

بررسی نهشته‌های کرتاسه پایینی در حوضه رسوبی کپه‌داغ غربی در شمال اقلیم تتیس (برش آق‌بند) با استفاده از نانوفسیل‌های آهکی

فریبا فروغی^{۱*}، الناز لسان خوش نیک‌خوی^۲ و ابراهیم قاسمی‌نژاد^۳

۱- استادیار دانشکده زمین‌شناسی، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- کارشناس‌ارشد زمین‌شناسی، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد دانشکده زمین‌شناسی، دانشکده‌گان علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: f.foroughi@ut.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۳

دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۳

چکیده

نهشته‌های رسوبی کرتاسه پایینی در بخش بالایی سازند سرچشمه و سازند سنگانه در غرب حوضه کپه‌داغ غربی در شمال گنبدکاووس، برش آق‌بند انتخاب و برای مطالعه نانوفسیل‌های آهکی آن مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد ۵۳ نمونه از ۱۳۸ متر ضخامت آهک‌های آرژیلیتی و شیل و مارن‌های خاکستری روشن تا تیره نهشته‌های کرتاسه پایینی برداشت شد. در این مطالعه تعداد ۶۰ گونه نانوفسیلی از ۲۵ جنس و ۶ خانواده تشخیص داده شد. بر طبق زیست‌زون‌های حوضه تتیس، بخش‌های بالایی زیست‌زون NC5 (E, D) تا NC9A و بر اساس زیست‌چینه‌نگاری استاندارد، بخش‌های بالایی زیست‌زون CC6 تا CC8b تشخیص داده شد و سن نسبی بارمین پسین تا آلبین میانی-پسین؟ برای رسوبات مورد مطالعه، پیشنهاد شد. این مطالعات نشان داد که سطح تراز نسبی آب‌های اقیانوس تتیس در حوضه کپه‌داغ، با توجه به سنگ‌شناسی آن، مشابه با دیگر نقاط دنیا در بارمین و آپتین افزایش و در آلبین کاهش داشته است. مارن‌های خاکستری تا زرد سازند آچه‌گیل با سن نئوژن بر روی مارن‌های خاکستری تیره سازند سنگانه در برش مورد مطالعه قرار دارند و بیانگر یک ناپیوستگی از آلبین پسین تا نئوژن در برش مورد مطالعه می‌باشند. مجموعه فسیلی موجود و حضور گونه‌های آب گرم نظیر *Ragodiscus Rhagodiscus asper* و *Tranolithus orionatus* و *Rhagodiscus achylostaurion* نشان دهنده نهشته شدن این واحدهای رسوبی در عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط در این ناحیه از تتیس در حوضه کپه‌داغ غربی است.

واژه‌های کلیدی: بارمین پسین تا آلبین میانی-پسین؟، برش آق‌بند، کرتاسه پایینی، نانوفسیل‌های آهکی

۱- پیشگفتار

زرد تا لیمونیتی سازند سرچشمه از هم قابل تفکیک است. برش الگوی سازند سنگانه در حوضه رسوبی کپه‌داغ، در شمال غرب روستای سنگانه در ۷۰ کیلومتری شمال شرقی مشهد و در جاده مشهد-کلات قرار دارد. سازند سنگانه در برش الگو، با سازند سرچشمه هم‌شیب و گاهی تدریجی و خود در زیر سازند آیتامیر واقع شده است (اشتوکلین و ستوده نیا، ۱۹۷۱؛ افشار حرب، ۱۳۷۳؛ آق‌بندی، ۱۳۸۳).

سازندهای سرچشمه و سنگانه به دلیل منشا منابع هیدروکربوری در حوضه رسوبی کپه‌داغ همواره مورد توجه متخصصان شرکت ملی نفت ایران بوده که مطالعه بر روی آن در قالب پروژه‌های مختلف و یا چاه‌های متفاوت اکتشافی در این حوضه تعریف و بررسی شده است. پژوهشگران متفاوتی از جمله هادوی و شکری (۱۳۸۵)؛ هادوی و بدافی (۱۳۸۷)، ماهانی‌پور و همکاران (۱۳۸۸)؛ ماهانی‌پور و همکاران (۲۰۱۱)؛ ماهانی‌پور و لطفعلی‌کنی (۱۳۹۴) و غلامی‌فرد و همکاران (۱۳۹۵)؛ الف،

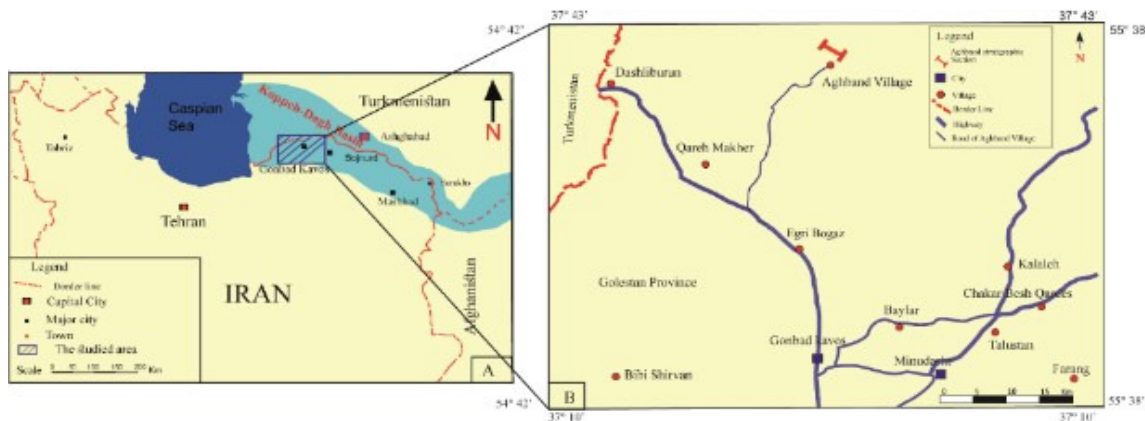
حوضه کپه‌داغ در شمال و شمال‌شرق ایران در منطقه‌ای بین افغانستان، ترکمنستان و ایران به شکل باریکه‌ای طولی از نهشته‌های رسوبی واقع شده است. در این حوضه توالی‌های نسبتاً کاملی از رسوبات مزوزوئیک و سنوزوئیک موجود است. کامل‌ترین نهشته‌های کرتاسه ایران در این حوضه، ضخامتی بالغ بر ۶۵۰۰ متر دارد (افشارحرب، ۱۳۷۳). کرتاسه پائینی شامل سازندهای شوریه، تیرگان، سرچشمه و سنگانه بوده و کرتاسه بالایی با سازندهای آیتامیر، آبدراز، آبتلخ، نیزار و کلات در این حوضه رخنمون دارند. بخش ایرانی حوضه رسوبی کپه‌داغ دارای مختصات جغرافیایی ۵۴' تا ۴۱' ۶۱° طول شرقی و ۳۶° ۰' تا ۱۶' ۳۸° عرض شمالی است (افشارحرب، ۱۳۷۳) (شکل ۱- الف). سازندهای سرچشمه و سنگانه از شیل‌های خاکستری روشن تا تیره گاهی با میان‌لایه‌هایی از گرهک‌هایی با هسته رسی یا آمونیتی تشکیل شده‌اند. محل مرز این دو سازند با آهک‌های

می‌باشند. از اهداف این مطالعه بررسی سن نسبی بخش بالایی سازند سرچشمه و سنگانه با استفاده از نانوفسیل‌های آهکی در حوضه رسوبی کپه‌داغ غربی در بخشی از اقلیم شمالی اقیانوس تیتیس است. همچنین بررسی دو الگوی زیست‌چینه‌نگاری (NC) راث (۱۹۷۸) و (CC) سیسینگ (۱۹۷۷) در تعیین سن نسبی دقیق‌تر واحدهای رسوبی در این حوضه می‌باشد. همچنین بررسی تغییرات سطح تراز جهانی آب‌های اقیانوسی و چگونگی تشکیل نوع رسوبات در سازند سنگانه در حوضه کپه‌داغ غربی، در شمال اقیانوس تیتیس از اهدافی است که این مطالعه دنبال می‌کند.

۲- موقعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی

برش چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه در ۵۹ کیلومتری شمال گنبد کاووس در غربی‌ترین بخش حوضه رسوبی کپه‌داغ و در روستای آق‌بند واقع شده است. مختصات جغرافیائی قاعده و رأس برش آق‌بند به ترتیب $37^{\circ} 37' 01''$ شمالی و $55^{\circ} 12' 11''$ شرقی و $37^{\circ} 41' 07''$ شمالی و $55^{\circ} 11' 59''$ شرقی قرار دارد (شکل ۱-ب).

