

## بازسازی محیط رسوبی و نوسانات نسبی سطح آب دریا در نهشته‌های کرتاسه - پالئوسن، البرز مرکزی، شمال ایران

جواد ربانی<sup>۱\*</sup>، نصرالله عباسی<sup>۲</sup>، رضا امامقلی<sup>۳</sup>، محمد سعید شریعت‌زاده<sup>۴</sup>

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- کارشناس ارشد چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۴- رئیس مطالعات زمین‌شناسی، شرکت نفت خزر، منطقه عملیاتی خزر، بهشهر، مازندران، ایران

\*پست الکترونیک: rabbani@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۶

### چکیده

نهشته‌های کرتاسه - پالئوسن که در پهنه شمالی - مرکزی البرز رخنمون گسترده‌ای دارند، در ۴۵ کیلومتری جنوب ساری از سنگ آهک‌ها و ماسه‌سنگ‌ها به همراه سیلت سنگ‌ها و تبخیری‌ها تشکیل شده‌اند. ضخامت این توالی در این ناحیه ۲۳۵ متر است. به منظور بازسازی محیط رسوبی و نوسانات نسبی سطح آب دریا در زمان نهشته شدن این رسوبات، تعداد ۷۰ نمونه سنگی به روش سیستماتیک برداشت شد. مرز کرتاسه - پالئوسن در این برش با استفاده از مطالعات دیرینه‌شناسی روزن‌داران و پالینومورف‌ها تعیین گردید. همچنین به منظور بازسازی نوسانات نسبی سطح آب دریا و محیط رسوب‌گذاری، مطالعات آماری پالینومورف‌های حاضر در این توالی‌ها انجام شد. بر مبنای مطالعات فسیل‌شناسی روزن‌داران و پالینومورف‌ها و با شناسایی *Tricolpites phillipsii* پولن شاخص مرز کرتاسه - پالئوسن، همچنین با حضور گونه داینوفلاژله *Palaeopridinium cretaceum* که گستره سنی آن تا انتهای کامپانین می‌باشد و نیز وجود روزن‌دار *Elphidiella multiscissurata* که گستره سنی آن مربوط به ماستریشتین می‌باشد، سن مجموعه توالی‌های مورد مطالعه از کامپانین تا ابتدای پالئوسن تعیین گردید. با توجه به ظهور *Tricolpites phillipsii*، مرز کرتاسه - پالئوسن در افق ۱۳۳ متری از قاعده این برش قرار دارد. مطالعات آماری بر روی شاخص‌های پالینولوژی و ترسیم نمودار نوسانات نسبی سطح آب دریا بر مبنای آنها نشان داد که در مرز کرتاسه - پالئوسن افت نسبی سطح آب رخ داده است، به نحوی که این پدیده با نمودار جهانی سطح آب دریا و نمودار فراوانی نسبی داینوسیست‌ها در مقیاس جهانی کاملاً منطبق می‌باشد. این موضوع مؤید ارتباط حوضه رسوبی البرز با آب‌های آزاد اقیانوسی و تأثیر ائوستازی بر حوضه رسوبی مورد مطالعه در زمان کرتاسه - پالئوسن می‌باشد. همچنین بر اساس مطالعات رخصاره‌های رسوبی و پراکنندگی داده‌های پالینولوژیکی بر روی نمودارهای سه‌تایی پالینوفاسیس، محیط رسوبی نزدیک به ساحل در یک سیستم رمپ کربناته برای این توالی‌ها پیشنهاد می‌شود.

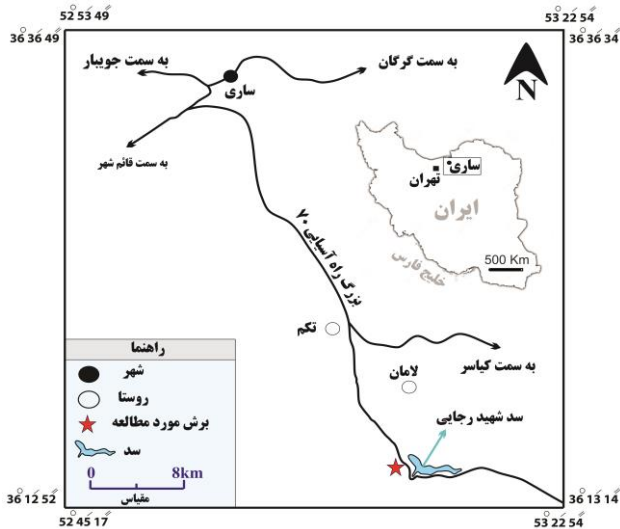
**واژه‌های کلیدی:** محیط رسوبی؛ نوسانات سطح آب دریا؛ کرتاسه - پالئوسن؛ البرز.

### مقدمه

برخورد پهنه ایران مرکزی با بلوک خزر جنوبی به وجود آمده است (Stöcklin, 1974). توالی‌های کرتاسه بالایی در البرز عمدتاً شامل کربنات‌ها و مارن‌های دریایی می‌باشند

رشته‌کوه البرز با راستای خاوری - باختری در شمال ایران و در جنوب دریای خزر به عنوان حاشیه شمالی کوهزاد آلپ - هیمالیا در باختر آسیا به شمار می‌رود. این رشته‌کوه در اثر

بالایی در دره رودخانه لار، واحد یک با نام سازند تیزکوه به سن کرتاسه پیشین و واحدهای دو، سه، چهار و پنج از سنومانین تا مایستریشین را تعیین کردند. آنان برش الگوی واحد یک را در جنوب باختری کوه دماوند و در نزدیکی پلور انتخاب نموده و مطالعات آنها پایه و اساس تقسیمات چینه‌شناسی رسوبات کرتاسه در البرز مرکزی گردید.



شکل ۱: راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه

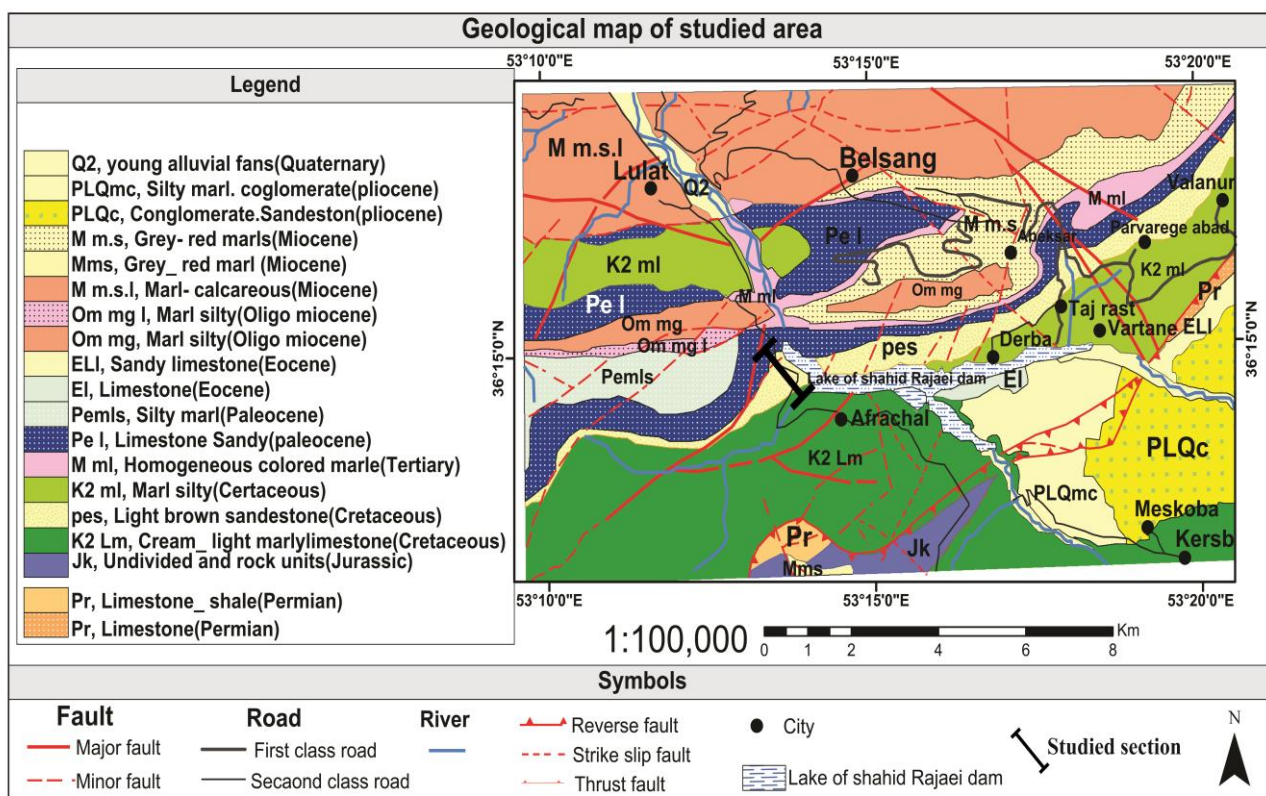
نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه ساری شامل نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ (Manoucheri, 1991) و ۱:۱۰۰۰۰۰ (Vahdati Daneshmand, 2003) می‌باشند که داده‌های اولیه را در اختیار زمین‌شناسان قرار می‌دهند. از نظر مطالعات دیرینه‌شناسی گزارش فسیل مهره‌داران میوسن منطقه تا کام (Stehlin, 1931) و همچنین گزارش‌های مقدماتی مهره‌داران موجود در سد شهید رجایی (Ataabadi & Abbassi, 2007)، مهمترین مطالعات دیرینه‌شناسی منطقه تنگه سلیمان می‌باشند. در جست‌وجوهای به عمل آمده، به نظر می‌رسد تاکنون نتیجه مطالعات زیست‌چینه‌نگاری و سنگ‌چینه‌نگاری دقیق از رسوبات کرتاسه - پالتوسن جنوب ساری گزارش نشده است. با این وجود مهاجر سلطانی و شریعت‌زاده (۱۳۹۳) مطالعاتی بر روی سنگ منشأ هیدروکربوری نهشته‌های جنوب ساری را به انجام داده‌اند.

