

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

فیروزه السادات بلاغتی<sup>۱</sup>، علی بهرامی<sup>۲\*</sup>، حسین وزیری مقدم<sup>۳</sup>، حامد عامری<sup>۴</sup>، مهدی یزدی<sup>۵</sup>، گوستاو گابریل ولدمن<sup>۶</sup>

۱- کارشناسی ارشد چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲،۳،۵- استاد چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۴- دانشیار چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه اکولوژی، پژوهشکده علوم، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران

۶- چینه نگاری و دیرینه شناسی، مرکز تحقیقات علوم زمین، دانشگاه ملی کوردوبا، آرژانتین

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

دریافت آذر ۱۴۰۳، پذیرش فروردین ۱۴۰۴

### چکیده

در شمال کرمان، نهشته‌های اردوئیسین سازند کتکویه و معادل سازند شیرگشت از حدود ۷۰ تا ۳۰۰ متر از سنگ‌های سیلیسی آواری با چند میان لایه‌های کربناته نازک و افق‌های آذرآواری در بخش‌های بالایی تشکیل شده است. به منظور زیست چینه نگاری نهشته‌های سازند کتکویه در برش دره آسیاب، نمونه برداری سیستماتیک کنودونت‌ها در حدود ۱۲ کیلومتری جنوب شرق شهر زرنند در برش دره آسیاب انجام شد. ضخامت نهشته‌های اردوئیسین در این برش ۱۵۴/۴ متر و سازند کتکویه اساساً شامل شیل‌های سیلتی، دیاباز، پیلولاوا، توف‌های بازالتی، ماسه سنگ قرمز، مارل، سنگ آهک و سنگ آهک ماسه‌ای می‌باشد. سازند کتکویه در این برش بر روی عضو دولومیت هتکن سازند کوه بنان قرار گرفته و خود در زیر توده‌های آذرین سازند شبجره به سن سیلورین قرار دارد. با انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در مجموع ۶۸۰ عنصر کنودونتی به دست آمد که از مطالعه این عناصر کنودونتی، در مجموع ۱۴ جنس و ۲۱ گونه از کنودونت‌ها شناسایی گردید. بر اساس حضور گونه‌های شاخص کنودونتی، سه گستره کنودونتی در بخش کربناته از اردوئیسین پیشین تا اردوئیسین پسین برش مشخص گردید. با توجه به ضریب CAI حدود ۵ برای عناصر کنودونتی بازیابی شده در این برش، منطقه دارای تاریخچه‌ی حرارتی بالا بوده و وجود مواد هیدروکربنی در نهشته‌های این ناحیه منتفی است.

**کلید واژه‌ها:** اردوئیسین، سازند کتکویه، حوضه‌ی شمال غرب کرمان، برش دره آسیاب، کنودونت.

## ۱- مقدمه

اردوئیسین به دلیل تعدد فعالیت های تکتونیکی و آتشفشانی که در بسیاری از مناطق جهان رخ داده ، همچنین به دلیل وجود اقیانوس ها که بسیاری از قاره های اصلی را از هم جدا کرده اند و باعث ایجاد ایالت های جانوری متمایز از جانوران بنتونیک دریایی در شلف های قاره ای گردیده اند همچنین وقوع تکامل بیولوژیکی استثنائی یا همان رویداد بزرگ تنوع زیستی

(GOBE) ، مورد توجه قرار گرفته است [۱۱]. Great Ordovician Biodiversification Event

مطالعه داده های دیرینه سطح دریا از تمام قاره های بررسی شده نشان دهنده یک پیشروی کلی در اردوئیسین پیشین است که روند جهانی را نیز تأیید می کند. این پیشروی در بالتیکا، سبیری، لورنتیا و چین جنوبی مشاهده شده است و به نظر می رسد در سایر نقاط گندوانا و آوالونیا نیز وجود داشته باشد. باتوجه به بررسی های دیرین سطح دریا به نظر میرسد پیشروی دسراسر بالتیکا در حال انجام بوده که با پسروی های کوچک تر قطع شده تا زمانی که درفلوئین پسین به بالاترین سطح دریا در اردوئیسین پیشین رسیده است. در جنوب چین، این پیشروی کلی در پلتفرم یانگ تسه به خوبی گزارش گردیده است [۳۳].

افزایش مداوم سطح آب دریا در مقیاس جهانی که در دوره اردوئیسین پیشین آغاز شده بود در دوره اردوئیسین میانی متوقف شد [۳۲]. سطح آب دریای اردوئیسین میانی مشابه سطوح بالای فلوئین است و یک پیشروی کلی بیشتر، در انتهایی ترین بخش اردوئیسین میانی (داریویلین پسین) را مشخص می کند. اما سطح آب دریا قبل از مرز اردوئیسین میانی- پسین دوباره به طور قابل توجهی افزایش یافته است. منحنی های سطح آب دریا برای قاره های دیرینه و همچنین منحنی جهانی نشان دهنده پیشروی سریع تا زیر مرز اردوئیسین میانی- پسین است [۳۳].

بالاترین سطح دریاهای پالئوزوئیک در قسمت پایین اردوئیسین پسین ثبت شده است [۲۲، ۳۲]. پس از آغاز یک پیشروی کلی در بخش فوقانی اردوئیسین میانی، به نظر می رسد که سطح دریا تا قسمت میانی کاتین همچنان بالا می رود. سقوط بعدی و ناگهانی سطح آب دریا، در بالاترین قسمت اردوئیسین، مربوط به یخبندان سریع درگندوانا درطول هیرنانتین نبوده و احتمالاً خیلی زودتر شروع شده است. این روند سطح دریا از بیشتر قاره های دیرینه ثبت شده است. برای بالتیکا، [۳۶] و [۱۲] بالاترین سطح دریا را در بخش میانی کاتین ذکر کردند.

توالی نهشته های رسوبی اردوئیسین در ایران در چند واحد ساختاری بیرون زدگی دارد. از این رسوبات می توان به بلوک سیمرین (البرز و ایران مرکزی) و زاگرس اشاره نمود. براین اساس سازندهای اردوئیسین ایران که مورد مطالعه قرار گرفته بودند عبارتند از: در ناحیه کرمان [۲۳] منطقه شیرگشت بلوک طبس [۳۳] و البرز [۷، ۱۷].

[۴۷] در بررسی های زمین شناسی ناحیه شیرگشت-ازبک کوه که در قالب گزارش شماره ۲ سازمان زمین شناسی کشور منتشر شده است، سازند شیرگشت به سن اردوئیسین را شناسایی و برش الگوی آن را در جنوب کوه های درنجال طبس با ضخامت ۱۲۳۶ متر معرفی کرده اند [۶]. در تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰/۰۰۰ طبس، زمین شناسی ناحیه کلمرد را مطالعه کرده و توالی اردوئیسین این ناحیه به ضخامت ۴۰۰ متر را معادل و مشابه با سازند شیرگشت دانسته است. قدیمی ترین گزارش در دسترس از طبقه های اردوئیسین در ایران مرکزی به مطالعه های [۲۳] ناحیه کرمان مربوط است. [۱۹] و سپس حامدی در نوشته

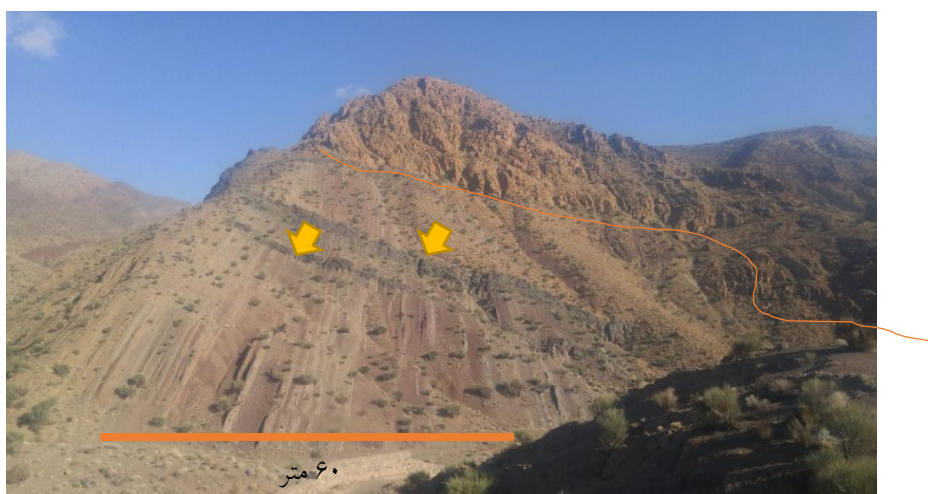
[۴۳] توالی اردویسین در بخش جنوبی بلوک کلمرد در ناحیه زرند کرمان را در قالب سازند جدیدی به نام سازند کتکویه با ضخامت ۳۴۹ متر معرفی کرده‌اند. این سازند عمدتاً آواری که در ناحیه کرمان روی دولومیت هتکن یا سازند کوهبنان (کامبرین پسین) قرار گرفته و با سازند شبجره (سیلورین) پوشیده شده، در قالب دو عضو غیر رسمی تفکیک شده‌است: عضو اول این سازند شامل توالی پیش‌رونده و شیلی/ماسه‌سنگی است که در برخی برونزدها با گدازه‌های بالشی، سنگ‌های آهکی/شیلی‌دریایی و سنگ‌های آذرآواری بالایی همراه است؛ عضو دو سازند کتکویه از لایه‌های سرخ رنگ در پایین تشکیل شده‌است که به سمت بالا و به طور تدریجی به مخلوطی از طبقه‌های دریایی-غیردریایی ختم می‌شوند. [۲۱] در رساله دکتری خود، توالی‌های پالئوزوئیک پیشین ناحیه کرمان را مطالعه و ضمن بازنگری طبقات سازند شیرگشت در برش الگو، توالی اردویسین سازند کتکویه را از رخساره و الگوی سازند شیرگشت متمایز دانسته‌است؛ از دیدگاه او و [۳۵]، رخنمون‌های منتسب به اردویسین در ناحیه کلمرد از دیدگاه رخساره‌ای و ضخامتی با برش الگوی سازند شیرگشت تفاوت آشکار دارند و به توالی هم‌ارز در ناحیه کرمان بسیار شبیه‌اند از این رو [۲۱] طبقه‌های اردویسین بلوک کلمرد در باختر طبس را به سازند کتکویه منتسب کرده‌است و این در حالی است که در نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰/۰۰۰ و ۱/۱۰۰/۰۰۰ [۵۰] طبقه‌های متعلق به اردویسین با نام سازند شیرگشت نمایش داده شده‌اند. اگرچه [۲۰] سن سازند کتکویه در ناحیه زرند کرمان را بر اساس فونای کنودونتی آرنیگین [فلوین] تا کارادوسین-آشگیلین [سندبین-هیرنانتین] دانسته‌اند، در نوشته آنها مستندی از کنودونت‌های مدنظر ایشان ارائه نشده‌است. [۴۳، ۴۴] زون گراپتولیتی سازند کتکویه در محل برش الگو را مطالعه و ضمن گزارش گونه *Yutagraptus cf. mantuanus* که معرف سن فلوین پسین [آرنیگین پسین] است، گونه‌های جدیدی از گراپتولیت‌های دندروئیدی اردویسین را برای نخستین بار از این توالی معرفی کرده‌اند. [۵۶] با مطالعه کنودونت‌های *Rhipidognathid* به دست آمده از بخش پایینی سازند کتکویه در محل برش الگو، گونه *Bergstroemognathus hubeiensis* را از این توالی معرفی کرده‌اند و سن عضو اول سازند کتکویه را اردویسین پیشین دانسته‌اند. [۵۶] ۵ جنس از کنودونت‌های ریپیدوگناتید اردویسین را از استرالیا و شرق ایران مرکزی گزارش کرده‌اند.