۱۳۹۶؛ ب، ۱۳۹۶)، بر روی نانوفسیل‌های آهکی این سازندها مطالعه نموده و یافته‌های جدیدی از آن بدست آورده‌اند. رئیس‌السادات (۱۳۸۸) بر روی آمونیت‌های سازندهای سرچشمه و سنگانه، رئیس‌السادات و محبوبی (۱۳۸۹) بر روی بلمنیت‌ها و ایزوتوپ‌های این سازندها و قاسمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴) بر روی داینوفلاژله‌های سازند سنگانه مطالعاتی را انجام داده‌اند. شریفی و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه و بررسی نانوفسیل‌های آهکی و پالینومورف‌ها در سه برش و مطابقت با یک چاه، سن بارمین-آلبین را برای سازندهای سرچشمه و سنگانه پیشنهاد کردند. همچنین فروغی و همکاران، (۱۳۹۹؛ ۱۴۰۰) و لسان-خوش و فروغی (۲۰۲۳) بر اساس نانوفسیل‌های آهکی و مطالعات تطبیقی نانوفسیل‌های آهکی و داینوفلاژله‌ها در برش آق‌بند، مطالعاتی را انجام داده‌اند که بصورت مقالات همایشی ارائه شده است. مطالعات تطبیقی بر روی نانوفسیل‌های آهکی و داینوفلاژله‌ها نیز در این برش صورت گرفته است. بر روی برش مورد مطالعه، بر اساس نانوفسیل‌های آهکی تعیین سن نسبی و بر اساس داینوفلاژله‌ها پیشروی و پسروی آب دریا و تغییرات سطح آب‌ها در زمان آپتین-آلبین انجام شده است (فروغی و همکاران، ۱۴۰۰). لازم به ذکر است در بررسی نهشته‌های سازندهای کرتاسه پایینی، یکی از گروه‌های بسیار مهم و کاربردی در تعیین سن لایه‌های رسوبی، نانوفسیل‌های آهکی



شکل ۱. نقشه حوضه کپه‌داغ در شمال شرق ایران (اقتباس از آق‌ناباتی، ۱۳۸۳؛ B) راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه، روستای آق‌بند (اقتباس از Google map, 2023).

Fig. 1. A) Map of Kopeh-Dagh Basin in NE of Iran (modified after Agha nabati, 2004); B) Rouds map of the studied section, Aghband section (modified after Google map, 2023).

میکروسکوپ نوری پلاریزان مدل Zeiss Axioplan X40 استفاده شده و تعدادی از عکس‌ها با بزرگنمایی X1000 و تعدادی نیز با میکروسکوپ نوری Olympus BX53 با بزرگنمایی X2000 عکس‌برداری شده است. برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری از هر اسلایدی ۳، ۵، گاهی تا ۷ ردیف بررسی شده و در تعیین زیست‌زون‌های مربوطه، از اولین

۳- مواد و روش‌ها

از ۱۳۸ متر از رسوبات برش مورد مطالعه تعداد ۵۳ نمونه از نمونه‌های تازه و غیرهوازده، از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری، بصورت سیستماتیک و با رعایت عدم آغشتگی نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها به روش ته‌نشست ثقلی آماده‌سازی شدند (بون، ۱۹۹۸). در این مطالعه از

مختلفی در آن‌ها، قابل مشاهده بوده و در تعیین میزان حفظ‌شدگی لحاظ شده است (بون، ۱۹۹۸). تعدادی از گونه‌های شناسایی شده در این سازند نیز در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

۴- نتایج

۴-۱- سنگ‌شناسی

سازندهای سرچشمه و سنگانه از شیل و مارن‌های فاقد لایه‌بندی و سیلتی خاکستری روشن تا تیره تشکیل شده که گاهی در آن کنکرسیون‌های رسی با هسته آمونیتی نیز ملاحظه شده است (شکری و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه بخش بالایی سازند سرچشمه شامل شیل و مارن-های خاکستری روشن و لایه‌هایی از آهک‌های آرژیلیتی زرد روشن می‌باشد و توسط سازند سنگانه که شامل مارن-های خاکستری تیره، گاهی سیلتی یا با گرهک‌های چرتی و شیل‌های مدادی می‌باشد، پوشانده شده است (شکل‌های ۲ و ۳).

حضور و یا آخرین حضور گونه‌های شاخص استفاده شد. برای مطالعات زیست‌چینه‌نگاری، از الگوی زیست‌چینه‌نگاری تتیس (NC) راث (۱۹۷۸)، که توسط راث و همکاران (۱۹۸۳)، برالوئر (۱۹۸۷) و برالوئر و همکاران (۱۹۹۳) تصحیح شده، استفاده شد و سپس این زیست‌زون‌ها با الگوی زیست‌چینه‌نگاری جهانی سیسینگ (۱۹۷۷) که توسط پرچ‌نیلسون (۱۹۸۵) تصحیح شده، مقایسه شد. لازم به ذکر است امکان حضور همه گونه‌های شاخص در حوضه تتیس وجود ندارد، لذا برای تعیین سن زیست‌چینه‌نگاری این رسوبات می‌توان از معادل‌های آن‌ها در الگوی زیست‌چینه‌نگاری جهانی و بالعکس استفاده نمود (بون، ۱۹۹۸). برای تعیین میزان حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها از الگوی ارائه شده توسط راث و تریستین (۱۹۷۲) همراه با تغییرات نیز بهره گرفته شده است. حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها در این زیست‌زون از متوسط (M)، تا ضعیف (P) متغیر است.

شواهد میزان خوردگی، انحلال و رشد ثانویه که ارتباط مستقیمی با قابلیت حفظ‌شدگی دارند نیز با درجات



شکل ۲. نمایی از سازند سنگانه در برش مورد مطالعه، غرب حوضه کپه‌داغ (نگاه به شمال).

Fig. 2. A view of the Sanghaneh Formation in the studied section, Western Koppeh-Dagh Basin (see the North).



شکل ۳. الف) شیل‌های حاوی گرهک‌های چرتی در برش مورد مطالعه؛ ب) شیل‌های مدادی از سازند سنگانه در برش مورد مطالعه

Fig. 3. A) Shale with cherty nodules in studied section, B) Pencil shale in Sanganeh Formation in studied section.

زون ضخامت ۱۳ متر از ستون چینه‌شناسی را خود اختصاص داده است (نمونه‌های LB10 تا LB15). حفظ‌شدگی نانوفسیل‌های این زون از خوب (G) تا متوسط (M) و ضعیف (P) تغییر می‌کند.

شاخص تغذیه‌ای مناسب مثل *Biscutum* sp. و همراه گونه‌های آب گرم نظیر *Discorhabdus ignotus* و *Rhagodiscus gallageri* *Rhagodiscus angustus* و *Rhagodiscus achylostaurion* (تیپالت و همکاران، ۲۰۱۲) که در زون قبلی حضور داشتند، مشاهده شد. این



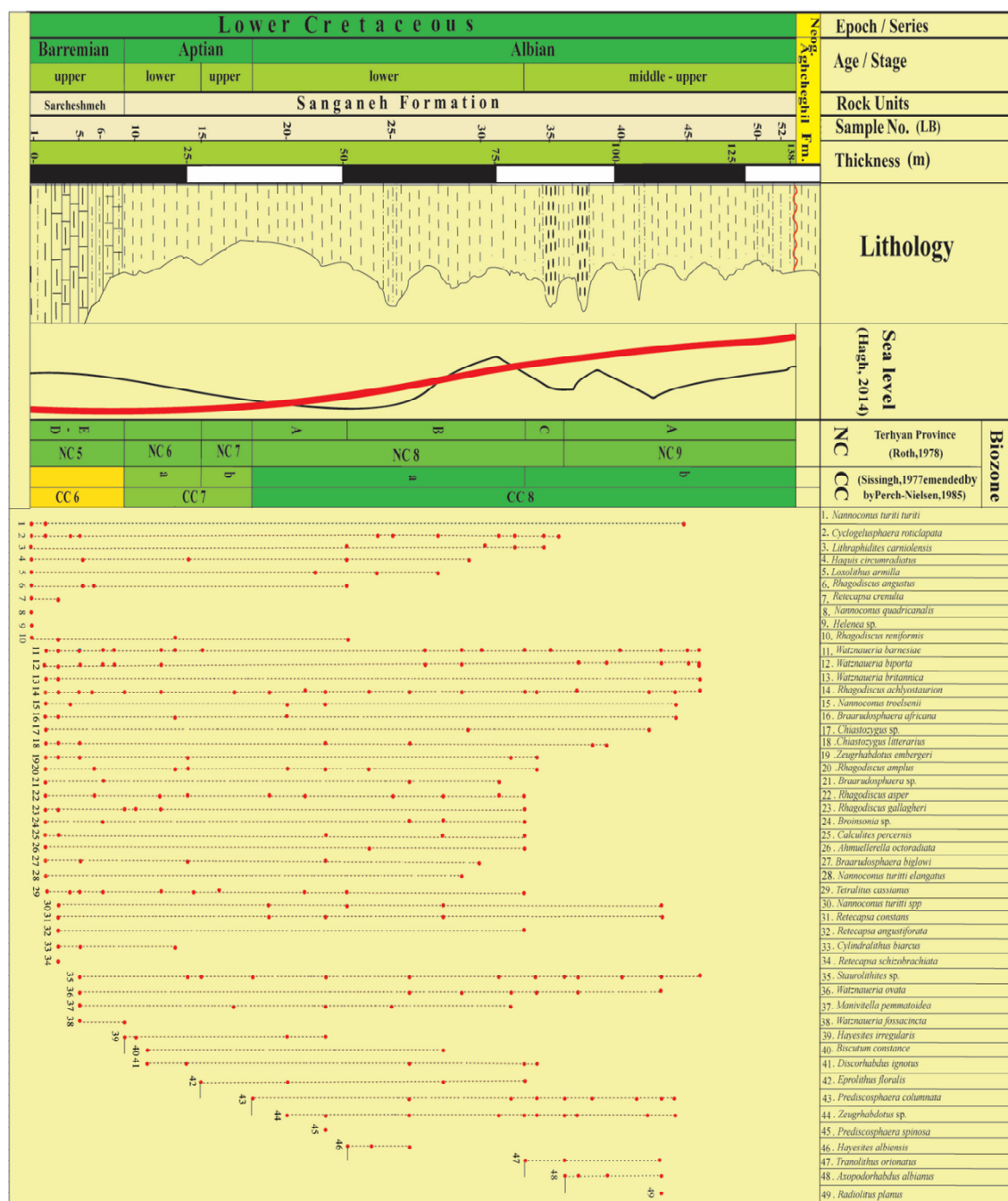
شکل ۴. قرارگیری دو الگوی زیست‌چینه‌نگاری کرتاسه پیشین در جوار زیست‌زون‌های موجود در سازندهای مورد بررسی در برش مورد مطالعه (بدون مقیاس).

