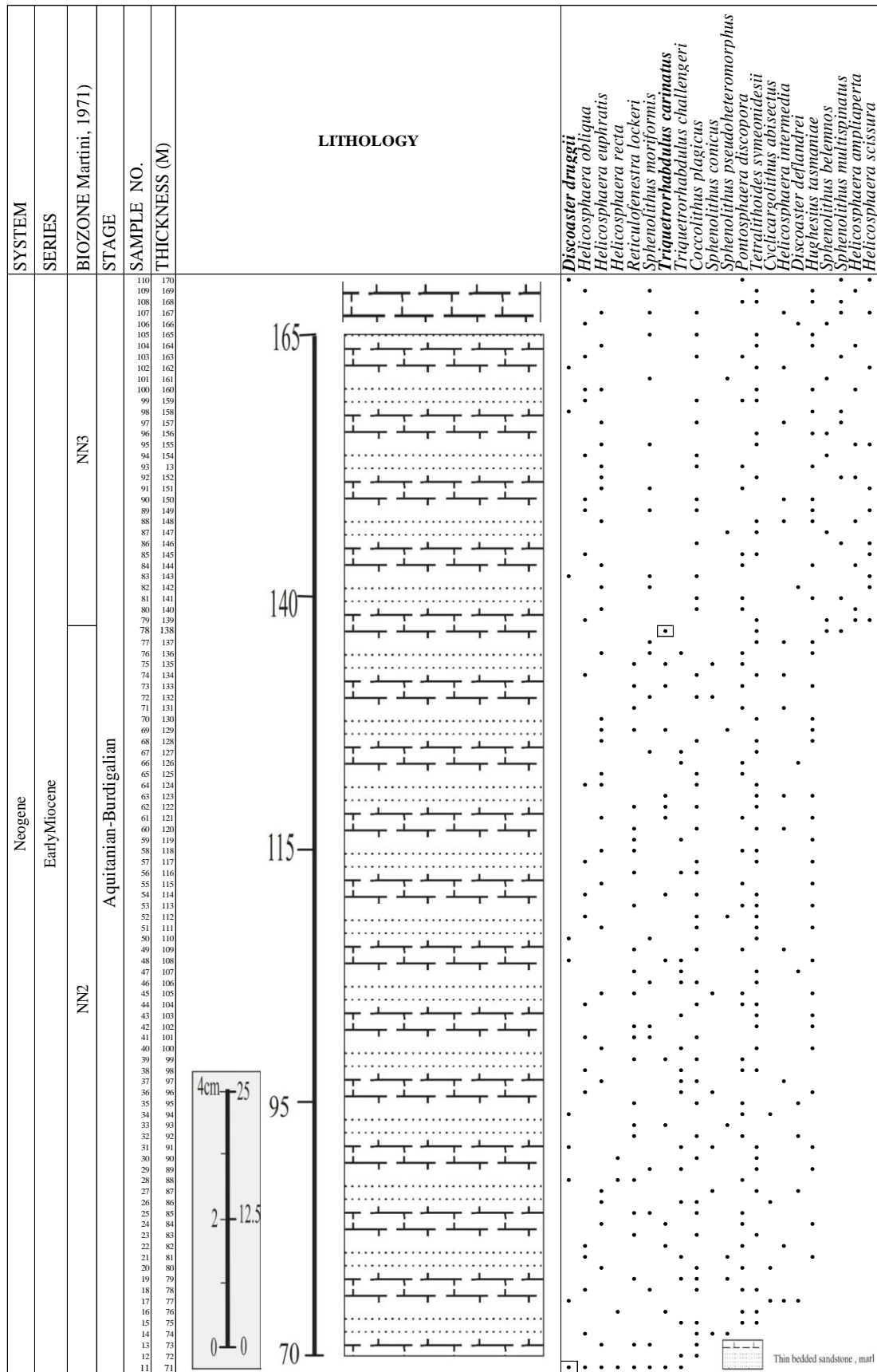
شکل ۲: ستون چینه نگاری، پراکنندگی نانوفسیل‌های آهکی و زیست‌زون‌های نانوفسیلی ردیف رسوبات بالایی نهشته‌های ائوسن برش آویچ

*Triquetrorhabdulus carinatus* تا آخرین حضور *Sphenolithus belemnos* مشخص شده و سنی معادل میوسن پیشین (قسمت میانی بوردیگالین) دارد. همان طور که ذکر شد اولین حضور گونه *Sphenolithus belemnos* توسط Bukry (1973) شاخص دیگری برای تأیید آغاز زیست‌زون NN3 است. در این مطالعه آخرین حضور *Triquetrorhabdulus carinatus* به همراه اولین حضور *Sphenolithus belemnos* در نمونه ۷۸ و در ۱۳۸ متری از قاعده نهشته‌های مطالعه شده مؤید آغاز زیست‌زون NN3 است. با این حال، آخرین حضور گونه *Sphenolithus belemnos* در ضخامت مطالعه شده دیده نشد. از این رو تعیین ضخامت واقعی و انتهای زیست‌زون در این بخش ممکن نیست.

