

زیست چینه‌نگاری نهشته‌های کرتاسه بالایی بر اساس روزن‌داران پلانکتون در

شمال شرق تاقدیس کبیرکوه، جنوب شرق ایلام

نوشین مرادی لیرکشاسی^۱، سکینه عارفی فرد^{۲*}، توماس آلبیو^۳، جانانان شوس^۴، لی ژانگ^۵

^۱ دانشجوی دکتری چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

^۲ دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

^۳ استاد گروه علوم زمین، دانشگاه سینسیناتی، سینسیناتی، امریکا

^۴ استادیار گروه جغرافیا/ زمین شناسی، دانشگاه نبراسکا اوماها، اوماها، امریکا

^۵ استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه علوم زمین چین، ووهان، چین

*arefi.s@lu.ac.ir

دریافت مرداد ۱۴۰۴، پذیرش آذر ۱۴۰۴

چکیده

در این پژوهش، زیست‌چینه‌نگاری رسوبات کرتاسه بالایی در برش پاکل گراب با ضخامت ۷۰۸ متر دریال شمال‌شرقی تاقدیس کبیرکوه در جنوب‌غرب ایران مورد مطالعه گرفته است. این توالی شامل سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، گورپی و لایه‌های قاعده‌ای سازند پابده می‌باشد. مطالعات انجام شده در برش مورد مطالعه منجر به شناسایی ۲۷ جنس و ۷۶ گونه از روزن‌داران پلانکتون و همچنین ۱۶ زیست‌زون و دو ساب‌زون گردید. با استفاده از این زیست‌زون‌ها سن بخش سازند سروک سنومانین پیشین تا تورونین میانی، سازند سورگاه اواخر تورونین میانی تا ابتدای سانتونین، سازند ایلام سانتونین پیشین تا ابتدای کامپانین میانی، سازند گورپی کامپانین میانی تا مایستریشتین پسین تعیین می‌شود. در قاعده سازند پابده، ۵ متر شیل ارغوانی حاوی فونای شاخص پالئوسن وجود دارد که بر اساس آن، سن داین برای این بخش پیشنهاد می‌شود. در این مطالعه، همچنین شواهدی از تأثیر رویداد انقراض گسترده پایان کرتاسه در مرز K/Pg، بر جوامع روزن‌داران پلانکتون در برش پاکل گراب بررسی شده است که نشان‌دهنده کاهش تنوع و تغییرات چشمگیر در ترکیب زیستی آنها است.

واژه‌های کلیدی: زیست‌چینه‌نگاری، کرتاسه بالایی، روزن‌داران پلانکتون، تاقدیس کبیرکوه، جنوب‌شرق ایلام، زاگرس

۱- مقدمه

دوران کرتاسه با مجموعه‌ای از رویدادهای زمین‌شیمیایی و زیستی مهم همراه بوده است. برخی از این رویدادها با آزاد شدن گسترده گاز متان هم‌زمان بودند [۱۷] و منشأ آن‌ها به فوران‌های عظیم آتشفشانی در بستر اقیانوس‌ها و تشکیل فلات‌های بزرگ اقیانوسی (نواحی وسیعی از پوسته اقیانوسی ضخیم شده که معمولاً در نتیجه فعالیت‌های شدید آتشفشانی تشکیل شده‌اند) نسبت داده می‌شود [۳۰]. با این حال، برخی دیگر از این رویدادها دلایل زمین‌ساختی متفاوتی دارند. به عنوان مثال، شواهد قوی نشان می‌دهد که رویداد مرز سنومانین/تورونین (Cenomanian-Turonian boundary)، که با افزایش نسبت ایزوتوپ $\delta^{13}\text{C}$ در کربنات‌های دریایی و نیز ناهنجاری‌های منطقه‌ای در ایزوتوپ نئودیمیوم (Nd) مشخص می‌شود [۳۴]، احتمالاً در نتیجه باز شدن مسیرهای اقیانوسی در نواحی مرکزی اقیانوس اطلس و اقیانوس هند جنوبی رخ داده است [۳۱]. افزون بر این، دوران کرتاسه شاهد چندین بحران زیستی کوچک‌تر و در نهایت رویداد انقراض دسته جمعی پایان کرتاسه (End-Cretaceous Mass Extinction) بود که به عنوان دومین بحران زیستی بزرگ فانروژئیک شناخته می‌شود که در مرز کرتاسه/پالئوژن (Cretaceous-Paleogene boundary) به وقوع پیوست [۱۸، ۲۰].

دوره کرتاسه، از لحاظ چینه‌شناسی، تکتونیک و مسائل پالئوژئوگرافی یکی از پیچیده‌ترین و پرتکاپوترین دوره‌های زمین‌شناسی در پهنه ایران است. حوضه رسوبی زاگرس، یکی از حوضه‌های رسوبی ساختاری ایران می‌باشد که در جنوب‌غربی ایران واقع شده است. کمربند چین‌خورده-روارنده زاگرس که با بسته شدن اقیانوس نئوتتیس شکل گرفت، با گسترشی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر در همه جا ویژگی زمین‌ساختی و رسوبی یکنواختی نداشته و از این رو به زیرپهنه‌های مختلفی تقسیم می‌شود که خود شامل پهنه‌های لرستان، خوزستان (ایذه، فروافتادگی دزفول، دشت آبادان)، فارس، و پس خشکی بندرعباس است. در زمان کرتاسه، واحدهای سنگی با رخساره‌های گوناگون در حوضه لرستان در زاگرس ته‌نشین شدند که گروه بنگستان شامل سازندهای کژدمی، سروک، سورگاه و ایلام؛ در میان آنها دارای اهمیت ویژه‌ای است.

در ارتباط با مرز کرتاسه/پالئوژن، عظام پناه و همکاران [۲۲] با بررسی روزن‌داران پلانکتون در سازند گورپی در برش‌های کوه خوش و کوه خمیر در ناحیه بندرعباس، سن دقیقی از این سازند ارائه داده و سن مرز بالایی آن را مایستریشتین پسین تعیین کرده‌اند. این مطالعه به ارتباط میان زیست‌زون‌ها و شرایط رسوبی در طول دوران کرتاسه پرداخته و نقش این تغییرات در شکل‌گیری محیط‌های رسوبی در حوضه زاگرس را بررسی کرده است. مطالعه‌ای دیگر توسط بیرانوند و همکاران [۱۳] بر روی روزن‌داران پلانکتون و سیستم داینوفلاژله انجام شد. در این تحقیق، چهار زون زیستی از روزن‌داران پلانکتون (شامل *Parvularugoglobigerina*, *Guembelitra cretacea*, *Abathomphalus mayaroensis* و *eugubina* و *Parasubbotina pseudobulloides*) شناسایی و با چهار زون زیستی داینوسیستی تطبیق داده شدند. همچنین، یک بی‌نظمی ایریدیوم در مرز کرتاسه/پالئوژن شناسایی شد که نشان‌دهنده یک رویداد انقراض دسته جمعی مشابه با برش El Kef در تونس می‌باشد. روزن‌داران پلانکتون، به‌ویژه گونه‌های بزرگ گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، دچار انقراض‌های گسترده‌ای شدند، در حالی که داینوفلاژله‌های دارای دیواره آلی آسیب کمتری دیدند، ولی تغییراتی در ساختار اجتماعاتشان در گذر از مرز کرتاسه/پالئوژن مشاهده می‌شود. همچنین مطالعه رحیمی و همکاران [۴، ۵] در برش‌های گنداب و جهانگیر آباد در تاکدیس کبیرکوه حاکی از سن مایستریشتین پسین برای بخش راسی سازند گورپی و پیوسته بودن کرتاسه/پالئوژن در این برش‌ها می‌باشد. در مطالعه اخیر بر روی مرز کرتاسه/پالئوژن در برش شیخ مکان در تاکدیس کبیرکوه مرز بالایی سازند گورپی در شیل‌های انتهایی این سازند قرار داده شده که سن داین را دارا می‌باشد و بنابراین مرز کرتاسه/پالئوسن از بخش بالایی این سازند عبور می‌کند و در قاعده سازند پایده نمی‌باشد [۲].

برش مورد مطالعه در زیرپهنه‌ی لرستان در شمال شرقی تاقدیس کبیرکوه قرار دارد. این تاقدیس با طول بیش از ۱۵۰ کیلومتر یکی از طولانی‌ترین تاقدیس‌های زاگرس محسوب می‌شود که در جنوب شرقی ایلام واقع شده است و شامل توالی ضخیمی از نهشته‌های رسوبی نئوپروتروزوئیک بالایی تا فانروزوئیک به ضخامت تقریبی ۷ تا ۱۲ کیلومتر است. تاقدیس مذکور تقریباً از ۵۰ کیلومتری شمال غربی اندیمشک شروع شده و تا ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی استان ایلام ادامه دارد [۶]. از مهمترین توالی‌های رسوبی موجود در زیرپهنه‌ی لرستان، رسوبات متعلق به کرتاسه‌ی پسین تا پالئوژن شامل سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، و گورپی است که هر کدام از این سازندها به عنوان سنگ منشأ و سنگ پوش نفت از نظر اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارند [۱۰]. نخستین بار جیمز و وایند (۱۹۶۵) در گزارش خود تحت عنوان فرهنگ چینه شناسی نواحی مورد توافق کنسرسیوم نفتی چینه شناسی کلیه سازندهای موجود در سه ناحیه فارس، خوزستان و لرستان را از لحاظ سنگ شناسی و سنگواره ای مورد مطالعه قرار داده‌اند. وایند [۴۷] مطالعاتی در مورد زیست چینه‌نگاری سازندهای مزوزوئیک و سنوزوئیک موجود در نواحی مختلف زاگرس را انجام داده است که مبنای مطالعات زیست چینه‌نگاری بعدی در این منطقه از ایران قرار گرفت.

مطالعات پیشین زیست چینه‌نگاری بر پایه روزنداران پلانکتون در ناحیه تاقدیس کبیرکوه عمدتاً بر یک سازند خاص تمرکز داشته‌اند و بیشتر بازه‌هایی محدود از کرتاسه پسین را پوشش داده‌اند. در ناحیه تاقدیس کبیرکوه، مطالعات متعددی بر روی نهشته‌های کرتاسه بالایی شامل سازندهای سورگاه، ایلام و گورپی انجام شده که به شناسایی دقیق‌تر ویژگی‌های چینه‌شناسی، زیست‌چینه‌نگاری و محیط‌های رسوبی این توالی‌ها کمک کرده است. سازند سورگاه نخستین بار توسط وایند [۴۷] در تنگ گراب واقع در کوه سورگاه معرفی شد و سن آن را تورونین تا سانتونین تعیین کرد. پس از آن، منجزی [۹] با مطالعه روزنداران پلانکتون در همین برش، زیست‌زون‌هایی را معرفی کرده و سن دقیق‌تری در بازه‌ی تورونین پسین تا سانتونین پیشین برای این سازند ارائه داد. در ادامه، رازیانی و همکاران [۳] با مطالعه‌ی برش الگوی سازند سورگاه در تاقدیس کبیرکوه، با استفاده از نسبت روزنداران شناور به کفزی و زیست‌زون‌های مربوطه، محیطی از نوع دریای باز ژرف (باتیال بالایی)، با ژرفای متوسط ۶۶۲ متر) را بازسازی کردند و سن این سازند را نیز تورونین پسین تا سانتونین پیشین در نظر گرفتند. در خصوص سازند ایلام، اسدی و صادقی [۱] با مطالعه‌ی سازند ایلام در ناحیه هولستم-پشته در تاقدیس کبیرکوه، و با شناسایی ۳۶ گونه از روزنداران پلانکتون، ۴ زیست‌زون با سن سانتونین پیشین تا اوایل کامپانین میانی را معرفی نموده‌اند. سنگ‌شناسی این سازند شامل آهک، آهک رسی و شیل بوده و به‌صورت همشیب با سازند سورگاه در زیر و سازند گورپی در بالا قرار می‌گیرد. مطالعات متعددی نیز بر روی سازند گورپی در تاقدیس کبیرکوه انجام شده است. رحیمی و همکاران [۴] در برش جهانگیرآباد، با شناسایی ۱۷ جنس و ۷۶ گونه از روزنداران پلانکتون، سن این سازند را کامپانین میانی تا مایستریشتین پسین تعیین کردند. همچنین، رحیمی و همکاران [۵] در برش گنداب، با بررسی ۲۵۲ متر توالی آهکی شامل دو عضو سیمره (لوفادار) و امام حسن، ۷۳۲ نمونه را تحلیل کرده و ۷ بایوزون را معرفی نمودند که بر اساس این بایوزون‌ها نیز سن سازند گورپی کامپانین میانی تا مایستریشتین پسین تعیین شد. مرز کرتاسه/پالئوژن نیز در رأس این سازند شناسایی شده است. در همین راستا، قورچایی و همکاران [۷] نیز سازند گورپی را در یال شمال‌شرقی تاقدیس کبیرکوه با استفاده از روزنداران پلانکتون مطالعه و سن کامپانین تا پالئوسن را برای آن پیشنهاد نمودند. تطابق بایوزونهای شناسایی شده در این سازند با برش الگوی EIKef در تونس و سایر نواحی جنوب و جنوب‌غربی تیس نشان دهنده هم‌زمانی و ارتباط رسوبی این مناطق با یکدیگر در طول دوره کرتاسه است.