به طوری که این توالی‌ها در نواحی باختری و خاوری با یکدیگر متفاوت هستند. توالی‌های سنوزوئیک در این ناحیه شامل کنگلومراها و ماسه‌سنگ‌هایی می‌باشند که به صورت ناپیوسته بر روی نهشته‌های مزوزوئیک قرار گرفته‌اند. در بخش‌های شمالی البرز، نهشته‌های دریای کم عمق پالتوسن زیرین به صورت پیوسته بر روی توالی‌های کربناته کرتاسه قرار گرفته‌اند (Rezaeian, 2009). نهشته‌های کرتاسه - پالتوژن در یال شمالی البرز مرکزی رخنمون خوبی دارند و با ستبرای ۲۳۵ متر متشکل از توالی کربناته، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ به همراه گچ هستند.

به منظور مطالعه چینه‌شناسی توالی‌های کرتاسه - پالتوژن در یال شمالی البرز مرکزی، از برش چینه‌شناسی در ۴۵ کیلومتری جنوب شهر ساری نمونه برداری شد و مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه، فسیل‌های روزن‌داران کفزی، پالینومورف‌ها و رخساره‌های پالینولوژیکی به منظور تعیین سن، محیط رسوبی و بازسازی نوسانات نسبی سطح آب دریا در زمان رسوب‌گذاری این توالی‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. در این ناحیه توالی‌های کرتاسه و پالتوژن در مجاورت سد شهید رجایی رخنمون خوبی را از خود نشان می‌دهند (Vahdati Daneshmand, 2003) و لذا این برش چینه‌شناسی در جنوب ساری و در مجاورت سد یاد شده در منطقه تنگه سلیمان برداشت شده است (شکل ۱ و ۲).

### پیشینه پژوهش

نخستین مطالعات زمین‌شناسی پهنه البرز مرکزی در ناحیه مازندران را Erni (1931) با ارائه برش‌های چینه‌شناسی رسوبات سنوزوئیک به همراه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه انجام یافت. Erni (1931) در این گزارشات به چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی دره رودخانه‌های تالار و تجن پرداخته است. Assereto & Ippolito (1964) با مطالعه رسوبات کرتاسه



شکل ۲: نقشه زمین شناسی برش مورد مطالعه؛ برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید (Vahdati Daneshmand, 2003)

## روش مطالعه

به منظور تعیین سن نسبی، محیط رسوبی و بررسی نوسانات سطح آب دریا در عبور از این مرز، تعداد ۷۰ نمونه سنگی از توالی‌های مورد مطالعه به روش منظم و همچنین با توجه به تغییرات سنگ شناسی برداشت گردید. نمونه‌های برداشت شده به منظور مطالعات پالینولوژی در دانشگاه زنجان به روش استاندارد (Traverse, 2007) آماده سازی شدند. در این روش به منظور از بین بردن کانی‌های کربناته، از اسید کلریدریک ۳۷ درصد صنعتی و به منظور از بین بردن کانی‌های سیلیکاته از اسید فلوئوریدریک ۳۷ درصد صنعتی استفاده شد.

مواد باقی مانده پس از مرحله اسید شویی از صافی ۲۰ میکرون عبور داده شدند و ذرات بزرگتر از ۲۰ میکرون را با استفاده از مایع چگال زینک کلراید ( $ZnCl_2$ ) ساترفیوژ نموده و در نهایت پس از شست‌وشوی

نمونه‌ها، تعداد ۹۰ اسلاید پالینولوژیکی تهیه شدند. این اسلایدها با استفاده از میکروسکپ نور عبوری مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعات آماری بر روی شاخص‌های پالینولوژی (مواد آلی بی‌شکل SOM، پالینومورف‌های دریایی MP، خرده‌های گیاهی Ph، اسپورها Spore، پولن‌ها Pollen و میکروپلانکتون‌ها) صورت گرفت به طوری که برای هر نمونه حداقل ۳۰۰ ذره شمارش شد و نهایتاً درصد فراوانی هر یک از این شاخص‌ها محاسبه و بر روی نمودار ترسیم گردید. همچنین به منظور مطالعه روزن‌داران تعداد ۷۰ مقطع نازک میکروسکپی از نمونه‌ها تهیه گردید. در پایان، نمودار تغییرات داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند Corel draw، Adobe illustrator، Triplot و Excel ترسیم و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

## بحث

برش مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی طول  $53^{\circ} 22' 45''$  و عرض  $36^{\circ} 25' 25''$  شمالی در جنوب شهرستان ساری به ستبرای ۲۳۵ متر پیمایش گردید. در این پیمایش تک تک لایه‌ها از نظر نوع سنگ شناسی، ضخامت، ویژگی‌های سطوح چینه‌شناسی و تغییرات آنها در گستره رخنمون‌های در دسترس، وجود یا نبود ساخت‌های فیزیکی و زیستی و نوع فسیل‌های موجود بررسی شدند. توالی مورد مطالعه از پایین به بالا شامل واحدهای سنگ آهکی زیست آواری، مارن، سنگ آهک آرژیلی، شیل و گچ می‌باشد. مرزهای زیرین و بالایی برش مورد مطالعه پوشیده است.

### تعیین مرز کرتاسه - پالتوسن

به منظور شناسایی مرز کرتاسه - پالتوسن محتوای فسیلی موجود در نمونه‌ها مورد بررسی و شناسایی قرار گرفت که شامل داینوفلاژله‌های *Operculodinium centrocarpum*، *Polykrikos*، *Palaeopridinium cretaceum*، *schwartzii* و *Spiniferites ramosus*، اسپورهای *Cicatricosisporites*، *Cibotioides tuberculiformis*، *Cyathidites australis*، *Clavifera rudis*، *hughesii*، *Dictyophyllidites mortonii*، *Cyathidites concavus*، *Luminidites reticulatus*، *Indospora clara*، *Retitriletes* و *Retitriletes austroclavatidites*، *Alisporites similis*، پولن‌های *circolumenus*، *Cycadopites follicularis*، *Assamiapollenites inanis*، *Podocarpidites*، *Podocarpidites ellipticus*، *Tricolpites* و *Podocarpidites otagoensis*، *exiguus* و *phillipsii* و روزن‌داران *Elphidiella multiscissurata* و *Pseudolituonella reicheli* می‌باشند (شکل ۳).

