



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Biostratigraphy of Oligo-Miocene marine deposits of Central Iran basin based on calcareous nannoplanktonsMohammad Parandavar ^{1*}; Fatemeh Hadavi ²; Sayed Ali Aghanabati ³

1. PhD in Stratigraphy and Paleontology, Geology department, Sciences faculty, Ferdowsi university of Mashhad, Iran

2. Professor in the Department of Geology, Sciences faculty, Ferdowsi university of Mashhad, Iran.

3. Associate Professor at the Research Institute of Earth Sciences, Geological Survey, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2020/07/29

Revised: 2022/03/30

Accepted: 2021/07/27

Keywords:*Biostratigraphy,
Oligo-Miocene marine deposits,
Qom Formation,
calcareous nannoplankton,
Navab anticline,
Kashan city.*

*Corresponding author:

✉ parandavar.m@gmail.com

id 0000-0002-3727-4991

doi:10.52547/joc.13.51.2

Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.51.2.5

ABSTRACT

Background and Objectives: The Oligo-Miocene marine deposits (Qom Formation) have been widely spread in the Central Iran Zone. According to economic value of these marine deposits, this Formation studied by several researchers. While there are many differences opinion among researchers. For this reason, to solve the existing ambiguities, it is necessary to study with new tools and techniques. Therefore, the present study is the first study aimed at biostratigraphy based on calcareous nannoplankton that has been performed on all succession exposed from the Oligo-Miocene marine deposits (members a to f of the Qom Formation).**Methods:** The studied deposits are located in the middle part of the Central Iran Zone and more precisely in the Navab anticline (northeast of Kashan city), which has a thickness of 417 meters. Due to the location and expansion of all members in this section, it has been a very suitable area for biostratigraphic assessments comparable to world standard models. In this study, a total of 370 microscopic slides prepared from rock samples were studied to the determination of the calcareous nannoplankton and accurately separate world standard biological zones.**Findings:** The present study led to the identification of 72 species belonging to 18 genera of this valuable group of the planktonic micro-organisms. According to the identified index species, standard nannoplankton biozones of the NP25 and NN1-NN4 were separated from this surface section of the Qom Formation. In addition, the equivalent biozones such as CNO5-6, CNM1- CNM6 as well as zones and subzones CP19b, CN1a, b, c, CN2- CN3, which belonging to the newest biozonation patterns, were also separated in this study.**Conclusion:** Therefore, based on the geological time value of the separated biozones, the age of late Chattian to late Burdigalian-early Langhian was proposed for the Qom Formation in the Navab anticline section.

In this study, for the first time, the important chronostratigraphic boundaries such as the Paleogene-Neogene system boundary (or Chattian-Aquitania stage boundary) in the upper parts of sub-member "c1", the Aquitania- Burdigalian stage boundary at the base of member "e" and Burdigalian- Langhian in the upper part of member "f", were disaggregated based on biostratigraphic criteria.



NUMBER OF TABLES

5



NUMBER OF FIGURES

7



NUMBER OF REFERENCES

27

زیست‌چینه نگاری نهشته‌های دریایی الیگومیوسن حوضه ایران مرکزی بر مبنای نانو پلانکتون‌های آهکی

محمد پرنده‌آور^{۱*}، فاطمه هادوی^۲، سیدعلی آقانبانی^۳

۱. دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲. استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. پست الکترونیکی

۳. دانشیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران. پست الکترونیکی

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۸

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۱/۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۵

واژگان کلیدی:

زیست‌چینه نگاری،

نهشته‌های دریایی الیگومیوسن، سازند قم،

نانو پلانکتون‌های آهکی،

تاق‌دیس نواب،

کاشان.

*نویسنده مسئول

parandavar.m@gmail.com

id 0000-0002-3727-4991

doi:10.52547/joc.13.51.2

Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.51.2.5

پیشینه و اهداف: نهشته‌های دریایی الیگو-میوسن (سازند قم) در بخش مرکزی ایران گسترش وسیعی دارد و بدلیل اهمیت اقتصادی ویژه‌ای که این نهشته‌ها دارند تاکنون توسط محققین زیادی مطالعه شده است. اما همچنان اختلاف نظرهای زیادی بین پژوهشگران وجود دارد. به همین دلیل جهت رفع ابهامات ایجاد شده، مطالعه با ابزارها و تکنیکهای نوظهور لازم دانسته شد. بنابراین پژوهش حاضر نخستین مطالعه با هدف زیست‌چینه نگاری و بر مبنای نانو پلانکتون‌های آهکی محسوب می‌شود که بر روی تمامی توالی رخنمون یافته از نهشته‌های دریایی الیگومیوسن (بخش‌ها a تا f سازند قم) صورت گرفته است.

روش‌ها: نهشته‌های مطالعه شده در بخش میانی از زون ایران مرکزی و در تقادیس نواب (شمال شرق کاشان) واقع شده که دارای ضخامت ۴۱۷ متر می‌باشد. با توجه به موقعیت قرارگیری و گسترش هم‌پایه‌ها در این برش، ناحیه‌ی بسیار مناسبی جهت ارزیابی‌های زیست‌چینه نگاری قابل قیاس با الگوهای استاندارد جهانی بوده است. در این مطالعه تعداد ۳۷۰ اسلاید میکروسکوپی تهیه شده از نمونه‌های سنگی جهت بررسی و شناسایی نانو پلانکتون‌های آهکی و تفکیک دقیق زون‌های زیستی استاندارد جهانی، مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: مطالعه حاضر منجر به شناسایی ۷۲ گونه متعلق به ۱۸ جنس از این گروه ارزشمند از میکروارگانیزم‌های پلانکتون شد. با توجه به گونه‌های شاخص شناسایی شده، زیست‌زون‌های نانو پلانکتونی استاندارد NP25 و NN1-NN4 در این برش صحرایی از سازند قم تفکیک گردید. علاوه بر این، زون‌های زیستی هم‌ارز نظیر CNM1- CNM6، CNO5-6 و همچنین زیست‌زون‌ها و زیرزون‌های CP19b، CN1a, b, c, CN2, CN3 که به الگوهای زیست‌زون بندی جدیدتری تعلق دارند، نیز برای نخستین بار در این پژوهش تفکیک گردید.

نتیجه‌گیری: بنابراین، براساس ارزش زمان-چینه‌ای زیست‌زون‌های تفکیک شده، سن زمین‌شناسی معادل الیگوسن پسین (late Chattian) تا میوسن پیشین- میانی (late Burdigalian- early Langhian) برای سازند قم در برش تقادیس نواب پیشنهاد شد.

در این پژوهش، برای نخستین بار مرزهای زمانی-چینه‌ای مهم نظیر مرز سیستم‌های پالئوژن- نئوژن (اشکوب‌های شاتین- اکتیانین) در بخش‌های بالایی زیرعضو C1، مرز اشکوب‌های اکتیانین- بوردیگالین در قاعده عضو e و بوردیگالین- لانگین در توالی بالایی عضو f، و بر اساس معیارهای زیست‌چینه‌ای تفکیک گردیده است.

مقدمه

ایران صورت گرفته است که از دیدگاه بررسی فونای فسیل نظیر Bozorgnia (1965), Rahaghi به مطالعات می‌توان به (1980), Reuter et al. (2007), Mohammadi et al. (2011), Daneshian and Ramezani Dana و Yazdi-Moghaddam (2011) اشاره کرد. در حالیکه بررسی فلورای فسیل این سازند نظیر نانو پلانکتون‌های آهکی به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است و تنها می‌توان به (2010) Hadavi et al. و (2019) Parandavar and Hadavi اشاره نمود.