[۱۰] به معرفی ۲۰ گونه از تریلوبیت‌های اردویسین سازند شیرگشت (ترمادوسین) در کوه‌های درنجال و سازند کتکویه به سن آرنیگین از منطقه کرمان (شرق ایران مرکزی) و سازند لشکرک در کوه‌های البرز به سن ترمادوک پرداخته‌اند. [۳۵] در بررسی کنودونت‌های اردویسین سازند کتکویه در برش کوه‌بنرگ، هورست کلمرد (غرب طبس) آن را معادل توالی سازند شیرگشت در بلوک طبس دانسته که به صورت ناپیوستگی زاویه‌دار روی سازند کلمرد قرار گرفته و با ناپیوستگی فرسایشی توسط سازند گچال (کربنیفر) پوشانده شده‌است را معرفی نموده‌اند. سازند کتکویه در این برش با ضخامت ۲۱۴/۸ متر به سه عضو سنگ‌چینه‌ای تقسیم و ۶ جنس و ۱۴ گونه شناسایی، که تعدادی از آنها برای اولین بار از ایران گزارش گردیده‌است. [۸] به معرفی فونا‌های براکیوپودا، دوکفه‌ای، گاستروپودا، بریوزوا، سفالوپودا، اسکلوکنودونت، کیتینوزوا و کنودونت‌های اردویسین بالایی سازند کتکویه در شرق و جنوب شرق زرند پرداخته‌اند [۸] فونا‌های اردویسین زیرین از ناحیه طبس و دامغان را گزارش نموده‌اند و به اهمیت بیوزئوگرافی آنها پرداخته‌اند. [۱۶] به مطالعه زیست‌چینه‌نگاری برش الگوی سازند شیرگشت

براساس کنودونت‌ها پرداخته و این برش را با واحدهای هم‌ارز در فرازین کلمرد (برش میوگدار) مقایسه کرد. [۱۳] به مطالعه و شناسایی ۷ نمونه از گاستروپودهای شرق ایران مرکزی در کرمان (مناطق بنستان، کتکویه و گزوئیه) پرداخته و دوگونه جدید به نام‌های *Slehofovia pachyta* و *Nonorios Kleistos* معرفی نموده‌اند. [۱۶] نیز کنودونت‌های به دست آمده از برش میوگدار را در قالب بایوزون‌های *proteus* و *deltifer*، *Cordylodus spp.* زون‌بندی و سن این توالی را ترمادوسین‌پیشین تا آرنیگین پسین [انتهای فلووین - داپینگین پیشین] در نظر گرفته‌اند. [۱۶] زیست‌چینه‌نگاری سازند شیرگشت در کوه‌های کلمرد واقع در جنوب باختری طبس بر اساس کنودونت را انجام داده‌اند. سازند شیرگشت در این برش عمدتاً از واحدهای سنگی آواری تشکیل شده و به صورت دگرشیب بر روی واحدهای سنگی سازند کلمرد منتسب به پرکامبرین قرار گرفته است و خود توسط توالی‌های سنگی سازند گچال به سن کربونیفر پوشیده می‌شود. مطالعه کنودونت‌های سازند شیرگشت در این برش حاکی از سن اردویسین‌پیشین برای این سازند است. در این برش زیست‌زون تجمعی کنودونتی در توالی‌های اردویسین‌پیشین شناسایی و معادل زون‌های *Delifer*، *Cordylodus spp.* و *Proteus* هستند. اولین گزارش از کنودونت‌های ترمادوسین (اردویسین زیرین) و استفاده از آنها برای تعیین مرز کامبرین-اردویسین در ده‌ملا، البرزشرقی، ایران توسط [۲۴] انجام شده‌است. در این پژوهش برای اولین بار مجموعه‌ای از کنودونت‌های بایوزون *Paltodus deltifer* از نهشته‌های اردویسین‌زیرین در ناحیه مذکور بدست آمده‌اند.

در مطالعه [۳۸] توالی سازند کتکویه در برش شبجره کرمان، ضمن معرفی گونه جدیدی به نام *Martellia shabdjerhensis* از بازوپایان، سن این توالی را دارویلین (اردویسین‌میانی) معرفی کرده‌اند. [۲] با مطالعه پالینواستراتیگرافی رسوبات ناحیه علی‌آباد گرگان و واحدهای سنگ‌چینه‌ای پالئوزوئیک زیرین شامل سازندهای لالون، آبستو و ابرسج، سن سازند آبستو را که دارای آکریتارش فراوان می‌باشد اردویسین زیرین و سازند ابرسج را اردویسین‌بالایی پیشنهاد کرده‌است. [۲۶] از دیدگاه رسوب‌شناختی با مطالعه دیاژنز و بررسی ژئوشیمیایی رخساره‌های سیلیسی آواری منتسب به اردویسین در کوه‌های راهدار (بلوک کلمرد)، خاستگاه، جایگاه تکتونیک و شرایط آب‌وهوایی دیرینه ناحیه منشأ را تعیین کرده‌اند. [۹] بررسی اثر سنگواره‌های موجود در توالی سازند شیرگشت در کوه‌های راهدار (بلوک کلمرد)، سن اردویسین‌پیشین تا میانی را برای آن پیشنهاد کرده است. [۲۴] بررسی روی لایه‌های رسوبی مرز کامبرین-اردویسین در برش کلات، درکپه‌داغ باختری، که بیشتر متشکل از یک توالی یکنواخت از رسوبات آواری ریزدانه آرژیلیتی با میان‌لایه‌های آهکی صدف‌دار است و در یک محیط فلات‌قاره یا شلف بیرونی ته‌نشین شده‌اند را انجام داده‌اند. در محدوده این مرز، توالی کاملی از زیست‌زون‌های کنودونتی *Cordylodus lindstromi*، *Cordylodus intermedius* و *Cordylodus angulatus* دیده می‌شود. [۱۸] درکوه‌های درنجال نزدیک طبس، هشت گونه از استراکود را از افق‌های بالایی این سازند توصیف کرده‌اند این‌درحالی‌است که [۵۰] بیش از ۴۰ گونه را از سطوح پایین سازند در بخشی از برش شرق انارک ثبت نموده‌اند. [۴۶] بریوزون‌های اردویسین پسین (کارادوک) را از دو لایه در این سازند، عمدتاً از محلی در تنگه گزویه که

همچنین بریوزوئرها را از واحد B در بنستان توصیف نموده اند.



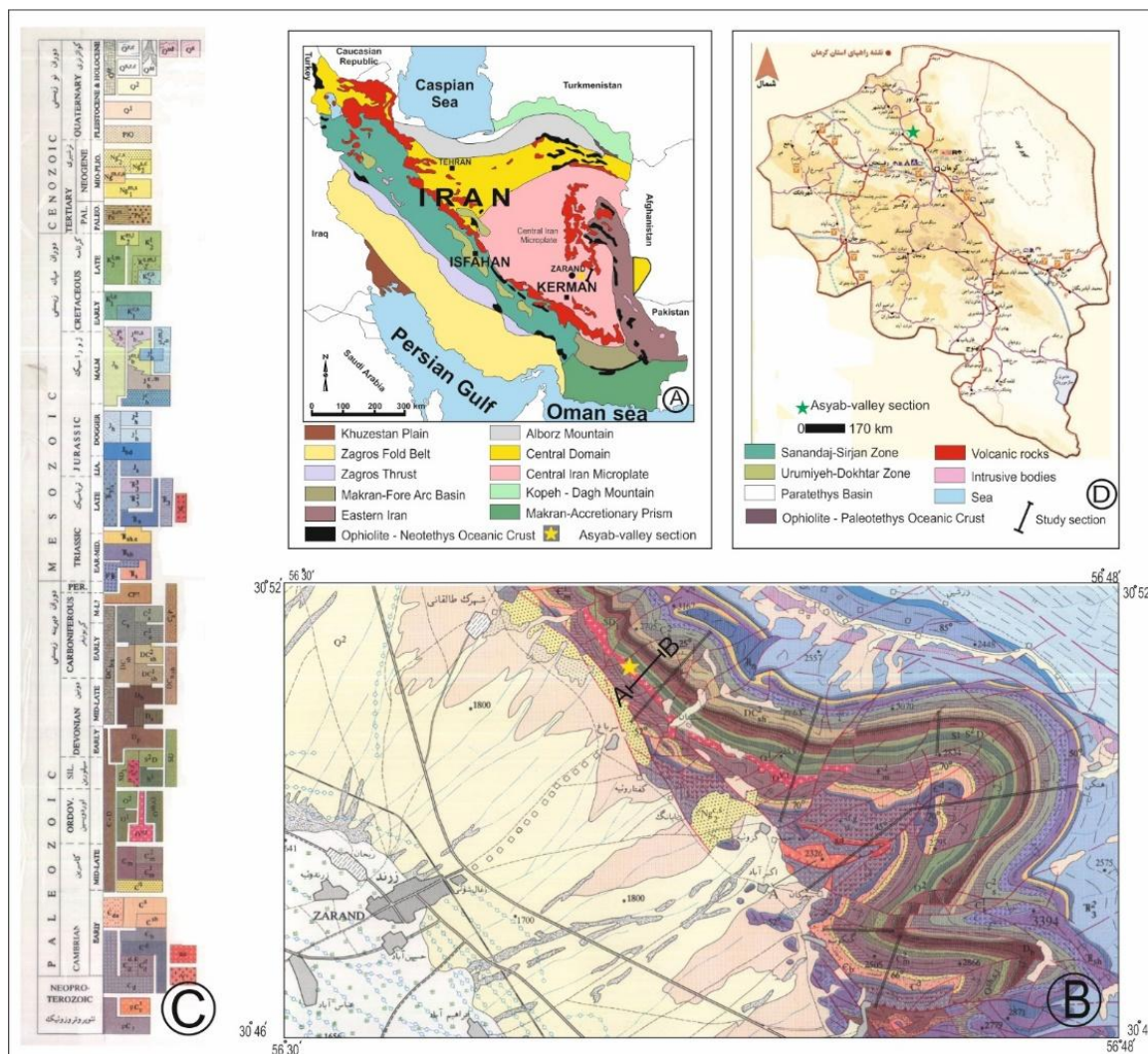
شکل ۱- راندگی نهشته های کامبرین سازند کوهبنان بر روی واحد مارن قرمز رنگ سازند کتکویه در محدوده برش مورد مطالعه (دو دایک در تصویر مشاهده می گردند که مارن های قرمز سازند کتکویه را قطع می نمایند). مقیاس بصورت خطی نشان داده شده است



شکل ۲- نمای پانورامیک از سازند کتکویه در پائین و سازند شبحره در بالا

## ۲- موقعیت برش مورد مطالعه

بر اساس نوشته‌های [۲۳] و [۱]، توالی‌های پالئوزویک پیشین در ۱۲ کیلومتری شرق زرنند، محدود شده است. مختصات برش دره آسیاب: قاعده برش  $30^{\circ} 51' 68''$  شمالی و  $56^{\circ} 39' 36''$  شرقی و رأس برش  $30^{\circ} 52' 17''$  شمالی و  $56^{\circ} 39' 42''$  شرقی می‌باشد. برش مورد مطالعه (دره آسیاب) در بلوک یزد، واقع در ۶۵ کیلومتری شمال غرب کرمان و ۱۲ کیلومتری شمال غرب شهر زرنند (شرق خرده قاره‌ی ایران مرکزی) در شرق سیستم گسلی کوهبنان قرار دارد (شکل های ۲-۳).