Fig. 4. Two biostratigraphic schemes of the Early Cretaceous toward biozones of the formations in the studied section (No Scale).

جدول ۱. زیست‌زون‌های موجود در سازندهای سرچشمه و سنگانه در مقایسه با حوضه تئیس و استاندارد در برش مورد مطالعه

Table 1. Biozones of Sarcheshmeh and Sanganeh formations based on Tethyan province (NC) and standard (CC) schemes in the studied section

سن	الگوی جهانی CC (Sissingh, 1977)	اقلیم تئیس NC (Roth, 1978)	شماره نمونه (LB)	ضخامت در برش مورد مطالعه (متر)
آلبین	CC8a و بخشی از CC8b	بخشی از NC8(C), NC9A	36-52	46
		NC8(A, B)	18-36	53
آپتین	CC7(a, b)	NC7	15-18	9
		NC6	10-15	13
بارمین پسین	بخشی از CC6	بخشی از NC5(E, D)	0-10	14



شکل ۵. انتشار چینه‌شناسی گونه‌های نانوفسیل‌های آهکی و انطباق با تغییرات سطح نسبی آب‌های جهانی در زمان کرتاسه پایینی (حق، ۲۰۱۴) با استناد به سنگ‌شناسی سازندهای سرچشمه و سنگانه در برش مورد مطالعه.

Fig. 5. The distribution chart of calcareous nannofossils and correlation with international sea level changes (Haq, 2014) based on the lithology column of upper Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the studied section.

و ضخامت ۹ متر از برش چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است (شماره نمونه LB15 تا شماره نمونه LB18).
 زیست‌زون *Chiastozygus litterarius* Zone (CC7b) -
 الگوی سیسینگ (۱۹۷۷)، از اولین حضور گونه *Chiastozygus*

۴-۲-۳- زیست‌زون NC7^۱ = معادل با زیرزون CC7b
 این زیست‌زون از اولین حضور گونه *Eprolithus floralis* تا
 اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* معرفی
 می‌شود. برای این زیست‌زون، سن آپتین پسین مشخص شده

^۱ Rhagodiscus angustus Zone

تقسیم می‌شود. زون NC9 توسط اولین حضور گونه *Eiffellithus monechiaie* به دو زیست زون NC9A, B تقسیم می‌شود. از آنجایی که هیچ گونه *Eiffellithus monechiaie* یا *Eiffellithus turriseiffelii* در رسوبات مورد مطالعه یافت نشد، زیرزون NC9A بطور کامل در رسوبات مورد مطالعه وجود نداشته است.

بر طبق الگوی تئیس زون CC8 از اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تا اولین حضور گونه *Eiffellithus turriseiffelii* معرفی شده است. این زون با اولین حضور گونه *Tranolithus orionatus* به دو زیرزون CC8a,b تقسیم می‌شود. در مطالعه برش مذکور هیچ گونه *Eiffellithus turriseiffelii* در رسوبات یافت نشد، لذا زیرزون CC8b نیز به طور کامل در رسوبات برش مورد مطالعه وجود ندارد. با توجه به عدم حضور گونه‌های شاخص بالای زون‌های مذکور، سن این رسوبات با وجود زون‌های NC8C و بخشی از NC9A بر طبق الگوی تئیس و بخشی از زون CC8b از الگوی استاندارد جهانی، از آلبین میانی تا احتمالاً آلبین پسین؟ پیشنهاد می‌شود (از شماره نمونه LB37 تا شماره نمونه LB52). این سری از رسوبات ۴۶ متر ضخامت در برش مورد مطالعه دارند. در این زیرزون‌ها اولین حضور گونه‌های *Radiolitus planus* و *Axopodorhabdus albianus* ثبت شد. حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها در این زیرزون‌ها از ضعیف (P) تا متوسط (M) متغیر می‌باشد. برای رسوبات مورد مطالعه، در برش آق‌بند شامل قسمت بالایی سازند سرچشمه و کل سازند سنگانه با توجه به زیست‌زون‌های الگوی تئیس بخشی از NC5(D, E)-NC9A و زون‌های جهانی CC6-CC8b (به دلیل کامل نبودن زون‌های پایینی NC5 و معادل آن CC6 و زون‌های بالایی NC9A و معادل آن CC8b) سن انتهای بارمین پسین- آلبین پسین؟ پیشنهاد شد.

زیست‌زون‌های موجود در رسوبات برش مورد مطالعه، بر اساس الگوی محدوده تئیس (NC) و استاندارد (CC) در جدول ۱ نشان داده شده است. حضور و انتشار گونه‌های موجود و شاخص به‌همراه زون‌های مربوطه در مقایسه با الگوی تئیس (NC)، و الگوی جهانی (CC)، به همراه ستون سنگ‌شناسی و نمودار تغییرات سطح نسبی آب‌های جهانی (حق، ۲۰۱۴) در شکل ۵ نشان داده شده است.

litterarius تا اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* معرفی می‌شود. این زون توسط تریستین (۱۹۷۱) معرفی و توسط مانیویت و همکاران (۱۹۷۷) تصحیح شده و سن آن آبتین پسین پیشنهاد شده است. حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها در این رسوبات از ضعیف (P) تا متوسط (M) متغیر بوده و در بعضی از موارد، حفظ‌شدگی به ندرت تا خوب (G) می‌رسد.

۴-۲-۴-۴ زیرزون‌های NC8 (A, B) = معادل با زیرزون CC8a

زیست‌زون *Prediscosphaera columnata* Zone = NC8 حوضه تئیس شامل زیرزون‌های NC8 (A, B, C) می‌باشد. زیرزون‌های NC8(A,B) از اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تا اولین حضور گونه *Tranolithus orionatus* دارای سن آلبین پیشین است. لازم به ذکر است اولین حضور گونه *Hayesites albiensis* که در آلبین پیشین است، در رسوبات مورد مطالعه یافت شد. رسوبات این بخش ضخامت ۵۳ متر از ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است (از شماره نمونه LB18 تا شماره نمونه LB36). شایان ذکر است که زیرزون‌های NC8(A, B) حوضه تئیس، معادل با CC8a، از الگوی سیسینگ (۱۹۷۷) و سن آلبین پیشین را معرفی می‌نمایند. زیست زون CC8 به دو زیرزون تقسیم شده و دارای سن آلبین می‌باشد. زیرزون CC8a از اولین حضور گونه *Prediscosphaera columnata* تا اولین حضور گونه *Tranolithus orionatus* معرفی شده و سن آلبین پیشین برای آن در نظر گرفته شده است. در این زیست زون اولین حضور گونه‌های *Eprolithus floralis*, *Prediscosphaera columnata*, *Prediscosphaera spinosa*، *Zeugrhabdotus* sp.، ملاحظه شد. حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها در این زیرزون‌ها از ضعیف (P) تا متوسط (M) تغییر پیدا می‌کند.

۴-۲-۴-۵ زیرزون NC8C و بخشی از زیرزون NC9A معادل با بخشی از زیست زون CC8b

زیرزون NC8C از الگوی زیست‌چینه‌نگاری حوضه تئیس بوده و از اولین حضور گونه *Tranolithus orionatus* تا اولین حضور گونه *Axopodorhabdus albianus* تعریف می‌شود. همچنین زیست‌زون NC9 از اولین حضور گونه *Axopodorhabdus albianus* تا اولین حضور گونه *Eiffellithus turriseiffelii* معرفی می‌شود. این زون به دو زیرزون NC9A, B از اولین حضور گونه *Axopodorhabdus albianus* تا اولین حضور گونه *Eiffellithus turriseiffelii*

۵- بحث

گونه‌هایی که مقاوم در برابر شرایط نامساعد محیطی هستند (ساگ و همکاران، ۲۰۱۹) نظیر *Watznaueria barnesiae*، *Eprolithus floralis* به فراوانی در این رسوبات یافت شدند. زیرزون NC8(C) و زیرزون NC9(A) معادل با CC8b تا انتهای برش مورد مطالعه سن آلبین میانی تا پسین؟ با ضخامت ۴۶ متر از رسوبات را نشان می‌دهد. رسوبات این بخش از ستون چینه‌شناسی همراه با شیل و مارن بوده که در آن گونه‌ها کمیاب بوده و حفظ‌شدگی آن‌ها به شدت کاهش یافته بودند. شواهد انحلال و کریستاله شدن مجدد در گونه‌ها قابل ملاحظه است، لذا با وجود شرایط بد دیاژنز و حفظ‌شدگی ضعیف فقط گونه‌های مقاوم در برابر شرایط رسوب-گذاری در این رسوبات مشاهده شد. در قسمت‌های بالاتر نیز هیچ گونه نانوفسیلی به دلیل شرایط نامناسب حفظ‌شدگی، یافت نشد.