در مقیاس جهانی، فرامینفرهای پلانکتون به‌عنوان یکی از گروه‌های کلیدی در زیست چینه نگاری کرتاسه بالایی شناخته می‌شوند [۲۵]. مطالعات کلاسیک مانند کارهای پساگنو [۳۷]، کارون [۱۶]، روباسزینسکی و همکاران [۴۴] و لوبلیش و

تاپان [۳۲]، چارچوب‌های اولیه‌ای را برای بایوزوناسیون این گروه ارائه دادند. با این حال، زون بندیهای استاندارد روزن‌داران پلانکتون کرتاسه بالایی که عمدتاً بر اساس گونه‌های منطقه زیستی تتیس انجام می‌شوند، به سختی در مناطق معتدل که گونه‌های آب گرم کمیاب یا فاقد آنها هستند، قابل اجرا هستند. به عنوان مثال، مطالعات اخیر نشان داده‌اند که بایوزوناسیون‌های استاندارد در مناطق شمالی‌تر، مانند شمال اروپا، با چالش‌هایی مواجه است [۲۸]. بایوزوناسیون حوضه تتیس یک توالی با وضوح بالا از سنومانین تا ماستریشتین ارائه می‌دهد که بر اساس اولین و آخرین ظهور گونه‌های شاخصی از جنس‌هایی مانند *Rotalipora*, *Helvetoglobotruncana*, *Dicarinella*, *Marginotruncana*, *Globotruncana*, *Contusotruncana*, *Gansserina* و *Abathomphalus* تعیین می‌شود [۴۳]. بازنگری‌ها و اصلاحات تاکسونومیک، مفاهیم گونه‌ها را بهبود بخشیده و تطابق‌های جهانی را تقویت کرده است [۴۰، ۲۶].

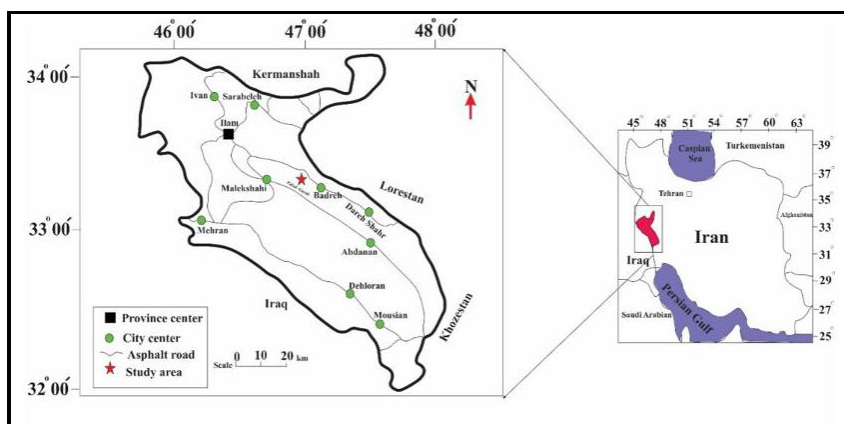
شرایط آب وهوایی دوران کرتاسه بالایی در حوضه زاگرس از طریق مطالعات روی رسوبات بوکسیت، کربنات‌ها و جمعیت‌های میکروفسیلی مورد بررسی قرار گرفته است. سلاماب-اللهی و همکاران [۴۵] با مطالعه بوکسیت رسی نوع کارستی سمیرم در جنوب غرب سمیرم در زون زاگرس مرتفع، که بین سازندهای سروک و ایلام قرار دارد، نشان دادند که شواهد معدنی و ایزوتوپی نشان‌دهنده آب‌وهوای گرم و مرطوب استوایی با بارندگی شدید در دوران آلبین-سنومانین است و حوضه زاگرس در آن زمان نزدیک به خط استوا قرار داشته است. تقی پور و همکاران [۴۸] با بررسی بوکسیت کارستی پیرشکفت در شمال تاقدیس پاسکوهک، استان فارس، نشان دادند که شواهد معدنی و ژئوشیمیایی حکایت از آب‌وهوای مرطوب همراه با دوره‌های کوتاه خشک و مرطوب متناوب دارد که بیانگر تغییرپذیری محلی شرایط آب وهوایی در تورونین پسین بین سازندهای سروک و گورپی است. عنایتی‌بیدگلی و همکاران [۲۱] با بررسی دانه‌های پوشش‌دار (اوئید و رودوئید) در سازند کربناته ایلام در شش میدان نفتی در فرو افتادگی دزفول، آب‌وهوای نسبتاً معتدل را با توجه به وجود کلسیت‌های کم و پرمیزیم گزارش نمودند. رزم‌جویی و همکاران [۴۲] با مطالعه نانوفسیل‌های آهکی در برش شاهنشین در حوضه مرکزی زاگرس، به روند سرد شدن تدریجی در اواخر کرتاسه اشاره کردند که شامل یک رویداد سرد شدن کامپانین پسین-مایستریشتین آغازی و سپس گرم شدن در مایستریشتین میانی و سرد شدن نهایی در مایستریشتین پسین است و تغییرات دمایی گسترده‌تر در تتیس شرقی را نشان می‌دهد. به طور کلی، این مطالعات نشان می‌دهند که آب وهوای حوضه زاگرس از شرایط مرطوب استوایی در اوایل کرتاسه بالایی به شرایط متغیر و به تدریج سرد شونده در نزدیکی مایستریشتین تکامل یافته است، که تفاوت‌های محلی تحت تأثیر محیط رسوب‌گذاری و پهنه‌های زمین‌شناسی بوده است.

در مطالعه حاضر، برای نخستین بار زیست‌چینه‌نگاری بر پایه روزن‌داران پلانکتون از بخش میانی سازند سروک تا بخش‌های قاعده‌ای سازند پابده در ناحیه کبیرکوه انجام گرفته است. این توالی پیوسته که سازندهایی از سن سنومانین تا دانین را شامل می‌شود، نقطه تمایز این پژوهش از مطالعات پیشین است، چرا که در مطالعات قبلی به طور جداگانه به هر یک از این سازندها پرداخته شده بود. علاوه بر این، در این مطالعه به مرز کرتاسه/پالئوژن (K/Pg) نیز توجه شده است که یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین رویدادهای انقراض تاریخ زمین است. از این رو، این تحقیق می‌تواند گامی مهم در درک تحولات زیستی و محیطی در گذر از کرتاسه میانی تا آغاز پالئوژن در منطقه زاگرس باشد.

۲- موقعیت جغرافیایی راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان ایلام در ۴۷ کیلومتری مسیر جاده ایلام به دره شهر و در یال شمال شرقی تاقدیس کبیرکوه و در نزدیکی روستایی به نام "پاکل گراب" در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر ایلام و در امتداد جاده ایلام-بدره واقع شده

است. برای دسترسی به برش مورد نظر از محل پشت روستا پس از طی حدود ۲ کیلومتر به سمت جنوب از داخل دره به محل برش مورد نظر با مختصات جغرافیایی $33^{\circ}27'08''$ عرض شمالی و $46^{\circ}44'23''$ طول شرقی می‌رسیم (شکل ۱).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه به همراه محل نمونه برداری که با علامت ستاره نشان داده شده است.

۳- روش مطالعه

جهت انجام مطالعه حاضر طی نمونه‌برداری صحرایی، ۶۱۴ نمونه به صورت سیستماتیک برداشت شده است. برداشت نمونه‌های سنگی در بخش‌های آهکی با فواصل یک تا دو متری صورت گرفته که با نزدیک شدن به مرز سازندها، فواصل نمونه برداری به ۳۰ سانتیمتر کاهش یافته است. لیتولوژی در برش مورد مطالعه شامل سنگ آهک، سنگ آهک‌های مارنی و شیلی همراه با میان لایه‌هایی از شیل است. بر همین اساس از نمونه‌های سنگ آهک ۵۷۳ نمونه مقاطع نازک مورد نیاز مطالعات میکروسکوپی تهیه شد. برای جداسازی فرم‌های روزن‌داران از ۷۷ نمونه نرم و شیلی، ابتدا مقدار ۵۰۰ گرم از هر نمونه در داخل محلول آب اکسیژنه ۱۰ درصد به مدت یک تا دو روز قرار داده شد و سپس روی الک‌های ۲۰، ۷۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ مش شسته شدند. با اتمام شستشو، نمونه‌های روی الک‌ها داخل محلول متیلن بلو (Methylene blue) قرار داده شد تا نمونه‌های باقیمانده در منافذ الک‌ها، رنگی و مشخص شوند. نمونه‌های موجود بر روی الک‌ها در ظروف جداگانه ریخته شد تا خشک شوند. سپس رسوبات خشک شده موجود روی دو الک ۷۰ و ۱۲۰ مش داخل تشتک مخصوص ریخته شد و با استفاده از میکروسکوپ دو چشمی (Binocular) دارای نور انعکاسی و منابع معتبر مورد شناسایی قرار گرفتند. از روزن‌داران شناسایی شده توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM) موجود در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان عکسبرداری انجام گرفت. شناسایی و نامگذاری جنس و گونه‌ها برپایه رده‌بندی و نام‌گذاری از منابعی مانند پرمولی سیلوا و اسلیتر [۳۹] و پرمولی سیلوا و ورگا [۴۰] و وبسایت میکروتکس (<https://www.mikrotax.org/index.php>) صورت پذیرفته است.

۴- بحث

۴-۱- سنگ چینه نگاری

در این مطالعه، برش گراب با ضخامت حدود ۷۰۸ متر در بخش غربی حوضه زاگرس مورد بررسی قرار گرفته است. در این برش، توالی نسبتاً کامل و هم‌شیبی از نهشته‌های کرتاسه بالایی (سنومانین تا ماستریشتین) تا پالئوسن زیرین دیده می‌شود که به ترتیب شامل سازندهای سروک، سورگاه، ایلام، گرو و پابده است. سازند سروک با ضخامت ۲۷۹ متر، در بخش پایینی عمدتاً از سنگ‌آهک‌های خاکستری با لایه‌بندی متوسط، در بخش میانی از آهک‌های خاکستری با لایه‌بندی نازک تا متوسط همراه با شیل‌های خاکستری تا خاکستری تیره، و در بخش بالایی از آهک‌های خاکستری با لایه‌بندی

متوسط تا ضخیم همراه با مقادیری شیل خاکستری تا تیره تشکیل شده است. پس از آن، سازند سورگاه با ضخامت ۱۵۳ متر متشکل از شیل‌های سبز زیتونی و خاکستری متمایل به سبز و شیل‌های مارنی، همراه با میان‌لایه‌هایی از آهک مارنی خاکستری با لایه‌بندی نازک می‌باشد. سازند ایلام با ضخامت ۹۹ متر، در بخش زیرین شامل آهک‌های مارنی خاکستری تا کرمی با لایه‌بندی متوسط است. در بخش میانی، میان‌لایه‌هایی از شیل خاکستری و آهک مارنی با لایه‌بندی نازک تا متوسط دیده می‌شود که در برخی افق‌ها ضخامت شیل‌ها بیشتر از آهک‌ها است. بخش بالایی این سازند نیز شامل آهک مارنی خاکستری تا کرمی با لایه‌بندی متوسط و مقدار کمی شیل خاکستری می‌باشد. سازند گورپی با ضخامت ۱۷۲ متر، در بخش‌های زیرین شامل شیل‌ها و مارن‌های خاکستری، سپس آهک‌های خاکستری تا خاکستری متمایل به قهوه‌ای با لایه‌بندی متوسط تا ضخیم متعلق به عضو لופا، و پس از آن آهک‌های کرمی با لایه‌بندی نازک تا متوسط متعلق به عضو امام حسن است. بخش فوقانی این سازند با شیل‌های سبز زیتونی تا خاکستری متمایل به سبز پایان می‌یابد. در نهایت، پایین‌ترین بخش سازند پابده در بالای برش گراب با ضخامت ۵ متر از شیل‌های ارغوانی تشکیل شده است.