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه. A- نقشه زمین‌شناسی ایران و موقعیت برش مورد مطالعه، B و C- نقشه زمین‌شناسی طاقدیس زرنند و محل برش مورد مطالعه برگرفته از Vahdati Daneshmand 1995 و D- نقشه راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه. بختیاری (۱۴۰۱).

### ۳- مواد و روش‌ها

۱۴ نمونه سنگ آهک کنودونتی هرکدام ۵ تا ۶ کیلوگرم از سازند کتکویه در برش دره آسیاب جمع‌آوری شد. نمونه‌ها خرد و در اسیداستیک رقیق شده (۲۰٪) با پیروی از تکنیک‌های استاندارد بازبایی کنودونت [۵۴] حل شدند و ۶۸۰ عنصرکنودونت به دست آمد. نمونه‌های کنودونت معمولاً کامل یا کمی تکه‌تکه هستند، اما بسیار ظریف و شکننده می‌باشند. بنابراین، بسیاری از آنها در طول فرآیند بازبایی شکسته شدند. نمونه‌ها وقتی در نور عبوری مشاهده می‌شوند مشکی براق (CAI= 5) هستند [۱۴]. تصاویر نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی در آزمایشگاه دانشگاه اصفهان و همچنین آزمایشگاه

پژوهشی متالورژی رازی تهران، تهیه شد. عناصرکنودونتی در دانشگاه اصفهان با شماره های اختصاری UIMC (کد موزه دانشگاه اصفهان) نگهداری می شوند. در مجموع از این برش ۱۱ جنس و ۱۷ گونه از کنودونت ها به دست آمد.

#### ۴- سنگ شناسی سازند کتکویه

ضخامت بیرون زدگی های نهشته های اردوئیسین برش دره آسیاب ۱۵۴/۴ متر است. سازند کتکویه در این برش تناوبی از ماسه سنگ ها، گل سنگ ها، شیل، توف ماسه ای، پیروکلاستیک ها و آهک های نازک لایه می باشد (شکل ۴ و ۵). لایه های آهکی دارای گاستروپودا، نشان دهنده ی یک محیط کم عمق هستند. شیل های سبز کم رنگ نشان دهنده ی پیشروی دریای کم عمق است. همچنین سکانس شیل - ماسه سنگ یک سکانس پیشرونده می باشد و وجود ماسه سنگ های قرمز ریز دانه، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا در پایین ترین بخش سازند (واحدهای ۱ تا ۵) نمایانگر رخساره ی پسرونده است. مرز پایین و بالایی این برش با سازندهای کوهبنان و شبجره به صورت پیوسته و هم شیب می باشد. واحدهای سنگ شناسی اندازه گیری شده در سازند کتکویه در برش دره آسیاب در این مطالعه از بالا به پایین به شرح زیر می باشد.

واحد ۱-۳ متر؛ ماسه سنگ کوارتزیتی.

واحد ۲-۲۰ متر؛ توف ماسه ای پیروکلاستیک سبز رنگ با میان لایه های شیل سبز رنگ.

واحد ۳-۳ متر؛ ماسه سنگ کوارتزیتی.

واحد ۴-۱۸ متر؛ توف ماسه ای پیروکلاستیک سبز رنگ با میان لایه های شیل سبز رنگ.

واحد ۵-۶ متر؛ سیلتستون، گل سنگ کربناته و سنگ آهک آرژیلیتی.

واحد ۶-۱۵ متر؛ توف ماسه ای بازالتی.

واحد ۷-۱۷ متر؛ سیلتستون قرمز رنگ.

واحد ۸-۵ متر؛ شیل کربناته خاکستری، با میان لایه های نازک از سنگ آهک و دولومیت.

واحد ۹-۳ متر؛ گل سنگ سیلتی و شیل قرمز رنگ.

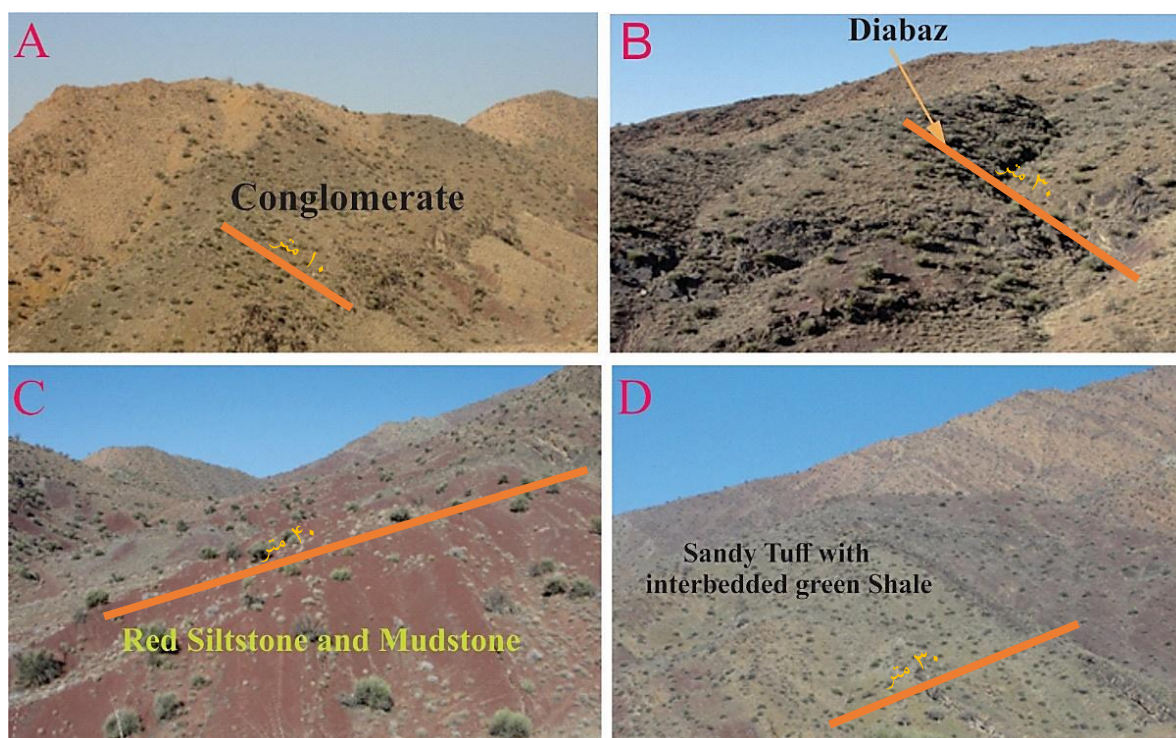
واحد ۱۰-۴ متر؛ سیلتستون و گل سنگ قرمز.

واحد ۱۱-۲ متر؛ دیاباز.

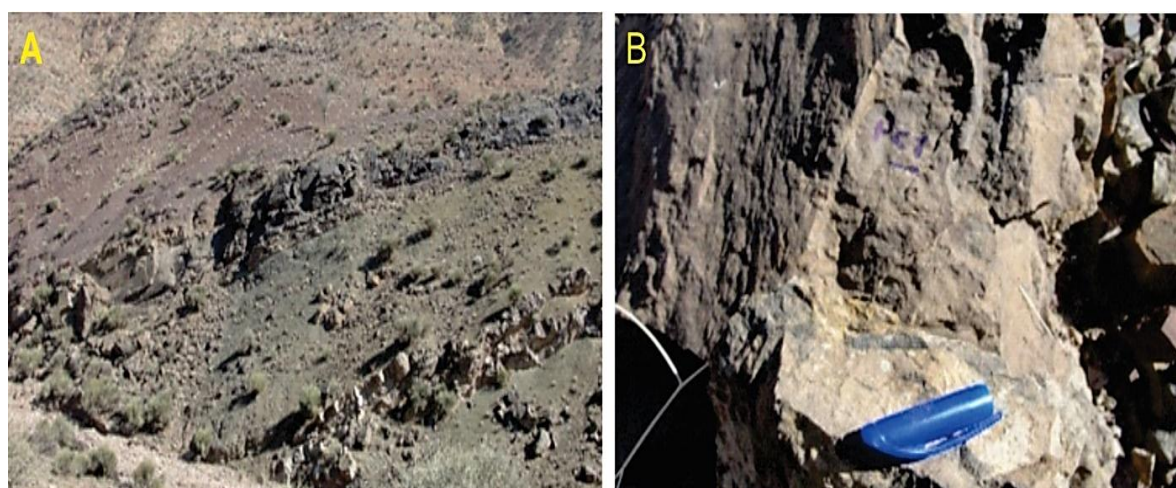
واحد ۱۲-۳ متر؛ کنگلومرا.

واحد ۱۳-۲ متر؛ ماسه سنگ و دولومیت.

واحد ۱۴-۱/۲ متر؛ توف ماسه ای ریز تا متوسط، خاکستری کم رنگ.



شکل ۴-۱: A: لایه‌ی کنگلومرا؛ B: لایه‌ی دیاباز؛ C: لایه‌ی سیلتستون و گل سنگ‌فرمز؛ D: نمایی از توف‌های سبزرنگ. همگی در برش دره- آسیاب نگاه به شرق.



شکل ۴-۲: A و B لایه‌های سنگ آهک در برش دره آسیاب.

## ۵- بیواستراتیگرافی کنودونت‌ها

تنها مطالعه مستند درباره کنودونت‌های اردوئیسین بلوک کلمرد به دو مقاله منتشر شده در بخش جنوبی این بلوک در ناحیه زرنند کرمان [۵۶] و واحدهای معادل آن در بخش شمالی بلوک یاد شده [۱۶] مربوط است؛ اگرچه پیش از این، [۳۲] و سپس [۱۶]



کنودونت های اردویسین برش الگوی سازند شیرگشت را مطالعه و زون بندی کرده اند. [۵۶] با مطالعه کنودونت های *Rhipidognathid* بدست آمده از بخش پایینی سازند کتکویه در محل برش الگو گونه *Bergstroemognathus hubeiensis* را از این توالی معرفی کرده اند و سن عضو اول سازند کتکویه را اردویسین پیشین دانسته اند.

[۱۶] با بررسی و آنالیز کنودونت های بدست آمده از برش میوگدار را در قالب بیوزون های *Proteus* و *Cordylodus spp.deltifer* زون بندی و سن توالی را ترمادوسین پیشین تا آرنیگین پسین [انتهای فلووین-دایپینگین پیشین؟] در نظر گرفته اند.