لازم به ذکر است حفظ‌شدگی نانوفسیل‌ها به شدت وابسته به تغییرات لیتولوژی بوده که خود متأثر از تغییرات سطح آب‌های اقیانوسی، نرخ رسوب‌گذاری، ایزوستازی و دیاژنز می‌باشد، به طوریکه موجب انحلال و یا حذف گونه‌ها می‌شوند (راث و کرومباخ، ۱۹۸۶). لازم به ذکر است که در رسوبات مورد مطالعه نانوفسیل‌ها از حفظ‌شدگی بسیار ضعیف تا متوسطی برخوردار بودند. افزایش سیلت در رسوبات نشان داد که در این ناحیه، سطح آب اقیانوسی همگام با تغییرات جهانی سطح نسبی آب‌های اقیانوسی در زمان آلبین کاهش داشته است، درحالی‌که از تعداد گونه‌ها بشدت کاسته شده است (شکل ۵؛ نمودار حق، ۲۰۱۴). این موارد در برش‌های دیگر از سازند سنگانه در این زمان نیز در حوضه کپه‌داغ غربی گزارش شده است (غلامی‌فرد، ۱۳۹۶ الف و ب؛ شریفی و همکاران، ۲۰۱۹).

رایج‌ترین گونه‌ها در برش مورد مطالعه از سازندهای سرچشمه و سنگانه، *Retecapsa angustiforata*، *Rhagodiscus asper*، *Rhagodiscus achlyostaurion*، *Watznaueria barnesiae*، *Watznaueria biporta* و *Tranolithus orionatus* هستند. این گونه‌ها به عنوان گونه‌های آب گرم مطرح بوده و نشانگر عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط هستند (Roth, 1978; Sissingh, 1977; Perch-Nielsen, 1985; Bown, 1998; Herrle et al., 2003; Linnert and Mutterlose, 2009; Do Monte Guerra et al., 2011).

برش مورد مطالعه در انتهای‌ترین بخش حوضه کپه‌داغ غربی قرار دارد. از قاعده برش ۱۴ متر متعلق به سازند سرچشمه و ۱ متر متعلق به سازند سنگانه بوده و شامل شیل و مارن‌های خاکستری روشن و آهک‌های آرژیلیتی به رنگ زرد تا لیمویی می‌باشد. بخشی از زیست‌زون CC6 در قاعده برش با حضور جنس و گونه‌های آب گرم از جمله *Retecapsa* و *Nannoconus* spp. *Rhagodiscus* spp. *Hayesites irregularis* و با اولین حضور گونه *crenulata* سن بarmین پسین را برای این رسوبات مشخص می‌نماید. در سیستماتیک و زیست‌چینه‌نگاری نوین نانوفسیل‌های آهکی در وبسایت بین‌المللی نانوپلانکتون‌های آهکی^۳، از سال ۲۰۲۰ اولین حضور گونه *Chiastozygus litterarius* در بarmین پسین گزارش شده است.

با تغییر سنگ‌شناسی از آهک‌های آرژیلیتی به شیل و مارن‌های خاکستری تیره، حضور زیست‌زون CC7(a, b) معادل با زون‌های NC6 و NC7 مشخص‌کننده سن آبتین است و برای ۲۲ متر از این رسوبات مشخص گردید. ضخامت ۱۳ متر از این رسوبات متعلق به زون NC6 و ۹ متر آن به زون NC7. تعلق دارد. در این زمان سطح نسبی جهانی آب‌های اقیانوسی، شروع به افزایش می‌کند و شواهد آن در برش مورد مطالعه فراوانی نسبی گونه‌ها و حفظ‌شدگی خوب تا متوسط نانوفسیل‌هاست. همچنین در این رسوبات گونه‌های شاخص شرایط تغذیه‌ای مناسب نظیر *Biscutum* sp. و *Discorhabdus ignotus* (اربا و همکاران، ۱۹۹۲) نیز در زمان بarmین-آبتین یافت شدند.

زیست‌زون NC8 به سه زیرزون تقسیم می‌شود، در برش مورد مطالعه دو زیرزون NC8 (A, B) معادل با زیرزون CC8a در نظر گرفته شد. این رسوبات با ۵۳ متر ضخامت، سن آلبین پیشین را برای این رسوبات پیشنهاد می‌کنند. با شروع آلبین سطح نسبی جهانی آب‌های اقیانوسی کاهش یافته و می‌توان آن را به تغییرات ایزوستازی و یا به پسروری آب دریا در حوضه نسبت داد (حق، ۲۰۱۴). در برش مورد مطالعه از تغییر مارن به شیل و مارن‌های سیلتی در چند افق سیلتی و ماسه‌سنگی در ابتدای آلبین در مقایسه با سطح نسبی جهانی آب‌های اقیانوسی کاهش یافته است. لازم به ذکر است در این زمان

³ International Association Nannoplankton (INA)

Early Cretaceous										Epoch
Barremian		Aptian		Albian				Neogene		Age
late	early	late	early	middle to late	late	late	late	late	Age	
Sarghaneh Fm.										Rock Units
Sarghaneh Fm.										NC Biozones
Sarghaneh Fm.										CC Biozones
Sarghaneh Fm.										NF Events
Sarghaneh Fm.										Hadavi & Shokri, 1385
Sarghaneh Fm.										Hadavi & Budaghi, 1388
Sarghaneh Fm.										Mahani pour et al., 2011
Sarghaneh Fm.										Mahani pour & Ltfali Kani, 1394
Sarghaneh Fm.										Gholami-Fard et al., 1395
Sarghaneh Fm.										Gholami-Fard et al., 1396
Sarghaneh Fm.										Yazdan abad
Sarghaneh Fm.										Ghale-Jog
Sarghaneh Fm.										Sharifi et al., 2019
Sarghaneh Fm.										Aghband Section
E - NC 5		NC 6		NC 8		NC 9		NC 10		NC 12
R. angustifolius, R. achiliosaurum, R. gahlagheri		R. irregularis, R. angustifolius, C. ilicrarius		P. cf. P. spozai, E. florids		H. albensis		A. albicans, T. orbatus		CC 10 a
CC 6		CC 7		CC 8 a		CC 8 b		CC 9		CC 10 b
R. angustifolius, R. achiliosaurum, R. gahlagheri		C. ilicrarius, R. angustifolius, R. achiliosaurum, R. gahlagheri		P. columnata, E. florids		H. albensis		T. orbatus		
No Nannofossils										Hadavi & Shokri, 1385
No Nannofossils										Hadavi & Budaghi, 1388
No Nannofossils										Mahani pour et al., 2011
No Nannofossils										Mahani pour & Ltfali Kani, 1394
No Nannofossils										Gholami-Fard et al., 1395
No Nannofossils										Gholami-Fard et al., 1396
No Nannofossils										Yazdan abad
No Nannofossils										Ghale-Jog
No Nannofossils										Sharifi et al., 2019
No Nannofossils										Aghband Section
H. irregularis, R. angustifolius, R. achiliosaurum, R. gahlagheri		E. florids		P. columnata, P. spozai		A. albicans, T. orbatus		No Nannofossils		