۲-۴- زیست چینه نگاری

از میان انواع مختلف ریزفسیل‌های حفظ شده در رسوبات، روزن‌داران پلانکتون از نظر جغرافیایی گسترده‌ترین و فراوان‌ترین آنها هستند [۲۵]. به دلیل فراوانی، تنوع شکلی و تاریخچه تکاملی طولانی روزن‌داران پلانکتونیک، این گروه فسیلی از اهمیت ویژه‌ای در مطالعات چینه‌شناسی برخوردار هستند [۱۴، ۳۵].

روزن‌داران پلانکتونیک کرتاسه بر اساس نحوه قرار گیری حجرات در سه خانواده هتروهلئیسید (Hetrohelicidae)، پلانومالینید (Planomaliniidae) و گلوبوترونکاناید (Globotruncanidae) رده بندی می‌شوند و مهمترین آنها، دارای پیچش تروکوسپایرال بوده که اغلب در خانواده گلوبوترونکاناید قرار می‌گیرند. این خانواده در تقسیمات زیست چینه‌نگاری کرتاسه نقش عمده‌ای داشته است. این گروه با معرفی جنس *Globotruncana* توسط کوشمن [۱۹] آغاز می‌شود. پوستوما [۴۱] تمام گونه‌های مربوط به خانواده گلوبوترونکاناید (Globotruncanidae) را نه تنها به صورت نمونه‌های آزاد بلکه در مقاطع نازک میکروسکوپی که جهت‌یافتگی محوری دارند نمایش داد. تنوع گونه‌های روزن‌داران پلانکتون به آرامی در کرتاسه پیشین (بریاژین-بارمین) افزایش می‌یابد، سپس در طول آپتین با سرعت بیشتری این افزایش ادامه داشته، اما در مرز آپتین/آلبین کاهش نشان می‌دهد. تنوع در سطح گونه‌ها در اواخر آلبین و سنومانین بهبود یافته، دوباره در سراسر مرز سنومانین/تورونین با کاهش مواجه شده، و سپس برای سومین بار در طول تورونین و کنیاسین با افزایش همراه شده است. در سراسر مرز سانتونین-کامپانین یک کاهش کوتاه مدت در تنوع وجود دارد، اما تنوع در طول کامپانین و مایستریشتین به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد [۲۴]. تصاویر تعدادی از روزن‌داران پلانکتون شناسایی شده در این مطالعه در پلیت‌های ۱ تا ۴ فراهم شده است. بر اساس انتشار چینه‌شناسی فسیل‌های به دست آمده از رسوبات مورد مطالعه در برش چینه‌شناسی پاکل گراب بایوزون‌های شناسایی شده مطابق با بایوزون‌های پرمولی سیلوا و ورگا [۴۰] به شرح زیر می‌باشند (شکل ۲). البته قابل ذکر است که در نامگذاری جدید [۳۸] نام بعضی از جنس‌های *Rotalipora* از جمله: *Rotalipora reicheli* به *Thalmaninella reicheli*، *Rotalipora balernaensis* به *Thalmaninella balernaensis*، *Rotalipora globotruncanoides* به *Rotalipora globotruncanoides* و *Thalmaninella gandolfii* به *Rotalipora gandolfii* تغییر کرده است.

1- *Thalmaninella globotruncanoides* interval Zone

این زیست‌زون بینابینی با سن سنومنین پیشین در حد فاصل دو افق ظهور گونه *Rotalipora globotruncanoides* در پایین و ظهور گونه *Rotalipora reicheli* در بالا تعریف شده است. این زون زیستی شامل آخرین ظهور گونه‌های *Rotalipora gandolfii*

Rotalipora montsalvensis و همچنین اولین ظهور گونه‌های *Rotalipora tehamensis* و *Thalmaninella balernaensis* *R. bicorbis*، *S. multispinata* و *Schackoina pentagonalis* می‌باشد. این زیست‌زون ۴۳ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سروک را به خود اختصاص داده است و شامل واحدهای سنگ‌شناختی سنگ‌آهک متوسط لایه با میان لایه‌های نازک شیلی می‌باشد. مهمترین روزن‌داران پلانکتونیک موجود در بین جامعه همزیست این زیست‌زون عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Thalmaninella gandolfii*, *T. globotruncanoides*.

2- *Thalmaninella reicheli* Total range Zone

این زون زیستی با سن سنومنین پیشین تا میانی که محدوده ظهور تا انقراض گونه *Thalmaninella reicheli* است و به همین دلیل یک Total Range Zone محسوب می‌شود. انقراض گونه مذکور منطبق بر ظهور گونه *Rotalipora cushmani* است. این زیست‌زون ۲۰ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه پاکل گراب در سازند سروک را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ‌آهک متوسط لایه با میان لایه‌های نازک شیلی می‌باشد. مهمترین روزن‌داران پلانکتونیک همراه این زون زیستی عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Thalmaninella globotruncanoides*, *T. reicheli*, *Paracostellagerina libyca*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Thalmaninella appenninica*, *Helvetoglobotruncana prae-helvetica*.

3- *Rotalipora cushmani* Total range Zone

این زیست‌زون شامل تمام گسترش چینه‌شناسی گونه *Rotalipora cushmani* است. مرز بالایی با انقراض تمام گونه‌های rotaliporids همراه با *Schackoina pentagonalis* و *Schackoina bicornis* مشخص می‌شود. این زون زیستی در ابتدا با افزایش تنوع گونه‌های *Rotalipora* مشخص می‌شود و سپس با ناپدید شدن تدریجی rotaliporids قدیمی‌تر و اولین ظهور و تنوع گونه‌های *Dicarinella* و *Whiteinella* دنبال می‌شود. اندکی پس از انقراض *Rotalipora cushmani* گونه *Whiteinella archaeocretacea* ظاهر می‌شود. این زیست‌زون ۵۵ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سروک را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ‌آهک متوسط لایه با میان لایه‌های شیلی می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک شناسایی شده در این زیست‌زون، عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Whiteinella baltica*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Thalmaninella appenninica*, *Helvetoglobotruncana prae-helvetica*, *Rotalipora cushmani*, *Thalmaninella greenhornensis*, *Whiteinella aprica*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Thalmaninella micheli*

برای این زیست‌زون، دو ساب‌زون *Rotalipora greenhornensis* Subzone و *Dicarinella algeriana* Subzone به شرح زیر معرفی شده است.

3-1- *Rotalipora greenhornensis* Interval Subzone

این ساب‌زون شامل اولین ظهور *Rotalipora greenhornensis* تا اولین ظهور *Dicarinella algeriana* می‌باشد و شامل اولین ظهور جنس *Whiteinella*، گونه *Praeglobotruncana gibba* و افزایش فراوانی *Heterohelix moremani* است. این

ساب‌زون ۲۰ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سروک را به خود اختصاص داده است. روزن‌داران پلانکتونیک شناسایی شده در این ساب‌زون، عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Whiteinella baltica*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Thalmaninella appenninica*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*, *Rotalipora cushmani*, *Thalmaninella greenhornensis*, *Whiteinella aprica*.

3-2- *Dicarinella algeriana* Interval Subzone

این ساب‌زون زیستی فاصله بین اولین ظهور *Dicarinella algeriana* تا انقراض جنس *Rotalipora* را در بر می‌گیرد. این ساب‌زون شامل ناپدید شدن تدریجی *Rotalipora globotruncanoides* و *R. micheli* و *R. appenninica* و همچنین گستره کامل

Rotalipora deekei بوده و با تنوع گونه‌های *Whiteinella* و ظهور *Dicarinella imbricata* و *D. canaliculata* و *Heterohelix reussi* نزدیک به راس این ساب‌زون همراه می‌باشد. این ساب‌زون ۳۵ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سروک را به خود اختصاص داده است. مهمترین روزن‌داران پلانکتونیک در این ساب‌زون عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Whiteinella baltica*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Thalmaninella appenninica*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*, *Rotalipora cushmani*, *Whiteinella paradubia*, *Thalmaninella greenhornensis*, *Whiteinella aprica*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Thalmaninella micheli*, *Whiteinella inornata*.

4- *Whiteinella archaeocretacea* Partial range Zone

این زیست‌زون از آخرین ظهور *Rotalipora cushmani* تا اولین ظهور *Helvetoglobotruncana helvetica* را شامل می‌باشد و بخشی از گسترش گونه *Whitenella archaeocretacea* است که بین دو رویداد زیستی قرار گرفته است. علاوه بر تنوع گونه‌های *Dicarinella*، این زون زیستی معمولاً حاوی اجتماعات فسیلی با تنوع کم است که مربوط به نهشته شدن رسوبات غنی از مواد آلی و شرایط بی‌هوازی (حادثه بی‌هوازی اقیانوسی ۲ یا OAE2) است. مجموعه‌ی فسیلی در این زون زیستی در صورت وجود، معمولاً شامل تعداد کمی از گونه‌های *Whiteinella*، *Muricohedbergella*، *Dicarinella*، همراه با تعدد بیشتری گونه‌های *Heterohelix* است. این زیست‌زون ۲۰ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سروک را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ‌آهک و لایه‌های نازک شیلی می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک شناسایی شده در این زون زیستی عبارتند از:

Clavhedbergella simplex, *Muricohedbergella delrioensis*, *Whiteinella baltica*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Rotalipora cushmani*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Whiteinella archaeocretacea*, *W. inornate*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*.

5- *Helvetoglobotruncana helvetica* Total range Zone

این زیست‌زون با ظهور و انقراض گونه *Helvetoglobotruncana helvetica* همراه است. ظهور و گسترش جنس *Marginotruncana* در این زیست‌زون اتفاق می‌افتد. این زون زیستی نشانگر بازگشت روزن‌داران بزرگ است، همانطور که با *M. sigali* و *M. renzi*، *M. schneegansi*، *M. marianosi*، *M. pseudolinneiana*، *Marginotruncana coronata* نشان داده می‌شود. *Heterohelids* بطور کلی شروع به تنوع می‌کنند. این زیست‌زون ۱۰۹ متر انتهایی سازند سروک در برش مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ‌آهک نودولار و سنگ‌آهک مارنی می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Muricohedbergella delrioensis, *Whiteinella baltica*, *Muricohedbergella planispira*, *Praeglobotruncana delrioensis*, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Marginotruncana schneegansi*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*, *Whiteinella paradubia*, *W. aprica*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Marginotruncana renzi*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Marginotruncana coronata*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Marginotruncana marginata*, *Whiteinella brittonensis*, *Marginotruncana sinuosa*, *M. tarfayaensis*, *M. paraconcavata*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*.

6- *Marginotruncana sigali* - *Dicarinella primitiva* zone

مرز زیرین آن با انقراض گونه *Helvetoglobotruncana helvetica* شاخص ابتدای تورونین میانی و مرز بالایی آن با ظهور گونه *Dicarinella concavata* شاخص انتهای تورونین میانی - ابتدای سانتونین پیشین مشخص شده است. این زون همچنین به عنوان معادل زون *Marginotruncana, schneegansi* [۴۳] یا *Marginotruncana sigali-Dicarinella* [۳۹] شناخته شده است. این زون شامل آخرین ظهور *Praeglobotruncana* و اولین ظهور *Falsotruncana maslakovae*, *Archaeoglobigerina*, *Muricohedbergella flandrini*, *Macroglobigerinelloides bollii* و *Marginotruncanids* بزرگ و فشرده مانند *Marginotruncana undulata* می باشد. این زیستزون ۱۴ متر از بخش قاعده‌ای ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سورگاه را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ آهک نودولار و سنگ آهک مارنی می باشد. روزن داران پلانکتونیک همراه در این زیستزون عبارتند از:

Whiteinella baltica, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moremani*, *Marginotruncana schneegansi*, *Whiteinella paradubia*, *W. aprica*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Marginotruncana renzi*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Marginotruncana coronata*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Marginotruncana marginata*, *Whiteinella brittonensis*, *Marginotruncana sinuosa*, *M. tarfayaensis*, *M. paraconcavata*, *Helvetoglobotruncana praehelvetica*, *Muricohedbergella flandrini*, *Planoheterohelix papula*, *Marginotruncana sigali*, *M. pseudolinneiana*, *Dicarinella hagni*, *Dicarinella primitiva*.