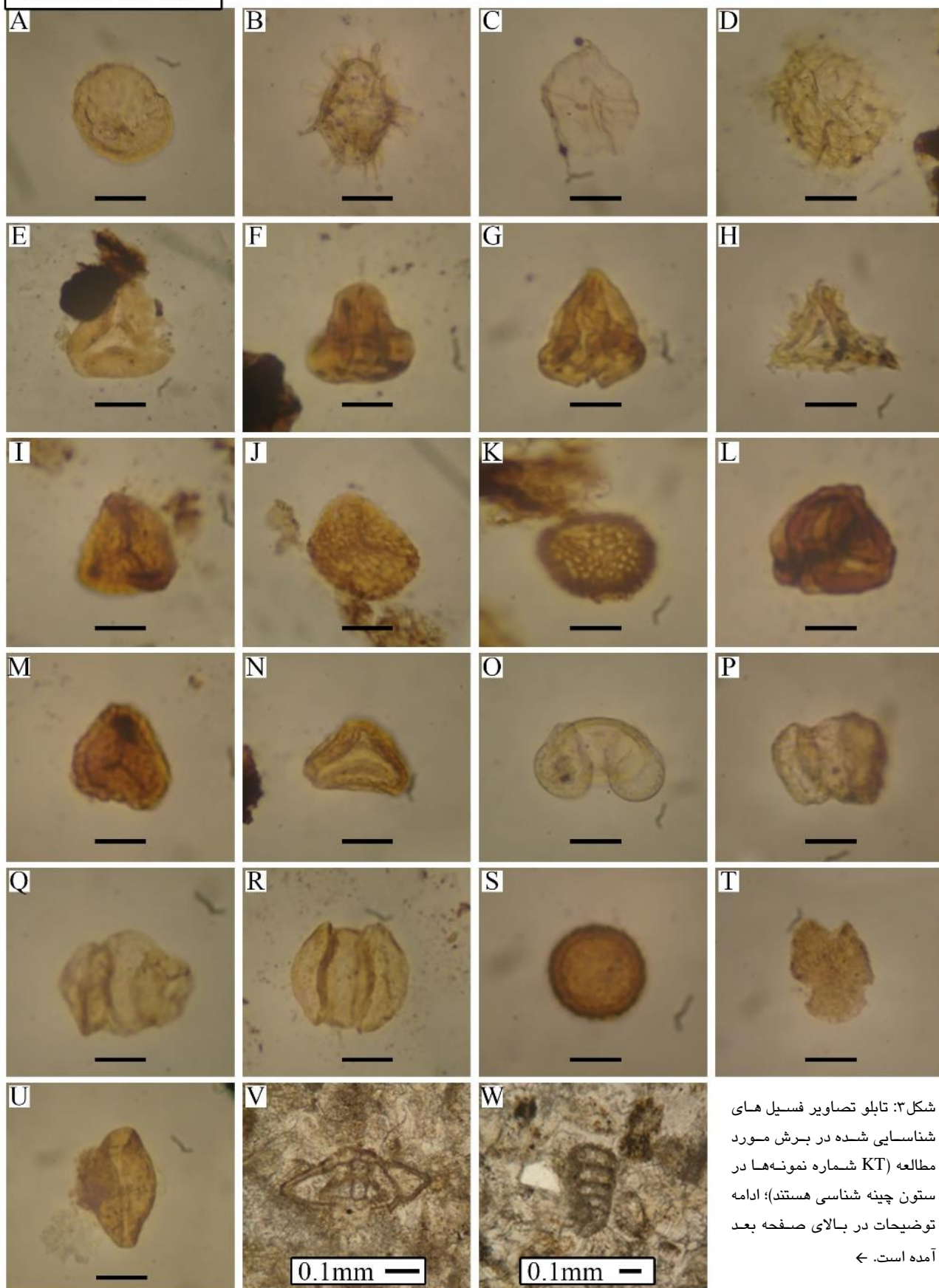
با توجه به فراوانی کم میکروفسیل‌های روزن‌داران، فسیل شاخص از این گروه برای تعیین مرز کرتاسه - پالتوسن

یافت نشد. بنابراین بررسی‌ها بر پراکنش زمانی سایر میکروفسیل‌ها متمرکز گردید. در این راستا و در مطالعه اسلایدهای پالینولوژیکی، گونه *Tricolpites phillipsii* که به عنوان میکروفسیل شاخص مرز کرتاسه - پالتوسن در نقاط مختلف جهان مطرح می‌باشد و حضور آن بیانگر شروع سن پالتوسن است (Ocampo et al., 2006؛ Schulte et al., 2010؛ Vajda & Raine, 2003؛ Willumsen & Vajda, 2010) در نمونه K-T36 شناسایی گردید. بدین ترتیب مرز کرتاسه - پالتوسن در افق ۱۳۳ متری برش مورد مطالعه و نمونه یاد شده تعیین می‌شود. اظهار نظر قطعی در این خصوص نیازمند برداشت نمونه‌های با فاصله کم و بررسی آنهاست. علاوه بر این، حضور گونه داینوسیست *Palaeopridinium cretaceum* در نمونه K-T13 که محدوده گسترش آن تا انتهای کامپانین می‌باشد (Ogg et al., 2016) و همچنین حضور گونه روزن‌دار *Elphidiella multiscissurata* از نمونه K-T14 تا K-T36 که گستره سنی آن محدوده ماستریشتین را شامل می‌شود (بهرامی‌زاده سجادی، ۱۳۸۸)، در مجموع سن کامپانین تا پالتوسن پیشین را برای این توالی‌ها در برش مورد مطالعه پیشنهاد می‌نماید که برای تأیید سن پیشنهادی، آنالیز ایزوتوپی در نمونه‌های مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد.

### رخساره‌ها و محیط رسوبی

مطالعات صورت گرفته بر روی مقاطع نازک میکروسکوپی و مطالعات صحرایی به تفکیک ۵ رخساره رسوبی مختلف (Evaporate, Siltstone, Litarrenite, Sublitarrenite, ) منجر گردید (شکل ۴). مجموع رخساره‌های سنگی و میکروسکوپی شناسایی شده بخش‌های ساحلی محیط رسوبی رمپ کربناته را برای این توالی‌ها پیشنهاد می‌نماید.