شکل ۶. مطالعات نانوفسیل‌های آهکی در حوضه کپه‌داغ در مقایسه با برش مورد مطالعه

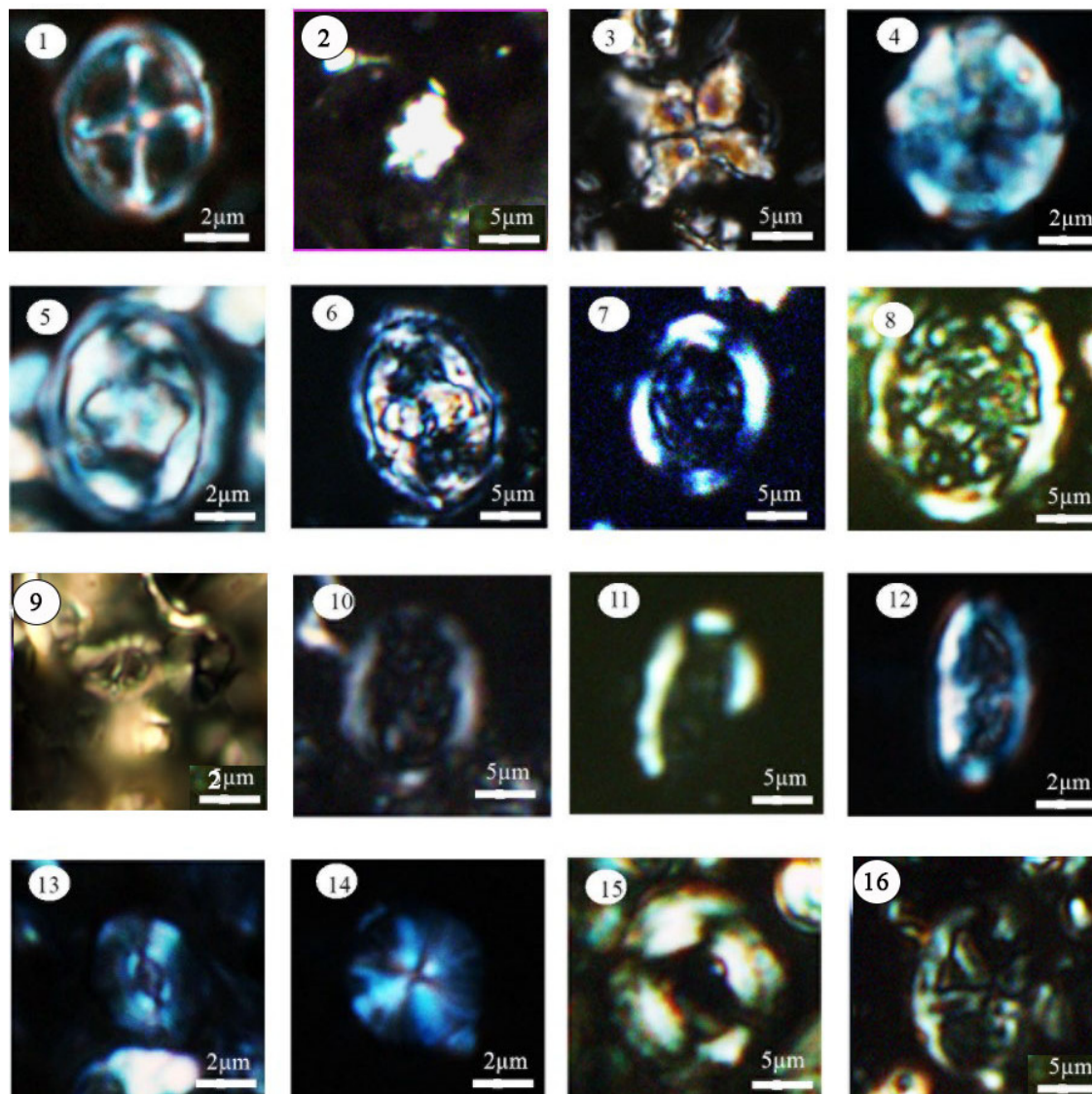
Fig. 6. Calcareous nannofossil studies in the Kopeh-Dagh Basin with the correlation of the studied section

مطالعه نموده و سن‌های متفاوتی از آن بدست آورده‌اند. این سن‌ها با برش آق‌بند نیز در شکل ۶ مقایسه شده است. هادوی و شکری (۱۳۸۵) برای سازندهای سرچشمه و سنگانه در حوضه کپه‌داغ شرقی برش‌های امیرآباد و آتشین سن آلبین-تورونین زیرین و میانی را ارائه نمودند. هادوی و بدافی (۱۳۸۷) در گردنه مزدوران سن آلبین - تورونین آغازی تا میانی را برای سازندهای کرتاسه پایینی گزارش کردند. ماهانی‌پور و لطفعلی‌کنی (۱۳۸۴) در حوضه کپه‌داغ غربی در برش شیخ، سن بارمین پسین تا آپتین پسین را به رسوبات سرچشمه و سن آپتین؟ را به رسوبات سنگانه نسبت دادند. ماهانی‌پور و همکاران (۲۰۱۱) سن انتهای

دیازنز نیز یکی از عوامل بسیار مهم کنترل اجتماعات نانوفسیلی است (Roth et al., 1983). به طوری که وقتی جنس و گونه‌های بسیار ظریف و شکننده، بسیار کم و گونه‌هایی که در برابر شرایط نامساعد محیطی مقاوم‌تر هستند، افزایش قابل‌ملاحظه‌ای پیدا می‌کنند. به عنوان مثال، فقط جنس و گونه‌های *Eprolithus* spp., *Watznaueria* spp., *Cyclogelosphaera* spp. و *Nannoconus* spp. خصوصاً در قسمت‌های بالایی برش مورد مطالعه و در رسوبات شیلی و مارن‌های سیلتی و ماسه‌ای حضور داشتند. پژوهشگران مختلفی بر اساس نانوفسیل‌های آهکی سازندهای سنگانه و سرچشمه را

حوضه کپه‌داغ غربی نسبت دادند. همچنین شریفی و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس نانوفسیل‌ها و پالینومورف‌ها، سن بarmین پسین-آلبین پسین را به رسوبات سرچشمه و سنگانه در نواحی تکل‌کوه، برش‌های قلعه‌جوق، قلعه‌زو و یک چاه از حوضه کپه‌داغ غربی گزارش نمودند.

آپتین پیشین-ابتدای آپتین پسین را به رسوبات سرچشمه و سنگانه نسبت دادند. غلامی‌فرد (۱۳۹۴) سن آپتین پسین تا آلبین پیشین را برای برش قلعه‌زو و (غلامی، ۱۳۹۵) برای برش قلعه‌جوق و در برش یزدان‌آباد سن آپتین پیشین تا ابتدای آپتین پسین را به سازندهای سرچشمه و سنگانه

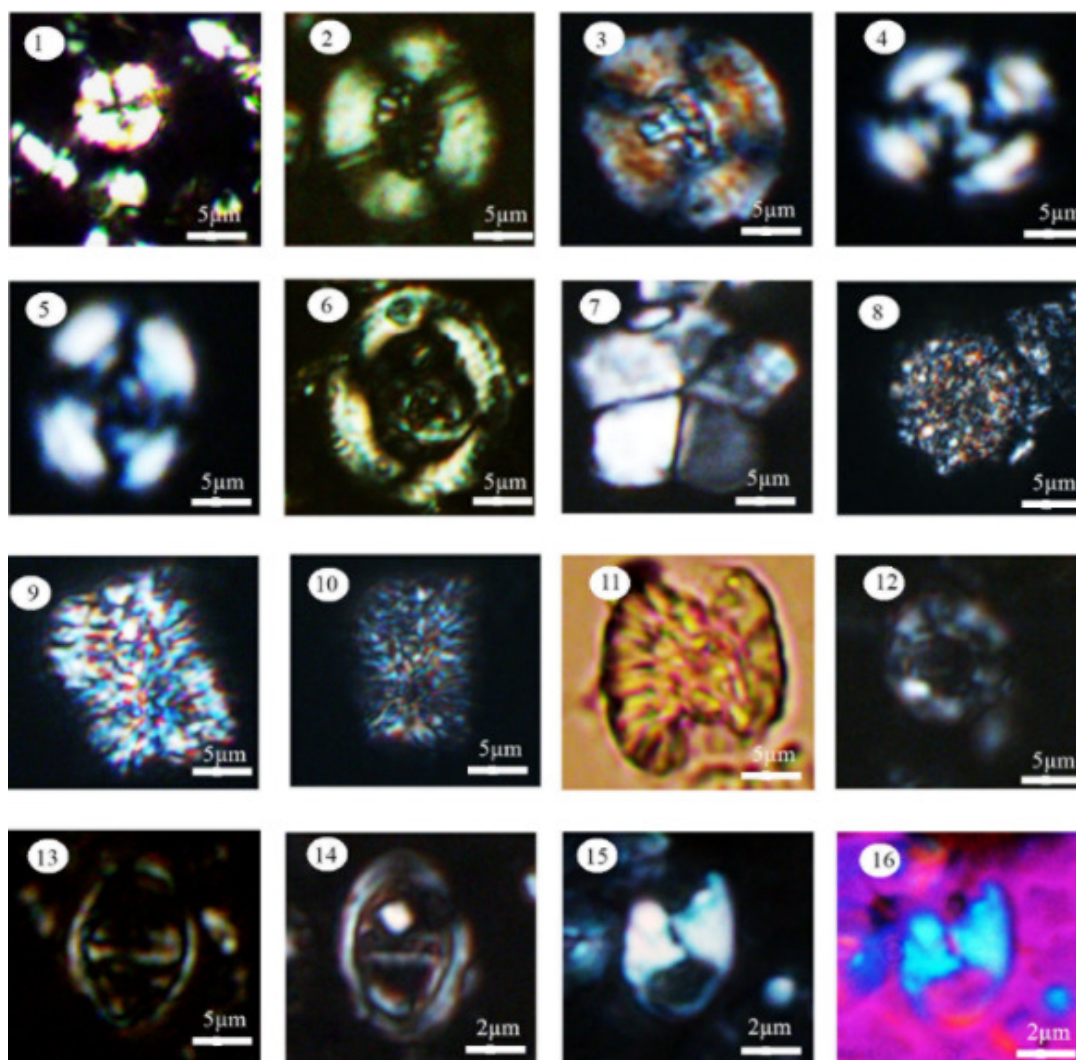


شکل ۷. تعدادی از نانوفسیل‌های آهکی از برش مورد مطالعه

Fig. 7. Calcareous nannofossils in the studied section (All pictures are with Cross polarized light=XPL).

Scale bars = 2μm and 5μm.