با توجه به گسترش وسیع دریای الیگومیوسن ایران مرکزی و پراکندگی زیاد رخنمون‌های سازند قم، اختلاف نظرهایی در مورد حدود گسترش زمانی-مکانی این دریا ایجاد گردیده است. این امر ناشی از نتایج متفاوت منتشر شده از مطالعات فرامینیفرای سازند قم در نواحی مختلف و یا حتی یکسان، و همچنین اینکه عمده مطالعات نانو پلانکتون‌های آهکی بر روی این سازند محدود به عضوهای خاصی بوده است. از این رو در مطالعه حاضر جهت شناخت بهتر از چگونگی گسترش این دریای قدیمه و زمان ته‌نشست توالی این سازند، از کامل‌ترین رخنمون موجود در بخش مرکزی حوضه رسوبی قم، برش تاقدیس نواب، نمونه‌برداری نمونه شد و تمامی عضوهای رخنمون یافته‌ی سازند قم از دیدگاه نانو پلانکتون‌های آهکی مورد بررسی زیست‌چینه نگاری قرار گرفت.

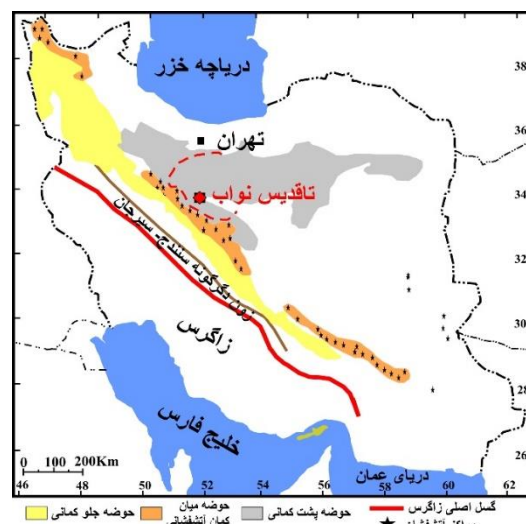
زمین‌شناسی و موقعیت ناحیه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه در بخش مرکزی زون ساختاری-رسوبی ایران مرکزی واقع شده است (شکل ۱). بر اساس مطالعات صورت گرفته (Berberian and King, 1981) فرورانش ورقه عربی به زیر ورقه ایران میانی، منجر به تشکیل کمان آتشفشانی و حوضه‌های پشت و جلو کمانی در زون ایران مرکزی شده است (Berberian and King, 1981; Mohajel et al., 2003). و طی آن دریای الیگوسن آغازی-میوسن به درون این حوضه‌ها نفوذ کرده و توالی دریایی الیگومیوسن منسوب به سازند قم بر روی آتشفشانی‌های اتوسن و یا نهشته‌های آواری قرمز رنگ تحت عنوان سازند قرمز پایینی رسوبگذاری کرده است. از آنجایی که این حوضه تحت رژیم‌های تکتونیکی فعالی بوده، بنابراین تغییرات رخساره و ضخامتی شدیدی در طی رسوبگذاری این سازند ایجاد گردیده (Morley et al., 2009) که به همین دلیل برش الگوی مشخصی برای سازند قم تعیین نشده و ناحیه‌ای در منطقه قم که شامل برش‌های دوبرادر، دوچاه، میل، نرداقی، خورآباد و شوراب می‌شود را به عنوان ناحیه الگو برای آن در نظر گرفته شده است (Stocklin and Setudehnia, 1971).

برش تاقدیس نواب کامل‌ترین و بهترین رخنمون سازند قم در بخش مرکزی حوضه پشت کمانی این سازند و یا به عبارتی دیگر شرق ناحیه الگو با مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 51' 31''$ و $51^{\circ} 38' 32''$ در شمال شرق کاشان

حفاری‌های اکتشافی ناحیه قم و کشف منابع هیدروکربوری در نهشته دریایی الیگومیوسن منجر به معطوف شدن توجه زمین‌شناسان خارجی و ایرانی بر روی این نهشته‌ها شد. به طوری که، گانسر (Gansser, 1955) توالی دریایی الیگومیوسن این ناحیه را تحت واحد سنگ‌چینه‌ای در مرتبه سازند با همان نام معرفی نمود، و دوزی (Dozy, 1955) به‌عنوان نخستین شخص، این توالی دریایی الیگومیوسن ایران مرکزی را به عنوان سازند قم نامید. پس از آن فورر و سودر (Furrer and Soder, 1955) سازند دریایی الیگومیوسن را در ناحیه شوراب به شش عضو با نام‌های a تا f تقسیم‌بندی نمودند. در مطالعات بعدی توسط سودر (Soder, 1956 & 1959)، عضو c به چهار زیرعضو c1- c4 تفکیک شد. سرانجام کمیته ملی چینه‌شناسی سازند قم را با بخش‌ها و زیربخش‌های a,b,c1,c2,c3,c4,d,e,f مورد تأیید قرار داد (Stocklin and Setudehnia, 1971).

دریایی الیگومیوسن و به عبارتی دیگر نهشته‌های سازند قم در ایران مرکزی گسترش وسیعی از شمال غرب تا جنوب شرق (آقابات، ۱۳۸۹) دارد و در جایگاه‌های ساختاری مختلفی نظیر بخش مرکزی ایران یا به عبارتی دیگر حوضه پشت کمانی (back arc basin)، حوضه میان کمان آتشفشانی ارومیه-دختر (intra arc basin) و نواحی جلوی کمانی (fore arc basin) رخنمون دارد (Reuter et al., 2007; Maghfori, 2017) (شکل ۱).



شکل ۱: وضعیت پراکندگی نهشته‌های دریایی الیگومیوسن ایران مرکزی (برگرفته از Berberian and King, 1981; Reuter et al., 2007) در این شکل موقعیت ناحیه مورد مطالعه در بخش میانی زون ایران مرکزی نمایش داده شده است.

به دلیل اهمیت و جایگاه این واحد سنگ‌چینه‌ای از نظر اقتصادی، مطالعات متعددی بر روی سازند قم در نواحی مختلف

روش اسمیر اسلاید (Simple smear slide) و ثقلی (Gravity) که مناسب جهت مطالعه به روش میکروسکوپ نوری (LM Technique) می‌باشند (Bown and Young, 1998; Parandavar and Hadavi, 2019)، آماده سازی گردید. بدین منظور ابتدا همه نمونه‌ها به روش اول (اسمیر اسلاید) تحت فرآیند اسلاید سازی قرار داده و سپس جهت مطالعات تکمیلی و بخصوص تفکیک مرزهای زیست‌چینه‌ای و زمان-چینه‌ای، از نمونه‌های مورد نیاز به روش دوم نیز اسلاید تهیه شد. در زیر به شرح مختصری از روش‌های فوق پرداخته شده است.

برای انجام مطالعات میکروسکوپی، اسلایدهای تهیه شده را توسط میکروسکوپ نوری مدل Olympus BX53 و با بزرگنمایی‌های ۲۰۰۰ - ۱۲۵۰ برابر مورد مطالعه قرار دادند، و به وسیله دوربین Olympus DP73 همراه با بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر از مجموعه نانو پلانکتون‌های آهکی عکسبرداری شده است. جهت مطالعه نانو پلانکتون‌های آهکی، شناسایی و تفکیک جنس و گونه‌های مختلف توسط میکروسکوپ نوری، علاوه بر استفاده از تکنیک مطالعه در نور معمولی (PPL) و متقاطع (XPL)، از نور متقاطع همراه با تیغه‌های ژپیس (XPL+GP) و کوارتز (XPL+QP)، و سیستم فازکنتراست (Phase Contrast) استفاده گردید.