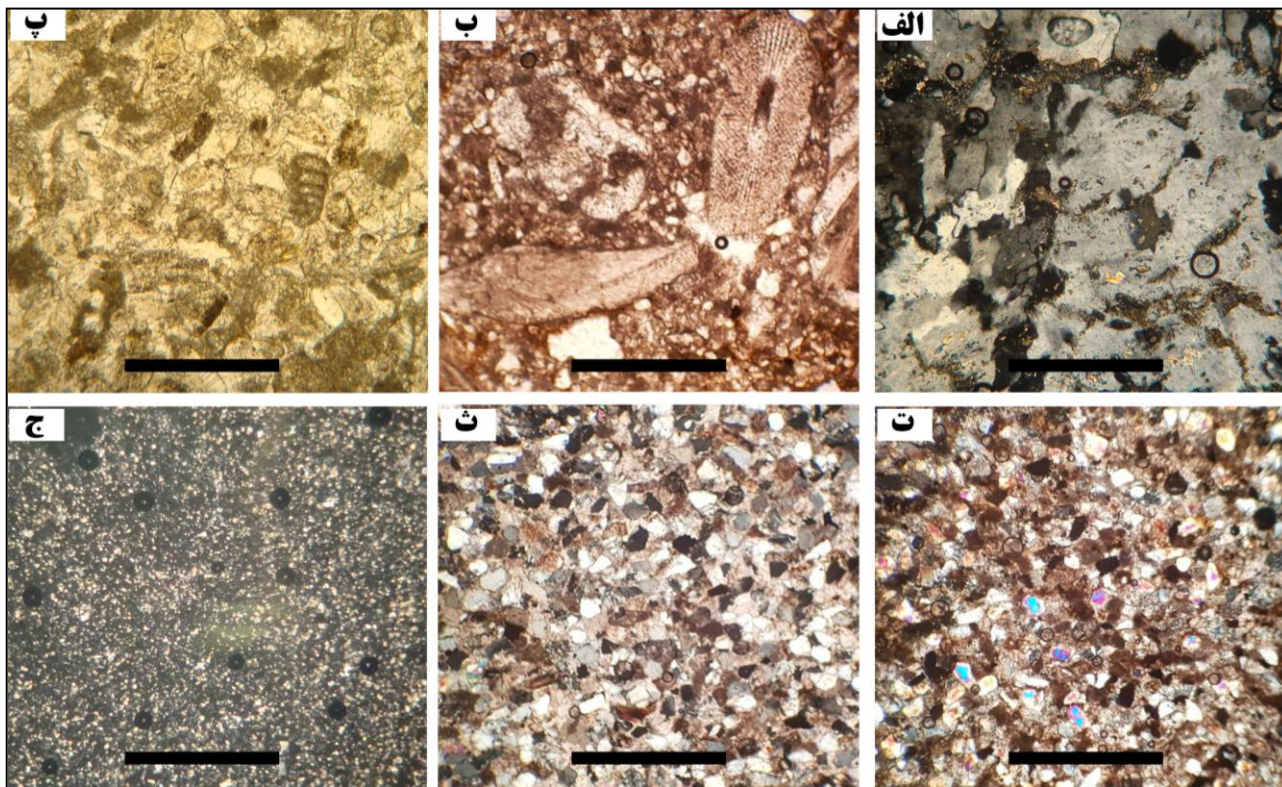
scale bar 20 um



شکل ۳: تابلو تصاویر فسیل‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه (KT شماره نمونه‌ها در ستون چینه شناسی هستند): ادامه توضیحات در بالای صفحه بعد آمده است. ←



→ A-D: Dinoflagellate: A-*Operculodinium centrocarpum* (KT36), B-*Spiniferites ramosus* (KT2), C-*Palaeopridinium cretaceum* (KT13), D-*Polykrikos schwartzii* (KT25), E-N: Spore: E-*Cyathidites australis* (KT2), F-*Cyathidites concavus* (KT2), G-*Dictyophyllidites mertonii* (KT9), H-*Indospora clara* (KT9), I-*Luminidites reticulatus* (KT52), J-*Retitriletes austroclavatidites* (KT62), K-*Retitriletes circolumenus* (KT36), L-*Cicatricosisporites hughesii* (KT36), M-*Cibotidites tuberculiformis* (KT52), N-*Clavifera rudis* (K25), O-U: Pollen: O-*Podocarpidites otagoensis* (KT13), P-*Alisporites similis* (KT9), Q-*Podocarpidites exiguus* (KT46), R-*Podocarpidites ellipticus* (KT52), S- *Assamiapollenites inanis* (KT53), T- *Tricolpites phillipsii* (KT36), U- *Cycadopites follicularis* (KT9), V-X: Foraminifera: V-*Elphidiella multiscissurata* (KT37), W-*Pseudolituonella reicheli* (KT49).



شکل ۴: رخساره‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه (مقیاس: 0.5 mm): الف) Evaporate (Sample No. K-T61)؛ ب- پ) Bioclast wackestone/packstone (Sample No. K-T61)؛ ج) Siltstone (Sample No. K-T66)؛ د) Litharenite (Sample No. K-T18)؛ ه) Sublitharenite (Sample No. K-T17)؛ ز) Litharenite (Sample No. K-T40).

بیانگر پایین بودن سطح آب دریا و نزدیک بودن حوضه رسوبی به خط ساحلی می‌باشد که می‌توان از این موضوع در تعیین نوسانات نسبی سطح آب دریا استفاده نمود. در مقابل فراوانی پالینومورف‌های دریایی مانند داینوسیست‌ها در زمان پایین بودن سطح آب دریا به طور نسبی به حداقل خود می‌رسد. از طرف دیگر فراوانی مواد آلی بی‌شکل نیز با نوسانات نسبی سطح آب دریا رابطه مستقیم دارد (de Handford & Loucks, Araujo Carvalho *et al.*, 2006; Tyson, 1993; 1993). مطالعات مختلفی بر روی فراوانی داینوسیست‌ها توسط دیرینه شناسان مختلف صورت گرفته

### مطالعات پالینولوژیکی و بررسی نوسانات نسبی سطح

#### آب دریا در برش مورد مطالعه

مواد آلی موجود در اسلایدهای پالینولوژیکی، به عنوان یک عامل مهم در بازسازی شرایط محیط رسوبی قدیمی به شمار می‌روند. نسبت فراوانی آن‌ها با نوسانات نسبی سطح آب دریا تغییر می‌کند. از این رو با استفاده از این موضوع می‌توان به بازسازی نوسانات نسبی سطح آب دریا در زمان رسوب گذاری توالی‌ها پرداخت (de Araujo Carvalho *et al.*, 2006). بالا بودن فراوانی پالینومورف‌های خشکی مانند اسپورها و پولن‌ها به همراه خرده‌های چوب در اسلایدها

است (برای مثال: Bujak & Tappan & Loeblich, 1970؛ Williams, 1979؛ MacRae *et al.*, 1996).

نتایج و نمودارهای به دست آمده (نمودار درصد فراوانی پالینومورف‌های دریایی (MP)، خرده‌های چوب (PH) و مواد آلی بی‌شکل (SOM) و نمودار نوسانات نسبی سطح آب دریا) که در مجاور ستون چینه‌شناسی ترسیم شده‌اند، انطباق بسیار خوبی را با نمودار جهانی نوسانات سطح آب دریا (Haq *et al.*, 1987) به نمایش می‌گذارد (Stover *et al.*, 1996). این موضوع نشان می‌دهد که همزمان با افزایش سطح آب دریا، به طور نسبی، فراوانی داینوسیست‌ها نیز افزایش می‌یابد. با توجه به این موضوع، علاوه بر شاخص‌های پالینوفاسیس، از نمودار فراوانی نسبی داینوسیست‌ها نیز می‌توان به عنوان شاخصی برای بازسازی نوسانات نسبی سطح آب دریا در زمان گذشته استفاده نمود. مطالعات آماری انجام شده بر روی فراوانی سه جزو اصلی یعنی خرده‌های گیاهی (Ph)<sup>۱</sup>، مواد آلی بی‌شکل (SOM)<sup>۲</sup> و پالینومورف‌های دریایی (MP)<sup>۳</sup> در ۹۰ اسلاید پالینولوژیکی در برش مورد مطالعه صورت گرفت (جدول ۱) و نتایج به دست آمده بر روی نمودار مجاور ستون چینه‌شناسی<sup>۴</sup> ترسیم گردید. بررسی شاخص‌های اصلی پالینوفاسیس در طول ستون چینه‌شناسی برش مورد مطالعه بیانگر روند کلی افزایش نسبی سطح آب دریا از کرتاسه پسین تا پالئوسن پیشین بوده به طوری که در مرز کرتاسه - پالئوسن ناگهانی سطح آب دریا دیده می‌شود. این کاهش محسوس در سطح آب دریا با تغییرات سنگ‌شناسی در ستون چینه‌نگاری این زمان کاملاً همخوانی دارد، به طوری که همزمان با کاهش نسبی سطح آب دریا، سنگ‌شناسی از سنگ آهک و سنگ آهک رسی به ماسه سنگ تبدیل می‌شود و در ادامه با