1. *Staurolithites imbricatus* (Gartner, 1968) Burnett, 1997 (sample No. LB37); 2. *Hayesites irregularis* (Thierstein in Roth & Thierstein, 1972) Applegate et al. in Covington & Wise, 1987 (sample No. LB10); 3. *Tetralithites cassianus* Jafar, 1983 (sample No. LB26); 4. (XPL) *Eprolithus antiquus* (sample No. LB6); 5, 6 (30° rotated). *Zeugrhabdotus embergeri* (Noel, 1958) Perch-Nielsen, 1984 (sample No. LB22); 7. *Rhagodiscus amplus* Bown, 2005 (sample No. LB9); 8. *Rhagodiscus asper* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1967 (sample No. LB20); 9. *Prediscosphaera columnata* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1984 (sample No. LB37); 10. *Rhagodiscus asper* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1967 (sample No. LB20); 11. *Rhagodiscus angustus* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1971 (sample No. LB20); 12. *Rhagodiscus gallagheri* Rutledge & Bown, 1996 (sample No. LB20); 13. *Biscutum constans* (Gorka, 1957) Black in Black and Barnes, 1959 (sample No., LB21); 14. *Discorhabdus ignatus* (Gorka, 1957) Perch-Nielsen, 1968 (sample No. LB20); 15. *Manivitella pennatoidea* (Deflandre in Manivit, 1965) Thierstein, 1971 (sample No. LB28); 16. *Chiastozygus litterarius* (Gorka, 1957) Manivit, 1971 (sample No. LB13).



شکل ۸. تعدادی از نانوفسیل‌های آهکی از برش مورد مطالعه

Fig. 8. Calcareous nanofossils in the studied section (XPL= Cross Polarized Light, PPL= Polarized Plain Light) GYPL= XPL with Gypsum plate). Scale bars = 2 μ m and 5 μ m.

1. (XPL), *Eprolithus floralis* (Stradner, 1962) Stover, 1966 (sample No. LB16); 2. (XPL), *Retecapsa angustiforata* Black, 1971; 3. (XPL), *Nannoconus troelsenii* Alves, Lima and Shimabukuro, 2017 (sample No. LB14); 4. (XPL), *Watznaueria biporta* Bukry, 1969 (sample No. LB1); 5. (XPL), *Watznaueria britannica* (Stradner, 1963) Reinhardt, 1964 (sample No. LB6); 6. (XPL), *Manivitella pennmatoidea* (Deflandre in Manivit, 1965) Thierstein, 1971 (sample No. LB28); 7. (XPL), *Braarudosphaera bigelowii* (Gran and Braarud, 1935) Deflandre, 1947a (sample No. LB20); 8. (XPL), *Thoracosphaera operculata* Bramlette & Martini 1964 (sample No. LB12); 9. (XPL), (30° rotated) *Nannoconus elangatus* Bronnimann, 1955 (sample No. LB6); 10. (XPL), *Nannoconus truiitti* Bronnimann, 1955 (sample No. LB14); 11. (PPL), *Nannoconus truiitti* Bronnimann, 1955 (sample No. LB14); 12. (XPL), *Eprolithus* sp. (sample No. LB22); 13. (XPL), *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b (sample No. LB28); 14. (XPL), *Tranolithus orionatus* (Reinhardt, 1966a) Reinhardt, 1966b (sample No. LB30); 15. (XPL), 16. (GYPL), *Tranolithus gabalus* Stover, 1966 (sample No. LB30).

نانوفسیلی بوده و با وجود ساخت‌های رسوبی از جمله لامیناسیون و طبقه‌بندی مورب که متعلق به محیط کربناته دریاچه‌ای می‌باشد. به رسوبات آچه‌گیل در ناحیه اطراف گنبد کاووس که بر روی سازند آیتامیر یا سازند سنگانه قرار گرفته، مقصودلو (۱۳۹۳) رخساره کربناته اوئید پل-گرینستون، پلوئید گرینستون، اوئید وکستون، اوئید پکستون، باندستون، مادستون و مارن از آن شناسایی کرده

رسوبات سازندهای سرچشمه و سنگانه از شیل و مارن‌های خاکستری روشن تا تیره تشکیل شده و وجود نانوفسیل‌های موجود، نشانگر محیط دریای باز^۱ در حوضه اقیانوسی شمال تتیس در زمان تشکیل رسوبات سرچشمه و سنگانه می‌باشند. بر روی آخرین واحدهای سازند سنگانه نیز رسوبات زرد تا لیمویی سازند آچه‌گیل از جنس مارن به سن نئوژن وجود دارد که این رسوبات فاقد هرگونه

^۱ open marine

Rhagodiscus achlyostaurion Rhagodiscus angustus و *Tranolithus Orionatus* در آن نشان داد که این سازند، در عرض‌های جغرافیایی پایین تا متوسط در دریایی باز در شمال اقلیم تتیس نهشته شده است.

۷- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از راهنمایی‌های استاد فقید، زنده یاد آقای دکتر قاسمی‌نژاد در امر مشاوره پایان‌نامه دانشجویی دوره کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران تقدیر و تشکر نمایند و همواره یاد و خاطره ایشان را در امر تحصیلات عالیه دانشگاهی زنده نگه دارند. از سردبیر و اعضای محترم مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی نیز تقدیر و تشکر نمایند. همچنین از داوران محترم که در جهت ارتقای کیفیت مقاله زحمات فراوانی متقبل شدند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

References

- Aghanabati, A (2004) Geology of Iran. Geological Survey of Iran, 574 p. (in Persian).
- Afshar-Harb, A (1973) Geology of Iran. Publications of the Organization of Geology and Mineral Explorations of the country, 212 p. (in Persian).
- Foroughi, F., Lesan Khosh Nik-Khoy, Ghasemi-Nejad, E (2019) Biostratigraphy of the Sanganeh Formation based on calcareous nannofossils in the Western Kopeh-Dagh Basin, Aghband section. The 13th Symposium Paleontological Society Isfahan University, 28 & 29 Bahman, 2019. (in Persian).
- Foroughi, F., Lasan-Khosh Nik-khoy, A., Babaei, S., Ghasemi-Nejad, E (2022) Comparative biostratigraphy based on calcareous and palynomorph nannoplanktons. in the Sanganeh formation, the western Kopeh-Dagh basin of the Aghband section, North of Gonbade-Kavus. The 40th National Geosciences Congress. (in Persian).
- Bown, P. R (1998). Calcareous nannofossil biostratigraphy, British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman & Hall, 315 p.
- Bralower, T. J (1987). Valanginian to Aptian calcareous nannofossil stratigraphy and correlation with the upper M-sequence magnetic anomalies. Journal of Marine Micropaleontology, 11: 293-310.
- Bralower, T. J., Sliter, W. V., Arthur, M. A., Leckie, R. M., Allard, D., Schlanger, S. O (1993) Dysoxic/anoxic episodes in the Aptian-Albian (Early Cretaceous). Journal of Geophysical Monograph, 77: 5-37.

است. بدین ترتیب یک ناپوستگی بزرگ مقیاس (هیاتوس) از آلبین پسین تا نئوژن، بین رسوبات انتهایی سازند سنگانه و رسوبات سازند آقچه‌گیل در برش آق‌بند وجود دارد.

۶- نتیجه‌گیری

۱- از شیل و مارن‌های خاکستری روشن تا تیره و آهک‌های آرژیلیتی واحدهای سنگی کرتاسه پایینی در غرب حوضه کپه‌داغ غربی، در شمال گنبد کاووس با ضخامت ۱۳۸ متر، تعداد ۵۳ نمونه برداشت و برای مطالعات نانوفسیل‌های آهکی آماده‌سازی شد.

۲- تعداد ۶۰ گونه و ۲۵ جنس از ۶ خانواده در این رسوبات شناسایی شد.

۳- بر اساس الگوی قلمرو تتیس، بخش یالایی زون NC5 (E-D) تا بخشی از زون NC9A و بر اساس الگوی استاندارد، بخش بالایی زون CC6 تا بخشی از زون CC8b تشخیص داده شد.

۴- برای واحدهای رسوبی مورد مطالعه سن بارمین پسین تا آلبین میانی-پسین؟ پیشنهاد شد.

۵- در برش مورد مطالعه سازند آقچه‌گیل به سن نئوژن با لیتولوژی مارن‌های زرد رنگ بر روی سازند سنگانه با مارن‌های خاکستری قرار گرفته‌اند که وجود یک ناپوستگی بزرگ مقیاس (Hiatus) از آلبین پسین تا نئوژن را مشخص می‌نمایند.

۶- این مطالعات نشان داد، سطح آب‌های اقیانوسی در حوضه رسوبی کپه‌داغ هم‌زمان با دیگر مناطق کره زمین در بارمین و آپتین افزایش داشته و با شروع آلبین سطح آب‌های اقیانوسی رو به کاهش گذاشته است. شواهد وجود افزایش سطح تغییرات آب‌های اقیانوسی، رسوبات مارن و آهک‌های آرژیلیتی در سازند سرچشمه و در ابتدای سازند سنگانه، غنا، فراوانی و تنوع گونه‌های نانوفسیلی در بارمین و آپتین است. همچنین کاهش سطح آب‌های اقیانوسی موجب وارد شدن سیلت و افق‌هایی از سیلتستون‌ها در زمان آلبین در بین مارن‌های سازند سنگانه و کاهش فراوانی و غنای گونه‌ای در رسوبات انتهایی برش و سازند سنگانه می‌شود.