در برش دره آسیاب بر اساس حضور گونه های مهم و شاخص در زیست چینه نگاری، سه گستره کنودونتی مشخص گردیده است (پلیت های ۶-۱۱). این سه بیوزون عبارتند از:

۱) *Rossodus manitouensis/Paltodus deltifer Concurrent Range Zone* (پایین ترین بخش ترمادوسین-پسین؛ اردویسین پیشین)

۲) *Juanognathus variabilis Range Zone* (فلووین؛ اردویسین پیشین)

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

#### ۱-۵ - *Rossodus manitouensis/Paltodus deltifer Concurrent Range Zone*

نمونه های پایین تر (F1-F3) از برش دره آسیاب حاوی فونای کنودونتی نسبتاً غنی، از جمله گونه های شاخص *Acanthodus lineatus*, *Baltoniodus cf. triangularis*, *Parapaltodus simplicissimus*, *Rhipidognathus extensus*, *Bergstroemognathus extensus*, *Paltodus deltifer pristinus*, *Paltodus deltifer deltifer*, *Paltodus subaequalis*, *Drepanoistodus basiovalis*, *Drepanoistodus forceps* و *Drepanoistodus arcuatus* می باشد. مرز پایینی این زیست زون با گونه *Acanthodus lineatus* و *Rossodus manitouensis* می باشد و مرز بالایی آن با اتقراض گونه *Rossodus manitoensis* می باشد.

در توالی های حاشیه ای و شلف باز آمریکای شمالی، زون *R. manitouensis* [۲۶] *R. manitouensis* گسترش می یابد به عنوان مثال [۴۱، ۴۶]. زون *R. manitouensis* معادل فون C در بین پنج بازه کنودونتی در اردویسین پایینی آمریکای شمالی است [۱۵] *Rossodus manitouensis* معمولاً در ترمادوسین بریتیش کلمبیا، کلرادو، نوادا، نیوفاندلند، نیویورک، نوناووت، کبک، تگزاس و سونورا وجود دارد [۴۲، ۲۷، ۴۲، ۵۱، ۲۵، ۵۳، ۴۱، ۴۸، ۵۵]

#### ۲-۵ - *Juanognathus variabilis Range Zone*

نمونه F4 از برش دره آسیاب، مجموعه ای معمولی از مناطق آب معتدل از فلوئین، مانند پرکوردیلرای آرژانتین و سایر بخش های لورنتیا می باشد که با چند عنصر شاخص کنودونتی مشخص می شوند:

*Juanognathus variabilis Serpagli* و *Bergstroemognathus extensus* (Graves & Ellison) این فاصله تقریباً با سازند Acoite در نهر Aguas Blancas، در حوزه آب سرد اردویسین Cordillera Oriental آرژانتین [۵] ارتباط دارد.

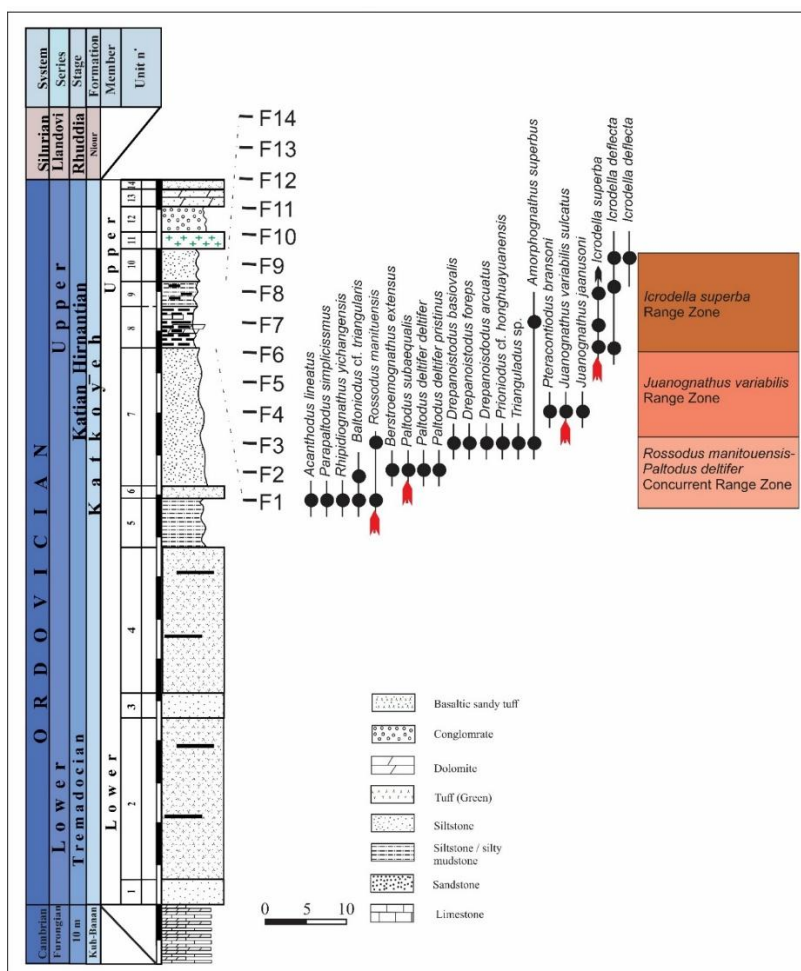
*Bergstroemognathus extensus* دارای محدوده زیست چینه شناسی است که از بالاترین بخش ترمادوسین پسین، زون *Triangulodus bifidus* در جنوب چین [۵۵] تا بالاترین بخش فلووین پسین، زون *O.intermedius* در پرکوردیلرای

زیست چینه نگاری نهشته‌های سازند کتکویه در برش دره آسیاب...

آرژانتین [۳۰، ۳۱، ۳۴] گسترش یافته است. [۵۶] نمونه‌های سازند کتکویه را به‌عنوان *B. hubeinensis* (An) توصیف کردند، اگرچه این گونه بعداً با *B. extensus* مترادف شد [۵۷].

### ۳-۵- *Icriodella superba* Range Zone

نمونه F5-F8 از برش دره آسیاب توسط *Icriodella superba* Rhodes فراوان مشخص می‌شود. جنس *Icriodella* در اردوئین پسین رایج است و تا فاصله مرزی ونلوکین-لاندوورین را شامل می‌گردد به عنوان مثال: [۲۹]. به طور خاص، *I. superba* از کاتین آمریکای شمالی [۲۸]، اروپا [۴۹] و پرکوردیلرای آرژانتین [۳۷] به خوبی شناخته شده‌است. توزیع فراوانی گونه‌های به دست آمده در برش دره آسیاب در جدول ۵-۱ نشان داده شده‌است.



شکل ۵- ستون زیست چینه‌ای برش دره آسیاب همراه با زون بندی کنودنت‌ها

sample	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
species								
<i>Acanthodu lineatus</i>								16
<i>Amorphognathus sp.</i>			7					
<i>Baltoniodus cf. triangularis</i>		78	65					
<i>Bergstroemognathus extensus</i>				32				
<i>Drepanoistodus basiovalis</i>				123				

<i>Drepanoistodus forceps</i>	69		
<i>Drepanoistodus arcuatus</i>	27		
<i>Icriodella deflecta</i>		39	8
<i>Icriodella cf. discreta</i>			6
<i>Icriodella superba</i>		17	7 11
<i>Juanognathus variabilis</i>	3		
<i>Juanognathus jaanssoni</i>	16		
<i>Parapaltodus simplicissimus</i>	9		
<i>Paltodus deltifer deltifer</i>	23		
<i>Paltodus deltifer pristinus</i>	18		
<i>Paltodus subequalis</i>	21		
<i>Pteracontiodus bransoni</i>		19	
<i>Trianguladus sp.</i>	3		

جدول ۱- توزیع گونه‌های برش دره آسیاب

## ۶- نتیجه گیری

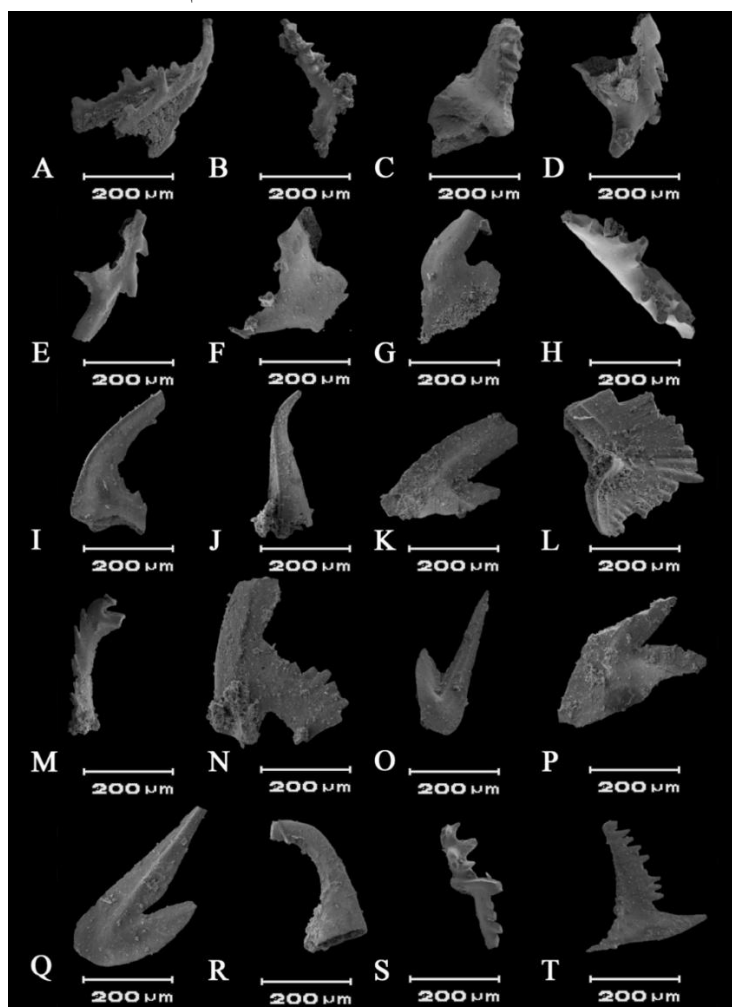
تغییرات نسبی سطح آب دریاها تأثیر شگرفی بر شکوفایی و یا انقراض موجودات زنده داشته و آنچه در پالئوزوئیک پیشین اتفاق افتاده است، نمونه بسیار ارزشمندی در این زمینه است. پیشروی سطح آب دریاها در پالئوزوئیک پیشین (در قالب چرخه رسوبی رده اول) بسیار گسترده بوده و بسیاری از فرازمین‌های قدیمی را در سرتاسر زمین فراگرفته است. از سویی، این پیشروی همخوانی جالب توجهی با توسعه چشمگیر حیات دریایی دارد که در آغاز دوره کامبرین با نام انفجار حیاتی<sup>۱</sup> و در آغاز اردوویسین با نام رویداد تنوع زیستی بزرگ<sup>۲</sup> خوانده می‌شود. هم‌زمان با توسعه دریاها، تنوع زیستی دریایی در طول دوره اردوویسین به طور درخور توجهی افزایش یافته و پیچیدگی بدنی موجودات زنده دریایی نسبت به گذشته بسیار بیشتر شده است، در مقابل، در انتهای اردوویسین و هم‌زمان با رویداد یخچال‌زایی هیرنانتین و کاهش مشخص سطح نسبی آب دریاها، انقراض انبوهی روی داده است که به انقراض هیرنانتین مشهور است. زمین‌شناسی پالئوزوئیک پیشین ایران متأثر از حوادث یاد شده است و هم‌زمان با پیشروی جهانی سطح آب دریاها در آغاز اردوویسین، سرزمین‌های ایرانی پری‌گندوانایی تحت تأثیر این رویداد قرار گرفته‌اند؛ به طوری که بسیاری از فرازمین‌های قدیمی منسوب به پرکامبرین به زیر آب رفته‌اند. به طور کلی مجموعه کنودونت‌های به دست آمده از برش دره آسیاب بیانگر وجود رسوباتی با سن اردوویسین میانی-بالایی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. با مقایسه برش‌های مورد مطالعه با نواحی البرز شرقی (میلاکوه، سیمه‌کوه، ده‌ملا) و ناحیه طبس (شیرگشت، کوه‌بزرگ، میوگدار) و منطقه انارک (پل‌خاوند، چاه‌گنبد) مشخص گردید که به غیر از سازند چاه‌گنبد در ناحیه انارک که سن کاتین میانی-پسین تعیین گردیده، در بقیه‌ی مناطق نهشته‌های اردوویسین دارای سن اردوویسین پیشین (ترمادوسین - فلوین) می‌باشند.