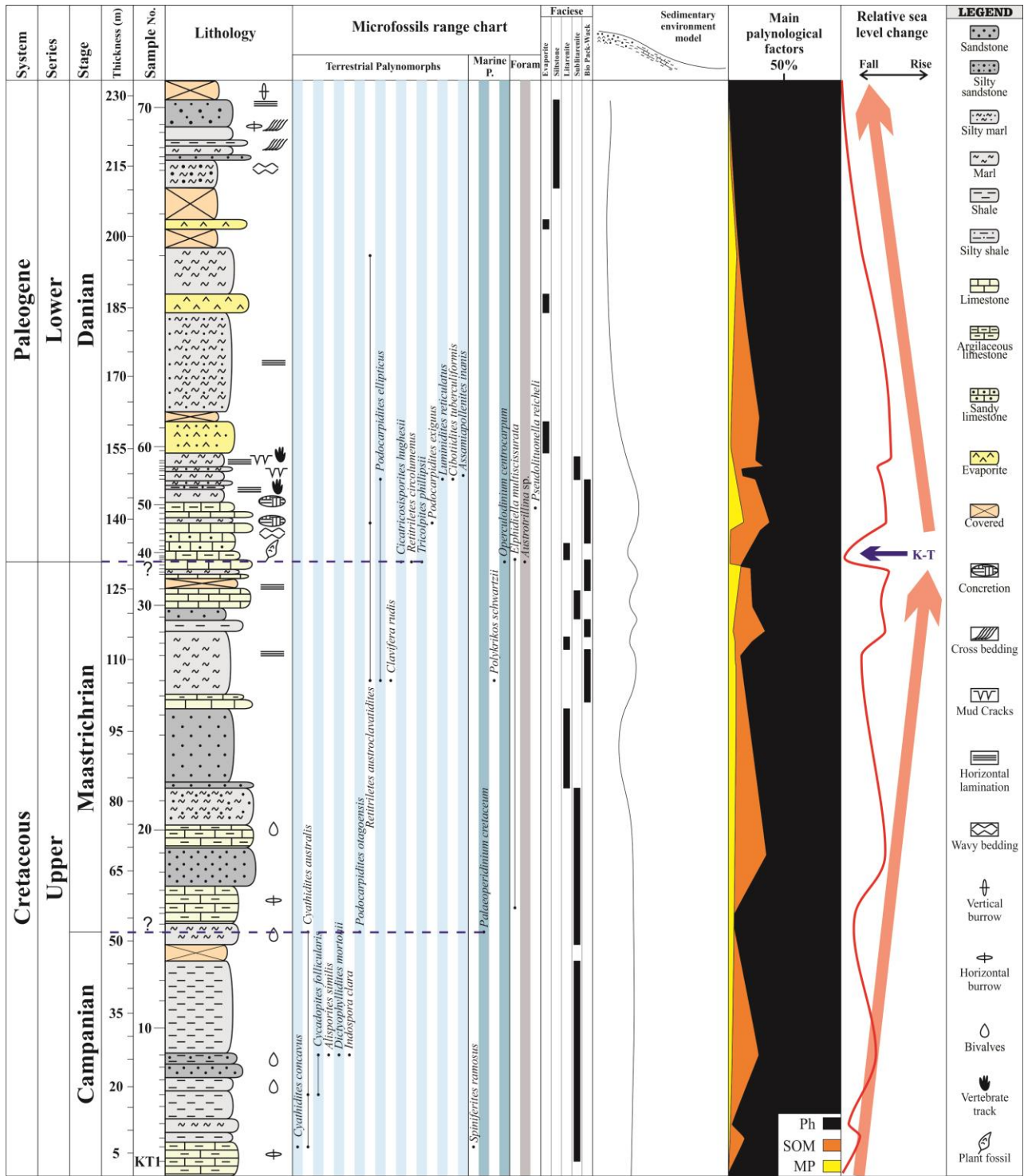
افزایش مجدد سطح آب در زمان پالئوسن، از ماسه سنگ به سنگ آهک و مارن تبدیل می‌شود (شکل ۵). تغییر سنگ‌شناسی از دانه ریز (مارن و سنگ آهک) به دانه درشت (ماسه سنگ) بیانگر افزایش انرژی محیط بوده که این موضوع می‌تواند ناشی از کاهش سطح آب دریا باشد. در واحد ماسه‌ای فراوانی داینوسیست‌ها به حداقل خود می‌رسد که بیانگر کاهش سطح آب دریا و نزدیک شدن محیط رسوبی به خط ساحلی می‌باشد. با مطالعه نمودارهای تغییرات جهانی سطح آب دریا و نمودار تغییرات فراوانی داینوسیست‌ها در مقیاس جهانی در مرز کرتاسه - پالئوسن مشاهده می‌شود که این کاهش ناگهانی در فراوانی داینوسیست‌ها و اُفت سطح آب دریا در برش مورد مطالعه در نمودارهای جهانی نوسانات سطح آب دریا (Haq *et al.*, 1987) نیز کاملاً مطابقت دارد (شکل ۶). وجود این تطابق بیانگر این موضوع است که حوضه رسوبی مورد مطالعه در زمان کرتاسه - پالئوسن تحت تأثیر تغییرات جهانی سطح آب دریا می‌باشد. این موضوع در نقشه جغرافیای دیرینه‌ای که توسط Berra & Angiolini (2014) ارائه شده است نیز صدق می‌کند. همان طور که در این شکل ۶ دیده می‌شود، حوضه رسوبی البرز که یک حوضه کم عمق تا عمیق در زمان کرتاسه - پالئوسن است از بخش جنوبی با آب‌های آزاد در ارتباط است. با ترسیم داده‌های به دست آمده حاصل از مطالعات آماری شاخص‌های پالینولوژیکی (جدول ۱) بر روی نمودار مثلثی Tyson (1993) (شکل ۷الف) و نیز بر روی نمودار سه‌تایی اسپور، پولن و میکروپلانکتون (Federova, 1977) (شکل ۷ب)، ترسیم شدند. بر اساس پراکندگی داده‌ها بر روی نمودارهای مذکور دو رخساره پالینولوژیکی I= Highly proximal dysoxic+anoxic basin و II= Marginal dysoxic+anoxic basin برای این توالی‌ها