7- *Dicarinella concavata* Interval Zone

مرز پایینی با ظهور گونه *Dicarinella concavata* و مرز بالای آن با ظهور گونه *Dicarinella asymetrica* مشخص شده است. این بایوزون شامل اولین ظهور *Globotruncana*, *Contusotruncana fornicata* و *Muricohedbergella holmdelensis* است. اجتماع فسیلی این بایوزون به وسیله *Marginotruncanids* و *Whiteinellids* چیره شده است. این زیستزون ۱۳۷ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند سورگاه را به خود اختصاص داده است و شامل آهک با میان لایه نازک مارنی و لایه شیلی می باشد. روزن داران پلانکتونیک همراه این زیستزون عبارتند از:

Whiteinella baltica, *Muricohedbergella planispira*, *Planoheterohelix moreman*, *Marginotruncana schneegansi*, *Whiteinella paradubia*, *W. aprica*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Marginotruncana renzi*, *Whiteinella archaeocretacea*, *Marginotruncana coronata*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Marginotruncana marginata*, *Whiteinella brittonensis*, *Marginotruncana sinuosa*, *M. tarfayaensis*, *M. paraconcavata*, *Planoheterohelix papula*, *Marginotruncana sigali*, *M. pseudolinneiana*, *Dicarinella hagni*, *D. concavata*, *Globotruncana lapparenti*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Dicarinella primitiva*, *Heterohelix reussi*, *H. punctulata*.

8- *Dicarinella asymetrica* Total range Zone

مرز پایینی این زون زیستی با ظهور گونه *Dicarinella asymetrica* و مرز بالایی آن با انقراض گونه *Dicarinella* مشخص شده است. در این زون فراوانی و تعداد گونه‌های *Marginotruncanids* به تدریج کاهش پیدا می کند. گونه‌های جدید *Globotruncana* و همچنین جنس *Globotruncanita* برای اولین بار ظاهر می شوند. *Heterohellicids* پیچیده بزرگ و *Macroglobigerinelloides* تنوع پیدا می کنند. این زون همچنین شامل آخرین ظهور *Whiteinella* و *Muricohedbergella flandrini* است. مرز بالایی این بایوزون منطبق با انقراض کامل *Dicarinella* است. این زیستزون

۵۰ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و شامل آهک با میان لایه نازک مارنی و لایه‌های خیلی می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Whiteinella baltica, *Planoheterohelix moremani*, *Marginotruncana schneegansi*, *Whiteinella paradubia*, *Dicarinella algeriana*, *Planoheterohelix globulosa*, *Marginotruncana renzi*, *M. coronata*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Marginotruncana marginata*, *Whiteinella brittonensis*, *Marginotruncana sinuosa*, *M. tarfayaensis*, *Planoheterohelix papula*, *Marginotruncana sigali*, *Globotruncana linneiana*, *Marginotruncana pseudolinneiana*, *Globotruncana bulloides*, *Dicarinella concavata*, *Globotruncana lapparenti*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Heterohelix reussi*, *Ventilabrella eggeri*, *Heterohelix punctulata*, *Dicarinella asymetrica*, *Archaeoglobigerina bosquensis*.

9- *Globotruncanita elevata* Partial range Zone

این زیست‌زون از نوع گستره‌ای بخشی با سن کامپانین پیشین است که بر اساس بخشی از حضور *Globotruncanita elevata* در حدفاصل انقراض گونه *Dicarinella asymetrica* در زیر و ظهور گونه *Globotruncana ventricosa* در بالا مشخص می‌شود. این زون شامل اولین ظهور *Muricohedbergella monmouthensis*, *Contusotruncana patelliformis*, *Rugoglobigerina rugosa* و چندین گونه از *Globotruncana* است. آخرین ظهور *Marginotruncana* نیز در قسمت پایینی این زون ثبت شده است. این زیست‌زون ۳۲ متر از بخش بالایی سازند ایلام از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه به خود اختصاص داده است و متشکل از آهک مارنی می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Whiteinella baltica, *Planoheterohelix moreman*, *Planoheterohelix globulosa*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Planoheterohelix papula*, *Globotruncana falsostuarti*, *Marginotruncana pseudolinneiana*, *Globotruncana hilli*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *Muricohedbergella monmouthensis*, *Heterohelix reussi*, *Ventilabrella eggeri*, *Heterohelix punctulata*, *Archaeoglobigerina bosquensis*, *Globotruncanita elevata*, *Ventilabrella riograndensis*, *Macrolobigerinelloides ultramicrus*.

10- *Globotruncana ventricosa* Interval Zone

این زیست‌زون با سن کامپانین میانی-پسین در حدفاصل دو افق ظهور گونه *Globotruncana ventricosa* در پایین و گونه *Radotruncana calcarata* در بالا تعریف شده است. افزایش تنوع و فراوانی *Heterohelice* های بزرگ توسط گونه‌های *Pseudotextularia* و *Ventilabrella* مشخص می‌شود. اولین ظهور *Globotruncana atlantica* تقریباً قاعده زون را نشان می‌دهد که همچنین شامل اولین ظهور *Contusotruncana plummerae* در بخش میانی و *subspinosus* و *Radotruncana falsostuarti* بطرف راس این زون زیستی می‌باشد. *Globotruncanita elevate* بطرف بالای زون کمیاب و در یک سوم بالایی آن ناپدید می‌شوند. این زیست‌زون ۲۲ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازندهای ایلام و گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل آهک مارنی و آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Planoheterohelix moremani, *Planoheterohelix globulosa*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Planoheterohelix papula*, *Globotruncana rosetta*, *G. hilli*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *Muricohedbergella monmouthensis*, *Heterohelix reussi*, *Ventilabrella eggeri*, *Heterohelix punctulata*, *Ventilabrella riograndensis*, *Macrolobigerinelloides ultramicrus*, *Globotruncana ventricose*, *Contusotruncana plummerae*, *Globotruncanita stuartiformis*.

11- *Radotruncana calcarata* Total range Zone

این زون زیستی در حد فاصل ظهور و انقراض *Radotruncana calcarata* با سن کامپانین پسین تعریف شده است. این گونه با وجود شکل‌های خار مانند به آسانی قابل تشخیص است. در این زون زیستی روزن‌داران پلانکتونیک فراوان و متنوع هستند. با وجود گستره کوتاه *Radotruncana calcarata* چند گونه جدید از جمله *Globotruncanella havanensis*, *Heterohelix punctulata*

Globotruncanella stuarti و *Gulerina acuta* در این زیست‌زون ظهور پیدا می‌کنند. این زیست‌زون ۲ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل آهک نودولار می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Planoheterohelix moremani, *Planoheterohelix globulosa*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Planoheterohelix papula*, *Globotruncana falsostuarti*, *G. rosetta*, *G. hilli*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *Muricohedbergella monmouthensis*, *Heterohelix reussi*, *Globotruncana ventricose*, *Contusotruncana plummerae*, *Radotruncana calcarata*, *Globotruncanella stuartiformis*

12- *Globotruncanella havanensis* Partial range Zone

این زیست‌زون از نوع گستره‌ای بخشی با سن کامپانین پسین است که بر اساس بخشی از حضور *Globotruncanella havanensis* در حدفاصل انقراض گونه *Radotruncana calcarata* در پایین و ظهور گونه *Globotruncana aegyptiaca* در بالا تعریف شده است. این زون با ظهور چندین گونه جدید مانند *Rugoglobigerina*, *Globotruncanella petaloidea*, *Ventilabrella multicamerata*, *Planoglobulina carseyae*, *Plummerita hantkeninoides*, *hexacamerata* و نمونه‌های کمیابی از جنس *Guembelitra* مشخص می‌شود [۱۶]. این زیست‌زون ۱ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل آهک نودولار و آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Planoheterohelix moreman, *Planoheterohelix globulosa*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Planoheterohelix papula*, *Globotruncana rosetta*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *G. ventricose*, *Contusotruncana plummerae*, *Radotruncana calcarata*, *Globotruncanella stuartiformis*, *Globotruncanella havanensis*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana mariei*.

13- *Globotruncana aegyptiaca* Interval Zone

این زیست‌زون با سن انتهای کامپانین پسین در حد فاصل ظهور گونه *Globotruncana aegyptiaca* در پایین و ظهور گونه *Gansserina gansseri* در بالا تعریف شده است [۱۵]. این زون با چندین تغییر در اجتماع روزن‌داران پلانکتونیک مشخص می‌شود که شامل ظهور گونه‌های جدید مربوط به جنس *Rugoglobigerina*، گذر از گونه *Pseudoguembelina costulata* به *Pseudoguembelina excolata* و از گونه *Globotruncanella havanensis* به گونه *Glb. pschadae* است. در حالی که فراوانی گونه *Globotruncana lapparenti* کاهش می‌یابد. این زیست‌زون ۷۰ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتون همراه این زیست‌زون عبارتند از:

Planoheterohelix moremani, *Planoheterohelix globulosa*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Globotruncana falsostuarti*, *G. rosetta*, *G. linneiana*, *G. hilli*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *Globotruncanella conica*, *Globotruncana ventricose*, *Contusotruncana plummerae*, *Radotruncana calcarata*, *Globotruncanella stuartiformis*, *Globotruncanella havanensis*, *Globotruncanella pettersi*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana mariei*, *Gansserina gansseri*, *Heterohelix striata*.

14- *Gansserina gansseri* Interval Zone

این زیست‌زون با سن انتهایی‌ترین بخش کامپانین پسین تا مایستریش‌تین پیشین در حدفاصل دو افق ظهور گونه *Gansserina gansseri* در پایین و گونه *Contusotruncana contusa* و گونه *Racemiguembelina fructicosa* در بالا تعریف شده است. این زیست‌زون با تغییرات متعدد در ترکیب فونا مشخص می‌شود. علاوه بر گونه های شاخص این زون، گونه‌های جدید دیگری ظاهر می‌شوند که شامل *Contusotruncana walfishensis* و *Globotruncanita conica* هستند که در قسمت بالایی این زون زیستی قرار دارند. گونه‌های کمیاب *Abathomphalus intermedius* و *Macrolobigerinelloides multispinus* نیز در سراسر این زون پراکنده شده‌اند. فراوانی globotruncanids به تدریج به سمت بالا زون افزایش می‌یابد و *Macrolobigerinelloides bolli* و *Globotruncana lapparenti* در میلنه زون منقرض می‌شوند. Globotruncanids در اینجا بیشتر از زونهای قبلی رایج هستند. این زیست‌زون ۳۵ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زیست‌زون عبارتند از:

Archaeoglobigerina cretacea, *Globotruncana rosetta*, *G. hilli*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *Muricohedbergella holmdelensis*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *Globotruncanita conica*, *Globotruncana ventricose*, *Contusotruncana plummerae*, *Radotruncana calcarata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncanella havanensis*, *Globotruncanita pettersi*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana mariei*, *Gansserina gansseri*, *Heterohelix striata*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Globotruncanita stuarti*.