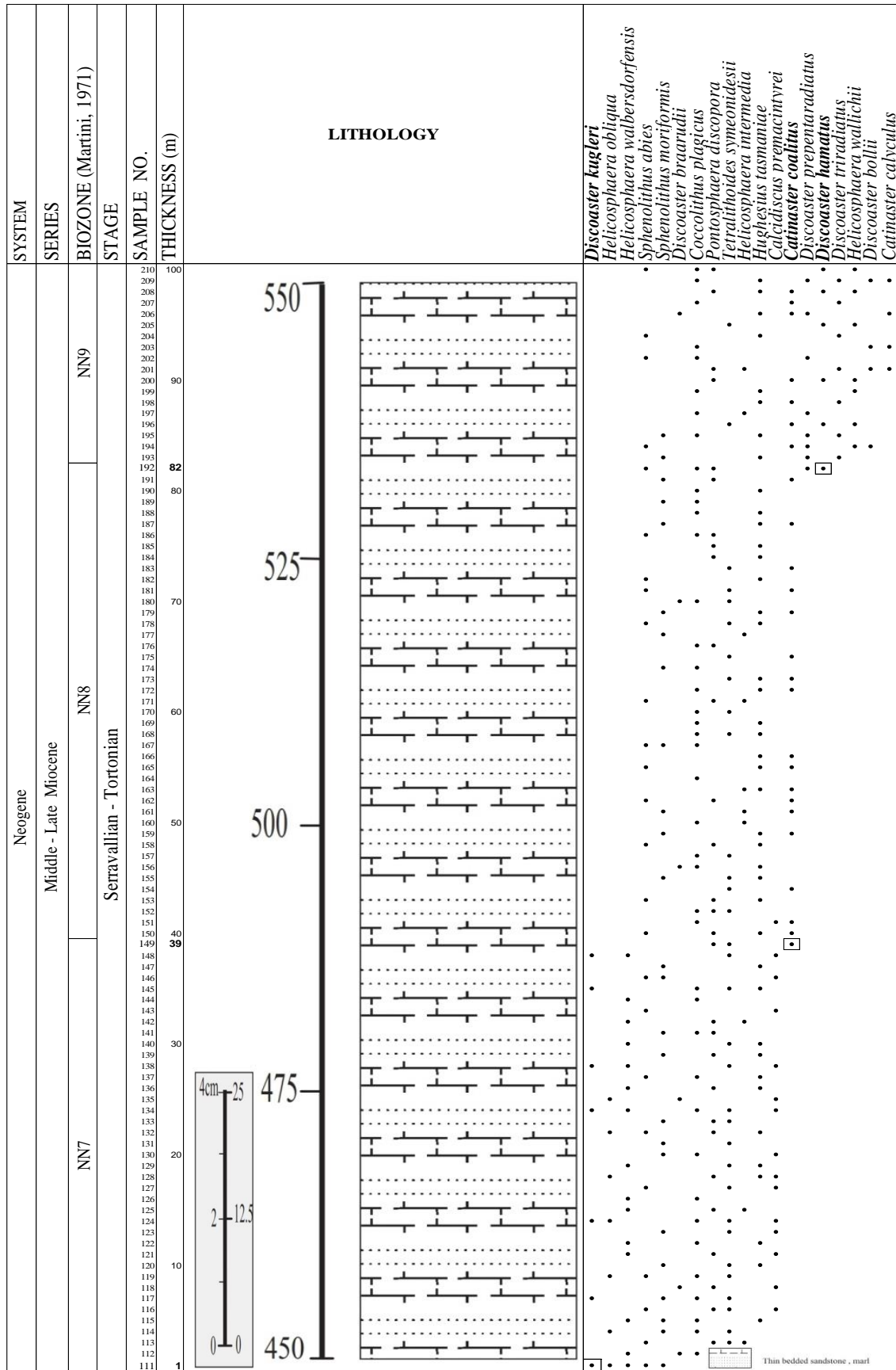
جانشین مناسبی برای تقسیمات بین زیست‌زون NN1 تا NN3 وجود ندارد. در اولین نمونه از نمونه‌های مطالعه شده از ردیف رسوبات پایینی توالی منسوب به الیگومیوسن بعد از واحد ماسه‌سنگی، اولین حضور *Discoaster druggii* نشانگر آغاز زیست‌زون NN2 از متر ۱۰۰ اول است. همچنین آخرین حضور *Triquetrorhabdulus carinatus* در نمونه ۷۸ و در ۱۳۸ متری از قاعده نهشته‌های نمونه برداری شده، تعیین کننده محدوده زیست‌زون مذکور است. از دیگر رخدادهای زیستی در انتهای این زیست‌زون می‌توان به اولین حضور *Sphenolithus belemnos* اشاره کرد. ضخامت زیست‌زون NN2 برابر با ۶۸ متر می‌باشد.

