

زیست چینه نگاری نهشته‌های سازند کتکویه در برش گزوه‌ی، شمال غرب کرمان (جنوب شرق زرنند) براساس فونای کنودونتی

فرزاد پورصالحی^۱، علی بهرامی^{۲*}، حامد عامری^۳، گوستاو گابریل ولدمان^۴

۱- دکتری چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار چینه شناسی و فسیل شناسی، عضو هیات علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان،

۴- دانشیار چینه شناسی و فسیل شناسی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات علوم زمین، دانشگاه ملی کوردوبا، آرژانتین

*a.bahrami@sci.ui.ac.ir

دریافت مهر ۱۴۰۲، پذیرش آبان ۱۴۰۲

چکیده

توالی‌های رسوبی دریایی اردوئین ایران در بلوک‌های ساختاری متفاوتی در امتداد حاشیه شمالی گندوانا قرار دارند. در شمال حوضه کرمان، توالی‌های رسوبی اردوئین به نام سازند کتکویه معرفی گردیده اند که مشتمل بر ۷۰ تا ۳۰۰ متر از سنگ‌های سیلیسی آواری، یک یا دو افق نازک کربناته دربخش بالایی و نهشته‌های آذرآواری می‌باشند. به طور سنتی مرز کامبرین-اردوئین در حوضه کرمان بین عضو دولومیت هتکن از سازند کوهبنان (فورونگین پسین) و عضو شیل پایینی سازند کتکویه تعیین شده است. با این وجود، تعیین جایگاه مرز ترمادوسین پیشین به دلیل اینکه هیچ فسیل شاخصی به طور مستند از این فاصله‌ی زمانی گزارش نگردیده نامشخص می‌باشد. به منظور زیست چینه نگاری سازند کتکویه در حوضه کرمان، برش گزویه با ضخامت تقریبی حدود ۱۷۰ متر انتخاب گردید. نهشته‌های این برش شامل شیل‌های سیلتی، دیاباز، پیلولاوا، توف‌های بازالتی، ماسه سنگ قرمز، مارن، افق سنگ آهک نازک لایه و سنگ آهک ماسه‌ای می‌باشد. سازند کتکویه در این برش بر روی عضو دولومیت هتکن و در زیر ماسه سنگ‌های سازند شبجره به سن سیلورین قرار گرفته است. در برش گزویه به دلیل عملکرد دایک‌های بازالتی و تکتونیک شدید منطقه، لایه‌های سنگ آهک حاوی فسیل به شدت آلتزه شده‌اند که طی سه مرحله برداشت نمونه، در نهایت ۳۲۰ کنودونت از افق کربناته بخش بالایی این سازند بازیابی شد و ۳ جنس و ۷ گونه شناسایی گردید و بر این اساس سه گستره کنودونتی ثبت شد:

۱) *Icriodella superba* Range Zone (کاتین - ؟ هیرنانتین؛ اردوئین پسین)، ۲) *Amorphognathus ordovicicus* Range Zone (کاتین - اردوئین پسین)، ۳) *Amorphognathus superbus* Range Zone (کاتین - ؟ هیرنانتین؛ اردوئین پسین). سن اردوئین پسین در سازند کتکویه در برش گزویه حداقل با سه گونه از جنس کنودونت *Icriodella* (*I. cf. discrete*, *I. deflecta*, *I. superba*) و دو گونه از جنس *Amorphognathus* (*A. ordovicicus*, *A. superbus*) مشخص و منجر به شناسایی آشکوب‌های *Katian-?Hirnantian* گردید.

کلید واژه‌ها: اردوئین، سازند کتکویه، حوضه‌ی شمال غرب کرمان، برش گزویه، کنودونت.

۱- مقدمه

هم زمان و پس از فاز کوهزایی کاتانگایی، پوسته‌ی قاره‌ای ایران دچار چین خوردگی و شکستگی‌های عمیق شد و به تدریج سیستم هورست و گرابن بر آن حکمفرما گردید و این امر باعث تفاوت رخساره‌های رسوبی در نهشته‌های پالئوزوئیک در بلوک‌های ساختاری متفاوت گردید. شواهد این امر وجود ماگماتیسم شکافی آلکالن در آذربایجان (قره‌داش)، کاشمر (تکنار)، بافق (اسفوردی)، جزیره هرمز و کرمان (سری ریزو و دزو) و محمدآباد گرگان (ایگنبریت) است که همراه این فعالیت آتشفشانی، توده‌های نفوذی آلکالن (گرانیت دوران، موته، زیرگان و نریگان) در پوسته‌ی قاره‌ای تزریق شده‌اند. در طی پالئوزوئیک نیز این وضع ادامه داشته است و در کامبرین ناحیه‌ی جام توده‌های بازیک، در کامبرین آوج دیاباز، در اردوئیسین ماکو فوران آتشفشانی داسیت و آندزیت، در سیلورین نیور (گدازه‌های ملافیری و بازالتی) گزارش شده‌اند. وجود گدازه‌های ملافیری و بازالتی در قاعده سازند جبرود و خوش ییلاق نیز ناشی از این حرکات کششی بوده است [۴۴].

این واحدهای زمین شناختی توسط بسیاری از محققان جزو بقایای اقیانوس تئیس کهن به شمار آمده است که در پالئوزوئیک پیشین (اردوئیسین - سیلورین) اولین نشانه‌های زایشی آن در نواحی چون پامیر، شمال خاوری ایران و قفقاز نیز معرفی شده است [۴۸ و ۴۹ و ۸ و ۲۰ و ۱۲ و ۱ و ۵۲].

توالی نهشته‌های رسوبی اردوئیسین در ایران در چند واحد ساختاری بیرون زدگی دارد. از این رسوبات می‌توان به بلوک سیمیرین (البرز و ایران مرکزی) و زاگرس اشاره نمود. بر این اساس نهشته‌های اردوئیسین ایران در ناحیه کرمان (هوکریده و همکاران^۱، ۱۹۶۲) و منطقه‌ی شیرگشت (بلوک طبس، روتنرو همکاران^۲، ۱۹۶۸) و البرز (گانسر و هوبر^۳، ۱۹۶۲ و آسرتو^۴، ۱۹۶۶) مطالعه گردیدند.

همچنین در کوه‌های درنجال (ایران مرکزی، بلوک طبس، منطقه شیرگشت)، تریلوبیت‌ها، اکتینودرم‌ها و استراکدهای آن مورد مطالعه قرار گرفته است [۲۷ و ۳۸ و ۱۶].

در برش‌های بنستان و شبجره (شمال غرب کرمان) نیز آکریتارک‌ها، کنودونت‌ها و تریلوبیت‌های اردوئیسین گزارش و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۱۶ و ۵۶ و ۴۶].

در حوضه البرز شرقی، برش‌های علم‌کوه در البرز مرکزی و سیمه‌کوه (منطقه دامغان) نیز تریلوبیت‌ها و اکتینودرم‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۱۶ و ۳۸].

آب و هوای گرم و با عرض جغرافیایی کم در دوره پالئوزوئیک پیشین ایران با بسترهای قرمز رنگ، تبخیری‌ها، ترک‌های گلی، شبه شکل‌های نمکی و گچی، کالیچه و استروماتولیت‌ها به درجات مختلف در سراسر توالی کامبرین - سیلورین دیده می‌شود که در تضاد با نهشته‌های یخبندان در لایه‌های اردوئیسین - سیلورین پسین شبه جزیره عربستان است [۳۰].

¹ Huckriede et al

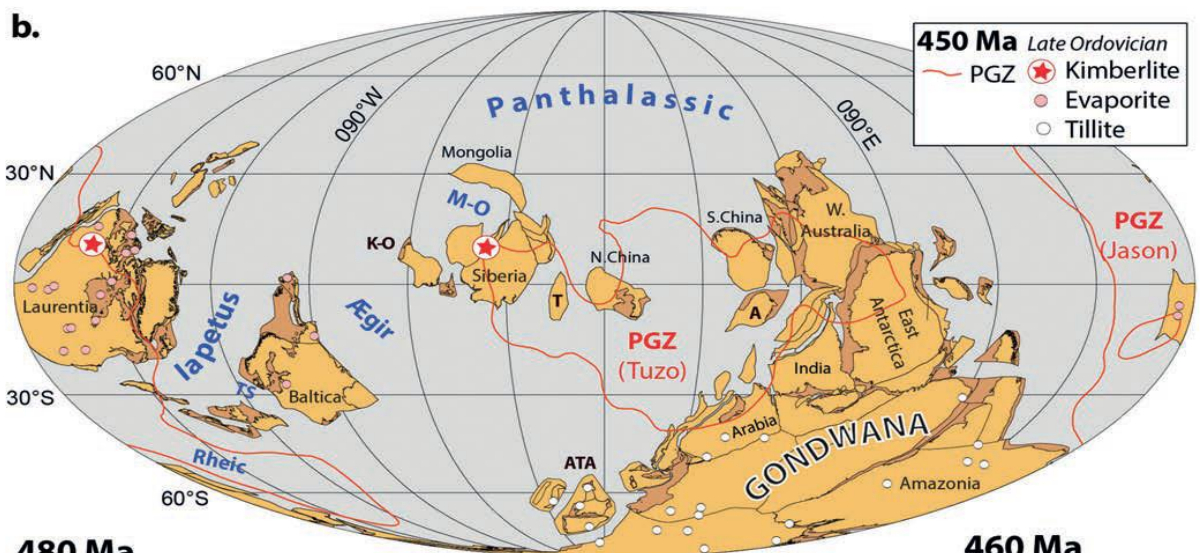
² Ruttner et al.