15- *Contusotruncana contusa* Interval Zone

مرز زیرین با اولین ظهور گونه *Contusotruncana contusa* و مرز بالایی منطبق بر ظهور گونه *Abathomphalus mayaroensis* می‌باشد. در این زیست‌زون *Racemiguembelina fructicosa* در برش مورد مطالعه یافت نشد ولی با توجه به شباهت مجموعه فسیلی موجود در این زیست‌زون با زون زیستی *Contusotruncana contusa-Racemiguembelina fructicosa* از زون بندی پرمولی سیلوا و ورگا [۴۰]

معادل با آن در نظر گرفته شده است. این زون زیستی با گونه های شاخص به راحتی در مقاطع نازک همراه *Gansserina gansseri* قابل شناسایی است. در این زیست‌زون *Abathomphalus intermedius* کمیاب و گونه *Trinitella scotti* از فونای جدید است. این زیست‌زون ۴۳ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و متشکل از آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Globotruncana rosetta, *G. linneiana*, *G. hilli*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *Contusotruncana patelliformis*, *C. fornicata*, *Globotruncana arca*, *Globotruncanita conica*, *Globotruncanita pettersi*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana mariei*, *Gansserina gansseri*, *Heterohelix striata*, *Contusotruncana contusa*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Globotruncanita stuarti*, *Abathomphalus mayaroensis*, *Contusotruncana walfishensis*.

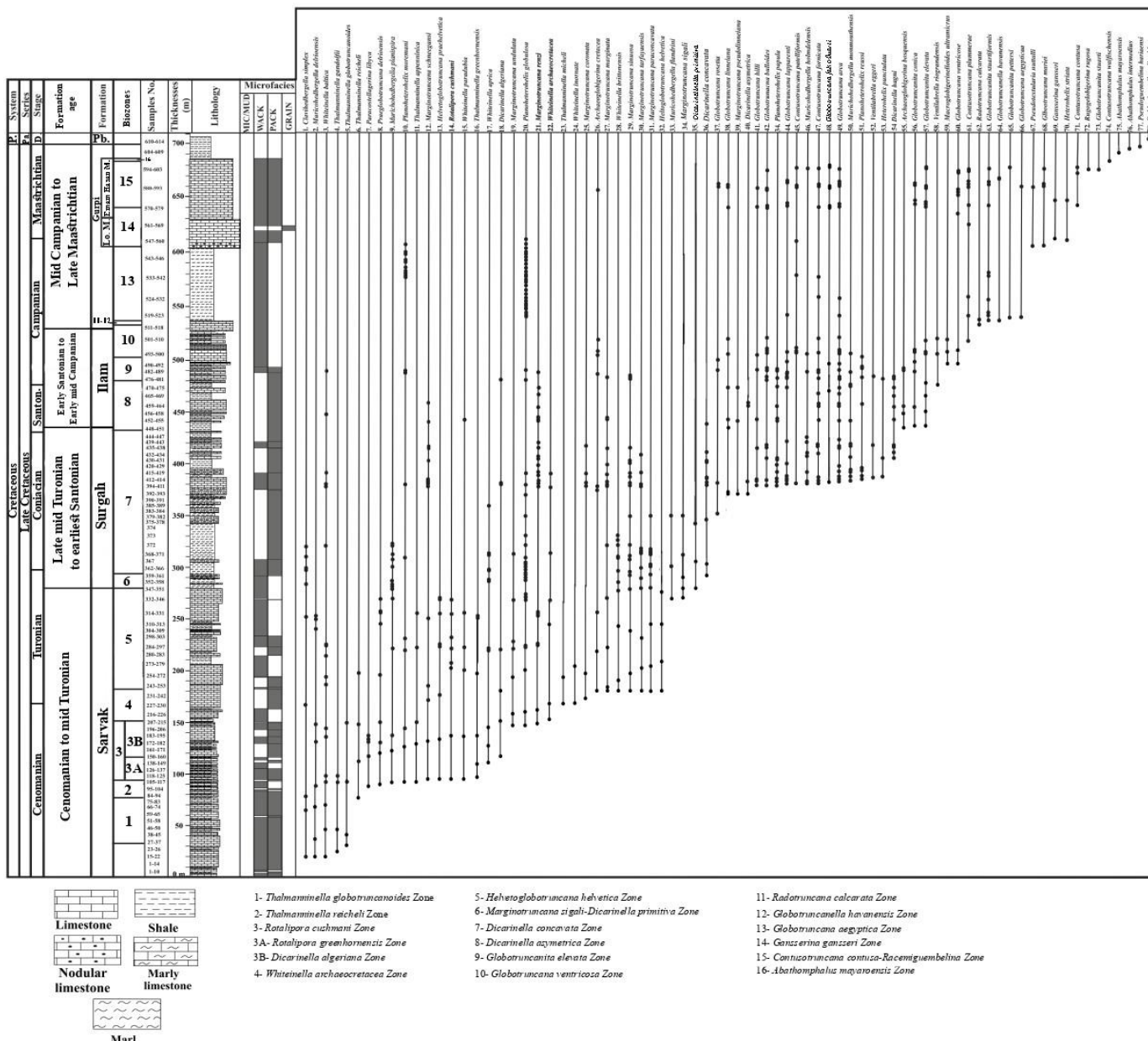
16- *Abathomphalus mayaroensis* Interval Zone

این زیست‌زون در حد فاصل اولین ظهور *Abathomphalus mayaroensis* تا انقراض تمامی گونه های کرتاسه تعریف شده است. در این زون زیستی به دلیل انقراض، دگرگونی بزرگی در گونه‌های پلانکتون *Globotruncana*, *bulloides* و *Contusotruncana fornicata* *Macrolobigerinelloides prairiehillensis* رخ می‌دهد که در قاعده این زون زیستی یا در بخش بالایی آن از بین می‌روند. در نیمه پایینی این زیست‌زون گونه های *Gansserina gansseri*، *Globotruncana linneiana* و *Pseudoguembelina costulata* کمیاب و ناپدید می‌شوند. گونه های شاخص این زون بندرت در منطقه گرمسیری ثبت شده‌اند. ظهور *Pseudoguembelina hariaensis* اولین بار تقریباً در نزدیکی این زیست‌زون رخ می‌دهد. این مجموعه ها علاوه بر گونه‌های *heterohelids* و *macrolobigerinelloides* بزرگ و کوچک، غنی از گونه ها *Globotruncana arca*، *Contusotruncana contusa* و *rugoglobigerinids* نیز هستند. این زیست‌زون

۱ متر از ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه در سازند گورپی را به خود اختصاص داده است و شامل سنگ آهک می‌باشد. روزن‌داران پلانکتونیک همراه در این زون زیستی عبارتند از:

Abathomphulus intermedius, *Abathomphulus* cf. *mayaroensis*, *Pseudoguembelina hariaensis*.

اولین ظهورگونه *Subbotina triloculinoides* با سن داین در شیل‌های ارغوانی قاعده سازند پابده نشان دهنده‌ی اشکوب داین می‌باشد که در برش پاگل کراب حدود ۵ متر می‌باشد.



شکل ۲- محدوده گسترش فرامینیفرهای پلانکتونیک کرتاسه بالایی در برش پاگل کراب. اختصارات:

P. = Paleocene, Pa. = Paleogene, Pb. = Pabdeh, Lo. M. = Loph Member, M. = Member, Santon. = Santonian

۳-۴- مرز کرتاسه-پالئوژن

مرز کرتاسه-پالئوژن و واکنش روزن‌داران پلانکتون به رویداد انقراض کرتاسه-پالئوژن (K/Pg) که حدود ۶۶ میلیون سال پیش رخ داد، یکی از شدیدترین و ناگهانی‌ترین انقراض‌های زیستی در تاریخ زمین محسوب می‌شود [۴۶]. این رویداد که احتمالاً بر اثر برخورد یک سیارک عظیم در شبه‌جزیره یوکاتان و فعالیت‌های شدید آتشفشانی در ناحیه دکان (Deccan Traps) رخ داد، به انقراض بیش از ۷۰٪ از گونه‌های زیستی، از جمله بیش از ۹۰٪ از گونه‌های روزن‌داران پلانکتون انجامید [۲۹، ۳۶، ۴۶]. در بالاترین لایه‌های کرتاسه، کاهش تدریجی تنوع و فراوانی در میان روزن‌داران پلانکتون دیده می‌شود که بیانگر فشارهای محیطی پیش از وقوع رویداد اصلی است [۱۱، ۱۲]. این تغییرات شامل ناپدید شدن تدریجی گونه‌های پیچیده‌تر جنس‌هایی مانند *Globotruncana*، *Rugoglobigerina* و *Abathomphalus* بوده و در نهایت با انقراض کامل این گروه‌ها در لایه حاوی عنصر ایریدیوم که مرز K/Pg را مشخص می‌کند به اوج می‌رسد [۱۱، ۲۸]. در لایه‌های بلافاصله پس از این مرز، تنها تعداد کمی از گونه‌های مقاوم مانند *Guembelitra cretacea* و فرم‌های ساده‌تری از *Hedbergella* و *Globigerina* باقی مانده‌اند که جامعه‌ای بسیار کم‌تنوع و با ساختار ساده را تشکیل می‌دهند [۱۲، ۲۳]. پس از این رویداد، در اوایل داین، فرایند بازیابی زیستی به آهستگی آغاز می‌شود. بازسازی جوامع روزن‌داران پلانکتون شامل ظهور تدریجی گونه‌های جدید، افزایش تنوع و پیچیدگی پوسته‌ها در طول چند میلیون سال اولیه پالئوژن است [۱۱]. این روند در توالی‌های رسوبی ایران نیز به خوبی ثبت شده است، به‌ویژه در برش‌هایی از زاگرس مانند سازند گورپی و پابده، که در آن‌ها گذار زیستی از کرتاسه به پالئوژن به شکل کاهش شدید تنوع در مرز K/Pg و سپس افزایش تدریجی تنوع در لایه‌های بالاتر دیده می‌شود [۴]. در توالی‌های زمین‌شناسی زاگرس، به‌ویژه در سازندهای گورپی و پابده، کاهش ناگهانی و تغییرات گسترده در روزن‌داران پلانکتون هم‌زمان با این مرز مشاهده شده است که تأییدی بر اثرات انقراض دسته جمعی پایان کرتاسه بر زیست‌بوم‌های دریایی این منطقه می‌باشد [۴].

در برش پاکل گراب، این مرز براساس حضور روزن‌داران پلانکتون شاخص ماستریشین پسین *Abathomphalus* *intermedius* cf. *mayaroensis* و *Pseudoguembelina hariaensis* که در زون زیستی *Abathomphalus* *Zone mayaroensis* و در راس سازند گورپی قرار دارند، و فراوانی فرم‌های ابتدای پالئوژن (شامل *Globorotalia* *trinidadensis* و *Subbotina triloculinoides*) در شیل‌های ارغوانی ابتدای سازند پابده قرار دارد. در پایان زیست زون *Abathomphalus mayaroensis* Zone تمامی فرم‌های روزن‌داران پلانکتون مربوط کرتاسه منقرض می‌شوند. روزن‌داران پلانکتون حساس در مقابل شرایط اکولوژیکی، گستره تحمل کمی در مقابل تغییرات دما، اکسیژن و شوری دارند و دارای اندازه بزرگ، مورفولوژی پیچیده و تزئینات زیاد هستند. این موجودات معمولاً در عمق thermocline با تأمین غذا و پایداری دمایی زندگی می‌کنند و دارای سیکل زندگی طولانی مدت هستند [۲۹، ۳۳]. در برش مورد مطالعه گونه‌های *Globotruncana* *arca*، *Globotruncana aegyptiaca*، *Globotruncanita stuarti*، *Rosita fornicata*، *Rugoglobigerina rugosa* و *Globotruncanita stuartiformis* جزء این گروه هستند که همگی در مرز K/Pg منقرض شده‌اند. گروه دیگر فرم‌های غیرحساس در مقابل شرایط محیطی هستند. هر چند فراوانی و تنوع بعضی از فرم‌های آنها در مرز K/Pg کاهش پیدا می‌کنند ولی بعضی فرم‌ها از این مرز عبور می‌کند. این گونه‌ها دارای اندازه کوچک، مورفولوژی ساده و پوسته نازک بوده و فاقد تزئینات هستند [۲۹، ۳۳]. نمونه‌های *Heterohellicids* و *Hedbergellids* جزو این گروه محسوب می‌شوند.