### NN3: *Sphenolithus belemnos* Zone

محدوده این زیست‌زون توسط Bramlette & Wilcoxon (1967) و Martini (1971) از آخرین حضور

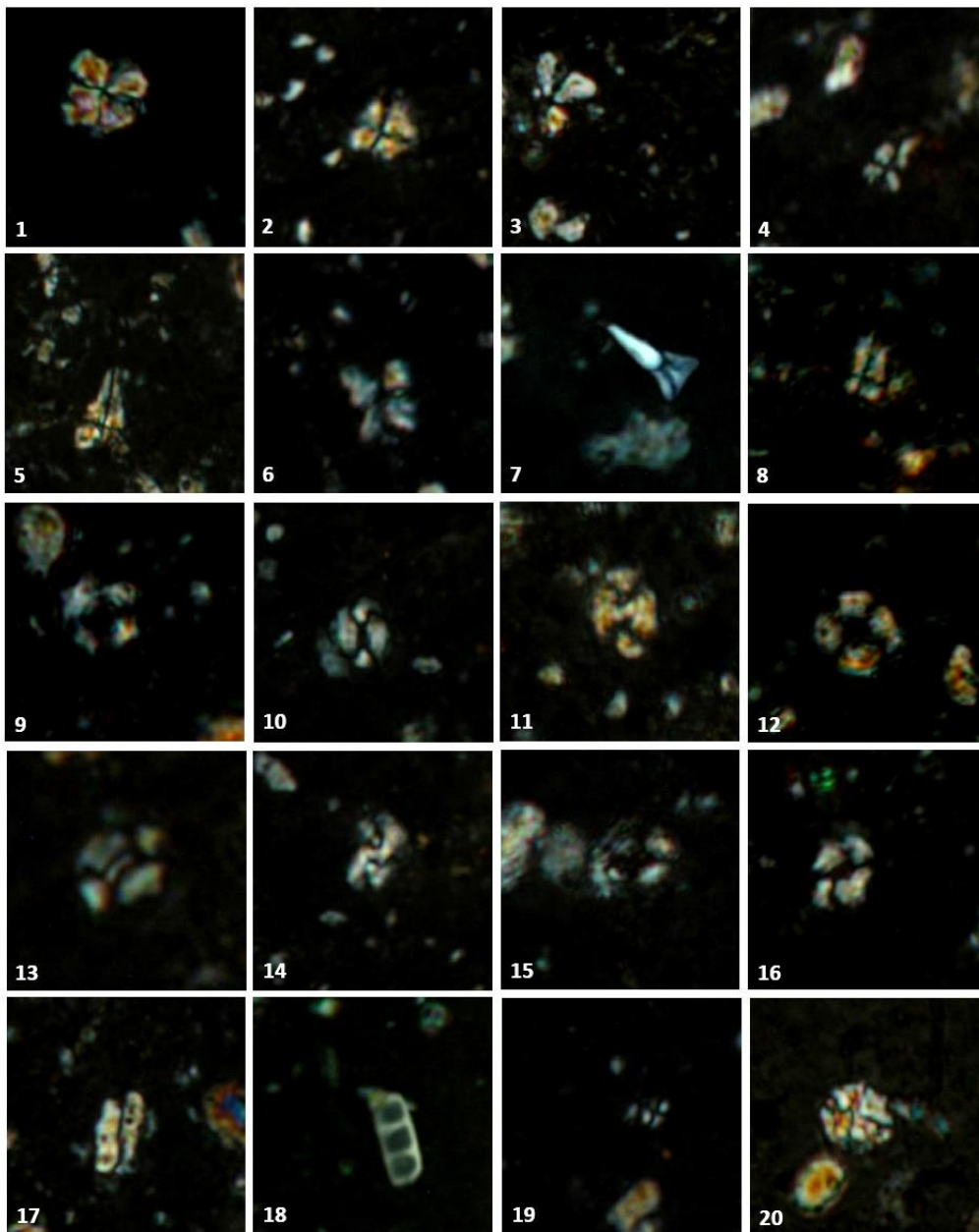


شکل ۳: ستون چینه‌سنگی، پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی و زیست زون‌های نانوفسیلی ردیف رسوبات پایینی نهشته‌های میوسن برش آویج



شکل ۴: ستون چینه‌سنگی، پراکندگی نانوفسیل‌های آهکی و زیست زون‌های نانوفسیلی ردیف رسوبات بالایی نهشته‌های میوسن برش آویچ