<sup>1</sup> Cambrian Explosion

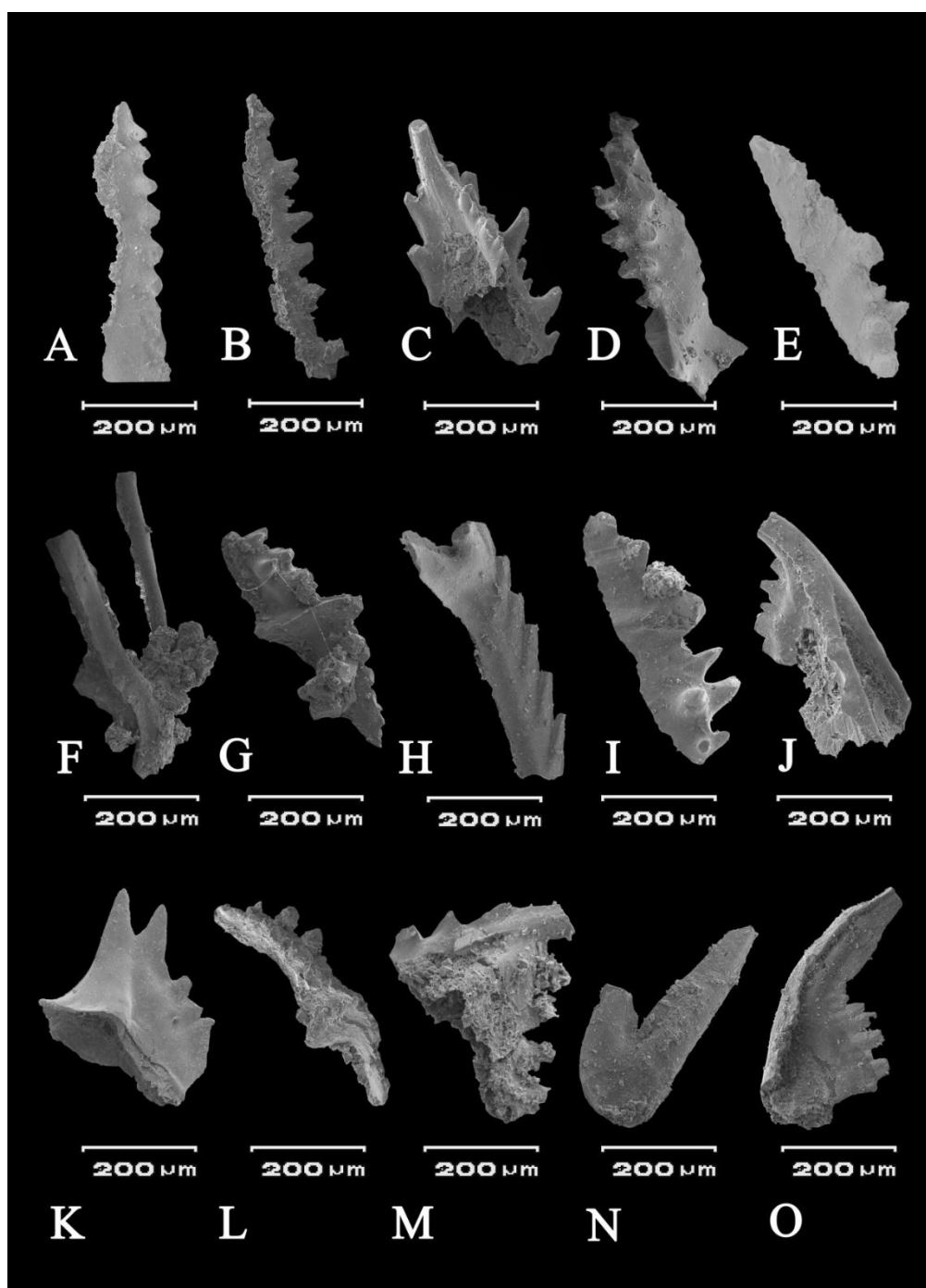
<sup>2</sup> Ordovician Biodiversification Event

از آنجایی که به طور کلی، جنس *Icriodella* عادت به زیست در شلف‌های کم عمق و محیط‌های نسبتاً پر انرژی داشته و در برش مورد مطالعه این جنس به صورت غالب وجود دارد، لذا در منطقه مورد مطالعه (دره آسیاب) شلف کم عمق نسبتاً پر انرژی بوده است.

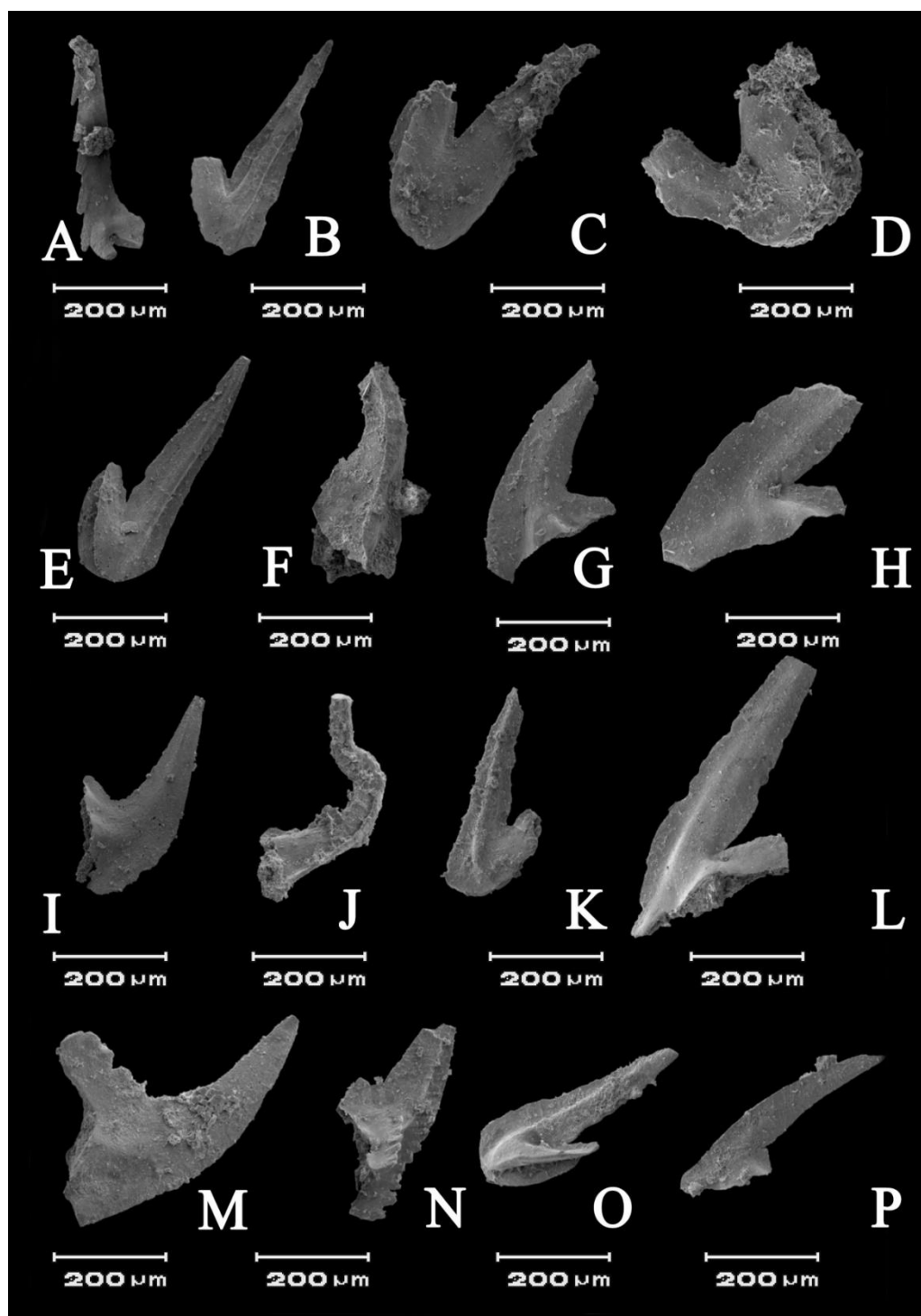
کنودونت‌های بازبایی شده در تمام برش‌ها و نمونه‌ها دارای رنگ سیاه براق (CAI=5) می‌باشند. در نتیجه دارای تاریخچه‌ی حرارتی بالایی (بیش از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد) هستند. فونای متنوع فلوین از سازند کتکویه به ما این امکان را می‌دهد که شباهت‌های جغرافیایی دیرینه‌ای را با پرکوردیلرا، و حوضه آند مرکزی در شمال غربی آرژانتین، و همچنین با حوضه‌های قاره میانی آمریکای شمالی و اقیانوس اطلس شمالی، و چین جنوبی پیشنهاد نماییم.