³ Gansser & Huber

⁴ Assereto

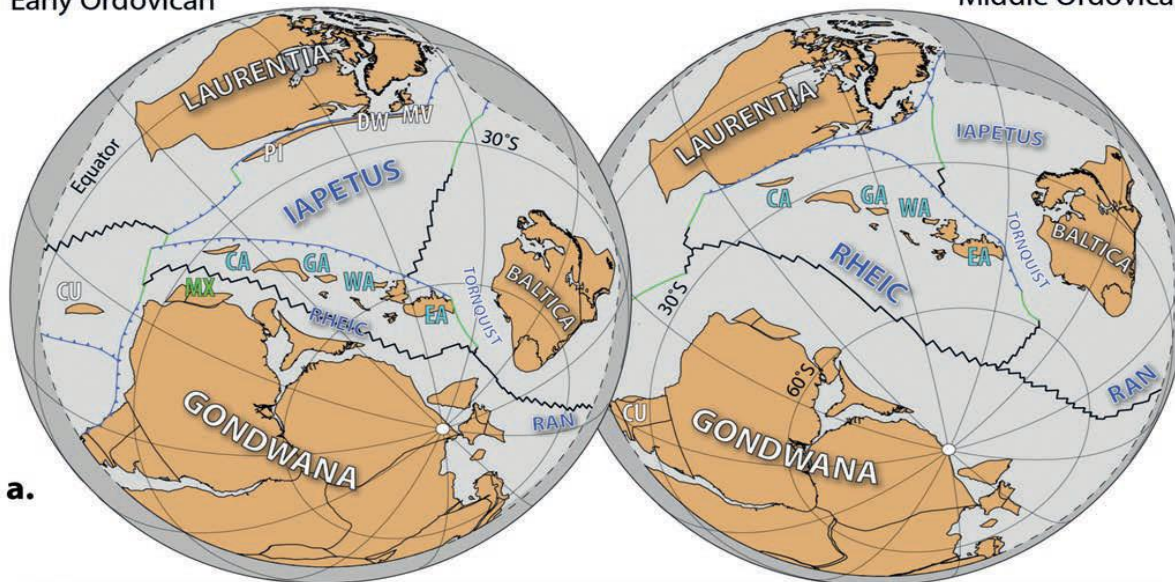
۲- اردوئیسین در جهان

اردوئیسین به خاطر تعدد فعالیت‌های تکتونیکی و آتشفشانی که در بسیاری از مناطق رخ داده، همچنین به دلیل وجود اقیانوس‌های گسترده که بسیاری از قاره‌های اصلی را از هم جدا کرده و باعث ایجاد ایالت‌های جانوری متمایز از جانوران بتونیک دریایی در شلف‌های قاره‌ای گردیده مورد توجه قرار گرفته است [۱۹].



480 Ma
Early Ordovician

460 Ma
Middle Ordovician



CA (Carolinia) CH (Clew Bay—Highland Border complexes) CU (Cuyania) DW (Dashwoods microcontinent)
EA (East Avalonia) GA (Ganderia) MV (Midland Valley—South Mayo terrane) MX (Mixteca—Oaxaca)
PI (Eastern Piedmont) WA (West Avalonia)

شکل ۱: بازسازی دیرینه جغرافیایی اردوئیسین پیشین (۴۸۰ میلیون سال پیش: ترمادوسین) و اردوئیسین میانی (۴۶۰ میلیون سال پیش: داریوبلین).

زیست چینه نگاری نهشته‌های سازند کتکویه در برش گزویی، شمال غرب کرمان (جنوب شرق زرنند) ...

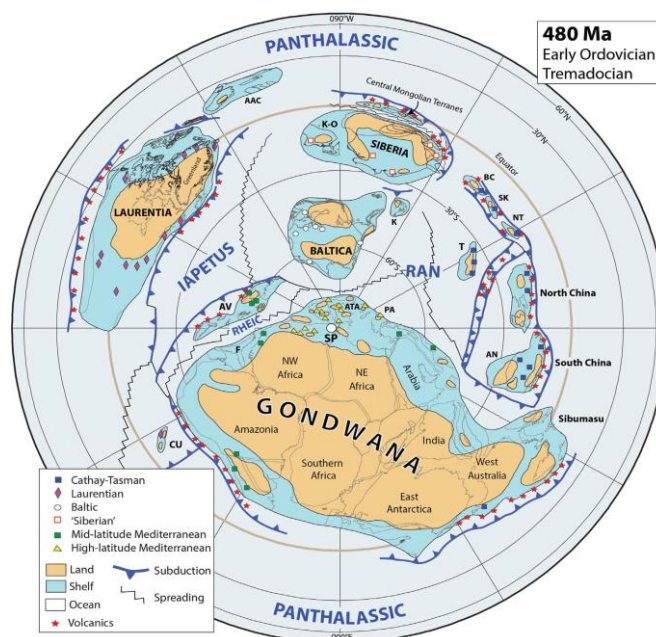
در زمان اردویسین متنوع‌ترین آب و هوا و تغییرات سطح آب دریا را در کل فانروزوئیک می‌توان مشاهده کرد. در آغاز اردویسین، زمین بسیار گرم بود و دمای سطح دریاهای گرمسیری در حدود ۴۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر بوده است، و سطح آب دریاها به قدری بالا بود که تنها در اواسط کرتاسه از آن زمان بیشتر شده است. در انتهای اردویسین در ۴۴۴ میلیون سال پیش، یکی از سه دوره یخبندان شناخته شده در نیم میلیارد سال اخیر رخ داد و این یخبندان هیرنانتین کمتر از یک میلیون سال به طول انجامیده است. احتمال می‌رود که یخبندان هیرنانتین در زمانی در نیمه دوم کاتین پیشین در چند مکان (مانند برزیل) آغاز شده و تا سیلورین پیشین ادامه داشته است [۱۹].

در اردویسین، اقیانوس پانتالاسیک همچنان بر بیش از نیمی از کره زمین تسلط داشت و اقیانوس ایپتوس بین لاورنتیا، از یک طرف، و بالتیکا و گندوانا از سوی دیگر که تا نزدیک به انتهای کامبرین به حداکثر عرض خود رسیده بود، به تدریج در سراسر اردویسین بسته شد. همچنین در نزدیکی مرز کامبرین - اردویسین (در حدود ۴۹۰ میلیون سال پیش) شکاف اولیه و متعاقب آن باز شدن اقیانوس ریبیک^۵ بین سرزمین‌های گندوانا و آوالونیا رخ داد. در اردویسین میانی، اقیانوس ریبیک با اندازه ایپتوس قابل مقایسه بود و با اقیانوس RAN در شرق آن ادغام شده بود و این بزرگ شدن تا سیلورین ادامه یافت [۳۰ و ۱۸].

اقیانوس ایپتوس، که عمدتاً بین قاره‌های لاورنتیا، بالتیکا، و گندوانا قرار داشت (شکل-۱)، در ابتدای اردویسین در ۴۸۷ میلیون سال پیش، بیش از ۴۰۰۰ کیلومتر عرض داشت. اقیانوس به سمت شمال بر فراز استوا بین شمال شرقی لاورنتیا و سیبری امتداد داشت و در شمال با پانتالاسیک متحد شد. در پایان اردویسین در ۴۴۴ میلیون سال پیش، منطقه مرکزی ایپتوس بین آوالونیا و لاورنتیا به حدود ۱۲۰۰ کیلومتر در سراسر بخش بریتانیا در شرق آوالونیا و حدود ۵۰۰ کیلومتر بین گاندوریا و لاورنتیا در غرب آوالونیا محدود شد. در مقابل، اقیانوس ریبیک در کامبرین پسین، زمانی که بازشدگی شروع به جدا کردن ریز قاره تازه مستقل آوالونیا از توده اصلی گندوانا در حدود ۴۹۰ میلیون سال پیش (ترمادوسین پسین) کرد، به وجود آمد [۱۸]. اما در انتهای اردویسین، ریبیک به بیش از ۳۵۰۰ کیلومتر بین بخش گندوانا و لاورنتیا در آمریکای جنوبی و بین بخش شمال غربی آفریقای گندوانا و آوالونیا به حدود ۶۰۰۰ کیلومتر گسترش یافته بود. گسترش مداوم ریبیک در افزایش نابرابری فونای جانورانی شلف‌ها در لبه‌های مربوطه در زمان اردویسین تاثیر گذار شد.

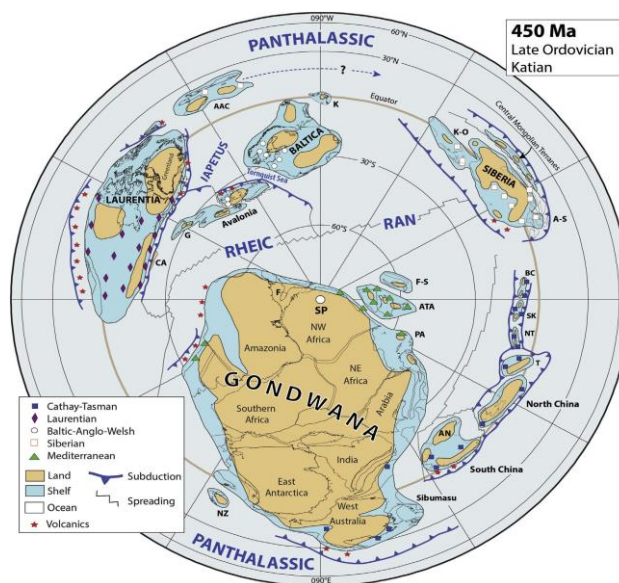
لاورنتیا قاره‌ای بزرگ بود که بیشتر ایالات متحده آمریکا، کانادا، گرینلند، بیشتر مکزیک، اسکاتلند و بخشی از ایرلند را در بر می‌گرفت که بخش بالایی از کراتون آن در بیشتر دوره پالئوزوئیک پیشین توسط دریاهای کم عمق پوشیده شد. موقعیت استوایی آن به اندازه کافی گرم بوده که میزبان بسیاری از رسوبات کربناته و بیوهرم‌ها باشد. به دلیل حاشیه‌های غیرفعالی که آن را از همه طرف احاطه کرده بود، بالتیکا در طول کل اردویسین دچار تکتونیسیم کمی شد و حاوی نهشته‌های کربناته‌های زیادی گردید [۳۳]. (شکل‌های ۱ و ۲).