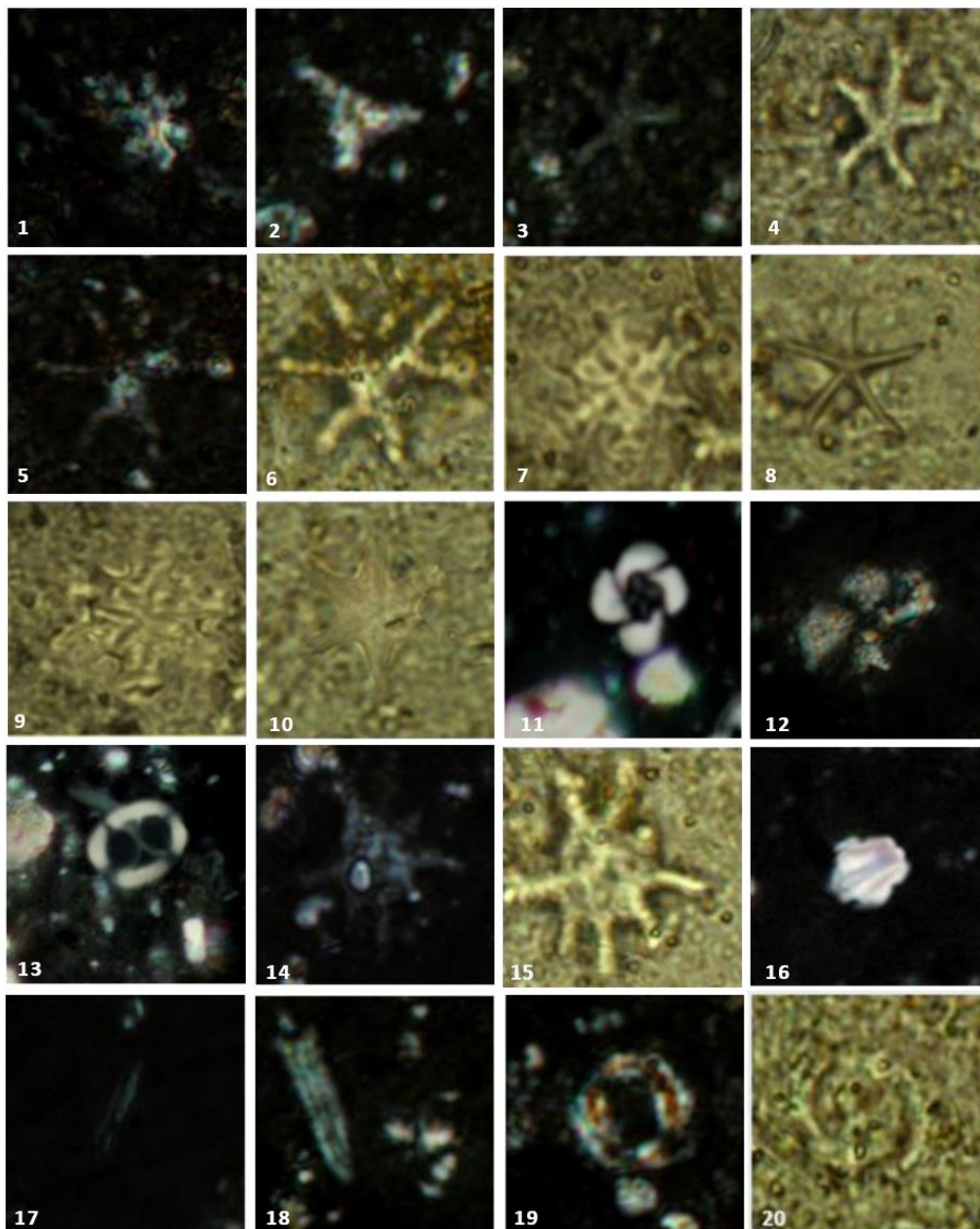
شکل ۵: تصاویر میکروسکپ نوری برخی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برابر

1: *Sphenolithus moriformis* (Bronnimann and Stradner, 1960) Bramlette and Wilcoxon, 1967, PNU/AE17; 2: *Sphenolithus abies* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954, PNU/AM178; 3: *Sphenolithus conicus* Bukry, 1971, PNU/AM27; 4: *Sphenolithus pseudoheteromorphus* Fornaciari & Agnini 2009, PNU/AM14; 5: *Sphenolithus orphanknollensis* Perch-Nielsen, 1971, PNU/AE3; 6: *Sphenolithus multispinatus* Maiorano & Monechi, 1997, PNU/AM97; 7: *Sphenolithus belemnus* Bramlette & Wilcoxon, 1967, PNU/AM96; 8: *Sphenolithus cuniculus* Bown, 2005, PNU/AE9; 9: *Calcidiscus premacintyreii* Theodoridis, 1984, PNU/AM151; 10: *Helicosphaera scissura* Miller, 1981, PNU/AM82; 11: *Helicosphaera recta* (Haq, 1966) Jafar & Martini, 1975, PNU/AM16; 12: *Helicosphaera ampliaperita* Bramlette & Wilcoxon, 1967, PNU/AM84; 13: *Helicosphaera euphratis* Haq, 1966, PNU/AM13; 14: *Helicosphaera obliqua* Bramlette & Wilcoxon, 1967, PNU/AM124; 15, 16: *Helicosphaera walbersdorfensis* Muller, 1974, PNU/AM142; PNU/AM199; 17, 18: *Isthmolithus recurvus* Deflandre in Deflandre and Fert, 1954, PNU/AE15, AE20; 19: *Hughesius tasmaniae* (Edwards and Perch-Nielsen, 1975) de Kaenel and Villa, 1996, PNU/AM31; 20: *Tetralithoides symeonidesii* Theodoridis, 1984, PNU/AM117