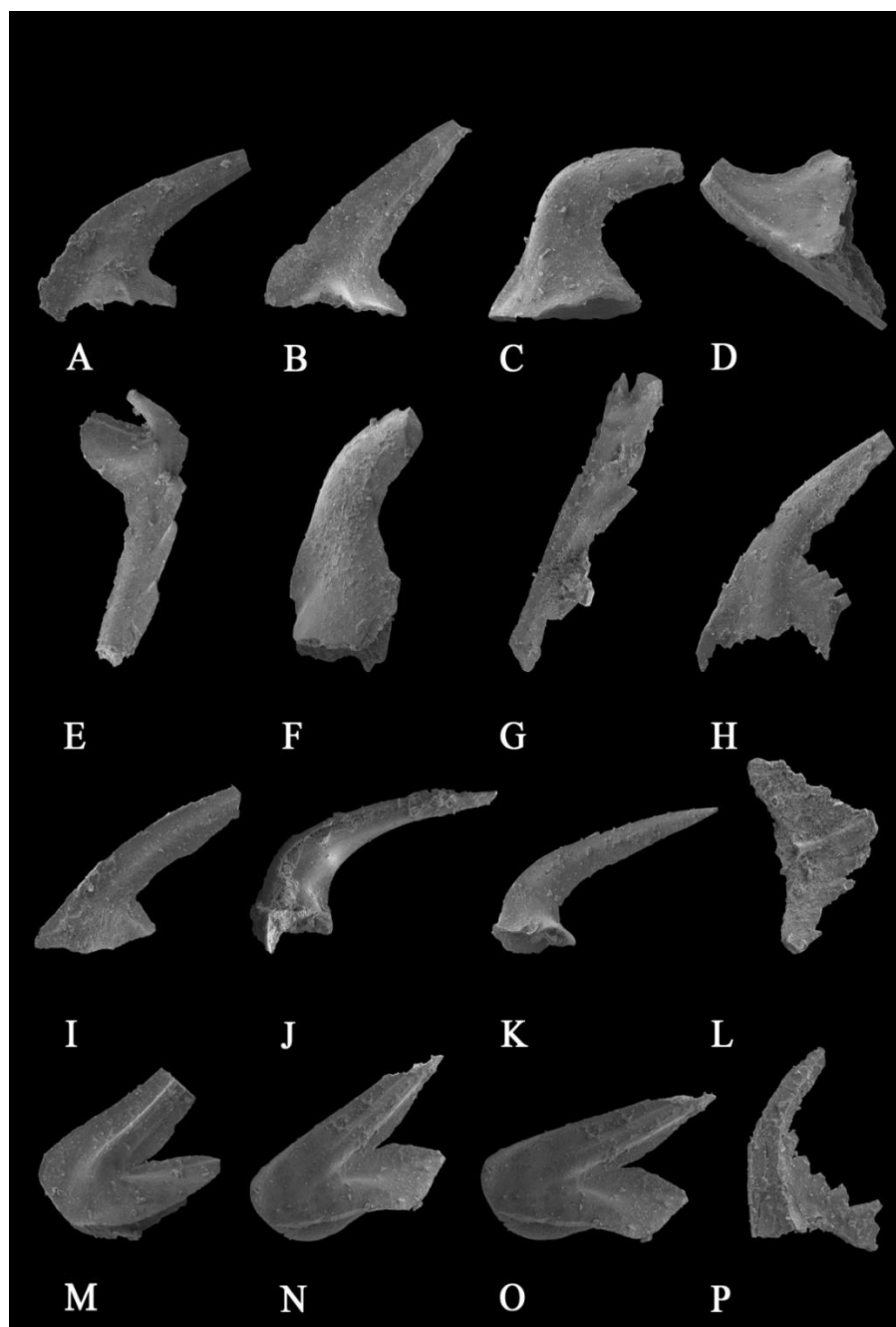
**Figs. A, H, S- *Icriodella superba* Rhodes, 1953;** M element, sample F7, UIMC 100; 101, 102; **Fig. B- *Icriodella deflecta* Aldridge, 1972,** Pa element, sample F6, UIMC 103; **Fig. C- *Baltoniodus* cf. *triangularis*, Lindström, 1954;** Sb element, sample F2, UIMC 104; **Figs. D, E- *Amorphognathus* sp.,** Pb element, sample F7, UIMC 105; **Figs. F, G - indeterminate *Icriodella* elements;** M? element, sample F7, UIMC 106; **Fig. I - *Prioniodus* cf. *honghuayuanensis* Zhen et al., 2005;** Sa element, sample F3, UIMC 107; **Fig. J - *Juanognathus variabilis sulcatus* Voldman & Mango;** Sba element, sample F4, UIMC 108; **Fig. K - *Rossodus manitouensis* Repetski & Ethington, 1983;** M element, sample F3, UIMC 109; **Fig. L - *Rhipidognathus yichangensis*, Ni, 1981;** Sa element, sample F1, UIMC 110; **Fig. M - *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941;** M element, sample F2, UIMC 111; **Fig. N - *Icriodella superba* Rhodes, 1953;** M element, sample F5, UIMC 112; **Figs. O, P, Q - *Drepanoistodus basiovalis* Sergeeva, 1963;** (O)- M element, sample F3, UIMC 113, (P)- Sa element, sample F3, UIMC 114, (Q)- P element, sample F3, UIMC 115; **Fig. R - *Acanthodus lineatus* (Furnish, 1938);** subrounded element, sample F1, UIMC 117; **Fig. T - indeterminate *Icriodella* elements;** M? element, sample F7, UIMC 118



**Figs. A, B, C, J-** indeterminate *Icriodella* elements; M? element, sample F7, UIMC 129, 130, 131; **Fig. D -** *Icriodella deflecta* Aldridge, 1972, Pa element; sample F8, UIMC 132; **Figs. E, G, I-** *Icriodella superba* Rhodes, 1953; M element, sample F8, UIMC 119; 120, 121; **Fig. F -** indeterminate *Icriodella* elements; M? element, sample F7, UIMC 122; **Fig. H -** *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941; M element, sample F2, UIMC 123; **Figs. K, M-** *Amorphognathus superbus*, M element, sample F3, UIMC 124, 125; **Fig. L -** Fig. L- *Icriodella cf. discreta* Pollock et al., 1970, Pa element, sample F8, UIMC 126; **Fig. N -** *Drepanoistodus forceps* Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 127; **Fig. O -** *Prioniodus cf. honghuayuanensis* Zhen et al. 2005; Sa element, sample F3, UIMC 128,



**Figs. A- *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941; M element, sample F2, UIMC 148; Figs. B, C, E - *Drepanoistodus basiovalis* Sergeeva, 1963; (B)- M element, sample F3, UIMC 149, (C)- M element, sample F3, UIMC 150, (E)- M element, sample F3, UIMC 151; Fig. D - indetermined element? sample F3, UIMC 158; Figs. F, N -- *Icriodella superba* Rhodes, 1953; M element, sample F8, UIMC 152, 153; Figs. G, H -- *Paltodus subaequalis* Pander, 1856; Sb element, sample F3, UIMC 154, 155; Fig. J - indetermined element? sample F3, UIMC 154, 156; Fig. L - *Triangulodus* sp., M element, sample F3, UIMC 157; Fig. M - *Prioniodus* cf. *honghuayuanensis* Zhen et al.2005; Sa element, sample F3, UIMC, 157; Fig. O, K- *Drepanoistodus forceps* Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 158, 159; Fig. P - *Triangulodus* sp., M element, sample F3, UIMC 160.**



**A, B** - *Pteracantiodus bransoni*, Ethington and Clark, 1981; (A)- Sc element, sample F3, UIMC 133, (B)- Sc element, sample F4, UIMC 134; **Fig. C** - *Paltodus deltifer pristinus* (Viira, 1970); Sc element, sample F2, UIMC 135; **Fig. D** - *Icriodella superba* Rhodes, 1953; M element, sample F8, UIMC 119; 136; **Figs. E, G** - *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941; M element, sample F2, UIMC 136, 137; **Fig. H, L** - *Rhipidognathus yichangensis*, Ni, 1981; Sa element, sample F1, UIMC 138, 142; **Fig. I** - *Paltodus subaequalis* Pander, 1856; Sb element, sample F3, UIMC 139; **Figs. J, K** - *Juanognathus jaanussoni* (Serpagli, 1974), Sc element, sample F4, UIMC 140, 141; **Figs. M, N, O** - *Drepanoistodus basiovalis* Sergeeva, 1963; (M)- M element, sample F3, UIMC 144, (N)- M element, sample F3, UIMC 145, (O)- M element, sample F3, UIMC 146; **Fig. P** - *Icriodella superba* Rhodes, 1953; M element, sample F8, UIMC 147.

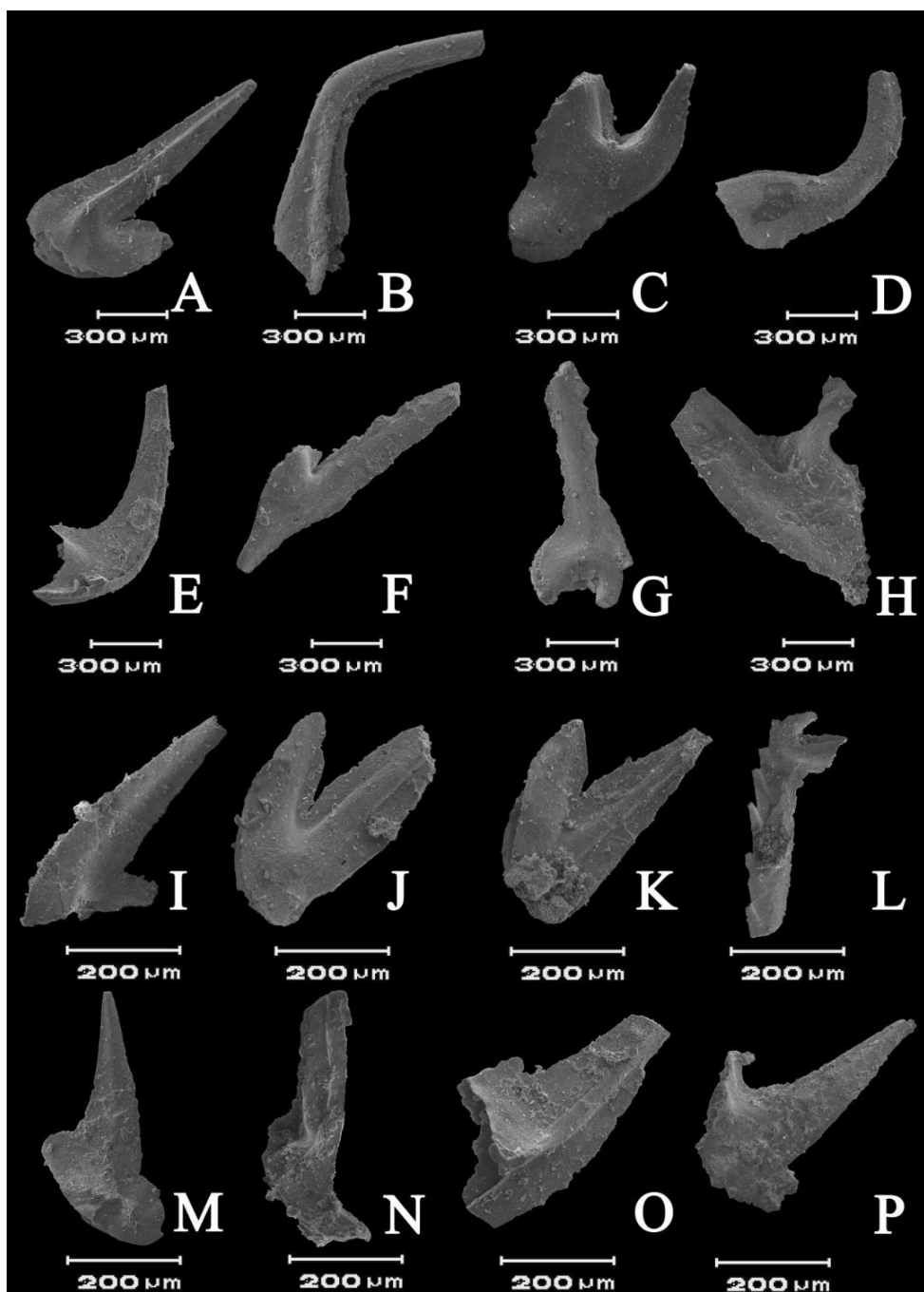
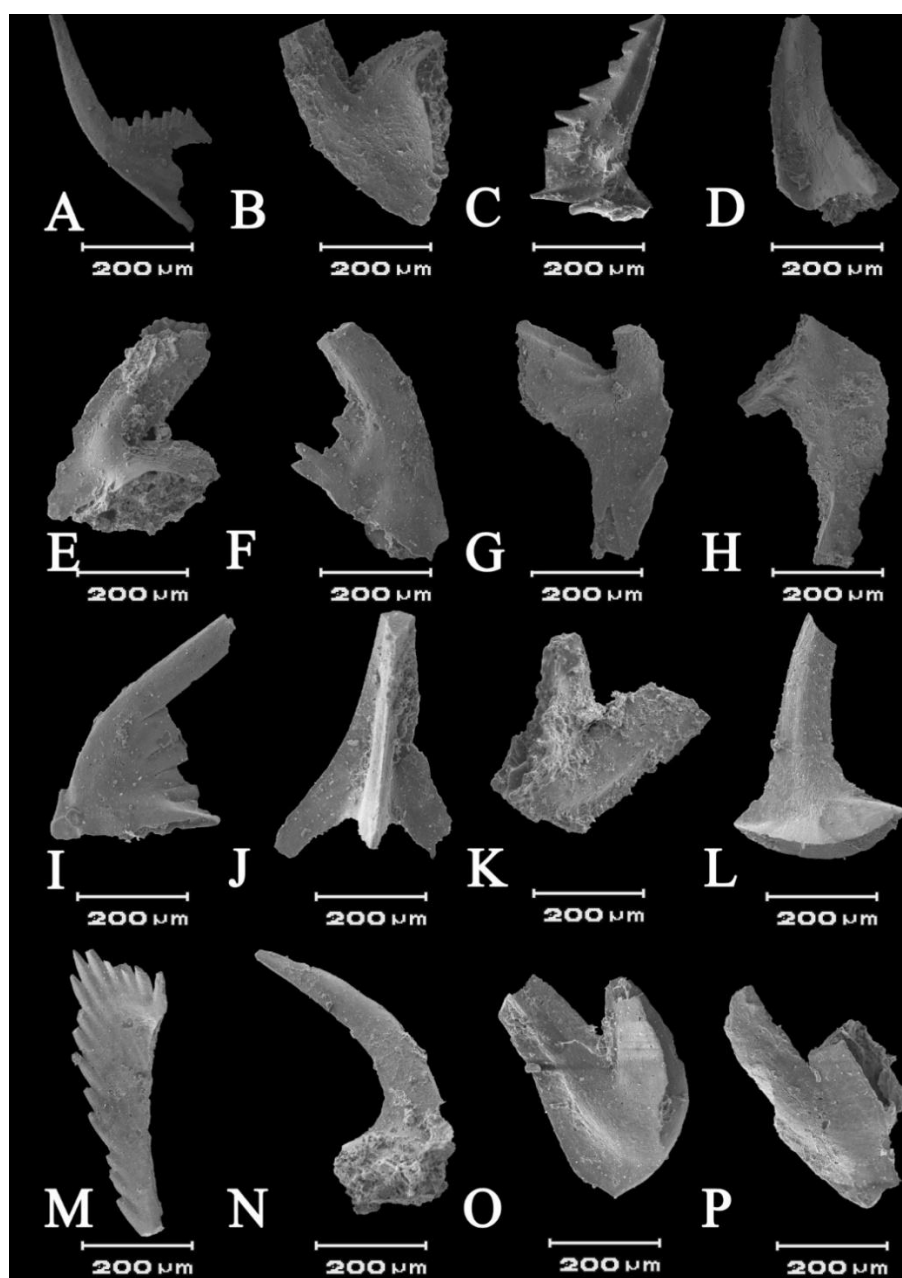