۵- نتیجه گیری

در این مطالعه، ۷۰۸ متر از رسوبات کرتاسه بالایی در برش پاکل گراب در یال شمال شرقی تاکدیس کبیرکوه در حوضه زاگرس، مورد بررسی قرار گرفت. روزن داران پلانکتون در برش پاکل گراب، تنوع و فراوانی بالایی را منعکس می کنند. مطالعات انجام شده در روی این برش، منجر به شناسایی ۷۶ گونه متعلق به ۲۷ جنس از روزن داران پلانکتون و تفکیک ۱۶ زون زیستی و دو ساب زون گردید. در این برش، سازند سروک با توجه فونای موجود، محدوده سنی سنومانین پیشین تا تورونین میانی را نشان می دهد. سازند سورگاه بر اساس زونهای زیستی موجود سنی از اواخر تورونین میانی تا ابتدای سانتونین را بازگو می کند. سن پیشنهادی برای سازند ایلام سانتونین پیشین تا ابتدای کامپانین میانی می باشد. شواهد فسیلی مشخص در سازند گورپی دلالت بر کامپانین میانی تا مایستریشتین پسین دارد. بخش قاعده ای (بخش شیل ارغوانی) سازند پابده با توجه به فونای موجود سن داین را نشان می دهد. بررسی های زیست چینه ای در برش پاکل گراب نشان می دهد که مرز K/Pg نیز با انقراض ناگهانی روزن داران پیچیده و ظهور جوامع ساده تر در آغاز پالئوژن مشخص می شود.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم آقایان دکتر محمد شریفی (هیات علمی دانشگاه کردستان) و دکتر جواد شریفی (فارغ التحصیل دکتری دانشگاه فردوسی مشهد) کمال تشکر و قدردانی بعمل می آید.

منابع

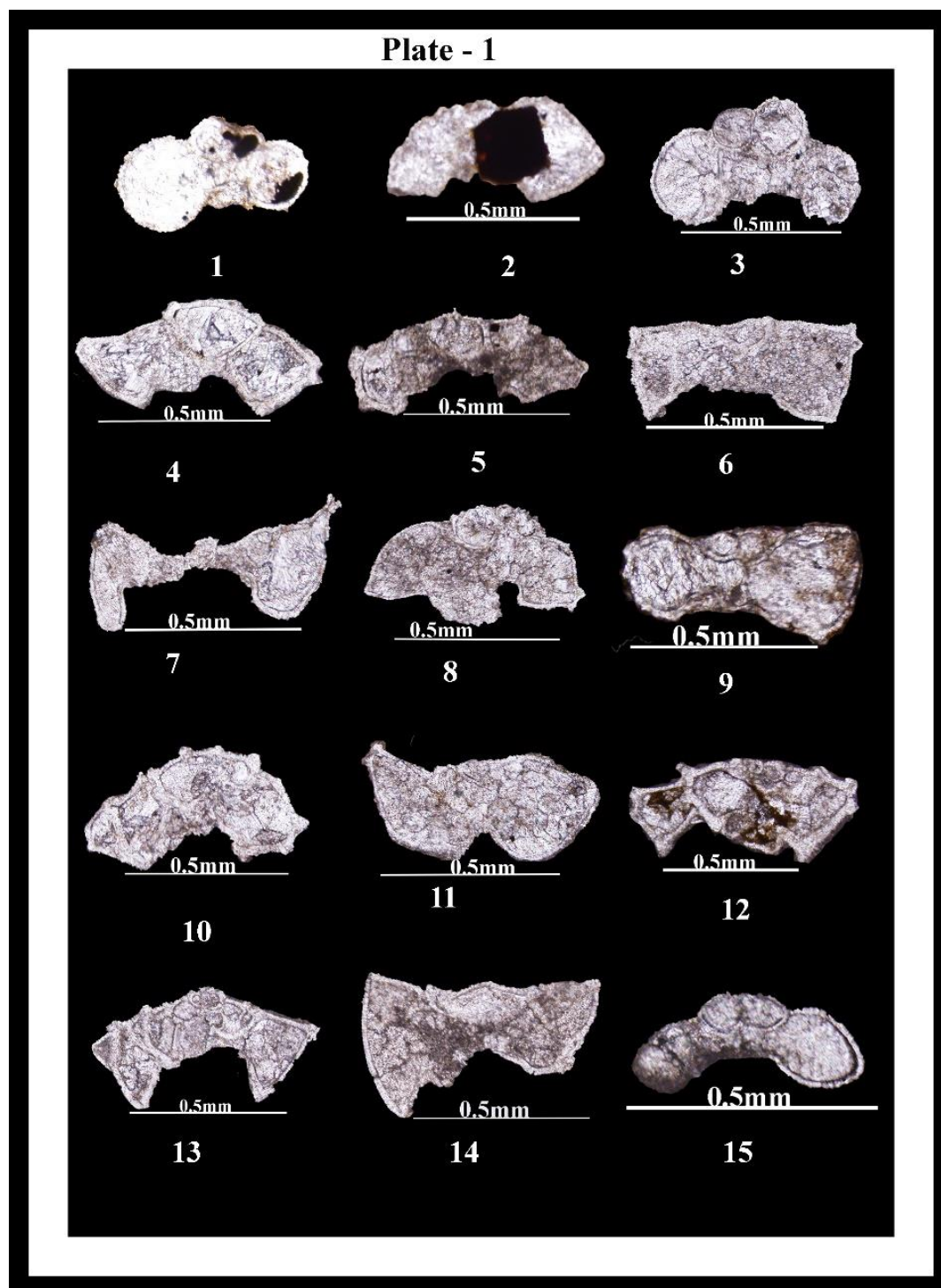
- [۱] اسدی، ب.، صادقی، ع.، ۱۳۹۴، زیست چینه نگاری سازند ایلام در تاکدیس های کبیرکوه (برش هولستم-پشته) و سورگاه (برش مهدی آباد) و مقایسه آن با برش نمونه. فصلنامه علمی علوم زمین، شماره ۹۷، صفحه ۱۵۰-۱۴۱.
- [۲] بازوند، ا.، صادقی، ع.، آدابی، م.ح.، جمالی، ا.م.، هداوندخانی، ن.، ۱۴۰۴. زیست چینه نگاری سازند گورپی بر مبنای روزن بران پلانکتونی در برش شیخ مکان (تاکدیس کبیرکوه، ناحیه لرستان). فصلنامه علمی علوم زمین، ۱(۱۳۵)، ۱۸-۱.
- [۳] رازیانی، م.، وحیدی نیا، م.، صادقی، ع.، ۱۳۹۷. دیرینه بوم شناسی تورونین سانتونین بر پایه روزن داران شناور در برش الگو سازند سورگاه، تاکدیس کبیرکوه، جنوب ایلام. مجله علمی-پژوهشی رخساره های رسوبی، شماره ۱۱(۲)، صفحه ۲۴۹-۲۲۹.
- [۴] رحیمی، س.، عاشوری، ع.، صادقی، ع.، قادری، ع.، ۱۳۹۶، زیست چینه نگاری سازند گورپی بر مبنای روزن داران پلانکتون با تاکید بر مرز کرتاسه - پالئوژن در برش جهانگیرآباد، کبیرکوه لرستان، جنوب غرب ایران. نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، شماره ۱۴، صفحه ۱۱۰-۹۳.
- [۵] رحیمی، س.، عاشوری، ع.، صادقی، ع.، قادری، ع.، ۱۳۹۷، زیست چینه نگاری سازند گورپی بر مبنای روزن داران پلانکتون در برش گنداب و تطابق آن با برش نمونه، تاکدیس کبیرکوه، جنوب غرب ایران. پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، شماره ۳، صفحه ۵۲-۳۷.
- [۶] زروش، ن.، واعظی، ع.، حاجی کریمی، ۱۳۹۳، ارزیابی پتانسیل توسعه کارست در تاکدیس کبیرکوه استان ایلام با استفاده از تلفیق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سنجش از دور (GIS)، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، صفحه ۱۵۷-۱۴۴.
- [۷] قورچایی، ش.، درویش زاده، ب.، قاسمی نژاد، ا.، ۱۳۸۷. زیست چینه نگاری سازند گورپی در شمال کبیرکوه بر مبنای فرامینفرا و تطابق آن با مقاطع جهانی. مجله مطالعات زمین شناسی، شماره ۱، صفحه ۱۳-۱.
- [۸] مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین شناسی ایران، زمین شناسی نفت زاگرس، جلد ۱ و ۲، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، طرح تدوین کتاب تهران، ۱۰۱۰ صفحه.

[۹] منجزی، ن.، ۱۳۸۵. زیست چینه‌نگاری سازند سورگاه (مقطع تیپ) بر اساس فرامینیفرهای پلانکتونیک در جنوب شرق ایلام. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