سنی معادل میوسن میانی (سراوالین) دارد. گونه‌های *Discoaster challenger*، *Discoaster kugleri* و *Discoaster bollii* دیسکوآسترهای شش بازویی هستند که در این بخش از میوسن ظاهر می‌شوند. در این بازه

#### NN7: *Discoaster kugleri* Zone

محدوده این زیست‌زون از اولین حضور *Discoaster kugleri* و یا آخرین حضور *Cyclicargolithus floridanus* تا اولین حضور *Catinaster coalitus* می‌باشد (Bramlette & Wilcoxon, 1967؛ Martini, 1971) و



شکل ۶: تصاویر میکروسکپ نوری برخی از نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده با بزرگنمایی ۲۵۰۰ برابر

1: *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, 1954, PNU/AM47; 2: *Discoaster triradiatus* Tan, 1927, PNU/AM198; 3, 4: *Discoaster prepentaradiatus* Bukry and Percival, 1971, PNU/AM194; 5, 6: *Discoaster braarudii* Bukry, 1971, PNU/AM206; 7: *Discoaster kugleri* Martini and Bramlette, 1963, PNU/AM111; 8: *Discoaster hamatus* Martini and Bramlette, 1963, PNU/AM192; 9: *Discoaster cf. druggii* Bramlette and Wilcoxon, 1967, PNU/AM28; 10: *Discoaster druggii* Bramlette and Wilcoxon, 1967, PNU/AM11; 11: *Cribrocentrum reticulatum* (Gartner & Smith, 1967) Perch-Nielsen 1971, PNU/AE13; 12: *Coccolithus plagicus* Wallich, 1877 (Schiller, 1930), PNU/AE2; 13: *Chiasmolithus oamaruensis* (Deflandre, 1954) Hay et al., 1966, PNU/AE1; 14, 15: *Catinaster calyculus* Martini & Bramlette 1963, PNU/AM203; 16: *Catinaster coalitus* Martini & Bramlette 1963, PNU/AM149; 17: *Triquetrorhabdulus carinatus* Martini, 1965, PNU/AM61; 18: *Triquetrorhabdulus challengerii* Perch-Nielsen, 1977, PNU/AM26; 19, 20: *Reticulofenesrta umbilicus* (Levin, 1965) Martini and Ritzkowski, 1968, PNU/AE8

از ردیف رسوبات بالایی نهشته‌های منسوب به الیگومیوسن، اولین حضور *Discoaster kugleri* مؤید آغاز زیست‌زون NN7 از اولین نمونه این قسمت است. همچنین اولین حضور *Catinaster coalitus* در نمونه ۱۴۹ و در ۳۹ متری از قاعده نهشته‌های نمونه برداری شده، مشخص کننده

زمانی *Cyclicargolithus floridanus* از بین رفته و *Discoaster deflandrei* خیلی کمیاب می‌شود و یا اصلاً وجود ندارد. همچنین انقراض *Discoaster kugleri* در نزدیک انتهای زیست‌زون NN7 و در قاعده زیست‌زون NN8 رخ می‌دهد. در اولین نمونه از نمونه‌های مطالعه شده

تورتونین می‌باشد. به طور کلی بر اساس زیست‌زون‌های که شرح آن گذشت، سن توالی مورد مطالعه از نهشته‌های منسوب به الیگومیوسن، آکیتانین - تورتونین است و سن گذر نهشته‌های ائوسن به میوسن منطقه پریابونین - آکیتانین (ائوسن پسین / میوسن پیشین) پیشنهاد می‌شود. احتمالاً وجود لایه‌های ماسه‌سنگی فاقد نانوفسیل در ابتدای توالی میوسن منطقه و نیز حضور گسل در حد فاصل نهشته‌های ائوسن و میوسن، دلیل نبود زمانی و نبود زیست‌زون‌های NP20 تا NN1 بین دو واحد ائوسن و میوسن است.