Fig. A – *Drepanoistodus basiovalis* Sergeeva, 1963; M element, sample F3, UIMC 160; Fig. B - *Juanognathus variabilis sulcatus* Voldman & Mango; Sb element, sample F4, UIMC 161; Fig. C - *Icriodella superba* Rhodes, 1953; M element, sample F8, UIMC 162; Fig. D- *Paltodus subaequalis* Pander, 1856; Sb element, sample F3, UIMC 163; Fig. E– *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856 , Pb element, sample F3, UIMC 164; Fig. F– *Triangulodus* sp., M element, sample F3, UIMC 166; Fig. G, L– *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941; M element, sample F2, UIMC 167, 168; Fig. H– *Drepanoistodus* sp. Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 175; Fig. I, P– *Paltodus deltifer deltifer* (Lindström, 1954); (G)- M element, sample F2, UIMC 169; (L)- M element, sample F2, UIMC 170; Fig. J, K– *Drepanoistodus forceps* Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 171, 172; Fig. M, N– indetermined element? sample F2, UIMC 173, 174; Fig. O– *Baltoniodus* cf. *triangularis*, Lindström, 1954 ; Sb element, sample F1, UIMC 179.





Figs. A, I, F- *Prioniodus cf. honghuayuanensis* Zhen et al.2005; Sa element, sample F3, UIMC, 178, 179, 180; Fig. B- *Paltodus deltifer deltifer* (Lindström, 1954); M element, sample F2, UIMC 183; Fig. C- – indetermined element? sample F3, UIMC 154, 156; Figs. D, J- *Rossodus manitouensis* Repetski & Ethington, 1983; (D)- M element, sample F1, UIMC 184; (J)- Sa element, sample F1, UIMC 185; Fig. E- *Amorphognathus* sp., Sb element, sample F7, UIMC 186, Fig. G-- *Bergstroemognathus extensus*, Graves and Ellison, 1941; M element, sample F2, UIMC 187; Fig. H- *Parapaltodus simplicissimus*, Stouge, 1984, P element, sample F2, UIMC 189; Fig. L- *Drepanoistodus forceps* Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 190; Fig. M- *Rhipidognathus yichangensis*, Ni, 1981; Sa element, sample F1, UIMC 191; Figs. N, K- *Drepanoistodus* sp. Lindström, 1954; M element, sample F3, UIMC 192, 193; Fig. O- *Drepanoistodus basiovalis* Sergeeva, 1963; M element, sample F3, UIMC 194; Fig. P – indetermined element? sample F4, UIMC 154, 156;

## سپاس و قدردانی

این پژوهش با حمایت های مالی و لجستیکی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان و گروه زمین شناسی این دانشگاه انجام گردیده است. همچنین از داوران مقاله خانم ها دکتر الهه ستاری (مدیر اجرایی مجله زمین شناسی نفت ایران) و دکتر طاهره پرویزی (فارغ التحصیل دکتری چینه و فسیل شناسی دانشگاه اصفهان) تشکر و قدردانی می گردد.

## منابع فارسی

- [۱] وحدتی دانشمند، ف.، ۱۳۷۴، گزارش نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰. ازرنند، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره برگه: ۷۳۵۱.
- [۲] حسین زاده مقدم، م.س.، ۱۳۸۷، پالینوستراتیگرافی رسوبات پالئوزوئیک ناحیه علی آباد گرگان، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- [۳] پورصالحی، ف.، بهرامی، ع.، عامری، ح.، گابریل ولدیمان، گ.، ۱۴۰۲، زیست چینه نگاری نهشته های سازند کتکویه در برش گزوئیه، شمال غرب کرمان (جنوب شرق زرنند) براساس فونای کنودونتی، مجله زمین شناسی نفت ایران، ۱۲(۲۴) ۱-۱۸.

## منابع انگلیسی

- [4] AGHANABATI, A., 1977, Etude geologique de la region de Kalmard (W. Tabas). Geological Survey of Iran, Report No. 35: 1-230
- [5] ALBANESI, G.L., RUEDA, E.K., ORTEGA, G., MONALDI, C.R., 2020, Age correlations for the Acoite Formation (Lower Ordovician) at Aguas Blancas Creek in the Cordillera Oriental of Jujuy Province, Argentina. *Alcheringa* 44 (4), 484–495. DOI. 10.1080/03115518.2020.1853235.
- [6] ALDRIDGE, R.J., 1972, Llandovery conodonts from the Welsh Borderland. *Bulletin of the British Museum Natural History (Geology)* 22(2), 125–231.
- [7] 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.
- [8] BASSETT, M.G., DASTANPOUR, M., POPOV, L.E., 2004, Late Ordovician faunas of Kerman Province, east-central Iran. In: Hints, O., Ainsaar, L. (Eds.), *WOGOGOB-2004 Conference Materials*. Tartu University Press, Tartu, 16–17.
- [9] BAYET-GOLL, A., MOUSSAVI HARAMI, R., MAHBOUBI, A., 2013, The trace fossil *Cruziana* and *Rusophycus*: A study from the Ordovician succession of Kalmard block, central Iran. *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 87:101-112.
- [10] BRUTON, D. L., WRIGHT, A. J. and HAMED, M.A., 2004, Ordovician trilobites of Iran. *Palaeontographica A* 271, 111-149.
- [11] COCKS, R.L. and TORSVIK, T.H., 2020, Ordovician palaeogeography and climate change. *Gondwana Research* 100 (2021) 53–72.
- [12] DRONOV, A., 2005, Introduction to the geology of the St. Petersburg region. In: Dronov, A., Tolmacheva, T.J., Raevskaya, E., Nestell, M. (Eds.), *Cambrian and Ordovician of St. Petersburg Region—Guidebook of Pre-Conference Field Trip*. St. Petersburg State University, 2–15.
- [13] EBBESTAD, J.O.R., MICHAEL, G., BASSETT, M.G., DASTANPOUR, M., POPOV, L.E., 2008, Ordovician (Caradoc) Gastropoda of the Katkoyeh Formation, Kerman Province, Iran. *Geobios* 41: 605-624.
- [14] 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.