واقع شده است (شکل ۲). در شکل ۲ موقعیت برش مورد مطالعه، راه‌های دسترسی به آن و نقشه زمین‌شناسی ناحیه نمایش داده شده است.

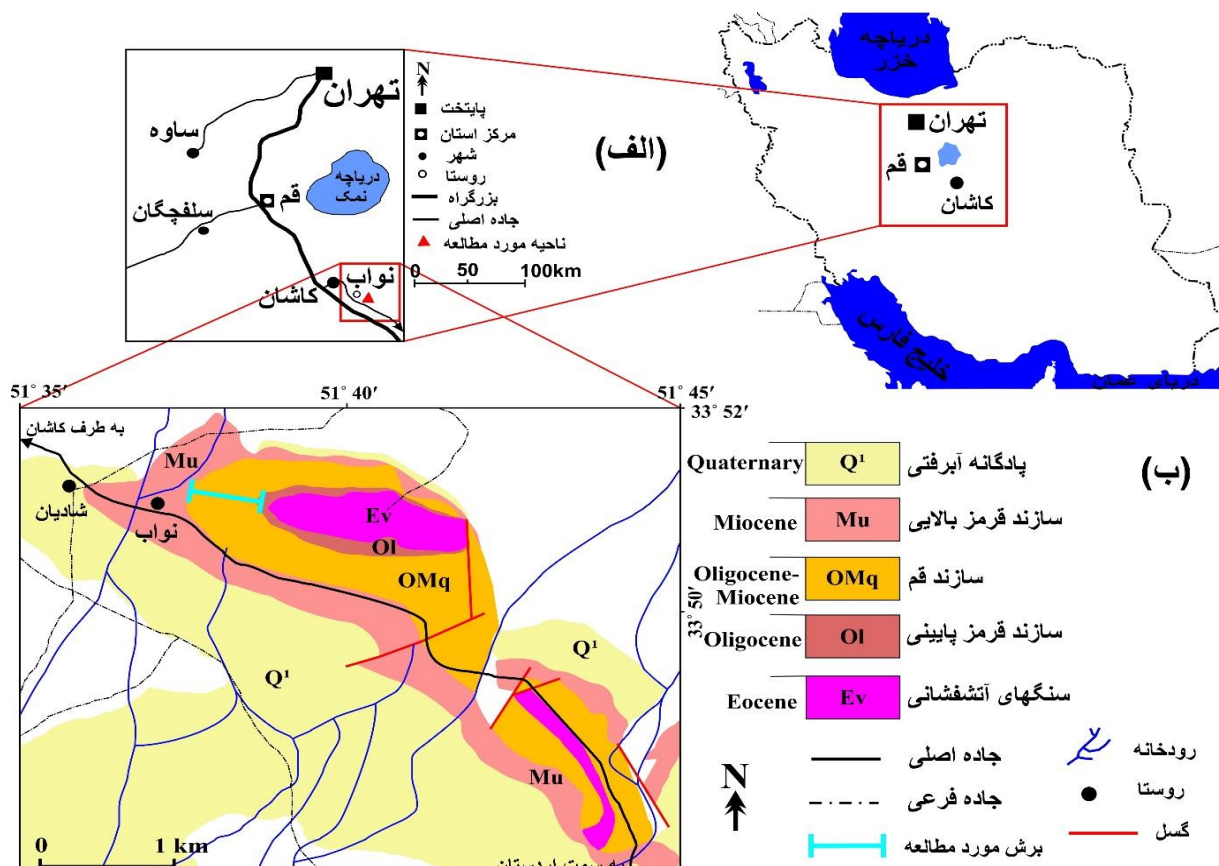
مطالعات صحرایی

سازند قم در برش تاقدیس نواب با ضخامت ۴۱۷ متر به صورت ناپیوسته هم‌شیب و با نهشته شدن آهک‌های ماسه‌ای بر روی سازند قرمز پایینی (با رخساره آواری قرمز رنگ) قرار گرفته است (شکل ۳). گذر بالایی سازند مورد مطالعه مورد با سازند قرمز بالایی نیز به صورت ناپیوسته و هم‌شیب می‌باشد که در این گذر تغییر رخساره به صورت ناگهانی از آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه رأس سازند قم به آواری‌های درشت دانه و قرمز رنگ قاعده سازند قرمز بالایی قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳).

سازند مذکور در این برش شامل توالی منظمی از آهک‌های کرم تا خاکستری روشن، آهک‌های مارنی، مارن‌های سبز-خاکستری و مارن‌های قرمز رنگ ژپیس‌دار، انیدریت، مارن‌های سبز رنگ، همراه با یک بخش آهکی رنگ روشن در رأس می‌باشد. در مطالعه حاضر با توجه به اهداف پژوهش تعداد ۳۷۰ نمونه از سازند قم برداشت گردید و به آزمایشگاه منتقل شد.

مطالعات آزمایشگاهی

جهت مطالعات نانو پلانکتون‌های آهکی تعداد ۳۷۰ اسلاید به دو



شکل ۲: الف) نمایش موقعیت برش و راه دسترسی به آن. ب) نقشه زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه همراه با نمایش موقعیت برش برداشت شده

(I)، برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز (Babakhani, 1997) با تغییرات و ترسیم مجدد.

زیست‌چینه نگاری

(Okada and Bukry, 1980) et al., 2014) از الگوی اوکادا و بوکری (CP19b) قابل انطباق می‌باشد (شکل‌های ۳ و ۴). این زیست‌زون محدودده چینه‌ای مربوط به عضوهای a و b و بخش پایینی زیرعضو c1 را در برمی‌گیرد (شکل ۴).

Triquetrorhabdulus carinatus Zone (NN1)

براساس تعریف، محدوده‌ی چینه‌ای بین آخرین حضور گونه‌های *H. recta* و *S. ciproensis* تا اولین حضور (*FO*) گونه *Discoaster druggii* به این زون زیستی تعلق دارد و بیانگر سن معادل الیگوسن پسین (شاتین) و/یا میوسن پیشین می‌باشد (Perch-Nielsen, 1985). بوکری (Bukry, 1973) بر اساس آخرین حضور عمومی گونه *Cyclicargolithus abisectus*، و یا اولین حضور گونه *D. druggii*، زیرزون‌های CN1a و CN1b که هم‌ارز با بخش-های پایینی زیست‌زون NN1 می‌باشد، تفکیک نموده است.

در بررسی نانو پلانکتون‌های آهکی برش تاقدیس نواب، آخرین حضور گونه *S. ciproensis* کمی قبل از اولین حضور گونه *S. delphix* و حضور با فراوانی متوسط گونه *T. carinatus* در ضخامت ۱۱۳ متری و اولین حضور شاخص *D. druggii* در ضخامت ۱۶۶ متری مشاهده و ثبت گردید. این زیست‌زون قابل انطباق با زون CNO6 از زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini et al., 2014)، بخش پایینی زون CNM1 مربوط به باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) et al., 2012) و زیرزون‌های CN1a-CN1b از الگوی اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) می‌باشد (شکل‌های ۳ و ۴). این زیست‌زون محدودده چینه‌ای مربوط به بخش میانی تا بالایی زیرعضو c1 را در برمی‌گیرد (شکل ۴).