### نتیجه‌گیری

نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده در نهشته‌های مورد مطالعه در برش جنوب آویچ ۴۵ گونه بوده و از تنوع نسبتاً خوب و حفظ‌شدگی متوسط تا نسبتاً ضعیف برخوردارند. در توالی مطالعه شده بر اساس وجود گونه‌های شاخص در ردیف رسوبات پایینی از نهشته‌های میوسن، زیست‌زون‌های NN2 و NN3 و در ردیف رسوبات بالایی، زیست‌زون‌های NN7 تا NN9 از زیست‌زون‌بندی Martini (1971) تعیین شده است. بر اساس نانوفسیل‌های آهکی شناسایی شده و زیست‌زون‌های تعیین شده، سن ضخامت مورد بررسی آکیتانین - تورتونین پیشنهاد می‌شود. علاوه بر آن وجود زیست‌زون NP18 و NP19 در ردیف رسوبات بالایی نهشته‌های ائوسن و نیز زیست‌زون NN2 در ابتدای نهشته‌های میوسن، نشانگر سن پریابونین - آکیتانین برای گذر نهشته‌های ائوسن به میوسن در منطقه می‌باشد. نبود زمانی بین دو واحد ائوسن و میوسن (NP20 تا NN1) در منطقه، می‌تواند به علت عدم مشاهده نانوفسیل‌های آهکی در ماسه‌سنگ‌ها بوده و یا مرتبط با ویژگی‌های ساختاری منطقه، سبک گسلش مابین این دو واحد و حذف ساختاری بخش‌هایی از توالی باشد.

محدوده زیست‌زون مذکور است. ضخامت زیست‌زون NN7 برابر با ۳۹ متر می‌باشد.

### NN8: *Catinaster coalitus* Zone

زیست‌زون *Catinaster coalitus* بر اساس مطالعات Bramlette & Wilcoxon (1967) و Martini (1971) از اولین حضور *Catinaster coalitus* تا اولین حضور *Discoaster hamatus* تعریف می‌شود و سن آن میوسن میانی می‌باشد. گونه *Catinaster coalitus* به آسانی قابل تشخیص بوده و شاخص مناسبی برای تعیین زیست‌زون در عرض‌های جغرافیایی پایین است. اولین حضور *Catinaster calyculus* و *Discoaster pseudovariabilis* و آخرین حضور *Discoaster exilis* در محدوده این زیست‌زون رخ می‌دهد. در نمونه‌های مطالعه شده، اولین حضور *Catinaster coalitus* در نمونه ۱۴۹ و اولین حضور *Discoaster hamatus* در نمونه ۱۹۲ تعیین کننده محدوده زیست‌زون مذکور با ضخامت ۴۳ متر در این مطالعه می‌باشد.

### NN9: *Discoaster hamatus* Zone

طبق تعریف Bramlette & Wilcoxon (1967) و Martini (1971) ابتدا و انتهای این زیست‌زون با اولین حضور تا آخرین حضور *Discoaster hamatus* مشخص می‌شود. سن زیست‌زون NN9 میوسن میانی - پسین (سراوالین - تورتونین) است. همان‌طور که ذکر شد اولین حضور *Discoaster hamatus* در نمونه متعلق به متر ۸۲ متری از قاعده ضخامت مورد مطالعه، مؤید آغاز زیست‌زون NN9 است، اما آخرین حضور گونه ذکر شده تا پایان توالی مذکور مشاهده نشد. لذا در این مطالعه تعیین ضخامت و انتهای زیست‌زون NN9 امکان‌پذیر نیست، اما بر اساس مجموعه نانوفسیل‌های شناسایی شده، سن انتهای توالی