⁵ Rheic

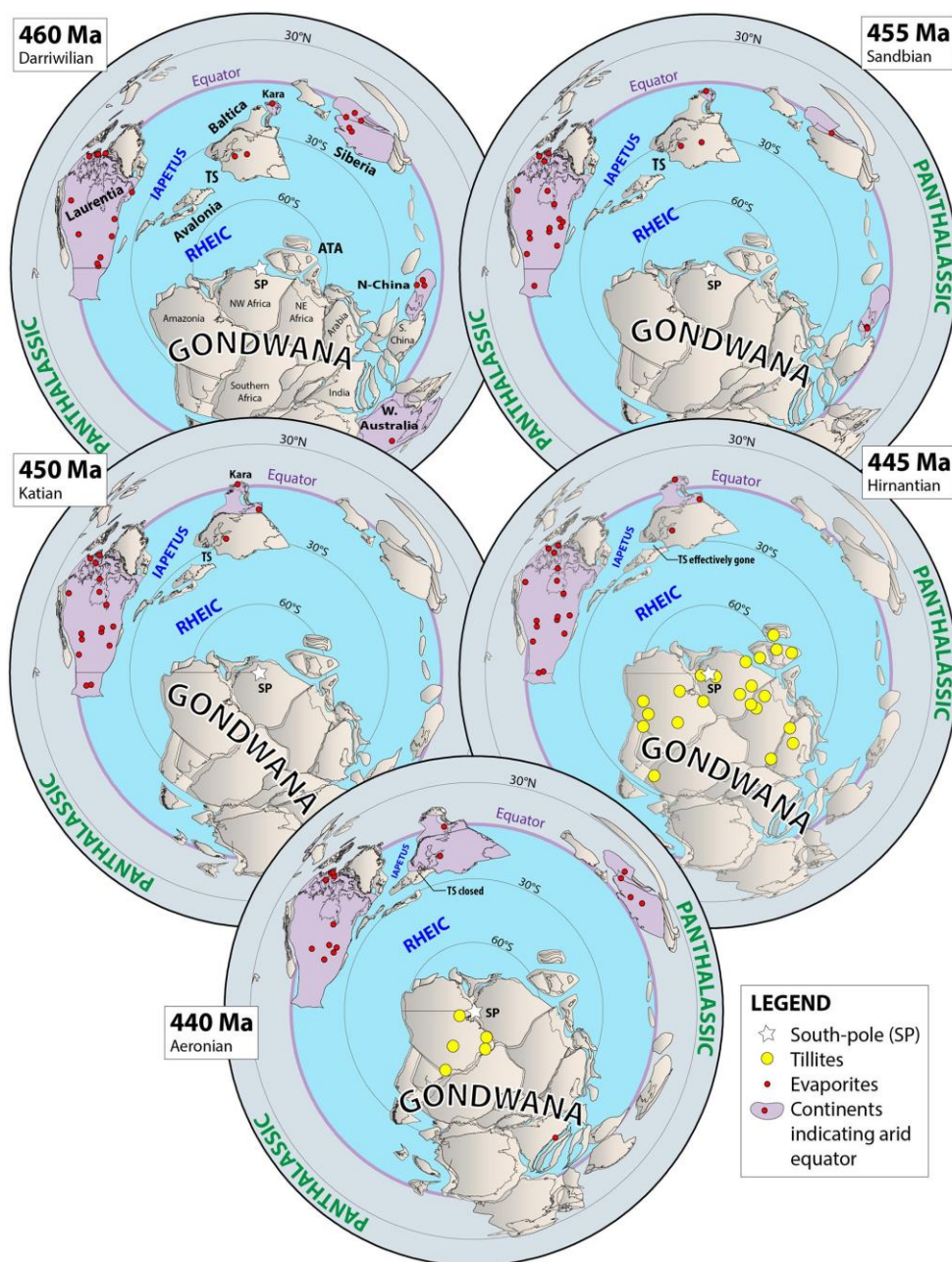


شکل ۲: سرزمین‌ها و اقیانوس‌های اردوئیسین (تremادوسین پسین) در حدود ۴۸۰ میلیون سال پیش

همانطور که در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، اقیانوس پانتالاسیک تقریباً نیمی از کره زمین را پوشانده و عمدتاً در نیمکره شمالی قرار داشته است. از غرب به شرق، حاشیه‌های آن از غرب لارنتیا و ریز قاره چوکوتکا در نزدیکی قطب شمال-آلاسکا تشکیل شده است. سبیری و مناطق مجاور مرکزی سرزمین‌های مغولستان که توسط اقیانوس نسبتاً کوچک مغولی اوخوتسک از هم جدا شدند [۹].



شکل ۳: زمین‌ها و اقیانوس‌های اردوئیسین (کاتین) پسین در حدود ۴۵۰ میلیون سال پیش

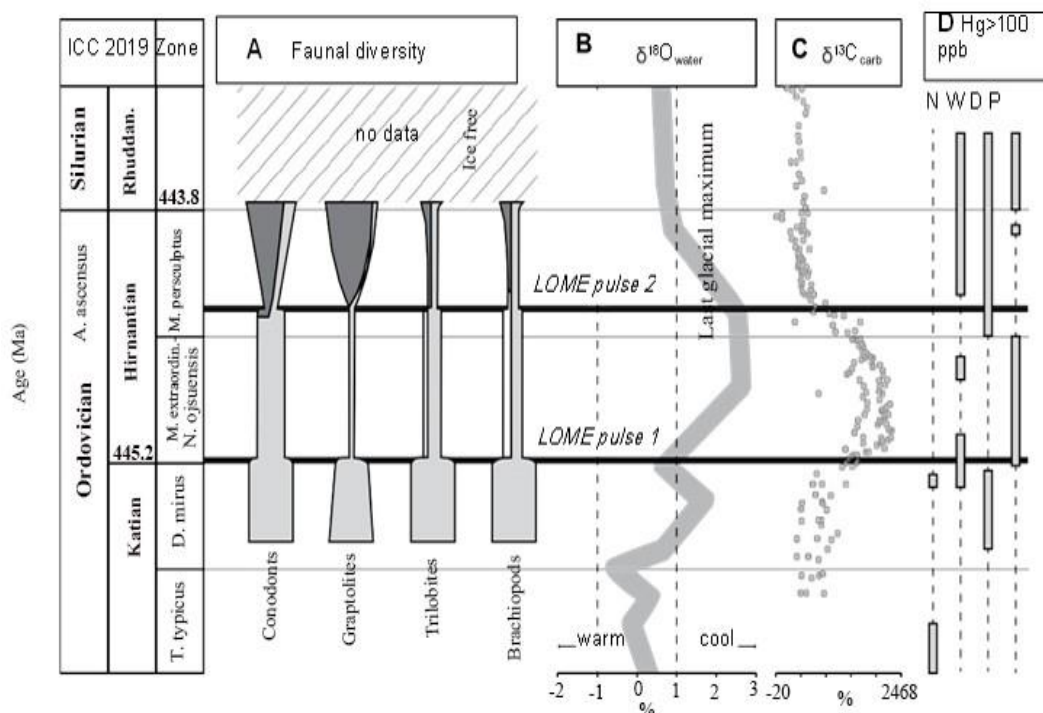


شکل ۴: نقشه‌های دیرینه جغرافیایی با مساحت مساوی جهانی در زمان‌های انتخابی اردوئین و سیلورین اولیه که مکان‌های نهشته‌های یخچالی و توزیع تبخیرها را نشان می‌دهد (شامل داده‌های به دست آمده از Boucot et al. 2013; Torsvik and Cocks, 2017). تبخیری‌ها تقریباً همه در عرض‌های جغرافیایی زیر ۳۰ درجه در جنوب و شمال استوا قرار داشتند و نشان می‌دهد که آن منطقه تا حد زیادی خشک بود. اقیانوس پانتالاسیک بیشتر نیمکره شمالی را پوشانده است. ATA، مجمع Armorican Terrane در جنوب اروپا؛ SP، قطب جنوب؛ TS، دریای تورنکوئیس (Cocks et al, 2020).

فرزاد پورصالحی، علی بهرامی، حامد عامری، گوستاو گابریل ولدمان

اردوئیسین شاهد تنوع عمده در حیات دریایی بود که به طور ناگهانی با انقراض دسته جمعی اردوئیسین پسین پایان یافت. فونای اردوئیسین تنوع عمده‌ای را در اقیانوس‌ها تجربه کرد [۵۰] که ناگهان با اولین انقراض از "پنج انقراض بزرگ" - انقراض دسته جمعی اواخر اردوئیسین (LOME) - پایان یافت.

دو پالس متوالی انقراضی (شکل-۵) ۸۵ درصد از گونه‌های دریایی را در طول دومین بحران شدید فانروزوئیک از نظر اکولوژیکی از بین بردند [۵ و ۳۴].



شکل-۵: ویژگی‌های جهانی انقراض جمعی اردوئیسین پسین (LOME). (الف) تنوع جانوران (Brenchley et al., 2001) از جمله موجودات زنده پیش از انقراض (خاکستری روشن)، ظهور پس از پالس LOME1 (سفید)، و ظهور پس از LOME2 (خاکستری تیره). پهنا نشان دهنده کیفی تغییرات تنوع درون گروهی است. (ب) منحنی $\delta^{18}O$ (Finnegan et al. 2011). اولین پالس LOME در پایان فاز گرم شدن رخ می‌دهد (C). سوابق $\delta^{13}C$ کربناته از (Kump et al. 1999; LaPorte et al. 2009) که نشان دهنده اختلال در چرخه کربن مرتبط با هر دو پالس LOME است. (د) محدوده ناهنجاری‌های جیوه ۱۰۰ ppb از نوادا (ایالات متحده آمریکا) (N)، جنوب چین (W-Wangji-awan)؛ (D-Dingjiapo) و لهستان (Gong et al. 2017)؛ (P)؛ Jones et al. 2017؛ Smolark-Lach et al. 2019

اولین پالس در هیرنانتین پیشین بر موجودات نکتون و پلانکتون تأثیر می‌گذارد و با سرد شدن در آغاز یخبندان گندوانا مرتبط است [۱۵]. یک میلیون سال بعد، دومین پالس در انتهای ترین بخش هیرنانتین با گرم شدن، افزایش سطح آب دریا و بی‌اکسیژنی همراه بود [۴۵]. افزایش ناگهانی جیوه (Hg) در نوادا (ایالات متحده آمریکا)، جنوب چین و لهستان، یک ایالت آذرین بزرگ ناشناخته (LIP) را در بحران دخیل می‌داند.