1- Phytoclast

2- Structureless Organic Matter

3- Marine palynomorphus

4- Main palynological factors

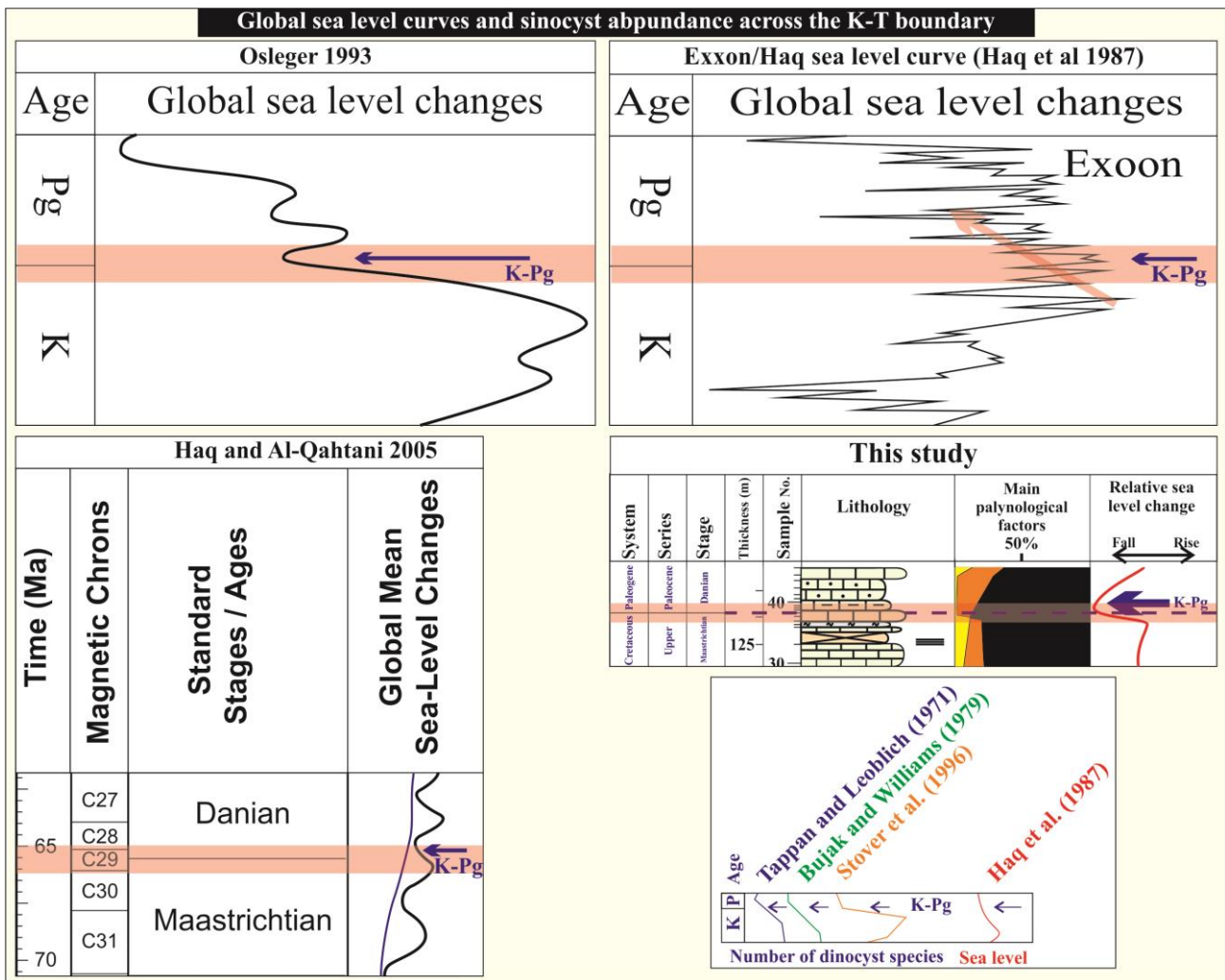


شکل ۵: ستون چینه شناسی، گسترش زمانی فسیل‌ها و نمودار فراوانی شاخص‌های اصلی پالینولوژی نوسانات نسبی سطح آب دریا در عبور از مرز کرتاسه - پالئوسن در برش مورد مطالعه

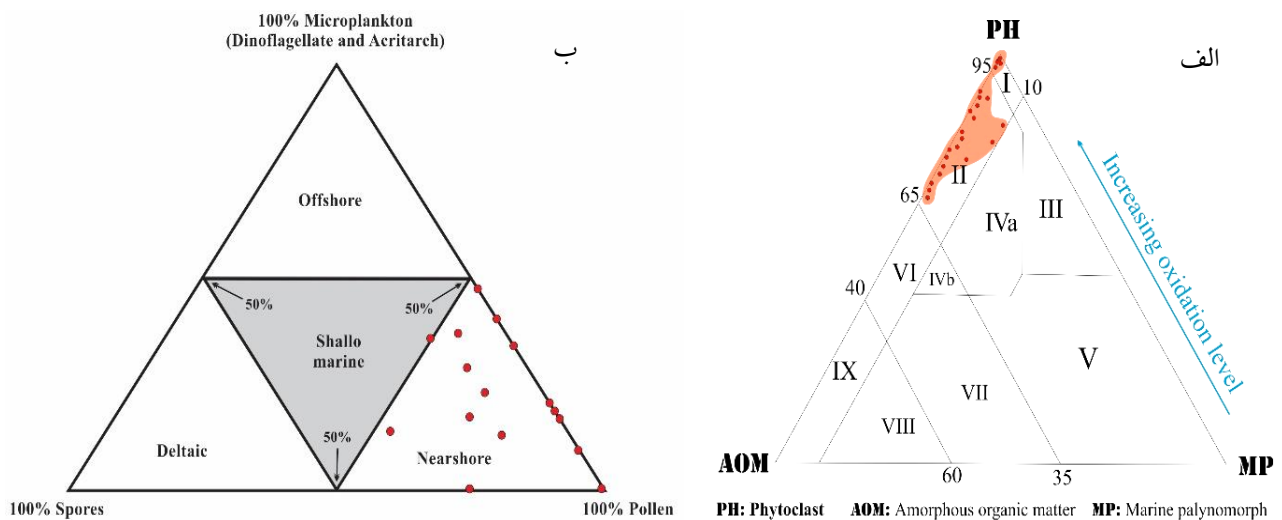
رسوبی و پالینولوژیکی، مدل رسوبی مورد نظر برای توالی‌های مورد مطالعه ترسیم شد (شکل ۸).

تعیین گردید. بر اساس این دو رخساره، محیط رسوبی نزدیک به ساحل و حاشیه‌ای برای این توالی‌ها مشخص گردید. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه رخساره‌های

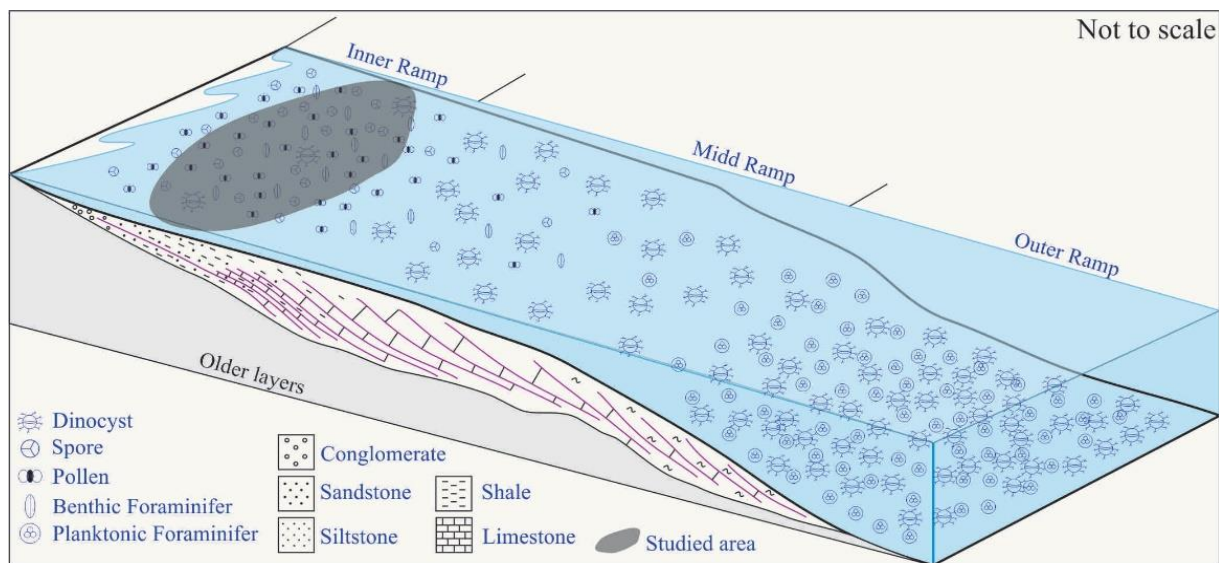




شکل ۶: انطباق نمودار نوسانات نسبی سطح آب دریا در برش مورد مطالعه با نمودار نوسانات جهانی سطح آب دریا و فراوانی داینوسیستها در مطالعات مختلف صورت گرفته شده در مرز کرتاسه - پالئوژن (Bujak & Williams, 1979; Haq et al., 1987; MacRae et al., 1996; Tappan & Loeblich Jr, 1970)



شکل ۷: الف) پراکنندگی داده‌های حاصل از مطالعات آماری بر روی نمودار مثلثی Tyson (1993)؛ ب) پراکنندگی داده‌ها بر روی نمودار سه تایی اسپور، پولن، میکروپلانکتون (Federoval 1977).