Discoaster druggii Zone (NN2)

این زیست‌زون براساس تعریف، محدوده‌ی بین اولین حضور گونه *D. druggii* تا آخرین حضور گونه *T. carinatus* را شامل می‌شود و مشخص کننده سن میوسن پیشین (اکیتانین-بوردیگالین) می‌باشد (Perch-Nielsen, 1985). با توجه به مطالعات Raffi و همکاران (Raffi et al., 2006) مشخص گردید که در طول بازه حضور گونه *T. carinatus* تغییرات زیادی در فراوانی آن رخ می‌دهد که به این دلیل شاخص قابل‌اعتمادی برای تفکیک مرز بالایی این زیست‌زون محسوب نمی‌گردد. مطالعات متعدد در نقاط مختلف دنیا نشان داده است که محدوده‌ی بین آخرین حضور گونه *T. carinatus* و اولین حضور *Sphenolithus belemnos* همپوشانی دارد (Raffi et al., 1990; Fornaciari et al., 2006). به همین دلیل باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) در تهیه الگوی زوناسیون نئوژن از رخداد قابل اعتماد *S. belemnos* جهت تعیین مرز بالایی این زیست‌زون استفاده نموده‌اند.

کوکولیتوفورها و متعاقب آن کوکولیت‌ها از متنوع‌ترین میکروارگانیسم‌های دریایی هستند و به عنوان یکی از بزرگ‌ترین گروه‌های فیتوپلانکتون دریایی، نقش حیاتی در اکوسیستم دریایی و بیوژئوشیمی آن دارند (Young et al., 2003). این گروه از فیتوپلانکتون‌ها به عنوان اولین حلقه زنجیره غذایی دریایی در تولید کربن آلی، کربنات و دی‌متیل سولفید (DMS) نقش مهمی ایفا می‌کنند، و مهم‌ترین سازندگان رسوبات کربناته دریاها و سنوزویک محسوب می‌شوند و از فسیل‌های شاخص در زیست‌چینه نگاری و شناساگرهای مهم تغییرات اقیانوس دیرینه می‌باشند (Young et al., 2003). بنابراین در پژوهش حاضر باتوجه به اهمیتی که نانو پلانکتون‌های آهکی در زیست‌چینه نگاری دارند، به مطالعه الگوی پراکندگی آن‌ها و تهیه چارچوب زیست‌چینه‌ای مطابق با الگوهای استاندارد جهانی مارتینی (Martini, 1971)، زوناسیون باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) و آگنینی و همکاران (Agnini et al., 2014) پرداخته و با یکدیگر و همچنین با الگوی زوناسیون اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) مطابقت داده شد (شکل‌های ۳ و ۴). این بررسی منجر به شناسایی ۷۲ گونه متعلق به ۱۸ جنس از این گروه از پلانکتون‌ها شده که بر اساس گونه‌های شاخص، زیست‌زون‌های زیر تفکیک گردید.

Sphenolithus ciproensis Zone (NP25)

این زیست‌زون محدودده چینه‌ای بین آخرین حضور (*LO*) گونه *Sphenolithus distentus* تا آخرین حضور گونه *Helicosphaera recta* و/یا *Sphenolithus ciproensis* را در بر می‌گیرد. این زون در برگریخته سنی معادل الیگوسن پسین (شاتین) می‌باشد (Perch-Nielsen, 1985). در عرض‌های جغرافیایی پایین گونه‌های *H. recta* و *S. ciproensis* شاخص‌های خوبی جهت تفکیک مرز زیست‌زون‌های NP25 از NN1 می‌باشد (Perch-Nielsen, 1985). در این زون احتمال ثبت گونه‌های *Triquetrorhabdulus milowii* و *Triquetrorhabdulus carinatus* بصورت پراکنده وجود دارد (Perch-Nielsen, 1985).

در این پژوهش، گونه‌های *S. ciproensis*، *H. recta*، *R. bisecta*، *Z. bijugatus* همراه با حضور گونه شاخص *T. carinatus* در اولین نمونه‌های بررسی شده از قاعده برش، بیانگر این است که شروع رسوب‌گذاری سازند قم در این بخش از حوضه رسوبی از نظر زمانی معادل زون NP25 (Martini, 1971) می‌باشد. همچنین با توجه به مشاهده آخرین حضور گونه *S. ciproensis* در ضخامت ۱۱۳ متری مرز بالایی این زیست‌زون تفکیک گردید. این زون با زون‌های زیستی CNO5 از زوناسیون آگنینی و همکاران (Agnini

نانوپلانکتونی در ضخامت ۳۶۷ متری تعیین گردید (شکل ۳). به عبارتی دیگر بخش بالایی عضو f در زمان اشکوب لانگین پیشین نهشته شده است. این زون زیستی با زون‌های CNM6 از الگوی استاندارد باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) و CN3 مربوط به زوناسیون اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) است (شکل ۴). این زیست‌زون محدوده چینه‌ای مربوط به بخش بالایی عضو e تا انتهای عضو f را شامل می‌شود (شکل ۴).

تصاویر گونه‌های شاخص و برخی از فرم‌های عمومی که در بررسی فلورای سازند قم شناسایی گردیده، در عکس‌های ۵ و ۶ نمایش داده و معرفی شده است.

Formal Member	Calcareous Nannofossil Biostratigraphy (Navah antellinae section)				Biozonation				Stage	Subepoch	Epoch	Age (Ma)
	URF	Not studied			CNM7	CNM6	CNM5	CNM4				
f												14.8
e												15.0
d												15.5
c												16.0
b												16.6
a												17.0
1												17.5
2												18.0
3												18.5
4												19.0
5												19.5
6												20.0
7												20.5
8												21.0
9												21.5
10												22.0
11												22.5
12												23.0
13												23.5
14												24.0
15												24.5
16												25.0

شکل ۴: نمایش زیست‌زون‌های نانوپلانکتونی شناسایی شده در سازند قم و تطابق آن با الگوهای استاندارد جهانی. این تطابق با داده‌های کرونواستراتیگرافی پائولیک و همکاران (Palike et al., 2006) و الگوی زوناسیون باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) و آگینی و همکاران (Agnini et al., 2014) ترسیم شده است.

بحث

مطالعات صورت گرفته توسط مارتینی (Martini, 1971)، اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) و پرچ-نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) و ترسیم الگوی زوناسیون نانو پلانکتون‌های آهکی برای این بخش از پالئوژن و نئوژن، همگی بیانگر عدم توانایی تفکیک دقیق مرز اشکوب‌های شاتین-اکیانین، اکیانین-بوردیگالین و همینطور بوردیگالین با لانگین می‌باشد. به طوری که برای این مرزها زون‌های زیستی دو زمانه NN1، NN2 و NN4 (یا CN1b، CN1c و CN3) توصیف شده است.

پیش‌تر، از آخرین حضور گونه‌های *H. recta* و *S. ciproensis* به عنوان حادثه نانوپلانکتونی مرز الیگوسن-میوسن در عرض‌های جغرافیایی پایین بیان می‌شد (Perch-Nielsen, 1985). اما امروزه

در مطالعه نانو پلانکتون‌های آهکی حاضر در برش تاقدیس نواب نیز مرزهای پایین و بالایی زیست‌زون NN3 به ترتیب بر مبنای اولین حضور گونه *S. belemnus* در ضخامت ۳۲۸ متری و اولین حضور گونه *S. heteromorphus* (و یا آخرین حضور *S. belemnus*) در ضخامت ۳۴۴ متری شناسایی و تفکیک گردید (شکل ۳). این زون قابل مقایسه با زون زیستی CNM5 از الگوی استاندارد باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) و CN2 مربوط به زوناسیون اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) است (شکل ۴). این زیست‌زون محدوده چینه‌ای مربوط به بخش میانی عضو e را در برمی‌گیرد (شکل ۴).