۳- مواد و روش‌ها

زیست چینه نگاری نهشته‌های سازند کتکویه در برش گزویی، شمال غرب کرمان (جنوب شرق زرنند) ...

تعداد ۷ نمونه سنگ آهک به وزن تقریبی ۵ تا ۶ کیلوگرم از برش گزویی برداشت گردید، نکته قابل ذکر آنکه حجم اصلی نهشته‌های سازند کتکویه در برش گزویی لایه‌های آواری شیلی و ماسه سنگی به شدت آتره شده می‌باشد و لایه‌های سنگ آهکی مناسب جهت نمونه برداری برای فسیل کنودونت در این برش محدود به یک واحد نازک در بخش فوقانی برش می‌باشد، اگرچه پس از سه مرحله نمونه برداری و طی مراحل اسیدشویی و جداسازی حدود ۳۲۰ عنصر کنودونت بازیابی شد (از نمونه‌های G2 تا G6)، تنها ۳ جنس و ۷ گونه را می‌توان با اطمینان تشخیص داد که در بخش سیستماتیک مورد بحث قرار گرفته اند. در برش گزویی نمونه‌های کنودونت معمولاً کامل، اما بسیار ظریف و شکننده می‌باشند. نمونه‌ها در نور عبوری مشکی براق (CAI= 5) هستند [۲۴]. تصاویر نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی در آزمایشگاه پرتو الکترون دانشگاه اصفهان و همچنین آزمایشگاه پژوهشی متالورژی رازی تهران تهیه شد و همه عناصر کنودونتی در دانشگاه اصفهان با شماره موزه‌ی دانشگاه اصفهان نگهداری می‌شوند. لازم به ذکر می‌باشد که نمونه‌های G1 و G7 فاقد عناصر کنودونتی بود که بر اساس وقوع گونه‌های مهم زیست‌چینه شناسی، سه‌گستره کنودونتی ثبت گردیده است.

۴- بررسی سنگ چینه‌نگاری برش گزویه

ضخامت بیرون زدگی‌های نهشته‌های اردویسین در ناحیه‌ی گزویه حدود ۱۷۰ متر است. برش گزویه در ۴/۵ کیلومتری شمال شرق روستای گزویه قرار دارد. مختصات جغرافیایی این برش و $N\ 30^{\circ}\ 50'\ 52''\ top$ و $N\ 56^{\circ}\ 41'\ 50''$ و $N\ base$ و $30^{\circ}\ 50'\ 48''$ و $N\ 56^{\circ}\ 41'\ 49''$ می‌باشد. در برش گزویه، نهشته‌های اردویسین شامل شیل‌های نازک خاکستری تا سبز رنگ با میان لایه‌های سیلتستون، تناوبی از شیل قرمز با ماسه سنگ متوسط لایه، دیاباز و سنگ آهک فسیل‌دار آتره شده شامل ماکروفسیل‌های مرجان، بریوزوئر، براکیوپود و گاستروپود است.

مرز پایین بین رسوبات کامبرین و اردویسین در برش مورد مطالعه گسله ولی مرز بالایی آن با سازند شبجره (سیلورین) به صورت پیوسته و هم شیب است، دولومیت‌های سازند کوهبنان با یک گسل معکوس در پایه این برش، بر روی نهشته‌های اردویسین قرار گرفته‌اند.

واحدهای سنگی اندازه‌گیری شده از جدید به قدیم به شرح زیر می‌باشد:

دیاباز مربوط به سیلورین سازند شبجره

۷- ۱۰ متر، شیل سبز رنگ

۶- ۱۳ متر، ماسه سنگ و سیلت سنگ با میان لایه‌های شیلی حاوی براکیوپود گاستروپود

۵- ۱۰ متر، سنگ آهک فسیل‌دار حاوی مرجان، دوکفه‌ای، بریوزوئر و اثر فسیل

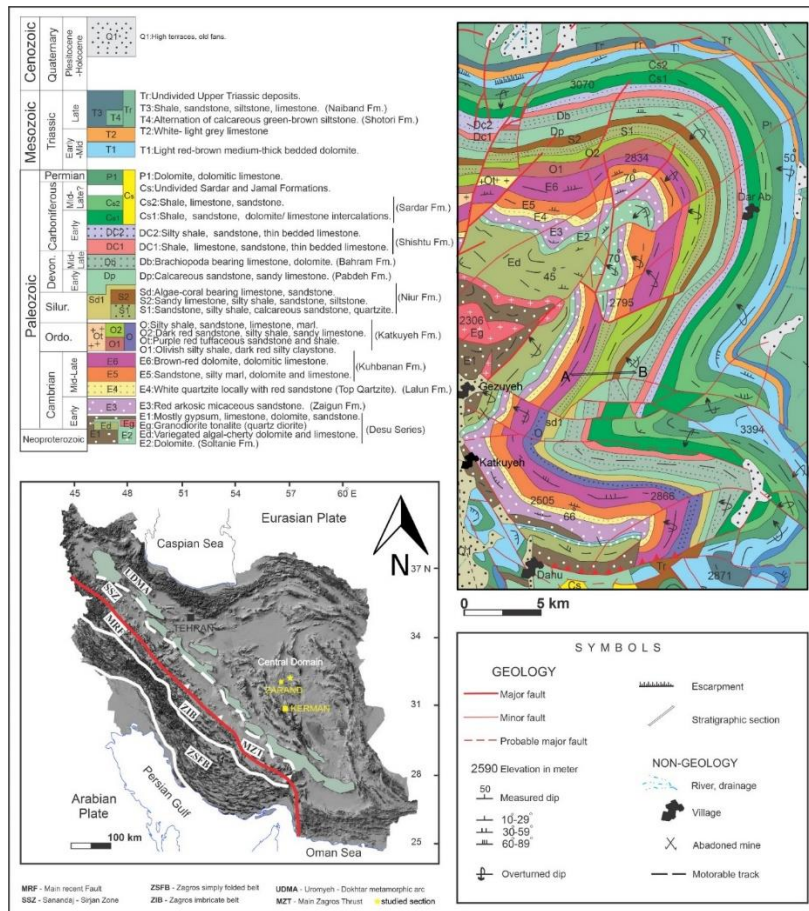
۴- ۴۵ متر، تناوب شیل و ماسه سنگ قرمز

۳- ۷۰ متر، شیل قرمز رنگ با میان لایه‌های ماسه سنگ

۲- ۳ متر، دایک بازالتی

۱- ۳۰ متر، شیل‌های نازک لایه خاکستری تا سبز رنگ با میان لایه‌های سیلتستون

دولومیت رأسی کوهبنان (کامبرین)



شکل ۶: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از وحدتی دانشمند، ۱۹۹۵ و بازترسیم)



شکل ۷: نمای کلی از بخش فوقانی سازند کتکویه در برش گزویی و افق‌های آهکی نمونه برداری شده. شماره نمونه‌ها در تصویر نشان داده شده است، دید به سوی شمال.

۵- بیواستراتیگرافی کنودونت‌ها

بر اساس حضورگونه‌های شاخص سه‌گستره کنودونتی مشخص گردید این سه بیوزون عبارتند از:

۱) *Icriodella superba* Range Zone (کاتین - ؟ هیرنانتین؛ اردویسین پسین)

۲) *Amorphognathus ordovicicus* Range Zone (کاتین - اردویسین پسین)

۳) *Amorphognathus superbus* Range Zone (کاتین - ؟ هیرنانتین؛ اردویسین پسین)

۵-۱ - زیست زون (*Icriodella superba* Range Zone (Katian-?Hirnantian, Upper Ordovician)

نمونه‌ی G4 از برش گزویه توسط *Icriodella superba* Rhodes و *Icriodella deflecta* Aldridge, 1972. فراوان مشخص می‌شود. جنس *Icriodella* در اردویسین پسین رایج است و تا فاصله مرزی لاندووری؛ ونلوکین را شامل می‌گردد [۴۲].

۵-۲ - زیست‌زون (*Amorphognathus ordovicicus* Range zone (Katian-?Hirnantian, Upper Ordovician)

نمونه‌های G5 و G6 از بخش گزویه توسط جنس *Amorphognathus* فراوان مشخص می‌شود. در این نمونه‌ها دوگونه‌ی *A. superbus* و *A. ordovicicus* شناسایی گردیده است. *Amorphognathus* یک جنس با پراکندگی جهانی و از نظر چینه شناسی بسیار مهم است. گونه‌های آمورفونگاتوس یک دودمان تکاملی به سرعت درحال تکامل را تشکیل می‌دهند [۱۱]. دوگونه‌ی جوان آن *A. superbus* و *A. ordovicicus* هستند. سطح انتقال تکاملی بین این دوگونه به عنوان پایه *A. ordovicicus* zone آتلانتیک شمالی مورد استفاده قرار گرفته است [۱۰]. *Amorphognathus ordovicicus* zone یک ایتروال زون است که از فاصله ریچموندی میانی تا هیرنانتین (کاتین پسین تا هیرنانتین) در آمریکای شمالی و جاهای دیگر متغیر است. وجود فراوان *A. ordovicicus* حاکی از وجود بیوفاسیس‌های نسبتاً عمیق در آب است [۵۳].