## منابع

- احراری، ا.، ۱۳۸۹. معرفی نانوپلانکتون‌های آهکی نهشته‌های نئوژن جنوب غرب افضل آباد (جنوب شرق بیرجند). *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور استان خراسان جنوبی (بیرجند)*، ۱۵۷ ص.
- آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور*، ۵۸۶ ص.
- جلیلی، ف.، هادوی، ف.، رحیمی، ب.، خزاعی، ا.ر.، ۱۳۹۵. بررسی فیلیشوئیدهای میوسن میانی و پسین خاور افضل آباد (شمال بیرجند) بر پایه نانوفسیل‌های آهکی. *فصلنامه علوم زمین*، ۲۶ (۱۰۲): ۱۷۷-۱۸۴.
- جلیلی، ف.، هادوی، ف.، خزاعی، ا.ر.، ۱۳۹۴. *نانواستراتیگرافی فیلیشوئیدهای افضل آباد (شمال بیرجند)*. *دیرینه‌شناسی*، ۳ (۲): ۱۴۳-۱۳۲.
- مهدوی، ف.، ۱۳۹۲. *نانواستراتیگرافی نهشته‌های منسوب به پالئوژن در برش روستای کلاته شمس (شمال غرب بیرجند)*. *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۶۹ ص.
- نظری سیاه‌سر، ز.، ۱۳۹۰. *نانواستراتیگرافی نهشته‌های مارنی شمال شرق افضل آباد*. *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور استان خراسان جنوبی (بیرجند)*، ۱۴۶ ص.
- Agnini, C., Fornaciari, E., Ra., I., Catanzariti, R., Pälke, H., Backman, J., & Rio, D., 2014. Biozonation and biochronology of Paleogene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 47: 131–181.
- Andrulleit, H., 1997. Coccolithophore fluxes in the Norwegian- Greenland Sea, seasonality, and assemblage alterations. *Marine Micropaleontology*, 31: 45- 64
- Asadi, S., & Kolahdani, S., 2014. Tectono-magmatic evolution of the Lut block, eastern Iran: A model for spatial localization of porphyry Cu mineralization. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3-9: 1058-1069.
- Backman, J., Raffi, I., Rio, D., Fornaciari, E., & Pälke, H., 2012. Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on Stratigraphy*, 45: 221–244.
- Berthiaux, A., Christmann, P., Fauvelet, E., Hatrival, J.N., Maurizot, P., & Vaslet, D., 1990. Geological map of Qayen, Scale: 1/100000. Geological Survey of Iran.
- Bown, P.R., & Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publications Series, Chapman and Kluwer Academic, London*, 16-28.
- Bramlette, M.N., & Wilcoxon, J.A., 1967. Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero section, Trinidad, W.I. *Tulane University of Louisiana*, 5: 93-131.
- Bukry, D., 1973. Coccolith stratigraphy, eastern equatorial Pacific, Leg 16, Deep Sea Drilling Project. In: Van Andel, T.H., Heath, G.R., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 16: 653-711.
- Bukry, D., 1975. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 32. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 32: 677-701.
- Bukry, D., 1978. Biostratigraphy of Cenozoic marine sediments by calcareous nannofossils. *Micropaleontology*, 24: 44–60.
- Gansser, A., 1995. New aspects of the geology in central Iran. *4<sup>th</sup> World Petroleum Congress, Rome, Sec. I/A5, Paper 2*, 279-300.
- Hadavi, F., Zohravi, M., 2010. Introduction to calcareous nannofossils from the Koronk section in west Birjand (S.E. Iran). *13<sup>th</sup> International Nannoplankton Association Conference (Abstracts and Programs), Yamagata, Japan, (Poster)*, P. 59.
- Honjo, S., 1976. Coccoliths: production, transportation and sedimentation. *Marine Micropaleontology*, 1: 65-79.
- Martini, E., 1970. Standard Paleogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, 226: 560-561.

- Martini, E., 1971. Die Typen und Typoide des Natur-Museums Senckenberg, 46: Fossiles Nannoplankton. *Senckenbergiana lethaea*, 52: 115-127
- Martini, E., 1976. Cretaceous to Recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 33: 383-423 .
- Martini, E., & Worsley, 1970. Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, 225: 589-90.
- Mazhari, S.A., & Sharifiyan Attar, R., 2012. Apatite Application to Investigate Magmatic Evolution of Zouzan Granites, NE Lut Block. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 4 (1): 61-72.
- Nowroozi, A. A., 1972. Focal mechanism of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan and Afghanistan and plate tectonics of the Middle East, *Bull. Seismological Society of America*, 62 (3): 823-850.
- Okada, H., & Bukry, D., 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch-Nielsen, K., (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, 329-426.
- Saadat, S., Karimpour, M.H., & Stern, C.H., 2010. Petrochemical Characteristics of Neogene and Quaternary Alkali Olivine Basalts from the Western Margin of the Lut Block, Eastern Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2: 87-106.
- Stocklin, J., & Nabavi, M.H., 1973. Tectonic map of Iran. *Geological Survey of Iran*.
- Stocklin, J., Eftekhari Nezhad, J., & Hushmandzadeh, A., 1972. Central Lut reconnaissance, East Iran, *Geological Survey of Iran*. 22: 1-62.
- Stocklin, J., & Setudehina, A., 1991. Stratigraphic lexicon of Iran. *Geological Survey of Iran*. 18: 1-376.
- Watkins, D.K., 2007. Quantitative analysis of the calcareous nannofossil assemblages from CIROS-1, Victoria Land Basin, Antarctica. *Journal of Nannoplankton Research*. 29 (2): 130-137.

## Nannostratigraphy of the Avich section deposits (Eastern margin of Lut Block)

Notghi-Moghaddam, M.<sup>1\*</sup>, Jalili, F.<sup>2</sup>, Hadavi, F.<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, I.R of Iran

2- Ph.D. in Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, University of Birjand, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

\* Email: m.n.moghaddam@gmail.com

### Introduction

Calcareous nannofossils are one of the most important groups used for oceanic sections biostratigraphy. This research has studied calcareous nannofossils of the deposits attributed to Oligo- Miocene in Lut Block (eastern Iran). Previous nannofossils studies on Paleogene and Neogene deposits of east Iran were done by Hadavi & Zohravi (2010); Jalili *et al.* (2017). The present research is another investigation of calcareous nannofossils in the Avich section. The studied section with 550 meters thickness is located in the southwest of Qayen city and the south of the Avich village. The lithology of the deposits consists of sandstones, argillitic limestone, and green marl with interbedded sandstone. This study aims to determine the calcareous nannofossil assemblages and discuss the possibility of applying the standard zonation and age determination.