Zone (NN4) *Helicosphaera ampliaptera*

این زیست‌زون دربرگیرنده‌ی محدوده‌ی بین آخرین حضور گونه *S. belemnus* تا آخرین حضور گونه *H. ampliaptera* می‌باشد و بیانگر سن میوسن پیشین (بوردیگالین) تا پایین‌ترین قسمت اشکوب لانگین می‌باشد (Perch-Nielsen, 1985). در حالی که بوکری (Bukry, 1973) و اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) از اولین حضور *Calcidiscus macintyreii* یا پایان حضور عمومی گونه *D. deflandrei* یا آخرین پیدایش گونه *H. ampliaptera* جهت تفکیک مرز بالایی زیست‌زون CN3 استفاده نموده‌اند. به عقیده محققین مختلف (Martini, 1980; Perch-Nielsen, 1985; Rio et al., 1990; Backman et al., 2012) اولین پیدایش *D. exilis* کاهش شدید در فراوانی تا حتی انقراض گونه *H. euphratis* در طول این زون و بخصوص در مرز میوسن پیشین (بوردیگالین) به میوسن میانی (لانگین)، کاهش زیاد در فراوانی گونه *D. deflandrei* همراه با اولین حضور فرم‌های *D. signus*-*D. tuberi* و کاهش شدید فراوانی گونه *Cyclicargolithus floridanus* در بخش بالایی این زون، از دیگر رخدادهایی زیستی که می‌توان جهت تفکیک مرز بالایی این زیست‌زون استفاده کرد.

در برش تاقدیس نواب مرز پایینی این زون در بخش بالایی عضو e (ضخامت ۳۴۴ متری) تفکیک گردیده است. به عبارتی دیگر شروع زون NN4 با سن بوردیگالین تا لانگین پیشین در فاصله ۲۹ متری نسبت به قاعده عضو f قرار دارد. جهت تفکیک مرز بالایی همانند سایر نقاط دنیا به طرف بالا و نزدیک مرز میوسن زیرین با میانی فراوانی گونه‌های *C. euphratis*، *H. ampliaptera* و کاهش زیاد داشته و نزدیک این مرز ناپدید شدند. در حالی که گونه *S. heteromorphus* با همراهان خود نظیر *H. scissura* و *Reticulofenestra pseudumbilicus* همچنان در مجموعه نانو پلانکتونی حضور دارند. بنابراین از ضخامت ۳۴۴ متری تا انتهای سازند قم (ضخامت ۴۱۷ متری) در این برش به زون NN4 تعلق دارد و مرز میوسن زیرین (بوردیگالین) با میانی (لانگین) با توجه به تغییرات مجموعه

۳). پس از آن علاوه بر حضور سایر فرم‌ها، *C. floridanus* به صورت پراکنده، گونه‌های *H. carteri* (تنها هلیکوسفرید غالب در مجموعه) و *S. heteromorphus* نیز همچنان در مجموعه نانوپلانکتونی حضور داشتند (شکل ۳). بنابراین از آنجایی که این رخداد در بخش بالایی زون NN4 ثبت شده و مطابق با سایر نقاط دنیا بیانگر حدود مرز بوردیگالین-لانگین است، پس احتمالاً توالی بخش بالایی سازند قم در این برش طی زمان اشکوب لانگین پیشین نهشته شده است. پیش از این، هادوی و همکاران (Hadavi et al., 2010) نیز به نهشته شدن توالی بالایی سازند قم (بخش e) در برش کمرکوه طی زمان بوردیگالین-سراوالین (Burdigalian- Seravallian) اشاره داشته‌اند. همچنین، دانشیان و رضانی دانا (Daneshian and Ramezani Dana, 2017) در ناحیه قم با مطالعه فرامینیفرهای پلانکتون، به نهشته شدن بخش بالایی این سازند در زمان بوردیگالین پسین-لانگین اشاره کرده‌اند.