۵-۳ - زیست‌زون (*Amorphognathus superbus* Range Zone (Katian, Upper Ordovician)

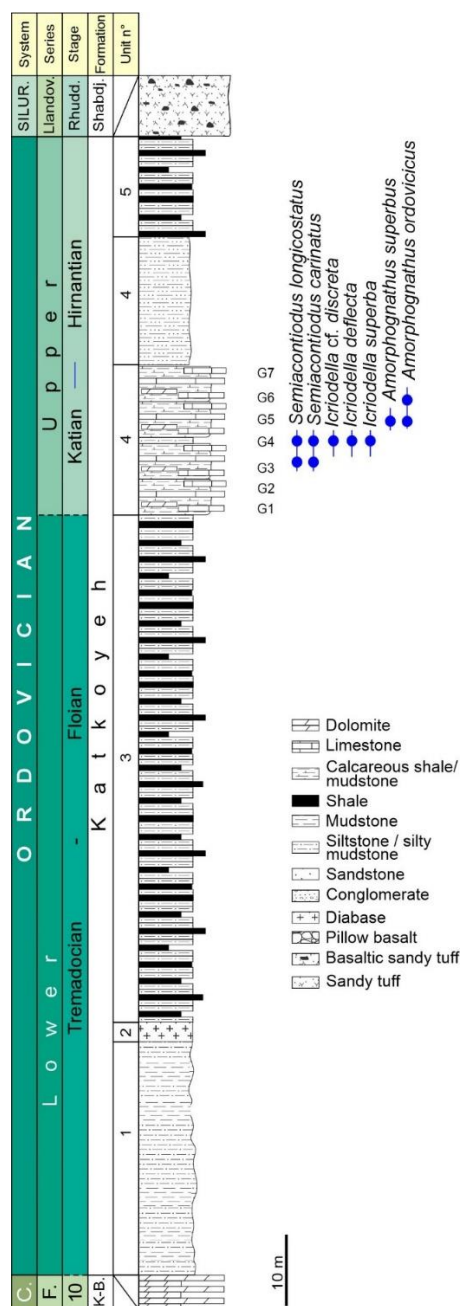
نمونه‌های G4 و G5 حاوی *A. superbus* می‌باشند. *A. superbus* به خوبی از محیط‌های آب سرد در اروپای شمالی آمریکای شمالی شناخته شده است، آپارات چند عنصری آن به طور کامل توصیف شده است [۲۳ و ۲۲ و ۱۱]. *A. superbus* تاکسون شاخص کلیدی برای زون‌های مشابه با همنام بالتواسکاندیا است. *A. superbus* Zone در آشکوب کاتین پیشین اردویسین پسین قرار دارد. تاکنون، تنها رکورد از فرم‌های مرتبط از پریکوردیلرای آرژانتین به عنوان *Amorphognathus aff A. superbus* توسط آلبانزی و همکاران^۶ (۱۹۹۵) تعیین شده است.

۵-۴ - Genus *Semiacontiodus* Miller, 1969

نمونه‌ی G3 تنها نمونه‌ای است که دارای اشکال مخروطی ساده می‌باشد. مشکل تعلق عمومی اشکال مخروطی ساده از مقاطع اردویسین منطقه بالتواسکاندیا که اکنون به عنوان نمایندگان *Semiacontiodus* قابل شناسایی هستند،

^۶Albanesi et al.

مدتها مورد بحث بوده است. به دنبال سرگیوا^۷(۱۹۶۵)، لیندستروم^۸(۱۹۶۰) و لافگرن^۹(۱۹۷۸) این اشکال را به *Scolopodus* نسبت داد. زیگ^{۱۰}(۱۹۷۶) اولین کسی بود که تمام فرم‌های مربوط به اردوئین را که در منطقه بالتیکا رخ می‌داد به جنس *Semiacontiodus* Miller, 1969 که در آمریکا اگرچه از بخش‌های ترمادوسین نیز ثبت شد، نسبت داد.



شکل ۸: ستون سنگ‌چینه‌ای و پراکنندگی کنودونت‌های برش‌گزویه

⁷ Sergiva

⁸ Lindstrom

⁹ Lofgren

¹⁰ Dzik

جدول- ۱: توزیع گونه های برش گزویی

sample	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7
<i>Amorphognathus ordovicicus</i>					*	*	
<i>Amorphognathus superbus</i>				*	*		
<i>Icriodella cf. discreta</i>				*	*		
<i>Icriodella deflecta</i>				*	*		
<i>Icriodella superba</i>				*	*		
<i>Semiacontiodus carinatus</i>			*				
<i>Semiacontiodus longicostatus</i>			*				

Upper Ordovician Conodont Biozonation				
Stage	Baltoscandia	North China	South China	North America Midcontinent
Hir.	<i>O. hassi</i>			<i>O. hassi</i>
	<i>Noixodontus</i>			Fauna 13
Katian	Amorph. ordovicicus		Amorph. ordovicicus	<i>Aph. shatzeri</i> <i>Aphelognat. divergens</i> <i>Aphelognat. grandis</i>
	Amorph. superbus	<i>Y. yaoxianensis</i> <i>Yaoxiangnathus neimenguensis</i> <i>Belodina confuensis</i>	Protop. insculptus <i>Hamarodus brevirameus</i>	<i>Ou. robustus</i> <i>Oulodus velicuspis</i> <i>Belodina confuensis</i>
	Balt. alobatus	<i>Ph. undatus</i> <i>Belodella compressa</i>	<i>Baltoniodus alobatus</i>	<i>Pl. tenuis</i> <i>Ph. undatus</i> <i>Belodella compressa</i>
Sandbian	<i>A. tvaerensis</i>	<i>E. quadrydactylus</i> <i>Pl. acueleata</i>	<i>Baltoniodus variabilis</i>	<i>E. quadrydactylus</i> <i>Pl. acueleata</i>
	<i>B. gerdae</i>	<i>P. anserinus</i>	<i>P. anserinus</i>	<i>Cah. sweetie</i>
	<i>B. variab.</i>			
	<i>P. anserinus</i>		<i>P. anserinus</i>	

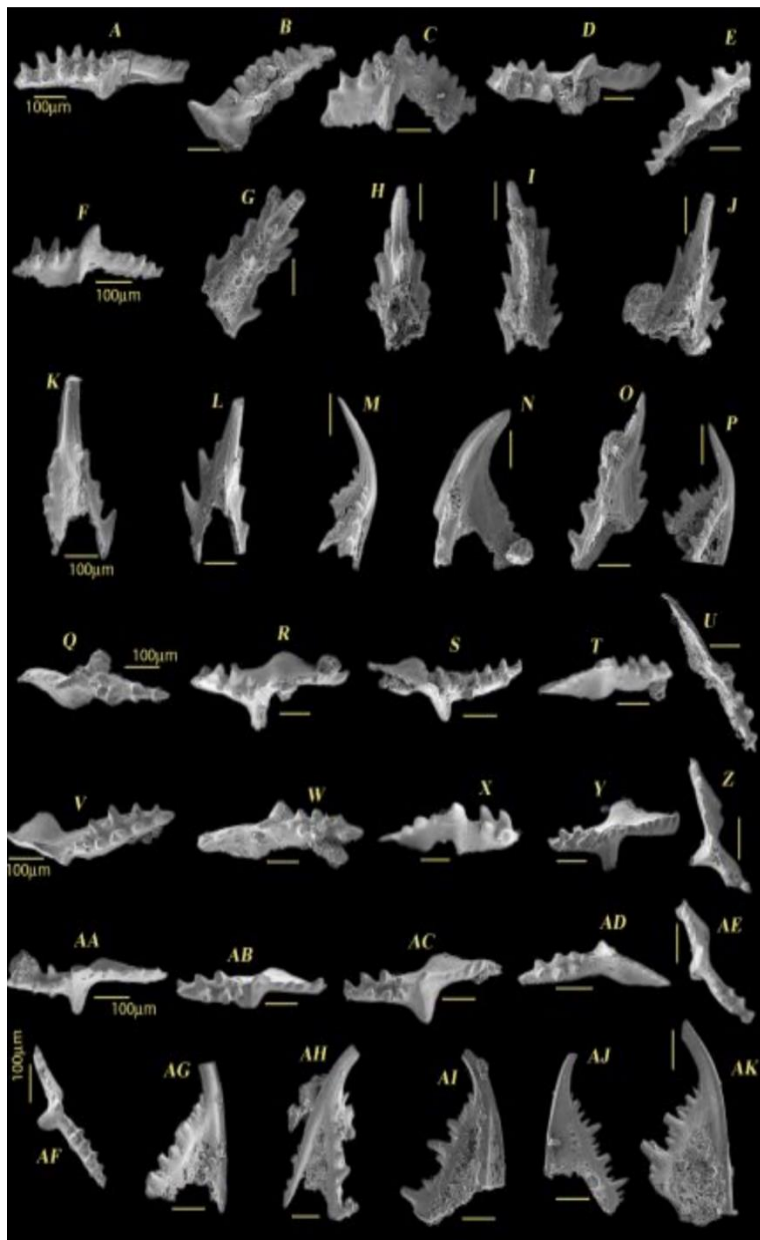
شکل - ۹: طرح زیست چینه‌شناسی کنودونت اردوئین پسین (Goldman et al. 2020, Wang et al. 2018)

اختصارات: Hir. - Hirnantian; O. - Ozarkodina; Amorph. - *Amorphognathus*; B. - *Baltoniodus*; P. - *Pygodus*; Y. - *Yaioxianognathus*; Prot. - *Protopanderodus*; Pl. - *Plectodina*; E. - *Erismodus*; Ph. - *Phragmodus*; A. - *Amorphognathus*; Cah. - *Cahabagnathus*; Ou. - *Oulodus*; Aph. - *Aphelognathus*; *Protopanderodus*

۶- نتیجه گیری

نمونه برداری سیستماتیک کنودونت‌های بخش آهکی سازند کتکویه در برش گزویی، امکان شناسایی سه مجموعه کنودونت، از اردوئین پسین را فراهم نمود، سه گونه از جنس کنودونت *Icriodella* (*I. deflecta* *I. superba*) و دو گونه از جنس *Amorphognathus* (*A. ordovicicus*, *A. superbus*) به آشکوب‌های Katian-?Hirnantian متعلق به اردوئین بالایی نیز تفکیک گردید. نمونه‌ی G3 تنها نمونه‌ای است که دارای

اشکال مخروطی ساده می‌باشد. مشکل تعلق عمومی اشکال مخروطی ساده از مقاطع اردویسین منطقه بالتواسکاندیا که اکنون به عنوان نمایندگان *Semiacontiodus* هستند، مدت‌ها مورد بحث است، در این رابطه، تمام گونه‌های مورد بحث به جنس *Semiacontiodus* نسبت داده شد و دوگونه‌ی *Semiacontiodus carinatus* و *Semiacontiodus longicostatus* در برش گزویه شناسایی گردید.