شکل ۸: مدل رسوبی پیشنهادی برای توالی‌های مورد مطالعه

جدول ۱: نتایج حاصل از مطالعات آماری بر روی شاخص‌های اصلی پالینوفاسیس و نتایج حاصل از مطالعات آماری بر روی سه عامل اسپور، پولن و میکروپلانکتون

Palynofacies parameters			Statistical analysis on spore, pollen and microplankton percent				
Sample Number	SOM %	Phytoclast %	Marin palynomorph %	Sample Number	Spore%	Pollen%	Microplankton%
K-T2	1.4	97.9	0.7	K-T2	0.0	81.8	18.2
K-T3	13.6	86.4	0.0	K-T3	25.0	75.0	0.0
K-T4	1.7	98.3	0.0	K-T4	0.0	100.0	0.0
K-T6	13.8	84.4	1.8	K-T6	0.0	53.3	46.7
K-T9	24.5	74.9	0.6	K-T9	33.3	53.3	13.3
K-T13	2.7	96.9	0.4	K-T13	16.7	66.7	16.7
K-T15	1.3	98.7	0.0	K-T15	0.0	0.0	0.0
K-T17	32.5	67.0	0.5	K-T17	0.0	60.0	40.0
K-T25	8.2	89.6	2.2	K-T25	11.1	66.7	22.2
K-T26	18.1	81.2	0.7	K-T26	0.0	60.0	40.0
K-T27	31.1	68.6	0.2	K-T27	0.0	66.7	33.3
K-T34	18.8	79.8	1.4	K-T34	0.0	66.7	33.3
K-T36	8.2	82.8	9.0	K-T36	11.5	60.3	28.2
K-T42	9.2	90.8	0.0	K-T42	0.0	100.0	0.0
K-T45	26.3	72.8	0.9	K-T45	0.0	66.7	33.3
K-T46	33.8	65.0	1.2	K-T46	0.0	90.9	9.1
K-T52	12.4	78.8	8.8	K-T52	9.4	54.7	35.9
K-T53	11.3	87.8	0.9	K-T53	0.0	60.0	40.0
K-T55	9.8	89.9	0.3	K-T55	0.0	83.3	16.7
K-T56	28.2	70.8	1.0	K-T56	0.0	80.0	20.0
K-T58	21.0	77.6	1.4	K-T58	12.5	75.0	12.5
K-T59	23.1	76.9	0.0	K-T59	0.0	100.0	0.0
K-T62	20.4	74.5	5.1	K-T62	15.0	50.0	35.0
K-T65	9.6	90.4	0.0	K-T65	0.0	100.0	0.0
K-T70	0.0	100.0	0.0	K-T70	0.0	100.0	0.0

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه، بر مبنای مطالعات فسیل‌شناسی و شناسایی گونه شاخص مرز کرتاسه - پالئوژن (*Tricolpites phillipsii*)، این مرز در متر ۱۳۳ متر از قاعده برش تعیین گردید. همچنین بر اساس حضور گونه داینوسست *Palaeopridinium cretaceum* و حضور گونه روزن‌دار *Elphidiella multiscissurata* در مجموع سن کامپاین تا پالئوسن پیشین برای این توالی‌ها در برش مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد. ترسیم نتایج حاصل از مطالعات آماری بر روی شاخص‌های پالینولوژی (MP, SOM, Ph) در کنار ستون چینه‌شناسی در برش مورد مطالعه نشان می‌دهد که در زمان کرتاسه پسین، افزایش نسبی سطح آب دریا رخ داده و در عبور از مرز کرتاسه - پالئوژن، افت ناگهانی سطح دریاهای آزاد به وقوع پیوسته است. این موضوع به خوبی با نمودار جهانی سطح آب و نمودارهای فراوانی نسبی

داینوسیست‌ها انطباق دارد. از این رو می‌توان گفت تغییرات سطح آب دریا در برش مورد مطالعه در عبور از مرز کرتاسه - پالئوژن متأثر از تغییرات جهانی سطح آب دریا در آن زمان بوده که نشان دهنده وجود ارتباط بین حوضه رسوبی البرز مرکزی با آب‌های آزاد اقیانوسی می‌باشد. لازم به ذکر است نتایج به دست آمده در این مطالعه بر مبنای مطالعات آماری پالینولوژی صورت گرفته و تأیید این نتایج مستلزم انجام مطالعات ایزوتوپی بر روی نمونه‌ها می‌باشد. علاوه بر این، نتایج حاصل از مطالعه رخساره‌های رسوبی و الگوی پراکنده‌گی داده‌های پالینولوژیکی بر روی نمودارهای مثالی پالینوفاسیس، محیط رسوبی نزدیک به ساحل در یک سیستم رمپ کربناته را برای این نهشته‌ها پیشنهاد می‌نماید.

## منابع

- بهرامی‌زاده سجادی، ح.، ۱۳۸۸. رخساره‌های زیستی میکروسکوپی حوضه رسوبی زاگرس پرمین - نئوژن. اداره مطالعات و تحقیقات زمین‌شناسی و ژئوشیمی، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران. ۶۲۲ ص.
- مهاجرسلطانی، ح.، شریعت‌زاده، م. ح.، ۱۳۹۳. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی سنگهای منشأ احتمالی در جنوب ساری - شمال ایران. ماهنامه علمی - ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۱۱۷: ۵۰ - ۴۵.
- Assereto, R., & Ippolito, I., 1964. Osservazioni preliminari sul Cretaceo della bassa valle del Lar (Elburz centrale-Iran). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 70: 525-534.
- Berra, F., & Angiolini, L., 2014. The evolution of the Tethys region throughout the Phanerozoic: A brief tectonic reconstruction. In: Marlow, L., Kendall, C., & Yose, L., (eds.), *Petroleum systems of the Tethyan region. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 106: 1-27.
- Bujak, J.P., & Williams, G.L., 1979. Dinoflagellate diversity through time. *Marine Micropaleontology*, 4: 1-12.
- de Araujo Carvalho, M., Mendonça Filho, J.G., & Menezes, T.R., 2006. Palynofacies and sequence stratigraphy of the Aptian-Albian of the Sergipe Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 192: 57-74.
- Erni, A., 1931. Decouverte du Bathonian fossilifere dans l'Elbourz. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 24 (2): 165-166.
- Federova, V.A., 1977. The significance of the combined use of microphytoplankton, spores, and pollen for differentiation of multi-facies sediments. In: Samoilova, S.R., & Timoshina, N.A., (eds.), *Questions of phytostратigraphy. Trudy Neftyanoi nauchno-issledovatel'skii geologo-razvedochnyi Institute (VNIGRI), Leningrad*, 398: 70-88.

- Handford, C.R., & Loucks, R.G., 1993. Carbonate Depositional Sequences and Systems Tracts-Responses of Carbonate Platforms to Relative Sea-Level Changes. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 57: 3-41.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., & Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic, *Science*, 235: 1156-1167.
- MacRae, R.A., Fensome, R.A., & Williams, G.L., 1996. Fossil dinoflagellate diversity, originations, and extinctions and their significance, *Canadian Journal of Botany*, 74: 1687-1694.
- Manoucheri, M., 1991. Geological map of Sari, scale 1:250000. *Geological survey of Iran*.
- Mirzaei-Ataabadi, M., & Abbassi, N., 2007. Affinities and implications of new Miocene mammal footprints from Iran. *Vertebrata Palasiatica*, 45: 128-136.
- Ocampo A., Vajda, V., Buffetaut, E., 2006. Unravelling the Cretaceous-Paleogene (KT) Turnover, Evidence from Flora, Fauna and Geology. In: Cockell, C., Gilmour, I., Koeberl, C., (eds.), Biological Processes Associated with Impact Events. Impact Studies. *Springer*, Berlin, Heidelberg, 197-219.
- Ogg, J.G., Ogg, G.M., & Gradstein, F.M., 2016. TS creator (Time scale creator), A Concise Geologic Time Scale, *Elsevier*, 240 p.
- Rezaeian, M., 2009. Coupled tectonics, erosion and climate in the Alborz Mountains, Iran. *Ph.D. thesis, University of Cambridge*, 219 p.
- 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., 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary, *Science*, 327: 1214-1218.
- Stehlin, H. A., 1931. una mandibula de giraffidae de tokoum (perse). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 24: 275-279.
- Stöcklin, J., 1974. Northern Iran, Alborz Mountains, *Geological Society, London, Special Publications*, 4: 213-234.
- Stover, L., Brinkhuis, H., Damassa, S., De Verteuil, L., Helby, R., Monteil, E., Partridge, A., Powell, A., Riding, J., & Smelror, M., 1996. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. In: Jonsonius, J., & Gregory, D.C., (eds.), Palynology: Principles and Applications. *American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Publishers Press*, Salt Lake City, 2: 641-750.
- Tappan, H., & Loeblich, A.R.Jr., 1970. Geobiologic implications of fossil phytoplankton evolution and time-space distribution, *Geological Society of America Special Papers*, 127: 247-340.
- Traverse, A., 2007. Paleopalynology. *Springer*, 813 p.
- Tyson, R.V., 1993. Palynofacies Analysis. In: Jenkins, D.G., (ed.), Applied Micropaleontology. *Kluwer Academic Publisher*, Dordrecht, 153-191.
- Vahdati Daneshmand, F., 2003. Geological Map of Pol-e-Sefid, scale 1:100000. *Geological Survey of Iran*.
- Vajda, V., & Raine, J.I., 2003. Pollen and spores in marine Cretaceous/Tertiary boundary sediments at mid-Waipara River, North Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 46: 255-273.
- Willumsen, P.S., & Vajda, V., 2010. A new early Paleocene dinoflagellate cyst species, *Trithyrodinium partridgei*, its biostratigraphic significance and palaeoecology. *Alcheringa*, 34: 523-538.