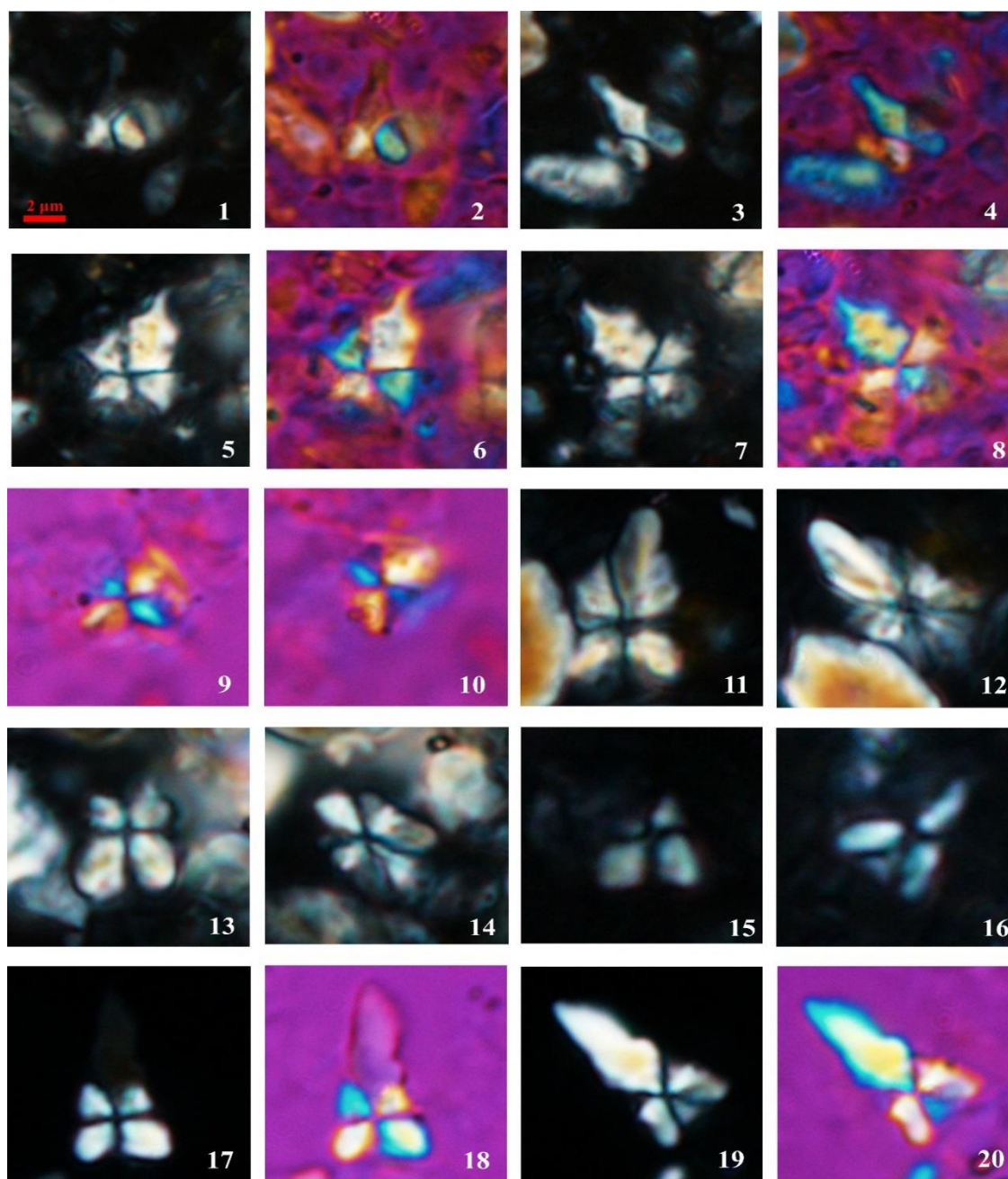
نتیجه گیری

در پژوهش حاضر برای نخستین بار به مطالعه مجموعه نانو پلانکتون‌های آهکی تمامی توالی سازند قم در برش تاق‌دیس نواب که در شمال شرق کاشان واقع گردیده، پرداخته شد. در این مطالعه با هدف زیست‌چینه‌نگاری سازند قم بر اساس نانو پلانکتون‌های آهکی، علاوه بر استفاده از الگوی استاندارد زوناسیون مارتینی (Martini, 1971)، جهت تفکیک دقیق‌تر زیست‌زون‌ها از جدیدترین الگوی زوناسیون تعریف شده برای پالئوژن (Agnini et al., 2014) و نئوژن (Backman et al., 2012) نیز استفاده گردید و همچنین با زوناسیون اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) مطابقت داده شد. بنابراین زیست‌زون‌های NN4- NN1- NP25، از زوناسیون مارتینی (Martini, 1971)، CNO5- CNO6 از الگوی آگنینی و همکاران (Agnini et al., 2014)، زیست‌زون‌های CNM1- CNM6 مربوط به باخمن و همکاران (Backman et al., 2012) و همچنین زون‌ها و زیرزون‌های زیستی CP19b, CN1a, CN2- CN3- CN1c, CN1b متعلق به زوناسیون اوکادا و بوکری (Okada and Bukry, 1980) در سازند قم تفکیک گردید و هم ارزی آن‌ها با یکدیگر بررسی شد. ارزش چینه‌شناسی زیست‌زون‌ها بیانگر نهشته شدن سازند قم طی زمان زمین‌شناسی شاتین پسین (late Chattian) تا بوردیگالین پسین-لانگین پیشین (late Burdigalian-early Langhian) در برش تاق‌دیس نواب می‌باشد. علاوه بر آن، نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات صورت گرفته بر روی مرز اشکوب‌ها در برش‌های الگو و نقاط مختلف دنیا مقایسه، و حدود مرزهای شاتین-اکیتانین

مطابق با مطالعات جدید باخمن و همکاران (Backman et al., 2012)، آگنینی و همکاران (Agnini et al., 2014)، البصراوی (Albasravi, 2016) و همین‌طور سن‌سنجی صورت گرفته بر روی برش الگوی جهانی توسط پائولیک و همکاران (Palike et al., 2006) مشخص شده است که این رخدادها پیش از مرز و در توالی مربوط به شاتین پسین (late Chattian) قرار دارند. برخی مطالعات (Steininger et al., 1997; Shackleton et al., 2000; Albasravi, 2016) به ثبت این رخدادها و همین‌طور اولین و آخرین پیدایش گونه *S. capricornutus* پس از مرز اشاره کرده است که در این مطالعات موقعیت زمان-چینه‌ای مرز الیگوسن-میوسن بر اساس آنالیز قدیمی برگرن و همکاران (Berggren et al., 1995) در زمان 23.800Ma قرار داشته است. درحالی که مطابق با جدیدترین سن‌سنجی‌های صورت گرفته (Palike et al., 2006) موقعیت این مرز از نظر زمانی برابر با 23.03Ma می‌باشد. آخرین مطالعات فسیل‌شناسی منتشر شده در برش‌های استاندارد جهانی و همین‌طور از ایران، حاکی از ثبت اولین و آخرین حضور گونه‌های شاخص *S. delphix* و *S. capricornutus* در محدوده سنی جوانتری نسبت به آخرین حضور گونه‌های *H. recta* و *S. ciperoensis* است و آخرین حضور آن‌ها نزدیک‌ترین شاهد جهت تعیین مرز مورد بحث می‌باشد (Rio et al. 1990, Backman et al. 2012; Agnini et al., 2014; Ogg et al., 2016, Parandavar and Hadavi, 2019). در برش تاق‌دیس نواب، آخرین حضور گونه‌های *S. delphix* و *S. capricornutus* در بخش پایینی برش و در ضخامت ۱۵۷ متری واقع شده که گویای موقعیت مرز الیگوسن-میوسن می‌باشد (شکل ۳).

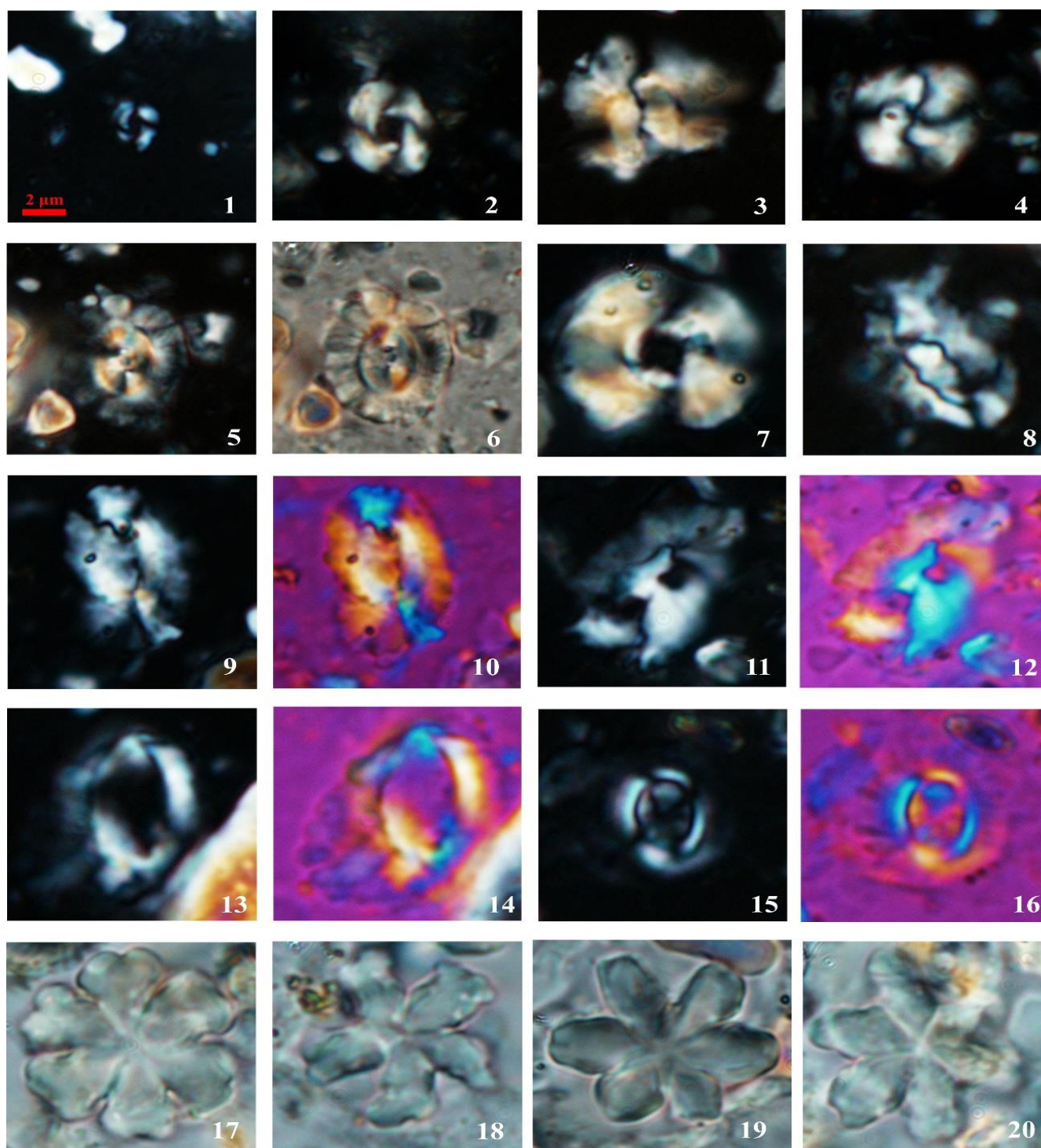
علاوه بر این، مطالعات سن‌سنجی لورنز و همکاران (Lourens et al., 2004) در توالی میوسن پیشین، حاکی از قرار گیری مرز اکتیانین-بوردیگالین در زون مغناطیسی C6An و سن مطلق برابر با 20.43Ma می‌باشد. مطالعات نانو پلانکتون‌های آهکی و سن‌سنجی آن‌ها گویای هم‌زمانی اولین حضور گونه *H. ampliaperta* (با سن مطلق 23.43Ma) با مرز مذکور است (Backman et al., 2012) که در مطالعات بعدی بر روی برش الگوی جهانی نیز ثبت و به عنوان فرم شاخص تفکیک این مرز معرفی گردیده است (Ogg et al., 2016). در مطالعه حاضر نیز این رخداد به‌خوبی قابل ردیابی بوده و اولین حضور گونه شاخص اشاره شده در ضخامت ۳۲۲ متری شناسایی و ثبت گردید که در بخش بالایی زیست‌زون NN2 و به عبارتی دیگر در قاعده عضو e قرار دارد (شکل ۳). چنانچه پیش از این تشریح شد، مطالعه نانو پلانکتون‌های آهکی برش تاق‌دیس نواب در محدوده زیست‌زون NN4 و در بخش بالایی عضو e تا رأس عضو f حاکی از کاهش محسوس در فراوانی گونه‌های *C. floridanus*، *H. euphratis* و *H. ampliaperta* به طرف بالای سازند می‌باشد که این روند در ضخامت ۳۶۷ متری به حداکثر رسید (شکل