Figs. A- P- *Icriodella superba* Rhodes, 1953.

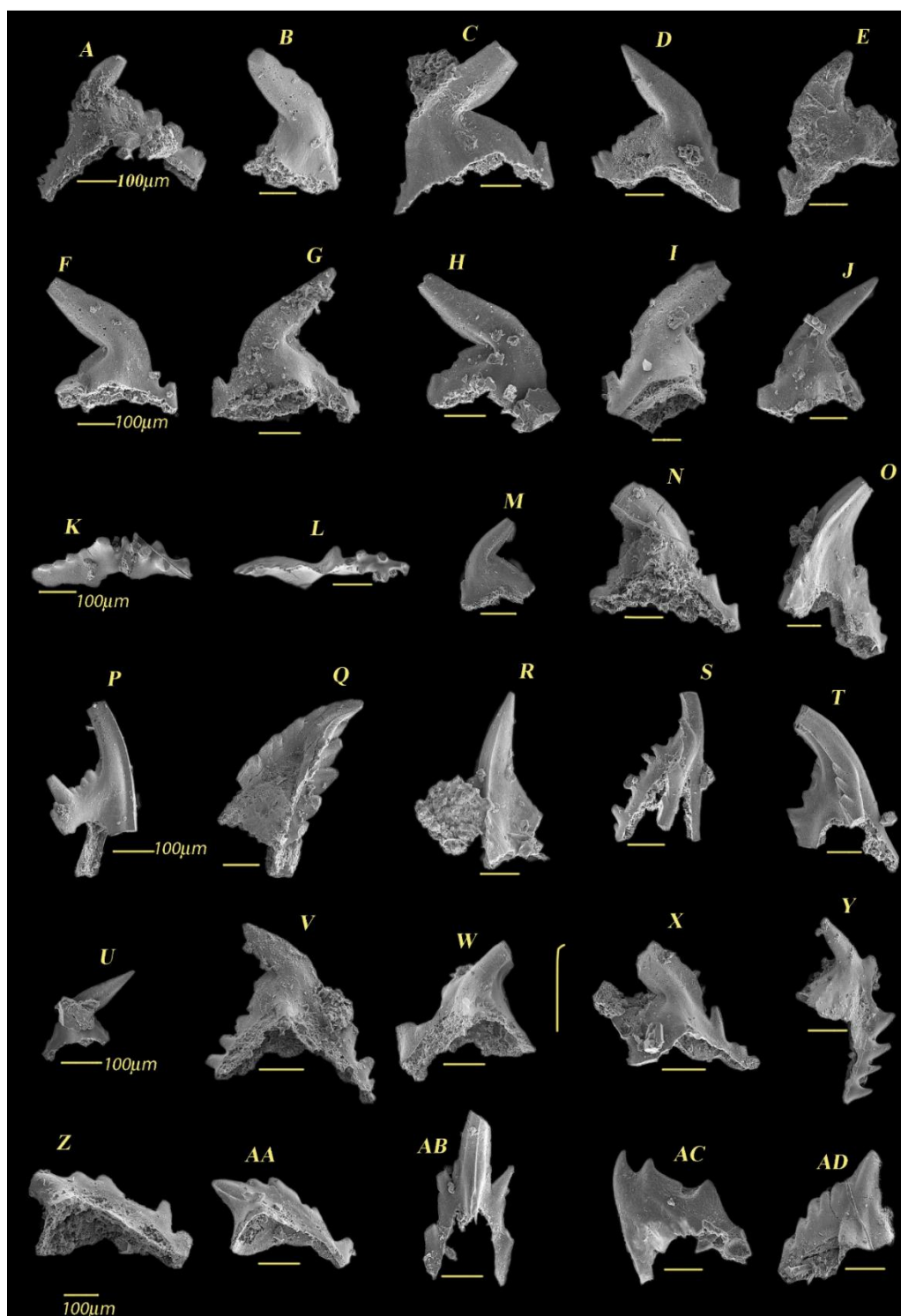
(A)- Pa element, sample G4, UIMC 1083, (B)- Pa element, sample G3, UIMC 1084, (C)- Pa element, sample G4, UIMC 1085, (D)- Pa element, sample G3, UIMC 1086, (E)- Pa element, sample G3, UIMC 1087, (F)- Pa element, sample G3, UIMC 1088, (G)- Sb element, sample G3, UIMC 1089, (H)- Sb element, sample G3, UIMC 1090, (I)- Sb element, sample G5, UIMC 1091, (J)- Sb element, sample G3, UIMC 1092, (K)- Sb element, sample G4, UIMC 1093, (L)- Sb element, sample G3, UIMC 1094, (M)- Sb element, sample G3, UIMC 1095, (N)- Sb element, sample G3, UIMC 1096, (O)- Sb element, sample G4, UIMC 1097, (P)- Sb element, sample G3, UIMC 1098,

Figs. Q- AF - *Icriodella deflecta* Aldridge, 1972.

(Q)-Pa element, sample G3, UIMC 1099, (R)-Pa element, sample G3, UIMC 1100, (S)-Pa element, sample G3, UIMC 1101, (T)-Pa element, sample G3, UIMC 1102, (U)-Pa element, sample G3, UIMC 1103, (V)-Pa element, sample G3, UIMC 1104, (W)-Pa element, sample G3, UIMC 1105, (X)-Pa element, sample G3, UIMC 1106, (Y)-Pa element, sample G3, UIMC 1107, (Z)-Pa element, sample G3, UIMC 1108, (AA)- Pa element, sample G3, UIMC 1109, (AB)- Pa element, sample G3, UIMC 1110, (AC)- Pa element, sample G3, UIMC 1111, (AD)- Pa element, sample G4, UIMC 1112, (AE)- Pa element, sample G3, UIMC 1113, (AF)- Pa element, sample G3, UIMC 1114,

Figs. AG – AK- indeterminate *Icriodella* elements;

(AG)- Pb element, sample G2, UIMC 1115, (AH)- Sb element, sample G3, UIMC 1116, (AI)- Sa element, sample G3, UIMC 1117, (AJ)- Sa element, sample G3, UIMC 1118, (AK)- Sa element, sample G3, UIMC 1119,



Figs. A- K, M-U- *Icriodella* *superba* Rhodes, 1953.

(A)- M element, sample G3, UIMC 1120, (B)- M element, sample G3, UIMC 1121, (C)- M element, sample G4, UIMC 1122, (D)- M element, sample G3, UIMC 1123, (E)- M element, sample G4, UIMC 1124, (F)- M element, sample G3, UIMC 1125, (G)- M element, sample G3, UIMC 1126, (H)- M element, sample G5, UIMC 1127, (I)- M element, sample G4, UIMC 1128, (J)- M element, sample G3, UIMC 1129, (K)- Pa element, sample G3, UIMC 1130, (M)- Sb element, sample G3, UIMC 1131, (N)- Sb element, sample G3, UIMC 1132, (O)- Sb element, sample G3, UIMC 1133, (P)- Sb element, sample G3, UIMC 1134, (Q)- Pa element, sample G3, UIMC 1135, (R)- Pa element, sample G3, UIMC 1136, (S)- Pa element, sample G4, UIMC 1137, (T)- Pa element, sample G3, UIMC 1138, (U)- M element, sample G4, UIMC 1139.

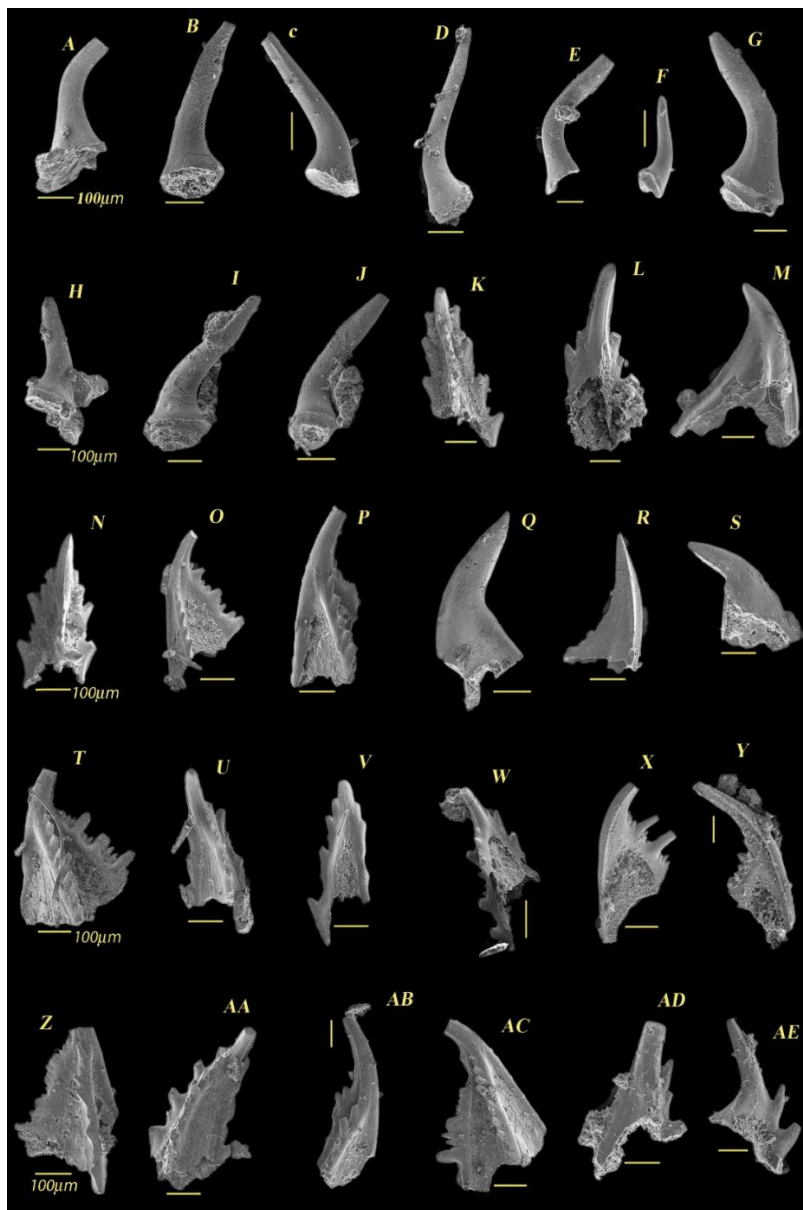
Fig. L- *Icriodella* cf. *discreta* Pollock et al., 1970, Pa element, sample G3, UIMC 1140,