۷- رسوبات مورد مطالعه از لحاظ نانوفسیل‌های آهکی دارای فراوانی و غنای متوسط تا زیادی بوده و حاوی جامعه فسیلی قلمرو تتیس می‌باشند. مجموعه فسیلی موجود و حضور گونه‌های آب گرم نظیر *Rhagodiscus asper*,

- Basin, North-Eastern Tethyan province, NE Iran. The 3rd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences is on 14-17 January 2023 at Konya/Turkey.
- Mahanipour, A., Mutterlose, J., Kani, A. L. and Adabi, M. H (2011) Biostratigraphy of early Cretaceous (Aptian) calcareous nannofossils and the $\delta^{13}C$ carb isotope record from NE Iran. *Journal of Cretaceous Research*, 32: 331-356.
- Mahanipour, A., Lotfali Kani, A., Raisossadat, N (2012) Nanostratigraphy of Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the western part of the Kopeh-Dagh region (Takal-kooch section). *Journal of Geoscience*, 20 (79): 94-83 (in Persian).
- Mahanipour, A., Lotfali Kani, A (2016) Biostratigraphy of calcareous nannofossils of Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the west of Kopeh-Dagh basin, Shaikh stratigraphic section. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, (1) 31. (in Persian).
- Maqsoodlou, M (2014) Investigating the sedimentation conditions of Agche Gil Formation and its impact on the economic potential of the north of Gonbade-Kavus. Master's thesis, Shahrood Azad University. (in Persian).
- Manivit, H., Perch-Nielsen, K., Prins, B., Verbeek, J. W (1977) Mid Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, B80: 169-181.
- Perch-Nielsen, K (1985). Mesozoic Calcareous Nannofossil. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K. (Eds.); *Plankton stratigraphy*, Cambridge Earth Science Series, Cambridge University Press: 329-426, 92 figs.
- Raisossadat, N., Mahboubi, A (2000) Investigation of stable isotopes of carbon and oxygen in Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the west of Kopeh-Dagh basin. *Journal of Sedimentary Facies*, 3 (2): 88-98 (in Persian).
- Raisossadat, N (2009) Biozonation of Upper Barremian-Lower Albian strata based on Ammonites in the eastern Kopeh-Dagh basin, NE Iran. *Journal of Sciences of Tehran University*, 4: 87-96 (in Persian).
- Roth, P. H (1978) Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the northwestern Atlantic Ocean, In: Benson, W. E., Sheridan, R. E., (Eds.), *Initial Reports of Deep-Sea Drilling Project*, 44: 731-759.
- Roth, P. H., Krumbech, K., R (1986) Middle Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy and preservation in the Atlantic and Indian Oceans: Implications for paleoceanography. *Marine Micropaleontology*, 10: 235-266.
- Roth, P. H. and Thierstein, H (1972) Calcareous nannoplankton: Leg 14 of the Deep-Sea Drilling
- Erba, E (1992) Calcareous nannofossil distribution in pelagic rhythmic sediments (Aptian-Albian Piobbico core, Central Italy). *Journal of Rivista Italiana Paleontology and Stratigraphy*, 97: 695-704.
- Do Monte Guerra, R., Monte Guerra, D., Fauth, G (2010) Upper Campanian calcareous nannofossils from a core of Well 2-RSS-1, Pelotas basin, Brazil. *Journal of Revista Brasileira de Paleontologia*, 13(3): 181-188, doi:10.4072/rbp.2010.3.03.
- Ghasemi-Nejad, E., Shokri, N., Ashouri, A (2015) Palynostratigraphy of the Sanganeh Formation at the East and Central Kopeh-Dagh Basin based on dinoflagellate cysts. *Journal of Stratigraphy and Sedimentary Researches*, 1-12. (in Persian) doi: 20.1001.1.20087888.1394.31.1.1.5.
- Gholami-Fard, A., Lotfali Kani, Mahani-pour, A (2016) Biostratigraphy of Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the Qhale-Zu section (northwest of Shirvan) based on calcareous nannofossils. *Journal of Earth Sciences*, 25 (100): 199-208. (in Persian).
- Gholami-Fard, A., Lotfali Kani, Mahani-pour, A., Foroughi, F., Jamali, A (2017a) Investigation of nannofossil biozones of Sarcheshmeh and Sanganeh formations in the Yazdan-Abad section compared to the Qhale-Zu section (Kopeh-Dagh Basin). *Journal of Oil and Gas Exploration and Production*: 27-32. (in Persian).
- Gholami-Fard, A., Lotfali Kani, A., Mahani-pour, A (2017b) Calcareous nannofossil biostratigraphy of Sarcheshmeh and Sanganeh formations at Qaleh Jegh and Yazdan Abad sections (West of Kopeh-Dagh Basin). *Journal of Stratigraphy and Sedimentary Researches*, 33 (1): 69-84. (in Persian), doi: 10.22108/JSSR.2017.21136.
- Hadavi, F., Bodaghi, F (2018) Nanostratigraphy of the Sanganeh Formation in Mozduran section (Kopeh-Dagh). *Journal of Sedimentary Facies*, 1. (in Persian).
- Haq, B. U (2014) Cretaceous eustasy revisited (Review paper). *Journal of Global and Planetary Change*, 113: 44-58.
- Herrle, J. O., Pross, J., Friedrich, O., Koplner, 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). *Journal of Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 190: 399- 426.
- Linnert, C., Mutterlose, J (2009) Evidence of increasing surface water oligotrophy during the Campanian-Maastrichtian boundary interval: Calcareous nannofossils from DSDP Hole 390A (Blake Nose), 79: 113-133.
- Lasan-Khosh Nik-Khoy, A. and Foroughi, F (2023) Calcareous nannofossils Biostratigraphy of the Early Cretaceous deposits in the Kopeh-Dagh

- Project. Initial Reports of the DSDP, 14: 421-485.
- Roth, P. H., Medd, A. W., Watkins, D. K (1983) Jurassic calcareous nannofossil zonation, a review with new evidence from Deep Sea Drilling Project Site 534 A. Initial Report of Deep-Sea Drilling Project, 76: 573-579.
- Sissingh, W (1977) Biostratigraphy of Cretaceous Calcareous Nannoplankton, *Geologie Mijnbouw*, 56: 37-49.
- Sharifi, M., Foroughi, F., Ghasemi-Nejad, E., Shekarifard, A., Yazdi-Moghadam, M., Sarfi, M (2019) Integrated Biostratigraphy, Depositional Setting and Geochemical Analyses for Petroleum Potential Evaluation of the Lower Cretaceous (Barremian–Albian) Strata of the Koppeh-Dagh Basin, Northeastern Iran. *Journal of Acta Geologica scinica*, 93: 1885-1899. doi:10.1111/1755-6724.13823.
- Shokri, M., Raisossadat, N., Mutterlose, J (2006) Calcareous nannofossils of Sarcheshmeh and Sanganeh formations in Takkel-Kuh section in the northwest of Kopeh-Dagh, Basin. 10th Conference of Geological Society of Iran, Tarbiat Modares University. (in Persian).
- Shokri, M (2015) Biostratigraphy of Sarcheshmeh Formation based on calcareous nannoplankton in Ateshgan and Amirabad section (Kopeh-Dagh Mountain Range). The 10th Conference of Geological Society of Iran, 10: 219 (in Persian).
- Stöcklin, J., Setudehnia, A (1991) Stratigraphy Lexicon of Iran. Geological Survey of Iran, 18: 376 p.
- Thibault, N., Husson, H., Harlou, R., Gardin, S., Galbrun, B., Huret, H, Minoletti, F (2012) Astronomical calibration of upper Campanian–Maastrichtian carbon isotope events and calcareous plankton biostratigraphy in the Indian Ocean (ODP Hole 762C): Implication for the age of the Campanian–Maastrichtian boundary. *Journal of Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 337 (338): 52-71.
- Thierstein, H. R (1971) Tentative Lower Cretaceous calcareous nannoplankton zonation, *Eclogae Geologicae Helveticae*, 64: 459-488.

Investigation of the Lower Cretaceous strata by Calcareous Nannofossils at the western Koppeh-Dagh Basin in the North of Tethyan province (Agh-Band Section)

F. Foroughi^{*1}, E. Lesan-Khosh Nik-Khoy² and E. Ghasemi-Nejad³

1- Assist. Prof., School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

2- M. Sc. of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Prof., School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

* f.foroughi@ut.ac.ir

Received: 2023.7.4 Accepted: 2023.11.14

Abstract

The Lower Cretaceous strata, upper Sarcheshmeh, and lower Sanghaneh formations in the western Koppeh-Dagh Basin, North of Gonbad-Kavoos, Aghband section were selected and studied based on calcareous nannofossils. A total of 53 samples of dark gray shale, marlstones, and argillaceous limestones of these rock units of 138 meters thick were collected. The sixty calcareous nannofossil species belonging to 25 genera and 6 families were identified. According to the biozones of the Tethyan schemes, the NC5 (E, D) to NC9B biozones, and according to the global standard schemes, the CC6 to CC8 biozones were recognized. Based on the biozones detected in the uppermost Sarcheshmeh and Sanganeh formations, the late Barremian to Middle-late Albian? age was proposed for the studied strata. These studies showed that the sea level of the Tethys Ocean (Koppeh-Dagh mountains) increased, similar to other parts of the world in the Barremian and Aptian, and the global sea level of the oceans decreased in the Albian ages. Also, the gray to yellow marlstone of the Agche-Gil Formation with Neogene age has stayed on the Sanganeh Formation and shows a hiatus from the late Albian to Neogene in the studied section. The assemblages of warm water species such as *Rhagodiscus asper*, *Ragodiscus gallagheri*, *Rhagodiscus angustus*, *Rhagodiscus achylostaurion*, and *Tranolithus orionatus* indicate these strata has located in the low to middle latitudes of the Tethyan province in the Koppeh-Dagh Basin.