(Chattian-Aqitanian)، اکتیانین-بوردیگالین (Aqitanian- Burdigalian) و بوردیگالین-لانگین (Burdigalian- Langhian) شناسایی و تفکیک گردید. بر این اساس، این مرزها به ترتیب در بخش بالایی زیرعضو c1، قاعده عضو e و در بخش بالایی عضو f واقع شده است.



شکل ۵: نمایش گونه‌های شاخص از نانو پلانکتون‌های آهکی شناسایی شده در برش تاقدیس نواب (اندازه مقیاس برای همه عکس‌ها = ۲ میکرون)

1-4) *Sphenolithus ciperoensis* Bramlette and Wilcoxon, 1967 (Figs. 1 & 2: 0°, Figs. 3 & 4: 45°; Figs. 1 & 3: XPL, Figs. 2 & 4: GP); **5-8)** *Sphenolithus capricornutus* Bukry & Percival 1971 (Figs. 5 & 6: 0°, Figs. 7 & 8: 45°; Figs. 5 & 7: XPL, Figs. 6 & 8: GP); **9-10)** *Sphenolithus delphix* Bukry 1973 (Fig. 9: 0°, Fig. 10: 45°; Figs. 9 & 10: GP); **11-12)** *Sphenolithus conicus* Bukry, 1971 (Fig. 11: 0°, Fig. 12: 45°; Figs. 11 & 12: XPL); **13-14)** *Sphenolithus disbelemnus* Fornaciari and Rio, 1996 (Fig. 13: 0°, Fig. 14: 45°; Figs. 13 & 14: XPL); **15- 16)** *Sphenolithus belemnus* Bramlette and Wilcoxon, 1967 (Fig. 15: 0°, Fig. 16: 45°; Figs. 15 & 16: XPL); **17- 20)** *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre 1953 (Figs. 17 & 18: 0°, Figs. 19 & 20: 45°; Figs. 17 & 19: XPL, Figs. 18 & 20: GP);. **XPL=** Cross Polarizing Light, **GP=** Gypsum Plate.



شکل ۶: گونه‌های شاخص و عمومی شناسایی شده از نانو پلانکتون‌های آهکی در برش تاقدیس نواب (اندازه مقیاس برای همه عکس‌ها = ۲ میکرون)

1) *Reticulofenestra minuta* Roth, 1970 (XPL); 2) *Reticulofenestra dictyoda* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954 (XPL); 3) *Reticulofenestra stavensis* Varol, 1989 (Fig. 3: XPL); 4) *Reticulofenestra bisecta* Roth, 1970 (XPL); 5-6) *Coccolithus pelagicus* Schiller, 1930 (Fig. 5: XPL; Fig. 6: QP); 7) *Cyclocargolithus floridanus* Bukry, 1971 (XPL); 8) *Helicosphaera euphratis* Haq, 1966 (XPL, 45°); 9-10) *Helicosphaera carteri* Kamptner, 1954 (Fig. 9: XPL, Fig. 10: GP); 11- 12) *Helicosphaera recta* Jafar & Martini, 1975 (45°; Fig. 11: XPL, Fig. 12: GP); 13- 14) *Helicosphaera ampliaperta* Bramlette and Wilcoxon, 1967 (Fig. 13: XPL, Fig. 14: GP); 15- 16) *Hughesius tasmaniae* de Kaenel and Villa, 1996 (Fig. 15: XPL, Fig. 16: GP); 17) *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel, 1954 (QP); 18) *Discoaster leroyi* de Kaenel and Bergen, 2017 (QP); 19- 20) *Discoaster druggii* Bramlette and Wilcoxon, 1967 (QP). XPL= Cross Polarizing Light, GP= Gypsum Plate, QP= Quartz Plate.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی و پشتیبانی موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو انجام گرفته است. برای انجام پژوهش از همکاری‌های مؤثر سرکارخانم دکتر بنی‌هاشمی برای ارائه مشاوره در زمینه کاربرد نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تحلیل داده‌های مکانی، سرکارخانم مهندس روحانی‌زاده برای آنالیز رسوبات ساحلی تشکر می‌نماید.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

- [1] آقاباتی، ع، ۱۳۸۹. زمین‌شناسی ایران. جلد اول. چاپ سوم. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. صفحات ۵۴-۱.
- [2] Albasravi, W.A., 2016. Early Miocene Quantitative Calcareous Nannofossil Biostratigraphy from the Tropical Atlantic. Dissertations and Theses in Earth and Atmospheric Sciences, University of Nebraska, 1-7P.
- [3] Agnini, C., Fornaciari, E., Raffi, I., Catazariti, 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.
- [4] Babakhani, A.R., 1997. Geological map of Natanz, 1:100000 Series, No. 6457, Geological Survey of Iran.
- [5] Backman, J., Raffi, I., Rio, D., Fornaciari, E., Palike, H., 2012. Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes. *Newsletters on stratigraphy*, 45 (3): 221-244.
- [6] Berberian, M., King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- [7] Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher III, C.C., Aubry, M.P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P., Hardenbol, J. (Eds.), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publication, 54: 129-212.
- [8] Bown, P.R., Young, J.R., 1998. Techniques; In: Bown, P.R., (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman and Hall, London, 16-28PP.
- [9] Bozorgnia, F., 1965. Qum Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, 24: 69-75.
- [10] Bramlette, M.N., Wilcoxon, J.A., 1967. Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero Section, Trinidad, W., *Tulane Stud. Geology*, 5: 93-131.
- [11] Bukry, D., 1973. Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation, *Init. Repts. DSDP No. 14: Washington (U.S. Govt. Printing Office)*, V. 15, pp. 685-703.
- [12] Bukry, D., 1975. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling project Leg 32. *Initial Rep. Deep Sea drill. Project*, 32: 677-701.
- [13] Daneshian, J., Ramezani Dana, L., 2017. Foraminiferal biostratigraphy of the Miocene Qom Formation, northwest of the Qom, Central Iran. *Frontiers Earth Sciences*, 1-15.
- [14] Dozy, J., 1955. A sketch of post-Cretaceous volcanism in central Iran. *Leidse Geol. Meded* 20, pp. 48-57.
- [15] Furrer, M.A., Soder, P.A., 1955. The Oligo-Miocene marine formation in the Qum region (Central Iran). Rome, Italy. In: *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress*, Rome, 267-277.
- [16] Fornaciari, E., Raffi, I., Rio, D., Villa, G., Backman, J., Olafsson, G., 1990. Quantitative distribution patterns of Oligocene and Miocene calcareous nannofossils from the western equatorial Indian Ocean, *Proceeding ODP, Sciences Results*. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 115: 237-254.