Figs. V-AB - *Amorphognathus* *ordovicicus*, Branson and Mehl, 1933,

(V)- Pb element, sample G3, UIMC 1141, (W)- Pb element, sample G5, UIMC 1142, (X)- Pb element, sample G3, UIMC 1143, (Y)- Pb element, sample G3, UIMC 1144, (Z)- Pb element, sample G3, UIMC 1145, (AA)-Pb element, sample G4, UIMC 1146, (AB)- M element, sample G4, UIMC 1147,

Fig. AC- *Amorphognathus* *superbus*, M element, sample G3, UIMC 1148,

Fig. AD- *Amorphognathus* *ordovicicus*, Branson and Mehl, 1933, Pa element, sample G3, UIMC 1149,



Figs. A- F - *Semiacontiodus carinatus*, Dzik, 1976

(A)- Sb element, sample G5, UIMC 1150, (B)- Sb element, sample G5, UIMC 1151, (C)- Sb element, sample G4, UIMC 1152, (D)- Sb element, sample G3, UIMC 1153, (E)- Sb element, sample G5, UIMC 1154, (F)- Sb element, sample G5, UIMC 1155.

Figs. G- J - *Semiacontiodus longicostatus*, Drygant, 1974,

(G)- Sa element, sample G4, UIMC 1156, (H)- Sa element, sample G5, UIMC 1157, (I)- Sa element, sample G5, UIMC 1158, (J)- Sa element, sample G4, UIMC 1159.

Figs. K-AC- *Icriodella superba* Rhodes, 1953.

(K)- Sb element, sample G3, UIMC 1160, (L)- Sb element, sample G3, UIMC 1174, (M)- Pb element, sample G3, UIMC 1161, (N)- Sb element, sample G3, UIMC 1162, (O)- Sb element, sample G3, UIMC 1163, (P)- Sb element, sample G5, UIMC 1164, (Q)- M element, sample G3, UIMC 1165, (R)- Sb element, sample G3, UIMC 1166, (S)- M element, sample G4, UIMC 1167, (T)- Sb element, sample G3, UIMC 1168, (U)- Sb element, sample G4, UIMC 1169, (V)- Sb element, sample G3, UIMC 1170, (W)- Sb element, sample G3, UIMC 1171, (X)- Sb element, sample G3, UIMC 1172, (Y)- Sb element, sample G3, UIMC 1173, (Z)- Sb element, sample G4, UIMC 1174, (AA)- Sb element, sample G4, UIMC 1175, (AB)- Sb element, sample G4, UIMC 1176, (AC)- Sb element, sample G3, UIMC 1177.

Fig. AD- *Amorphognathus ordovicicus*, Branson and Mehl, 1933, M element, sample G5, UIMC 1178.

Fig.(AE) - *Amorphognathus superbus*, M element, sample G3, UIMC 1179,

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله خانم ها دکتر الهه ستاری (مدیر داخلی مجله زمین شناسی نفت ایران) و دکتر طاهره پرویزی (دانش آموخته دکتری دانشگاه اصفهان) تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

[۱] ALAVI-NAINI, M.,1996, Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountains in northern Iran. *J.Geodynamics* 21(1), 1-33.

- [۲] ALBANESI, G.L., HÜNICKEN, M.A. and ORTEGA, G., 1995, Amorphognathus aff. superbus (Conodonta) en la Formación Trapiche (Ordovícico Superior), cerro Potrerillo, Departamento Jáchal, Provincia de San Juan, Argentina. *Boletín Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* **60**, 461–468.
- [۳] ALDRIDGE, R.J., 1972, Llandovery conodonts from the Welsh Borderland. *Bulletin of the British Museum Natural History (Geology)* **22**(2), 125–231.
- [۴] ASSERETO, R., 1966, Geological map of upper Djadjerud and Lar valleys (central Elburz, Iran). *Inst. Geol. Univ. Milano (Ser.G)* 232: 1-86, 2 geological map 1:50000.
- [۵] BAMBACH, R.K., KNOLL, A.H. and WANG, S.C., 2004, Origination, extinction, and mass depletions of marine diversity: *Paleobiology*, **30**, 522–542. [https://doi.org/10.1666/00948373\(2004\)030\(0522:OEAMDO\)2.0.CO;2](https://doi.org/10.1666/00948373(2004)030(0522:OEAMDO)2.0.CO;2).
- [۶] BAUER, J.A., 1987, Conodonts and conodont biostratigraphy of the McLish and Tulip Creek Formations (Middle Ordovician), SouthCentral Oklahoma, Oklahoma *Geol. Surv. Bull.* 141.
- [۷] BAUER, J.A., 1994, Conodonts from the Bromide Formation (Middle Ordovician), SouthCentral Oklahoma, *J. Paleontol.*, 1994, **68**, 358–376.
- [۸] BERBERIAN, M., KING, G.C.P., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Science*, **18**, 210-265.
- [۹] BENEDETTO, J.L., 2003, Ordovician Fossils of Argentina. *Secretaría de Ciencia Y Tecnología. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba* (665).
- [۱۰] BERGSTRÖM, S. M., 1971, Conodont biostratigraphy of the Middle and Upper Ordovician of Europe and eastern North America. *Geological Society of America, Memoir* **127**, 83–161.
- [۱۱] BERGSTRÖM, S. M., 1983, Biogeography, evolutionary relationships, and biostratigraphic significance of Ordovician platform conodonts. *Fossils and Strata* **15**, 35–58.
- [۱۲] BOULIN, J., 1991, Structures in Southwest Asia and evolution of the eastern Tethys. *Tectonophysics* **196**, 211-268.
- [۱۳] BOUCOT, A. J., XU, C. and SCOTSESE, C.R., 2013, Paleozoic paleoclimate: an atlas of lithologic indicators of climate. *SEPM Concepts Sedimentol. Paleontol.* **11**, 1–478.
- [۱۴] BRANSON, E.B. and MEHL, M.G., 1934a, Conodonts from the Grassy Creek shale of Missouri: *Missouri University Studies*, **8**, 171–259.
- [۱۵] BRENCHLEY, P.J., MARSHALL, J.D. and UNDERWOOD, C.J., 2001, Do all mass extinctions represent an ecological crisis? Evidence from the Late Ordovician: *Geological Journal*, **36**, 329–340, <https://doi.org/10.1002/gj.880>.
- [۱۶] BRUTON, D. L., WRIGHT, A. J. and HAMED, M.A., 2004, Ordovician trilobites of Iran. *Palaeontographica A* **271**, 111-149.
- [۱۷] COCKS, L.R.M. and FORTEY, R.A., 1982, Faunal evidence for oceanic separations in the Palaeozoic of Britain. *Journal of the Geological Society, London*, **139**, 465–478.
- [۱۸] COCKS, L.R.M. and FORTEY, R.A., 2009, Avalonia, a long-lived terrane in the lower Palaeozoic? *Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.* **325**, 141–155.
- [۱۹] COCKS, R.L. and TORSVIK, T.H., 2020, Ordovician palaeogeography and climate change. *Gondwana Research* **100** (2021) 53–72.
- [۲۰] DAVOUDZADEH, M. and SCHMIDT, K., 1984, A Review of the Mesozoic Paleogeography and Paleotectonic Evolution of Iran. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.* **168** (2/3), 182-207.