Keywords: Late Barremian to middle- late Albian?, Aghband section, Lower Cretaceous, Calcareous nannofossils

Introduction

The Koppeh-Dagh Basin is located in the North and Northeast of Iran. The complete Cretaceous rock units are in this basin, with a 6500 m thick. The Lower Cretaceous includes Shourijeh, Tirgan, Sarcheshmeh, and Sanganeh formations, and the Upper Cretaceous with Aitamir, Abderaz, Abtalkh, Nayzar, and Kalat formations are well exposed in this basin. The Sarcheshmeh and Sanghaneh formations contain light to dark gray shales, with interlayers of nodules of clay or ammonite cores. The boundary of these two formations can be separated from the yellow to limonitic limestones of the Sarcheshmeh Formation. The Sarcheshmeh and Sanganeh formations, due to the origin of hydrocarbon resources in the Koppeh-Dagh basin, have always been interested by the experts of the National Iranian Oil Company (NIOC), which have been studied in the different projects of outcrops and wells. One of the most important fossil groups for determining the age of Lower Cretaceous

strata is calcareous nannofossils. One of the objectives of this study is to investigate the age of the upper part of the Sarcheshmeh and Sanganeh formations based on calcareous nannofossils in the western Koppeh-Dagh Basin, northern Tethyan province.

For the biostratigraphy, two schemes of the Tethyan province (NC) by Roth (1978) and the global schemes of Sissingh (1977) were used and then matched with each other. Also, determining the sea level changes in the ocean and how the type of sediments formed of the Sanganeh Formation in the western Koppeh-Dagh Basin, in the north of the Tethys Ocean, is another goal of the study.

Materials & Methods

The Agh-Band section is located in the west of the western Koppeh-Dagh Basin. The upper part of the Sanghaneh and Sarcheshmeh formations are studied. These formations contain light to dark gray shales, marlstones, and argillaceous limestones. Fifty-three

samples were taken from 138 m thick of the Lower Cretaceous rock units of the studied section. The studied section is located north of Gonbad Kavos and prepared for calcareous nannofossil studies. The samples were prepared using the gravity settling technique. The Zeiss Axioplan X40 polarized and Olympus BX53 microscope was used for this study. The pictures of calcareous nannofossils were taken with X1000 and X2000 magnification. The 3 to 5, and sometimes up to 7 rows were examined from each slide, and the First occurrence (FO) and last occurrence (LO) of the index species were used to determine the relevant biozones. The schemes of the Tethyan province (NC) Roth (1978) and global standard biozonation (Sissingh, 1977) were considered.

Discussion and Results

1. Lithostratigraphy

The Sarcheshmeh and Sanganeh formations consist of light to dark gray silty shale and marlstone without layering, in which clay and cherty concretions with ammonites in the core and with yellow to white argillaceous limestone. The Agh-chegil Formation is stayed upper Sanganeh Formation with distinct unconformity, based on color, material, and age. Fifty-three samples (9 samples of Sarcheshmeh, 43 of Sanganeh, and 1 sample from Agh-chegil formations) and 138 m thick of the studied section were sampled and studied.

2. Biostratigraphy

Based on biozonation schemes, Tethyan province (NC, Roth, 1978) and standard scheme (CC, Sissingh, 1977 emended by Perch-Nielsen, 1985), were recognized in the upper part of the NC5 (E-D) Zone to the upper part of NC9A Zone. Based on the standard pattern, the upper part of the CC6 Zone to part of the CC8b Zone was detected as the following:

2.1. *Watznaueria oblongata* Zone= NC5 (E, D) equivalent of CC6

This biozone is recognized with the Last Occurrences (LO) of *Crucellipsis cuvillieri* species to the FO of *Rucinolithus irregularis*= *Hyassites irregularis*, indicating the late Barremian age. The FO of *Hayesites irregularis* is recognized in the LB10 sample, 15 m thick from the base of the section. Therefore, 14 m of Sarcheshmeh and 1 m thickness of Sanganeh formations belong to the NC (E, D) Zone (LB1-LB10 sample nos.). The

FO of *Chiastozygus litteratus* is recognized in this strata, sample NO. LB3 with the assemblages of *Rhagodiscus angustus*, *Rhagodiscus gallageri*, *Rhagodiscus achylostaurion*, and *Retecapsa angustiflora*. The preservation of calcareous nannofossils is poor (P) to moderate (M).

- *Micrantholithus hoschulzii* Zone (CC6) is introduced by Thierstein, from the LO of *Calcicalathina oblongata* to the FO of *Chiastozygus litterarius*. The age of *Chiastozygus litterarius* has changed, and the FO of this species based on more studies in the world especially in the middle to low latitudes, is recorded late Barremian.

2.2. *Chiastozygus litterarius* Zone= NC6 CC7a equivalent of CC7a

This biozone was introduced by the FO of *Hyassites irregularis* to the FO of *Eprolithus floralis* and revealed the early Aptian age and the equivalent of CC7a (LB10- LB15 sample nos.). This zone is 13 m thick and preservation of calcareous nannofossils is good (G) to moderate (M), sometimes poor (P).

2.3. *Rhagodiscus angustus* Zone= NC7 equivalent of CC7b

This biozone was determined by the FO of *Eprolithus floralis* to the FO of *Prediscosphaera columnata* and showed the late Aptian age, the equivalent of CC7b Zone (LB15- LB18 sample nos.). The thickness of this subzone is 9m and preservation of calcareous nannofossils is good (G) to moderate (M) and sometimes poor (P).

2.4. *Prediscosphaera columnata* Zone = NC8 (A, B) equivalent of CC8a

This biozone was introduced in Tethyan province and consisted of NC8 (A, B, C). The subzones NC8 (A, B) were informed by the FO of *Prediscosphaera columnata* to the FO of *Tranolithus orionatus* and determined the early Albian age. The CC8a equivalent of these subzones (NC8A, B) and 53m thick (LB18- LB36 sample nos.). The preservation of calcareous nannofossils is changed from poor (P) to moderate (M).

2.5. NC8C and NC9A sub-zones= Part of CC8b sub-zone

The FO of *Tranolithus orionatus* introduced the subzone NC8C to the FO of *Axopodorhabdus albianus*. The NC9 Zone was considered by the FO of *Axopodorhabdus albianus* to the *Eiffellithus turriseiffelii*. These subzones show the late Albian. This zone is divided into two subzones NC9A and, B. The

Eiffellithus turriseiffelii and *Eiffellithus monechiae* do not exist in the strata. Therefore, The NC9A or NC9b sub-zones do not completely exist in the strata.

The FO of *Tranolithus orionatus* introduces the CC8b subzone to the FO of *Eiffellithus turriseiffelii* and the equivalent of existing NC subzones. The thickness of these biozones is 46 m of the studied section (LB 37- LB 52) and shows probably the late Albian. Based on two biozonation schemes the studied section was detected as late Barremian to the middle-late Albian? age. This study is based on the global sea level change, the late Barremian and Aptian the sea level has risen and it fell in the Albian ages. This study shows the Koppeh-Dagh basin is changed by global sea level, during this age, and the upper section has silt and sand in the strata.

Conclusions

1. The Agh-band section is in the west of the western Koppeh-Dagh Basin, North of Gonbad-Kavoos in North Eastern Iran.
2. The light to dark gray silty shale and marlstone with yellow to white argillaceous limestones of the upper Sarcheshmeh and Sanghaneh formations have been sampled and studied based on calcareous nannofossils.
3. Fifty-three samples from 138 m thickness are processed (gravity settling technique and studied.

4. Sixty species belonging to 25 genera and 6 families were recognized.

5. Based on Tethyan province, the upper part of NC5 (E-D) to part of NC9A, and based on standard schemes, the upper part of CC6 to the part of CC8b is detected.

6. Based on the recognized zones of the studied section the late Barremian to middle-late Albian age is proposed for the studied section.

7. The Agche-Gil Formation with Neogene age (no calcareous nannofossils) and yellow marlstones are placed on the Sanganeh Formation. This boundary indicates the existence of a large-scale disconformity (Hiatus) from the late Albian to Neogene ages.

8. These studies showed that the sea level of the Ocean Koppeh-Dagh Basin increased at the same time as other regions of the earth in the Barremian and Aptian and at the Albian, the sea level decreased.

9. In terms of calcareous nannofossils, the studied sediments have medium to high abundance and richness and contain the fossil assemblages of the Tethyan province. The existing fossil collections and the presence of warm water species such as *Rhagodiscus asper*, *Rhagodiscus angustus*, *Rhagodiscus achlyostaurion*, and *Tranolithus Orionatus* showed that this formation was deposited in the open sea in the north of the Tethyan province in the low to medium latitudes.