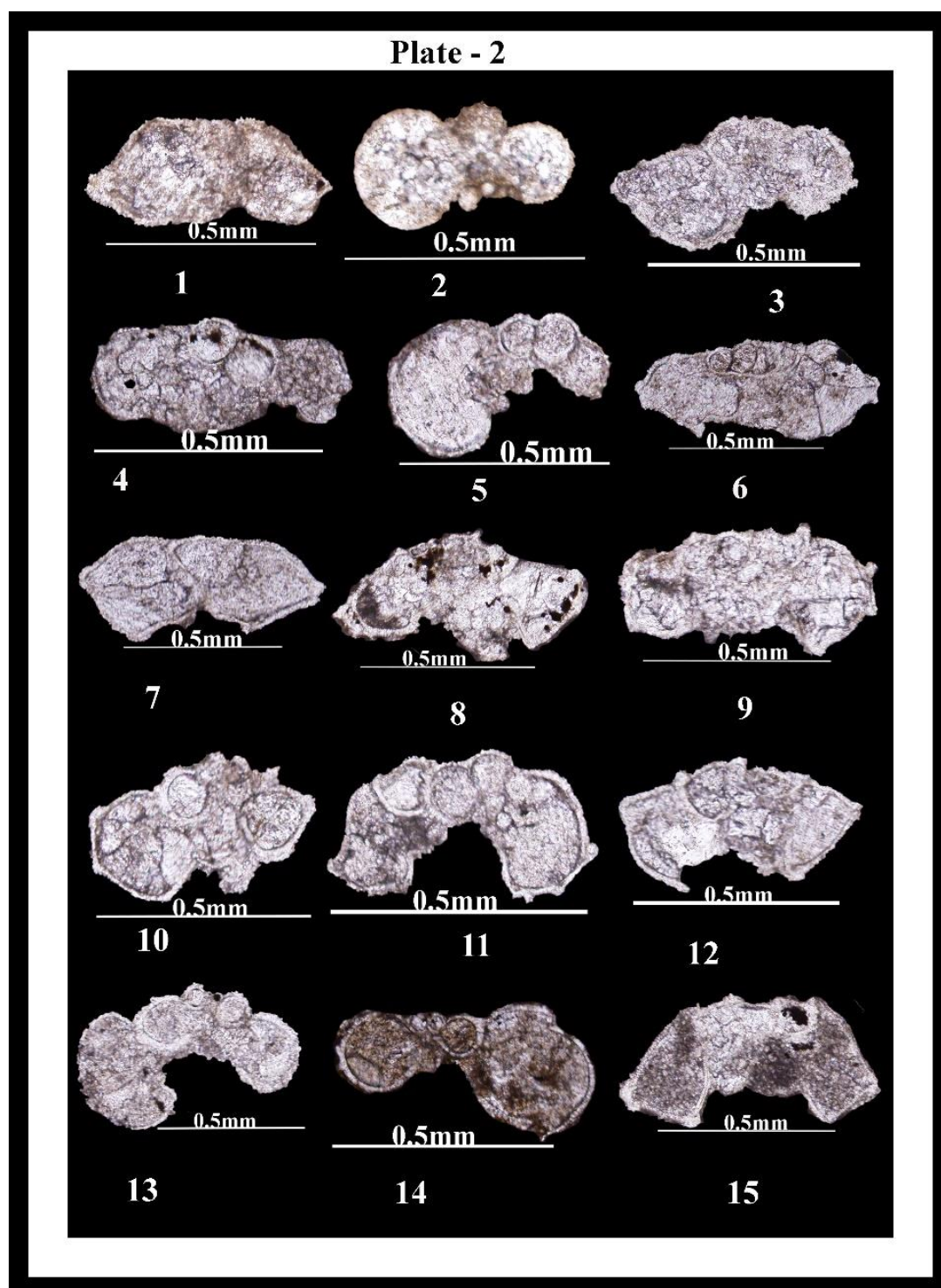
- [10] ALAVI, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution: *American Journal of Sciences*, **304**, 1-20.
- [11] ARENILLAS, I., ARZ, J.A. and GILABERT, V., 2018, Blooms of aberrant planktic foraminifera across the K/Pg boundary in the Western Tethys: Causes and evolutionary implications: *Paleobiology*, **44(3)**, 460-489.
- [12] ARENILLAS, I., ARZ, J.A., GRAJALES-NISHIMURA, J.M., MURILLO-MUNETON, G., ALVAREZ, W., CAMARGO-ZANOQUERA, A., MOLINA, E. and ROSALES-DOMINGUEZ, C., 2006, Chicxulub impact event is Cretaceous/Paleogene boundary in age: New micropaleontological evidence: *Earth and Planetary Science Letters*, **249(3-4)**, 241-257.
- [13] BEIRANVAND, B., ZAGHBIB-TURKI, D. and GHASEMI-NEJAD, E., 2014. Integrated biostratigraphy based on planktonic foraminifera and dinoflagellates across the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) transition at the Izeh section (SW Iran): *Comptes Rendus Palevol*, **13(4)**, 235-258.
- [14] BOLLI, H.M., SAUNDERS, J. B. and PERCH-NIELSEN, K., 1985, Plankton stratigraphy, Vol. I., Cambridge University Press, Cambridge, 87-154.
- [15] CARON, M., 1985. Cretaceous Planktic Foraminifera: In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. and PERCH NIELSEN, K., (Eds.), Plankton Stratigraphy, Cambridge University Press, Cambridge, 17-86.
- [16] CARON, D.A., MICHAELS, A.F., SWANBERG, N.R. and HOWSE, F.A., 1995, Primary productivity by symbiont-bearing planktonic sarcodines (Acantharia, Radiolaria, Foraminifera) in surface waters near Bermuda: *Journal of Plankton Research*, **17(1)**, 103-129.
- [17] CHANG, B., HUANG, J., ALGEO, T.J., PANCOST, R.D., WAN, X., XUE, Y., JIA, J., WANG, Z., HU, J., WANG, J. and WANG, S., 2022, Episodic massive release of methane during the mid-Cretaceous greenhouse: *GSA Bulletin*, **134(11-12)**, 2958-2970.
- [18] CHIARENZA, A.A., FARNSWORTH, A., MANNION, P.D., LUNT, D.J., VALDES, P.J., MORGAN, J.V. and ALLISON, P.A., 2020, Asteroid impact, not volcanism, caused the end-Cretaceous dinosaur extinction: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **117(29)**, 17084-17093.
- [19] CUSHMAN, J. A., 1927, An outline of a re-classification of the Foraminifera: *Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, **3(1)**, 1-105.
- [20] EDIE, S.M., COLLINS, K.S. and JABLONSKI, D., 2025, The end-Cretaceous mass extinction restructured functional diversity but failed to configure the modern marine biota: *Science Advances*, **11(21)**, p. eadv1171.
- [21] ENAYATI-BIDGOLI, A., RAHIMPOUR-BONAB, H. and NAVIDTALAB, A., 2020. Coated grains in the Upper Cretaceous Ilam Formation: implication for paleoclimatic reconstruction: *Geopersia*, **10(2)**, 227-243.
- [22] EZAMPANAH, Y., DI LUCIA, M., YAZDI-MOGHADAM, M. and ZAGHBIB-TURKI, D., 2022. Planktonic foraminiferal distribution of the Late Cretaceous to late Paleocene deposits of the Bandar Abbas area (Zagros Belt, SW Iran): An update of the bio-and lithostratigraphic framework: *Journal of African Earth Sciences*, **185**, 104392.
- [23] FORNACIARI, E., GIUSBERTI, L., LUCIANI, V., TATEO, F., AGNINI, C., BACKMAN, J., ODDONE, M. and RIO, D., 2007, An expanded Cretaceous–Tertiary transition in a pelagic setting of the Southern Alps (central-western Tethys): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **255(1-2)**, 98-131.
- [24] FRAASS, A.J., KELLY, D. C. and Peters, S.E., 2015, Macroevolutionary history of the planktic foraminifera: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **43(1)**, 139-166.

- [25] GALE, A., MUTTERLOSE, J., BATENBURG, S., GRADSTEIN, F., AGTERBERG, F., OGG, J. and PETRIZZO, M., 2020. The Cretaceous Period, In: GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G., SCHMITZ, M.D. and OGG, G.M. (Eds.), *Geologic Time Scale 2020*, Elsevier, pp. 1023-1086.
- [26] HUBER, B.T., PETRIZZO, M.R., YOUNG, J.R., FALZONI, F., GILARDONI, S.E., BOWN, P.R. and WADE, B.S., 2016. Pforams@ microtax: Anew online taxonomic database for planktonic foraminifera: *Micropaleontology*, **62**(6), 429-438.
- [27] JAMES, G.A., WYND, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, **49**, 192-224.
- [28] KELLER, G., 2001, The end-Cretaceous mass extinction in the marine realm: year 2000 assessment: *Planetary and space science*, **49**(8), 817-830.
- [29] KELLER, G., ADATTE, T., BHOWMICK, P.K., UPADHYAY, H., DAVE, A., REDDY, A.N. and JAIPRAKASH, B.C., 2012, Nature and timing of extinctions in Cretaceous-Tertiary planktic foraminifera preserved in Deccan intertrappean sediments of the Krishna–Godavari Basin, India: *Earth and Planetary Science Letters*, **341**, 211-221.
- [30] KERR, A.C. and MAHONEY, J.J., 2007, Oceanic plateaus: Problematic plumes, potential paradigms: *Chemical Geology*, **241**(3-4), 332-353.
- [31] LAUGIE, M., DONNADIEU, Y. and LADANT, J.B., 2021, Exploring the impact of Cenomanian paleogeography and marine gateways on oceanic oxygen: *Paleoceanography and Paleoclimatology*, **36**, e2020PA004202.
- [32] LOEBLICH, A.R. and TAPPAN, H., 1992. Present status of foraminiferal classification. In "Studies in Benthic foraminifera, In: TAKAYANAGI, Y. and SAITO, T. (Eds.), *Proceedings of the Fourth Symposium on benthic foraminifera, Sendai, 1990.*", Tokai University Press, Tokyo, 93-102
- [33] LUCIANI, V., 2002, High-resolution planktonic foraminiferal analysis from the Cretaceous–Tertiary boundary at Ain Settara (Tunisia): evidence of an extended mass extinction: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **178**(3-4), 299-319.
- [34] MACLEOD, K.G., MARTIN, E.E. and BLAIR, S.W., 2008, Nd isotopic excursion across Cretaceous ocean anoxic event 2 (Cenomanian-Turonian) in the tropical North Atlantic: *Geology*, **36**, 811-814.
- [35] MASTERS, B.A., 1977. Mesozoic planktonic Foraminifera. A worldwide review and analysis: In: RAMSAY, A.T.S. (Ed.), *Oceanic Micropalaeontology*, London, Academic Press, **1**, 301-731.
- [36] MORARD, R., HASSENBUCK, C., GRECO, M., FERNANDEZ-GUERRA, A., RIGUAD, S., DOUady, C.J. and KUCERA, M., 2022, Renewal of planktonic foraminifera diversity after the Cretaceous Paleogene mass extinction by benthic colonizers: *Nature Communications*, **13**(1), 7135.
- [28] PERYT, D., DUBICKA, Z. and WIERNY, W., 2022. Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Upper Cretaceous of the Central European Basin: *Geosciences*, **12**(1), 1-24.
- [37] PESSAGNO, E.A., 1967 Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera from the Western Gulf Coastal Plain: *Palaeontographica Americana*, **5**, 259-441.
- [38] PETRIZZO, M.R., KING, D.J., PEARSON, P.N., HUBER, B.T. and WADE, B.S., 2024. Planktonic foraminifera in biostratigraphy and biochronology. *Newsletters on Stratigraphy*: DOI: 10.1127/nos/2024/0840
- [39] PREMOLI SILVA, I. and SLITER, W.V., 1995, Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy: *Paleontographia Italica*, **82**, 2-90.
- [40] PREMOLI SILVA, I. and VERGA, D., 2004, Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera, course 3, In: VERGA, D. and RETTORI, R. (Eds.), *International School on Planktonic Foraminifera: Universities of Perugia and Milano, Tipografiadi di Pontefelcino, Perugia, Italy*, 283p.
- [41] POSTUMA, J.A., 1971, *Manual of Planktonic Foraminifera*; Elsevier, Amsterdam, London, 397p.

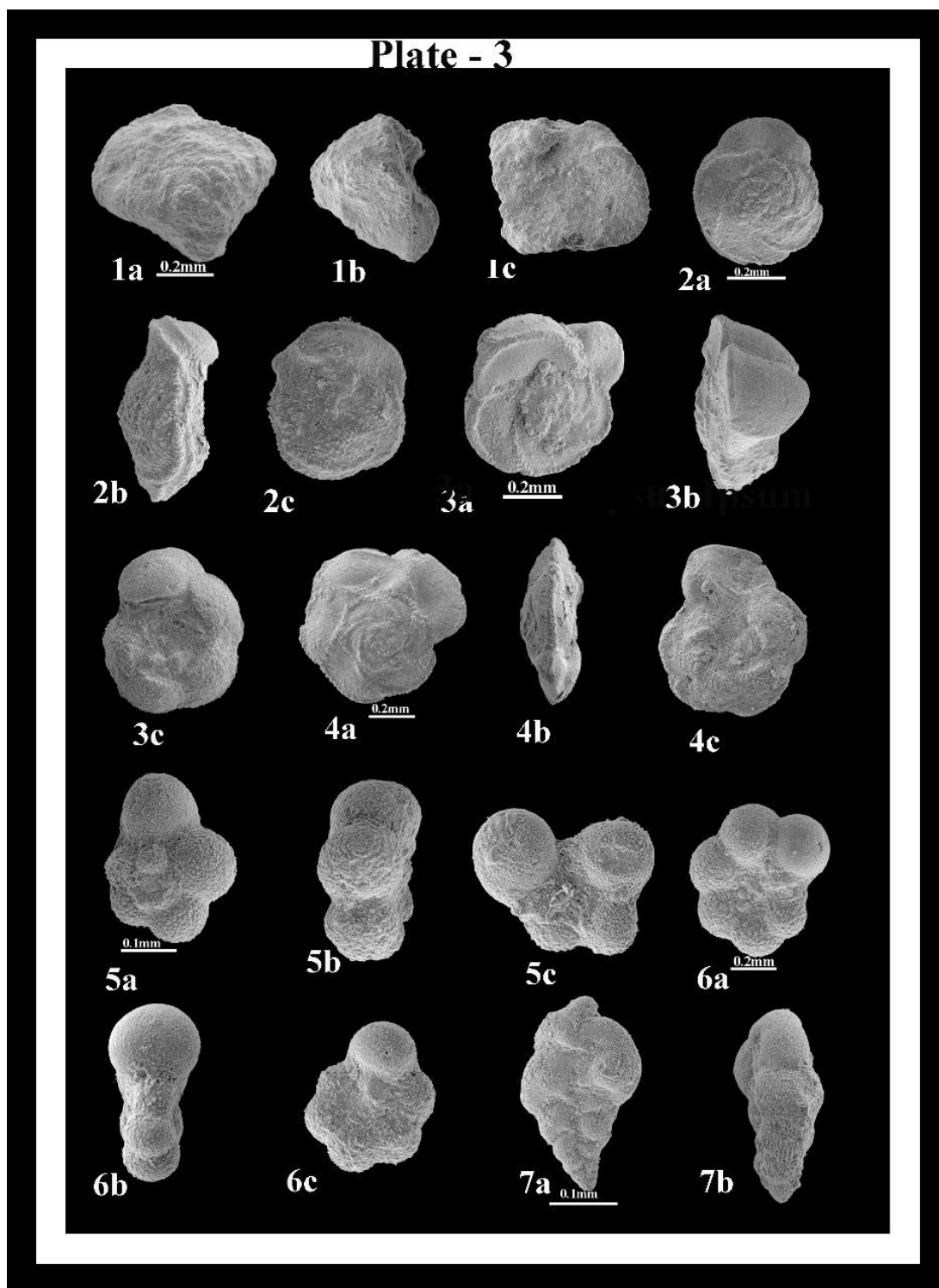
- [42] RAZMJOOEI, M.J., THIBAUT, N., KANI, A., DINARES-TURELL, J., PUCEAT, E. and CHIN, S., 2020. Calcareous nannofossil response to Late Cretaceous climate change in the eastern Tethys (Zagros Basin, Iran): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **538**, 109418.
- [43] ROBASYNSKI, F. and CARON, M., 1995. Foraminifers planktonique du cretace: *Bulletin Society Geological of France*, **166**, 681-698.
- [44] ROBASYNSKI, F., CARON, M., GONZALEZ DONOSO, J.M. and WONDERS, A.A.H., 1984. Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids: *Revue de Micropaléontologie*, **26**, 145-305.
- [45] SALAMAB-ELLAHI, S., TAGHIPOUR, B. and MoONGELLI, G., 2019. Clayey bauxite from the Irano-Himalayan belt: Critical metals, provenance and palaeoclimate in the Upper Cretaceous Semirom ore deposit, Zagros Mountain, Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, **172**, 126-142.
- [46] SCHULTE, P., ALEGRET, L., ARENILLAS, I., ARZ, J.A., BARTON, P.J., BOWN, P.R., BRALOWER, T.J., CHRISTESON, G.L., CLAEYS, P., COCKELL, C.S. and COLLINS, G.S., 2010, The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary: *Science*, **327**(5970), 1214-1218.
- [47] WYND, J.G., 1965, Biofacies of the Iranian Oil Consortium Agreement area. Unpublished Report 1082. Iranian Offshore Oil Company, Geological and Exploration division, Tehran.
- [48] TAGHIPOUR, B., JAHANGIRZADEH, S. and MONDILLO, N., 2024. The mineralogy and geochemistry of the Pirashkaf bauxite, Zagros belt, Iran: New inferences on the paleo-climate at the time of formation and on the nature of the parent rock: *Journal of Geochemical Exploration*, **259**, 107394.