- and transpressional belt in central Iran. The Central Basin in the Qom- Saveh area, *Geosphere*, 4: 325-362.
- [27] 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(3): 321-325.
- [28] Ogg, J.G., Ogg, G.M., Gradstein, F., 2016. A Concise Geologic Time Scale (GTS). Elsevier, 187- 210P.
- [29] Parandavar, M., Hadavi, F., 2019. Identification of the Oligocene-Miocene boundary in the Central Iran Basin (Qom Formation): Calcareous nannofossil evidences. *Geological Quarterly*, 63(2): 215-229.
- [30] Paliike, H., Norris, R.D., Herrle, J.O., Wilson, P.A., Coxall, H.K., Lear, C.H., Shackleton, N.J., Tripathi, A.K., Wade, B.S., 2006. The heartbeat of the Oligocene climate system. *Science*, 14: 1894- 1898.
- [31] Rahaghi, A. 1980. Tertiary Faunal Assemblage of Qum-Kashan, Sabzewar and Jahrum Areas. National Iranian Oil Company, Geological Laboratories, Publication No. 8, 1- 64.
- [32] Rio, D., Fornaciari, E., Raffi, I., 1990. Late Oligocene through early Pleistocene calcareous nannofossils from western equatorial Indian Ocean (Leg 115). In *Proceeding ODP, Scientific Results*. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 115: 175-235.
- [33] Raffi, I., Backman, J., Fornaciari, E., Paliike, H., Rio, D., Lourens, L., Hilgen, F., 2006. A review of calcareous nannofossil astrobiochronology encompassing the past 25 million years. *Quaternary Science Reviews*, 25(23): 3113-3137.
- [34] Reuter, M., Piller, W.E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rögl, F., Kroh, A., Aubry, M.P., Wielandt-Schuster, U. Hamedani, A., 2007. The Oligo-Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of the Tethyan seaway and closure of its Iranian gateway. *International Journal of Earth Sciences*, 98: 627- 650.
- [35] Shackleton, N.J., Hall, M.A., Raffi, I., Tauxe, L., Zachos, J., 2000. Astronomical calibration age for the
- [17] Fornaciari, E., Rio, D., 1996. Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region. *Micropaleontology*, 1: 1-36.
- [18] Gansser, A., 1955. New aspects of the geology in Central Iran. In: *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress*, Roma, Italia, 280- 300PP.
- [19] Hadavi, F., Notghi-Moghaddam, M., Mousazadeh, H., 2010. Burdigalian- serravalian calcareous nannoplanktons from Qom Formation, northcenter Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 3: 133-139.
- [20] Lourens, L.J., Hilgen, F.J., Shackleton, N.J., Laskar, J., Wilson, D., 2004. The Neogene Period. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.), *A Geological Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 409-440PP.
- [21] Maghfori Moghadam, H., Holakouee, Z., Yazdi, M., Yousefi, B., 2017. Biofacies Analysis of the Upper Oligocene Deposits (Qom Formation) in Urumieh Dokhtar Zone, Iran. *Anuáriodo Institutode Geociências*, 40(2): 163-179.
- [22] Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous nannoplankton zonation. *Proceedings II Planktonic Conference*, Roma, 1: 739-386.
- [23] Martini, E. 1980. Oligocene to Recent calcareous nannoplankton from the Philippine Sea, Deep Sea Drilling Project Leg 59, Initial Report, 59: 547- 565.
- [24] Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Vaziri, M.R., Ghaedi, M., 2011. Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Fm., south of the Kashan, central Iran. *Carbonate Evaporite*, 26: 255- 271.
- [25] Mohajel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., 2003. Cretaceous- Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran. *Journal Asian Earth Science*, 21: 397-412.
- [26] Morley, C.K., Kongwung, A., Julapour, A., Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D., Warren, J., Otterdoom, H., Srisuriyon, K., Kazemi, H., 2009. Structural development of a major late Cenozoic basin

- [39] Stocklin, J., Setudehnia, A., 1991. Stratigraphic Lexicon of Iran: Geology Survey of Iran. Report No. 18, 1-376PP.
- [40] Yazdi-Moghaddam, M., 2011. Early Oligocene larger foraminiferal biostratigraphy of the Qom Formation, South of Uromieh (NW Iran). *Turkish Journal of Earth Science*, 20: 847- 856.
- [41] Young, J.R., Geisen, M., Cros, L., Kleijne, A., Sprengel, C., Probert, I., Ostergaard, J.B., 2003. A guide to extant coccolithophore taxonomy. *Journal of Nannoplankton Research Special Issue*, 1: 1-125.
- [42] Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils; In: *Plankton stratigraphy Book*. Cambridge Earth Science Series, New York, 329-554 PP.
- Oligocene/Miocene boundary, *Geology*, 28 (5):447-450.
- [36] Soder, P.A., 1956. Detailed investigations on the marine formation of Qum. Exploration Directorate of NIOC, Geological report No. 154, 38P.
- [37] Soder, P.A., 1959. Detailed investigations on the marine formation (Oligo-Miocene) of Qum. Exploration Directorate of NIOC, Geological report No. 186, 54P.
- [38] Steininger, F.F., Aubry, M.P., Berggren, W.A., Biolzi, M., Borsetti, A.M., Cartlidge, J.E., Cati, F., Corfield, R., Gelati, R., Iaccarino, S., Napoleone, C., Ottner, F., Rogl, F., Roetzel, R., Spezzaferrri, S., Tateo, F., Villa, G., Zvenboom, D., 1997. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Neogene. *Episodes*, 20: 23- 28.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Parandavar, M., PhD in Stratigraphy and Paleontology, Geology department, Sciences faculty, Ferdowsi university of Mashhad, Iran

✉ parandavar.m@gmail.com

 0000-0002-3727-4991

Hadavi, F., , Professor in the Department of Geology, Sciences faculty, Ferdowsi university of Mashhad, Iran

✉ hadavi231@gmail.com

 0000-0002-7979-7125

Aghanabati, S.A., Associate Professor at the Research Institute of Earth Sciences, Geological Survey, Tehran, Iran.

✉ agha1036@yahoo.com

 0000-0001-9460-6940

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

HOW TO CITE THIS ARTICLE



Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.51.2.5

 [http://doi.org/ 10.52547/joc.13.51.2](http://doi.org/10.52547/joc.13.51.2)

 [http://joc.inio.ac.ir/ article-1-1572-fa.html](http://joc.inio.ac.ir/article-1-1572-fa.html)

 [https://orcid.org/ 0000-0002-3727-4991](https://orcid.org/0000-0002-3727-4991)

COPYRIGHTS



©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.