- [۲۱] DZIK, J., 1976, Remarks on the evolution of Ordovician conodonts. *Acta Palaeontologica Polonica* **21**, 395-455.
- [۲۲] -DZIK, J., 1983, Relationship between Ordovician Baltic and North American Midcontinent faunas. *Fossils and strata* **15**, 59–85.
- [۲۳] DZIK, J., 1994, Conodonts of the M_ojca Limestone. **43**–128. In DZIK, D., OLEMPSKA, E. and PISERA, A. (eds). Ordovician carbonate platform ecosystem of the Holy Cross Mountains. *Palaeontologica Polonica*, **53**, 128.
- [۲۴] EPSTEIN, A.G., EPSTEIN, J.B. and HARRIS, L.D., 1977, Conodont color alteration — an index to organic metamorphism. United States Geological Survey *Professional Paper*, **995**: 1–27.
- [۲۵] FINNEGAN, S., BERGMANN, K., EILER, J.M., JONES, D.S., FIKE, D.A., EISENMAN, I., HUGHES, N.C., TRIPATI, A.K. and FISCHER, W.W., 2011, The magnitude and duration of Late Ordovician–Early Silurian glaciation: *Science*, **331**, 903–906, <https://doi.org/10.1126/science.1200803>.
- [۲۶] GANSSER, A. and HUBER, H., 1962, Geological observation in the central Elburz, Iran. *Schweizerische chemineralogische und petrographische mitteilungen*, **42**: 593-630.
- [۲۷] GHOBADIPOUR, M., WILLIAMS, M., VANNIER, J., MEIDLA, T. and POPOV, L.E., 2006, Ordovician ostracods from east Central Iran. *Acta Palaeontologica Polonica*, **51**: 551-560.
- [۲۸] GOLDMAN, D., SADLER, P.M., LESLIE, S.A., MELCHIN, M.J., AGTERBERG, F.P. and GRADSTEIN, F.M., 2020, The Ordovician Period, 631–694. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M. (eds) *Geologic Time Scale 2020*. Elsevier, Amsterdam. DOI 10.1016/B978-0-12.
- [۲۹] GONG, Q., WANG, X., ZHAO, L., GRASBY, S.E., CHEN, Z. Q., ZHANG, L., LI, Y., CAO, L., and LI, Z., 2017, Mercury spikes suggest volcanic driver of the Ordovician-Silurian mass extinction: *Scientific Reports*, **7**, 5304, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05524-5>.
- [۳۰] HAMED, M.A., 1995, Lower palaeozoic sedimentology and stratigraphy of the Kerman region. East-central Iran. Unpub. Ph.D. thesis, Univ, Wollongong, Australia.
- [۳۱] HARTZ, H. and TORSVIK, T.H., 2002, Baltica upside: A new plate tectonic model for Rodinia and the Iapetus ocean. *GEOLOGY*. **30**. (3): 255- 58.
- [۳۲] HUCKRIEDE .R., KURSTEN .M. and VENZLAFF , H., 1962, Zur geologie des Gebietes zwischen Kerman und Saghand (Iran). *Beihefte zum geologischen Jahrbuch*, **51**, 197.
- [۳۳] JAANUSSON , V., 1973, Aspects of carbonate sedimentation in the Ordovician of Baltoscandia. *Lethaia* **6**, 11–34.
- [۳۴] JABLONSKI, D., 1991, Extinctions: A paleontological perspective: *Science*, **253**, 754–757, <https://doi.org/10.1126/science.253.5021.754>.
- [۳۵] JONES, D.S., MARTINI, A.M., FIKE, D.A. and KAIHO, K., 2017, A volcanic trigger for the Late Ordovician mass extinction? Mercury data from south China and Laurentia: *Geology*, **45**, 631–634, <https://doi.org/10.1130/G38940.1>.
- [۳۶] KUMP, L.R. and ARTHUR , M.A., 1999, Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter. *Chemical Geology* **161**, 181–198.
- [۳۷] LAPORTE, D.F., HOLMDEN, C., PATTERSON, W.P., LOXTON, J.D., MELCHIN , M.J., MITCHELL, C.E., FINNEY, S.C. and SHEETS, H.D., 2009, Local and global perspectives on carbon and nitrogen cycling during the Hirnantian glaciation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **276**, 182–195.
- [۳۸] LEFEBVRE, B., GHOBADIPOUR, M. and NARDIN, E., 2005, Ordovician echinoderms from the Tabas and Damghan regions, Iran: palaeobiogeographical implication. *Bulletin de la societe geologique de France*, **176** (3): 231-242.

- [۳۹] LESLIE, S.A., 2000, Mohawkian (Upper Ordovician) conodonts of Eastern North America and Baltoscandia. *Journal of Paleontology* **74**, 1122–1147. DOI 10.1666/0022-3360(2000)0742.0.CO;2.
- [۴۰] LINDSTRÖM, M., 1960, A Lower-Middle Ordovician succession of conodont faunas: Internat. *Geol. Congr.*, 21st Session Rept., Pt. 7, 88-96, 8 figs.
- [۴۱] LÖFGREN, A., 1978, Arenigian and Llanvirnian conodonts from Jämtland, northern Sweden. *Fossils & Strata*, **13**, 1–129.
- [۴۲] MABILLARD, J.E. and ALDRIDGE, R.J., 1983, Conodonts from the Coralliferous Group (Silurian) of Marloes Bay, South-West Dyfed, Wales. *Geologica et Palaeontologica* **17**, 29–43.
- [۴۳] MILLER, J. F., 1969, Conodont fauna of the Notch Peak Limestone (Cambro- Ordovician), House Range, Utah: *Jour. Paleontology*, **43**, 413-439, Pis. 63-66, 5 figs.
- [۴۴] NAZARI, H., 2006, Analyse de la tectonique recente et active dans l'Alborz Central et la region de Teheran: Approche morphotectonique et paleoseismologique. Science de la terre et de l'eau. Montpellier, Montpellier II: 247.
- [۴۵] NIELSEN, A.T., 2004, Ordovician sea level changes: A Baltoscandian perspective, in Webby, B.D., et al., eds., The Great Ordovician Biodiversification Event: New York, Columbia University Press, p. 84–93, <https://doi.org/10.7312/webb12678-011>.
- [۴۶] REITZ, E. and DAVOUDZADEH, M., 1995, Ordovician acritarchs from the Banestan, Kerman area, Central Iran; paleobiogeographical evidence for a warm water environment. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1995 (8), 488–500.
- [۴۷] RUTTNER, A., NABAVI, M. and HAJIAN, J., 1968, Geology of the Shirgesht area (Tabas area, east Iran). Reports of the geological survey of Iran, **4**: 1-133.
- [۴۸] STÖCKLIN, J., 1974, Northern Iran: Alborz Mountains. *Geol. Soc. Lon. Special pub.* **4**, 213-234.
- [۴۹] STÖCKLIN, J., 1977, Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and central Asia. *Soc. Geol.* **8**, 333-353.
- [۵۰] SEPKOSKI, Jr. J.J., 1981, A factor analytical description of the Phanerozoic marine fossil record. *Paleobiology*, **7**: 36-53.
- [۵۱] SMOLAREK-LACH, J., MARYNOWSKI, L., TRELA, W. and WIGNALL, P.B., 2019, Mercury spikes indicate a volcanic trigger for the Late Ordovician mass extinction event: An example from a deep shelf of the peri-Baltic region: *Scientific Reports.*, **9**, 3139, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39333-9>.
- [۵۲] STAMPFLI, G. M., 2000, Tethyan oceans. Geological society, London, special publications 173, 1-23.
- [۵۳] SWEET, W.C., 1988, The Conodonta: morphology, taxonomy, paleoecology, and evolutionary history of a long-extinct animal phylum. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 10, Clarendon Press, Oxford, 212.
- [۵۴] TORSVIK, H. and COCKS, M., 2017, Earth History and Palaeogeography. Cambridge University Press 978-1-107-10532-4 .
- [۵۵] WANG, Z.H., ZHEN, Y.Y., BERGSTRÖM, S.M., ZHANG, Y.D. and WU, R.C., 2018, Ordovician conodont biozonation and biostratigraphy of North China. *Australasian Palaeontological Memoirs* **51**, 65-79.
- [۵۶] ZHEN, Y.Y., NICOLL, R.S., PERCIVAL, I.G., HAMED, M.A. and STEWART, I., 2001, Ordovician Rhipidognathid conodonts from Australia and Iran. *Journal of paleontology*, **75** (1): 186–202.

Biostratigraphy of the deposits of the Katkoyeh Formation in the Gezoye section, northwest of Kerman (southeast of Zarand) based on conodont fauna.

Farzad Pour Salehi¹, Ali Bahrami^{1*}, Hamed Ameri³, Gustavo Gabriel Voldman⁴

1-PhD Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

3- PhD Stratigraphy and Paleontology, Department of Ecology, Institute of Science, High Technology and Environmental Science, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, I.R. Iran

4- PhD Stratigraphy and Paleontology, Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA), CONICET, Universidad Nacional de Córdoba, X5016GCB Córdoba, Argentina

* a.bahrami@sci.ui.ac.ir

Received: October 2023, Accepted: October 2023

Abstract

The Ordovician marine sedimentary sequences of Iran are located in different structural blocks along the northern margin of Gondwana. In the north of Kerman Basin, Ordovician sedimentary sequences named Katkoyeh Formation have been introduced, which consist of 70 to 300 meters of siliceous siliceous rocks, one or two thin carbonate horizons in the upper part and pyroclastic deposits. Traditionally, the Cambrian-Ordovician boundary in the Kerman Basin has been determined between the Hatken Dolomite Member of the Kuhbanan Formation (Late Furongian) and the Lower Shale Member of the Katkoyeh Formation. However, determining the location of the previous Tremadocine boundary is uncertain because no fossils have been documented from this interval. For the purpose of biostratigraphy of the Katkoyeh formation in Kerman basin, Gezoye section with an approximate thickness of about 170 meters was selected. The deposits of this section include silty shales, diabase, pileolava, basaltic tuffs, red sandstone, marl, thin-layered limestone horizon and sandy limestone. In this section, the Katkoyeh Formation is located on the Hatken Dolomite Member and under the Shabjareh Formation sandstones of Silurian age. In the Gezoye section, due to the action of basalt dikes and intense tectonics in the region, the limestone layers containing fossils have been severely altered, and during three sampling stages, 320 conodonts were recovered from the carbonate horizon of the upper part of this formation, and 3 Genus and 7 species were identified and based on this, three conodont ranges were recorded: 1) *Icriodella superba* Range Zone (Katian - ? Hirnantian; Late Ordovician), 2) *Amorphognathus ordovicicus* Range Zone (Katian - Late Ordovician), 3) *Amorphognathus superbus* Range Zone (Katian - ? Hirnantian; Late Ordovician). Late Ordovician age in the Katkoyeh formation in the Gezoye section with at least three species of the conodont genus *Icriodella* (*I. superba*, *I. deflecta*, *I. cf. discrete* and two species of *A. superbus*) *Amorphognathus*, *A. ordovicicus*) determined and led to the identification of the Katian-?Hirnantian rocks.

Keywords: Ordovician, Katkoyeh formation, northwest Kerman basin, Gezoyeh section, conodont.