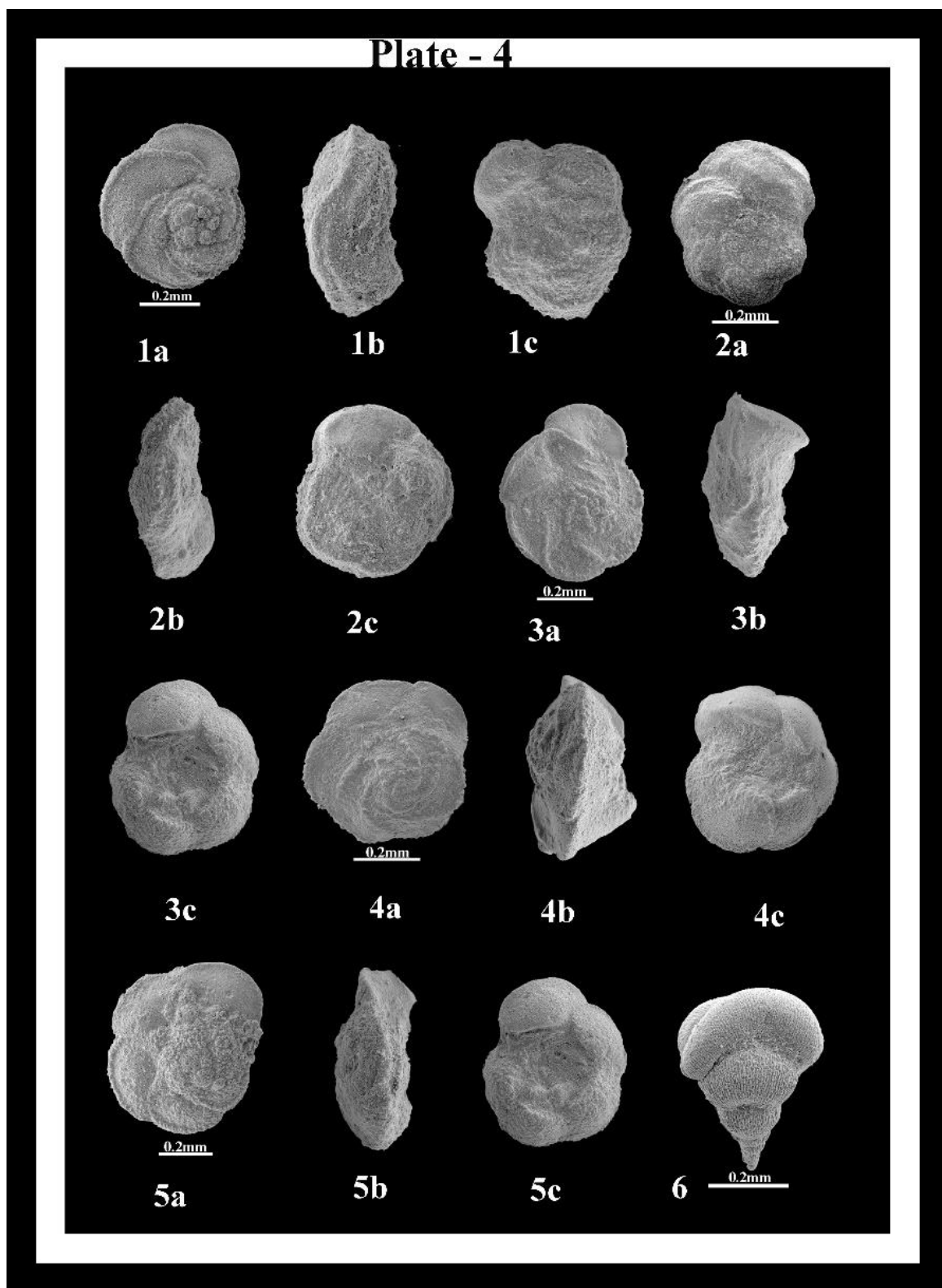
1. *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926), Axial Section, Sample 116; 2. *Rotalipora cushmani* (Morrow, 1934), Axial Section, Sample 272; 3. *Whiteinella paradubia* (Sigal, 1952), Axial Section, Sample 452; 4. *Thalmanninella greenhornensis* (Morrow, 1934), Axial Section, Sample 317; 5. *Globotruncana lapparenti* Brotzen, 1936, Axial Section, Sample 409; 6. *Dicarinella asymetrica* (Sigal, 1952), Axial Section, Sample 438; 7. *Dicarinella concavata* (Brotzen, 1934), Axial Section, Sample 415; 8. *Contusotruncana fornicata* (Plummer, 1931), Axial Section, Sample 400; 9. *Globotruncana hilli* Pessagno, 1967, Axial Section, Sample 396; 10. *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi, 1955), Axial Section, Sample 495; 11. *Dicarinella primitiva* (Dalbiez, 1955), Axial Section, Sample 400; 12. *Globotruncana ventricosa* (White, 1928), Axial Section, Sample 583; 13. *Globotruncanella stuarti* (de Lapparent, 1918), Axial Section, Sample 601; 14. *Globotruncanella elevata* (Brotzen, 1934), Axial Section, Sample 499; 15. *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk, 1937), Axial Section, Sample 59916, 17, 18. *Whiteinella paradubia* (Sigal, 1952), Axial Section, Sample 317.



1. *Thalmaninella reicheli* (Mornod, 1950), Axial Section, Sample 148; 2. *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926), Axial Section, Sample 106; 3. *Whiteinella inornata* (Bolli, 1957), Axial Section, Sample 116; 4. *Archaeoglobigerina cretacea* (d'Orbigny), 1840, Axial Section, Sample 402; 5. *Helvetoglobotruncana prae-helvetica* (Trujillo, 1960), Axial Section, Sample 286; 6. *Marginotruncana sigali* (Reichel, 1950), Axial Section, Sample 417; 7. *Marginotruncana schneegansi* (Sigal, 1952), Axial Section, Sample 415; 8. *Globotruncana arca* (Cushman, 1926), Axial Section, Sample 404; 9. *Globotruncana bulloides* Volger, 1941, Axial Section, Sample 484; 10. *Contusotruncana plummerae* (Gandolfi, 1955), Axial Section, Sample 577; 11. *Contusotruncana walfischensis* (Todd, 1970), Axial Section, Sample 601; 12. *Globotruncanita stuarti* (de Lapparent, 1918), Axial Section, Sample 601; 13. *Muricohedbergella monmouthensis* (Olsson, 1960), Axial Section, Sample 417; 14. *Muricohedbergella holmdelensis* (Olsson, 1964), Axial Section, Sample 396; 15. *Globotruncanita conica* (White, 1928), Axial Section, Sample 462.



1a, 1b, 1c. *Contusotruncana contusa* (Cushman, 1926), Sample 525; 2a, 2b, 2c. *Contusotruncana fornicata* (Plummer, 1931), Samples 540; 3a, 3b, 3c. *Gansserina gansseri* (Bolli, 1951), Sample 540; 4a, 4b, 4c. *Marginotruncana tarfayaensis* (Lehmann, 1963), Sample 403; 5a, 5b, 5c. *Muricohedbergella flandrini* (Porthault, in Donze et al., 1970), Sample 362; 6a, 6b, 6c. *Muricohedbergella planispira* (Tappan, 1940), Sample 349; 7a, 7b. *Planoheterohelix moremani* (Cushman, 1938), Samples 370.



1a, 1b, 1c. *Globotruncana arca* (Cushman, 1926), Sample 525; 2a, 2b, 2c. *Contusotruncana plummerae* (Gandolfi, 1955), Samples 546; 3a, 3b, 3c. *Globotruncanita stuarti* (de Lapparent, 1918), Sample 533; 4a, 4b, 4c. *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez, 1955), Sample 540; 5a, 5b, 5c. *Marginotruncana marginata* (Reuss, 1845), Sample 380; 6. *Pseudotextularia nuttalli* (Voorwijk, 1937), Sample 525.

Planktonic foraminiferal-based Biostratigraphy of Upper Cretaceous deposits in the northeastern part of the Kabirkuh anticline, southeastern Ilam

Noshin Moradi Lirkashasi¹, Sakineh Arefifard^{2*}, Thomas J. Algeo³, Jonathan D. Schueth⁴, Lei Zhang⁵

¹Ph.D student, Geology Department, Basic Sciences Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan, Iran

²Associate professor of Geology Department, Basic Sciences Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

³Professor of Department of Geosciences, University of Cincinnati, Cincinnati, USA

⁴Assistant Professor of Department of Geography/Geology, University of Nebraska Omaha, Omaha, USA

⁵Professor of Department of Geosciences, China University of Geosciences, Wuhan, China

* arefi.s@lu.ac.ir

Received: July 2025, Accepted: December 2025

Abstract

In this study, the biostratigraphy of Upper Cretaceous strata in the Pakal-e Garab section—with a thickness of 708 meters—located in the northeastern part of the Kabirkuh anticline, southwestern Iran, is investigated. This stratigraphic succession includes the Sarvak, Surgah, Ilam, and Gurpi formations, as well as the basal part of the Pabdeh Formation. To conduct a detailed biostratigraphic analysis and assess the diversity and distribution of planktonic foraminiferal fauna in the Upper Cretaceous deposits, the 708-meter-thick Pakal-e Garab section was studied. The investigation led to the identification of 27 genera and 76 species of planktonic foraminifera. Based on the recognized microfossils, 16 biozones and 2 sub-biozones were identified. According to these biozones, the age of the Sarvak Formation is assigned to the early Cenomanian to middle Turonian, the Surgah Formation to the Late mid Turonian to earliest Santonian, the Ilam Formation to the early Santonian to early-middle Campanian, and the Gurpi Formation to the middle Campanian to late Maastrichtian. At the base of the Pabdeh Formation, a 5-meter-thick purple shale containing diagnostic Paleocene fauna was identified, suggesting a Danian age for this part of the section. This study also presents evidence for the impact of the end-Cretaceous mass extinction at the K/Pg boundary on the planktonic foraminiferal communities in the Pakal-e Garab section. This event is reflected in reduced diversity and significant changes in the faunal assemblages.

Keywords: Biostratigraphy, Upper Cretaceous , planktonic foraminifera, Kabirkuh Anticline, southeastern Ilam, Zagros