### Materials and Methods

In this study, 20 samples from the upper part of the deposits attributed to Eocene, 100 samples from the lower part of the deposits attributed to Oligo-Miocene, and 100 samples from the upper part of these deposits from the Avich section have been studied. Samples were prepared as a smear slide method (Bown & Young, 1998). The examination of nannofloras was performed at 2500x magnification. All images were taken in either cross-polarized light (XPL) or (PPL). All calcareous nannofossil specimens were identified by using the taxonomic schemes of Perch- Nielsen (1985) and Bown & Young (1998).

### Discussion

Calcareous nannoplanktons are widespread in the present oceans, from coastal areas to open ocean settings. They are suitable for biostratigraphical studies since they are abundant, planktonic, rapidly evolving, and largely cosmopolitan. Regarding calcareous nannofossils, 45 species belonging to 18 genera have been recognized at the studied interval in the Avich section. In the present samples, structures of the central area in many species such as *Helicosphaera* and *Chiasmolithus*; indicate the calcareous nannofossils in this section have medium to relatively low preservation. The most important identified species are *Chiasmolithus oamaruensis*, *Isthmolithus recurvus*, *Discoaster druggii*, *Triquetrorhabdulus carinatus*, *Discoaster kugleri*, *Catinaster coalitus*, and *Discoaster hamatus*. Some species belonging to *Discoaster*, *Catinaster*, *Triquetrorhabdulus* and *Isthmolithus* are existed from the lower part or upper part of the studied section. Other taxa such as *Hughesiu*, *Coccolithus*, *Tetralithoides*, *Sphenolithus*, and *Helicosphaera* are present in most samples.

In the present study, Martini's standard calcareous nannofossil zonation (1971) was applied. In this zonation, the NP abbreviation represents Paleogene nannoplanktons (Nannoplankton Paleogene), and NN abbreviation means Neogene nannoplanktons (Nannoplankton Neogene). In this study, according to the first and last occurrences of marker species of nannofossils, two calcareous nannofossil biozones NP18 (*Chiasmolithus oamaruensis* Zone) and NP19 (*Isthmolithus recurvus* Zone) in the upper part of Eocene deposits, NN2 (*Discoaster druggii* Zone) and NN3 (*Sphenolithus belemnoides* Zone) biozones in the lower part of Miocene deposits, and NN7 (*Discoaster kugleri* Zone) and NN9 (*Discoaster hamatus* Zone) in the upper part of Miocene deposits were recognized.

Calcareous nannoplankton zones, especially the presence of NP19 at the uppermost part of Eocene deposits and the presence of NN2 at the lowermost portion of Miocene deposits, indicate that the investigated boundary has the age of Priabonian – Aquitanian in this area. Other determined biozones represent the age of the Aquitanian-Tortonian for the studied deposits attributed to Oligo-Miocene in the Avich section. In this section, the absence of NP20-NN1 biozones may be due to the facies changes and the lack of calcareous

nannofossils in sandstone rocks of the succession or the tectonic activities between the Eocene and Miocene deposits.

### Conclusion

The nannofossil assemblages of the Oligo-Miocene deposits of the Avich section are relatively good in diversity with medium to relatively low preservation. Index calcareous nannofossils allowed us to infer the biozonation and record bioevents in these deposits. In this section, the presence of NN2 at the lower part of Miocene deposits and the presence of NN9 at the upper part of the studied deposits show that the investigated deposits are Aquitanian - Tortonian in age.

**Keywords:** Calcareous nannofossils; Lut Block; Avich; Aquitanian; Tortonian; Priabonian.

### References

- Bown, P.R., & Young, J.R., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. British Micropalaeontological Society Publications Series, Chapman and Kluwer Academic, London*, 16-28.
- Hadavi, F., Zohravi, M., 2010. Introduction to calcareous nannofossils from the Koronk section in west Birjand (S.E. Iran). *13<sup>th</sup> International Nannoplankton Association Conference (Abstracts and Programs), Yamagata, Japan*, (Poster), P. 59.
- Jalili, F., Hadavi, F., Rahimi, B., Khazaei, A.R., 2017. Investigation of middle and late Miocene flyschoid of east Afzalabad (North Birjand) based on calcareous nannofossils. *Scientific Quarterly Journal Geosciences*, 26 (102): 177-184.
- Martini, E., 1971. Die Typen und Typoide des Natur-Museums Senckenberg, 46: Fossiles Nannoplankton. *Senckenbergiana lethaea*, 52: 115-127
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossils. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch-Nielsen, K., (eds.), *Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press*, 329-426.