## Reconstruction of Sedimentary environment and sea-level fluctuations in the Cretaceous-Paleocene deposits, central Alborz, North of Iran

Rabbani, J.<sup>1\*</sup>, Abbasi, N.<sup>2</sup>, Emamgholi, R.<sup>3</sup>, Shariatzadeh, M.S.<sup>4</sup>

1- Assistant Professor, Geology Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2- Associate Professor, Geology Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3- M.Sc. Student, Geology Department, University of Zanjan, Zanjan, Iran

4- Head of Petrophysics Group, Khazar Exploration and Production Company, Behshahr, Iran

\*Email: rabbani@znu.ac.ir

### Introduction

Alborz Mountain (with East-West trend) in North of Iran and South of Caspian Sea has been created by the collision of central Iran and South Caspian plates (Stocklin, 1974). Upper Cretaceous strata in the Alborz area are consist of marine carbonates and marls that are different in western and eastern regions. Tertiary conglomerates and sandstones strata disconformably overlies those. In the Northern Alborz, Cretaceous carbonate strata are continuously overlain by shallow marine lower Paleocene layers (Rezaeian, 2009). Cretaceous-Paleocene strata in the north flank of central Alborz are consist of 235 meters of carbonate, siltstone, sandstone, and evaporitic layers. For reconstruction of the sedimentary environment in this strata, one stratigraphic outcrop in the south of Sari city has been sampled and studied. In this study, benthic foraminifera, palynomorphs, and palynofacies have been examined.

### Materials and Methods

Seventy rock samples have been processed using the standard palynological processing method (Traverse, 2007). In this method, carbonate and siliciclastic matters have been removed by HCL and HF (37%), then the residual matter has been sieved and centrifuged (using ZnCl<sub>2</sub>), and finally, palynological slides have been prepared. Also, seventy thin sections in order to the identification of benthic foraminifera have been prepared. Finally, all data have been plotted on diagrams using Corel Draw, Triplot, Adobe illustrator, and Excel software.

### Discussion

The studied section from base to top is consists of carbonate strata with siliciclastic intercalation layers, marl, argillaceous limestone, shale, and evaporate. To the identification of relative age and Cretaceous-Paleocene boundary in the studied section, fossils content of samples have been studied. Four species of dinoflagellates, ten species of spores, seven species of pollens, and two species of foraminifers have been identified. Based on stratigraphic distribution of *Tricolpites phillipsii* (Ocampo *et al.*, 2006; Schulte *et al.*, 2010; Vajda and Raine, 2003; Willumsen and Vajda, 2010), *Palaeopridinium cretaceum* (Ogg *et al.*, 2016) and *Elphidiella multiscissurata*, Campanian-early Paleocene age can be proposed for these strata. K-Pg boundary is identified in the sample (K-T 36) based on the first appearance of *Tricolpites Phillipsii* index species. Thin section studies lead to the identification of five sedimentary facies (evaporite, siltstone, litarenite, sublarenite, and bioclast packstone/wackstone) in the studied samples that proposed shallow marine carbonate ramp as a sedimentary environment for these layers. Organic matter in palynological slides can be used as a paleontological factor to reconstruct the paleoecology and sea-level changes in the past (de Araujo Carvalho *et al.*, 2006). High abundance of terrestrial palynomorphs (spore and pollens) and plants particles (phytoclads) and low abundance of marine palynomorphs (dinoflagellate, acritarch, chitinozoans, ...) and structureless organic matter (SOM) can prove landward environments and relative sea-level fall event and vice versa (de Araujo Carvalho *et al.*, 2006; Handford and Loucks, 1993; Tyson, 1993). Palynological studies in this section show a relative sea-level rise trend from the base of the section to the middle parts, then a relative sea-level fall trend from the middle parts towards the end of the section. Moreover, there is a relative sea-level fall event across the K-T boundary the can be correlated with the global sea-level diagram (eustasy). Based on this fact, we can say that the Cretaceous-Paleocene basin in this area was connected to the open oceans.

## Conclusion

Cretaceous-Paleocene strata in the South of Sari (Northern Iran) are composed of carbonate, evaporate, and siliciclastic sedimentary rocks. In this study, based on paleontological investigations and the appearance of *Tricolpites phillipsii* (index species of Paleocene age), Cretaceous-Paleocene boundary has been identified in K-T36 sample (133 meters from the base of section). Stratigraphical distribution of index fossils proposed a Campanian-early Paleocene age for the studied strata. Facies studies lead to suggest a shallow carbonate ramp as a sedimentary environment for these strata. Statistical analysis on palynological factors shows a deepening upward trend from the base of the section to the middle parts. Then there is a shallowing upward trend from the middle parts towards the end of the section. Moreover, one significant shallowing event can be detected across the K-T boundary that can be correlated with global sea-level fluctuations that show us the connection between this basins to the open oceans.

## Acknowledgment

This study has been supported by the University of Zanjan and Khazar Exploration and Production Company.

**Keywords:** Sedimentary environment; sea-level fluctuation; Cretaceous-Paleogene; Alborz.

## References

- de Araujo Carvalho, M., Mendonça Filho, J.G., & Menezes, T.R., 2006. Palynofacies and sequence stratigraphy of the Aptian–Albian of the Sergipe Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 192: 57-74.
- Handford, C.R., & Loucks, R.G., 1993. Carbonate Depositional Sequences and Systems Tracts-Responses of Carbonate Platforms to Relative Sea-Level Changes. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 57: 3-41.
- Ocampo A., Vajda, V., Buffetaut, E., 2006. Unravelling the Cretaceous-Paleogene (K-T) Turnover, Evidence from Flora, Fauna and Geology. In: Cockell, C., Gilmour, I., Koeberl, C., (eds.), Biological Processes Associated with Impact Events. Impact Studies. Springer, Berlin, Heidelberg, 197-219.
- Ogg, J.G., Ogg, G.M., & Gradstein, F.M., 2016. TS creator (Time scale creator), A Concise Geologic Time Scale, Elsevier, 240 p.
- Rezaeian, M., 2009. Coupled tectonics, erosion and climate in the Alborz Mountains, Iran. *Ph.D. thesis, University of Cambridge*, 219 p.
- 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., 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary, *Science*, 327: 1214-1218.
- Stöcklin, J., 1974. Northern Iran, Alborz Mountains, *Geological Society, London, Special Publications*, 4: 213-234.
- Traverse, A., 2007. Paleopalynology. Springer, 813 p.
- Tyson, R.V., 1993. Palynofacies Analysis. In: Jenkins, D.G., (ed.), Applied Micropaleontology. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 153–191.
- Vajda, V., & Raine, J.I., 2003. Pollen and spores in marine Cretaceous/Tertiary boundary sediments at mid-Waipara River, North Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 46: 255-273.
- Willumsen, P.S., & Vajda, V., 2010. A new early Paleocene dinoflagellate cyst species, *Trithyrodinium partridgei*, its biostratigraphic significance and palaeoecology. *Alcheringa*, 34: 523-538.