- [15] ETHINGTON, R.L., CLARK, D.L., 1971, Lower Ordovician conodonts in North America. In on Symposium Conodont Biostratigraphy. Edited by W.C. Sweet and S.M. Bergström. Geological Society of America Memoir **127**: 63–82.
- [16] GHADERI, A., AGHANABATI, A., HAMIDI, B., MILLER, J. F., 2008, Biostratigraphy of the Shirgesht Formation in Kalmard mountains in southwest of Tabas with special emphasis on conodonts. *Scientific quarterly journal Geosciences*, **70**:28-37.
- [17] GANSSER, A. and HUBER, H., 1962, Geological observation in the central Elburz, Iran. *Schweizeris chemineralogische und petrographische mitteilungen*, **42**: 593-630.
- [18] 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.
- [19] HAMED, M.A., WRIGHT, A.J., 1992, New data on the Ordovician – Silurian of central Iran. 29th international Geological congress, Kyoto, Japan, 122.
- [20] HAMED, M.A., WRIGHT, A.J., ALDRIDGE, R.J., BOUCOT, A.J., BRUTON, D.L., CHATTERTON, B.D.E., JONES, P., NICOLL, R.S., RICKARDS, R.B., ROSS, J.R.P., 1997, Cambrian to Silurian of East-Central Iran: newbiostratigraphic and biogeographic data. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Monatshefte* **1977** (7), 412-424.
- [21] HAMED, M.A., 1995, Lower palaeozoic sedimentology and stratigraphy of the Kerman region. East-central Iran. -Unpub. Ph.D. thesis, Univ, Wollongong, Australia.
- [22] HAQ, B.U., SCHUTTER, S.R., 2008, A chronology of Paleozoic sea-level changes: *Science*, **322**, 64–68, <https://doi.org/10.1126/science.1161648>.
- [23] HUCKRIEDE .R., KURSTEN .M. and VENZLAFF , H., 1962, Zur geologie des Gebietes zwischen Kerman und Saghand (Iran). *Beihefte zum geologischen Jahrbuch*. **51**, 197.
- [24] JAHANGIR, H., GHOBADIPOUR, M., ASHOURI, A.R., AMINI, A., 2014, Terminal Cambrian and early Ordovician (Tremadocian) Conodonts from Eastern Alborz, north-central Iran. *Alcheringa*, **1**(2): 137-148.
- [25] JI, Z., BARNES, C.R., 1994, Lower Ordovician conodonts of the St. George Group, Port au Port Peninsula, western Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana*, **11**: 1–149.
- [26] KHANEHBAD, M., MOUSSAVI-HARAMI, S.R., SABAGH BAJESTANI, M., 2010, Diagenesis and geochemistry of siliciclastic facies from Ordovician of Rahdar mountain, western Tabas. *Sedimentary Facies*, **3**(1):11-22.
- [27] LANDING, E., BARNES, C.R., STEVENS, R.K., 1986, Tempo of earliest Ordovician graptolite faunal succession: conodont-based correlations from the Tremadocian of Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **23**: 1928–1949.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] MANGO, M., ALBANESI, G.L., 2020, Conodont biostratigraphy and correlation of the San Juan Formation at the Cerro La Silla section, middle Tremadocian-lower Dapingian, Central Precordillera, Argentina. *Andean Geology* **47**(3), 577–598. DOI 10.5027/andgeoV47n3-3271.
- [31] MESTRE, A., HEREDIA, S., MORENO, F., BENEGAS, L., MORFIL, A., SORIA, T., 2020, New insights on Lower Ordovician (Floian) reefs from the Argentine Precordillera: Biostratigraphic, sedimentologic and paleogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences* **103**, art. 102801. DOI 10.1016/j.jsames.2020.102801.
- [32] MILLER, K.G., KOMINZ, M.A., BROWNING, J.V., WRIGHT, J.D., MOUNTAIN, G.S., KATZ, M.E., SUGARMAN, P.J., CRAMER, B.S., CHRISTIE-BLICK, N., PEKAR, S.F., 2005, The Phanerozoic record of global sea-level change. *Science* **310**, 1293–1298.
- [33] MUNNECKE, A., CALNER, M., HARPER, D.A.T. SERVAIS, T., 2010, Ordovician and Silurian sea-water chemistry, sea level, and climate: A synopsis *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **296**(3-4): 389-413.

- [34] MORENO, F., MESTRE, A., HEREDIA, S., 2020, New early Ordovician conodont data from the San Juan Formation, Central Precordillera (Argentina): Biostratigraphic and paleogeographic significance. *Journal of South American Earth Sciences* 103, art. 102798. DOI 10.1016/j.jsames.2020.102798.
- [35] NEZHADABBAS, M., GHADERI, A., JAHANGIR, H., ASHOURI, A.R., 2020, Ordovician conodonts of the Katkoyeh formation in the Kuh-e-Bonorg section, Kalmard Horst (west of Tabas). *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* University of Isfahan Vol. 36, Issue 1, Spring 2020, 78(61-88).
- [36] 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>.
- [37] ORTEGA, G., ALBANESI, G., BANCHING, A., PERALTA, G., 2008, High resolution conodont-graptolite biostratigraphy in the MiddleUpper Ordovician of the Sierra de La Invernada Formation (Central Precordillera, Argentina). *Geologica Acta* 6(2), 161–180.
- [38] PERCIVAL, I.G., WRIGHT, A.J., NICOLL, R.S., HAMEDI, M.A., 2009, Martellia and Middle associated Ordovician brachiopods from the Katkoyeh Formation, east-central Iran. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 37, 315-325. ISSN0810-8889.
- [39] POURSALEHI, F., VOLDMAN, G., BAHRAMI, A., SALAS, M.J., AMERI, H., 2022. New data on conodonts and ostracods of the Katkoyeh Formation (Lower-Upper Ordovician) at the Banestan Section of East-Central Iran: *biostratigraphical and palaeobiogeographical significance, Bulletin of Geosciences*, 97(3): 363 – 384.
- [40] POURSALEHI, F., VOLDMAN, G., BAHRAMI, A., MANGO, M.J., 2024. New insights into the conodont biostratigraphy and paleobiogeography of the Katkoyeh Formation (Lower–Upper Ordovician) at the Katkoyeh Section, East-Central Iran, *Palaeoworld*, 33 (4) 884-898.
- [41] PYLE, L.J., BARNES, C.R., 2002, Taxonomy, evolution and biostratigraphy of conodonts from the Kechika Formation, Skoki Formation and Road River Group (Upper Cambrian to Lower Silurian), northeastern British Columbia. *National Research Council of Canada, Monograph Series*, 44461, 1–227.
- [42] REPETSKI, J.E., ETHINGTON, R.L., 1983, *Rossodus manitouensis* (Conodontia), a new early Ordovician index fossil. *Journal of Paleontology*, 57: 289–301.
- [43] RICKARDS, R.B., HAMEDI, M.A., WRIGHT, A.J., 1994, A new Arenig (Ordovician) graptolite fauna from the Kerman district, *east-central Iran. Geological magazine* 131: 35-42.
- [44] RICKARDS, R.B., HAMEDI, M. A., WRIGHT, A.J., 2001, An unusual late Arenig assemblage of graptolites, hemichordates and hydroids from the Banestan area, east-central Iran. In: Abstracts, 15th International Senckenberg conference: Joint meeting IGCP 421/SDS, Frankfurt am main 2001. 80-81.
- [45] ROSS, R.J.J., HINTZE, L.F., ETHINGTON, R.L., MILLER, J.F., TAYLOR, M.E., REPETSKI, J.E., 1997, THE IBEXIAN, TAYLOR, M.E., and REPETSKI, J.E. 1997, THE IBEXIAN, lowermost Series in the North American Ordovician. In *Early Paleozoic Biochronology of the Great Basin*. Edited by M.E. TAYLOR. U.S. Geological Survey Professional Paper 1579, 1–50.
- [46] ROSS, J.R.P., HAMEDI, M.A., WRIGHT, A.J., 2000, Late Ordovician (Caradoc) bryozoans from the Kerman district, East-Central Iran. In: *Proceedings of the 11th International Bryozoology Association Conference*. 329–335.
- [47] 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.
- [48] SALAD HERSI, O., NOWLAN, G., LAVOIE, D., 2007, A revision of the stratigraphic nomenclature of the Cambrian-Ordovician strata of the Philipsburg tectonic slice, southern Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences* 44, 1775–1790. DOI 10.1139/e07-041.
- [49] SAVAGE, N.M., BASSETT, M.G., 1985, Caradoc-Ashgill conodont faunas from Wales and the Welsh Borderland. *Palaeontology* 28(4), 679–713.

- [50] SCHALLREUTER, R., HINTZ-SCHALLREUTER, I., BALINI, M., FERRETTI, A., 2006, Late Ordovician Ostracoda from Iran and their significance for palaeogeographical reconstructions. *Z. geol. wiss., Berlin* **34** (2006) 5; 293-345, 6 Abb., 5 Tab., 11 Tafeln.
- [51] SEO, K-S, ETHINGTON, R.L., 1993, Conodonts from the Manitou Formation, Colorado, U.S.A. *Journal of the Paleontological Society of Korea* **9**(1), 77-92.
- [52] SHEIKHOLESLAMI, M.R., ZAMANI, M., 1999, Geological map of Halvan, scale 1:100,000, Geological survey of Iran. 7257.
- [53] STEWART, J.H., POOLE, F.G., HARRIS, A., REPETSKI, J.E., WARDLAW, B.R., MAMET, B.L. MORALES-RAMIREZ, J.M., 1999, Neoproterozoic(?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* **16**(1), 35-62.
- [54] STONE, J., 1987, Review of investigative techniques used in the study of conodonts. In *Conodonts: Investigative Techniques and Applications*. Edited by R.L. Austin. Ellis Horwood Ltd., Chichester, 17-34.
- [55] ZHANG, S., 2020, Upper Cambrian and Lower Ordovician conodont biostratigraphy and revised lithostratigraphy, Boothia Peninsula, Nunavut. *Canadian Journal of Earth Sciences* **57**(9), 1030-1047. DOI 10.1139/cjes-2020-0006.
- [56] 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.
- [57] ZHEN, Y.Y., PERCIVAL, I.G., LIU, J. B., 2006, Rhipidognathid conodonts from the Early Ordovician Honghuayuan Formation of Guizhou, South China. *Palaeoworld* **15**(2), 194-210. DOI 10.1016/j.palwor.2006.07.004.
- [58] ZHEN, Y.Y., COOPER, R.A., SIMES, J. E., WRIGHT, A. J., 2009, Darriwilian (Middle Ordovician) conodonts from Thompson Creek, Nelson Province, New Zealand. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists*, **37**, 25-53.

# Biostratigraphy of the Katkoyeh Formation in the Asyab-Valley section, northwest of Kerman (southeast of Zarand) based on conodont fauna

Firuzeh Balaghati<sup>1</sup>, Ali Bahrami<sup>2\*</sup>, Hossein Vaziri Moghaddam<sup>3</sup>, Hamed Ameri<sup>4</sup>, Mehdi Yazdi<sup>5</sup>, Gustavo Gabriel Voldman<sup>6</sup>

- 1- MSc Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran  
2, 3, 5- Stratigraphy and Paleontology, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran  
4- Stratigraphy and Paleontology, Department of Ecology, Institute of Science, High Technology and Environmental Science, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, I.R. Iran  
6- 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: December 2024, Accepted: April 2025

## Abstract

Ordovician marine sedimentary sequences occur in several structural blocks widely in Iran, along the northern margin of Gondwana. In north Kerman province, the Ordovician deposits are known as the Katkoyeh Formation, which includes 70 to 300 meters of siliciclastic rocks with rare and thick pyroclastic carbonate layers in its upper part. In order to better precise biostratigraphy of the Katkoyeh Formation in Kerman region, systematic sampling for conodonts was carried out in Asyab-valley section, located about 12 km southeast of Zarand city, the thickness of Ordovician deposits in the studied section is 154/4 meters. The Ordovician deposits of Katkoyeh Formation in the studied section includes silty shales, diabase, pillowlava, basaltic tuffs, red sandstone, marl, limestone and sandy limestone. After sampling and recovery of conodonts, a total of nearly 680 conodont elements were obtained from the studied samples, a total of 14 genera and 21 species of conodonts were discriminated. Based on the occurrence of biostratigraphically important species, three conodont ranges have been recorded. These three biozones are:

- 1) *Rossodus manitouensis/Paltodus deltifer* Concurrent Range Zone (the lowest part of Late Tremadocine; Early Ordovician)
- 2) *Juanognathus variabilis* Range Zone (Fluvian; Early Ordovician)
- 3) *Icriodella superba* Range Zone (Katian - ? Hirnantian; Late Ordovician)

Considering the CAI (5) of recovered conodont elements, the region has a high thermal history and the presence of hydrocarbon materials in the deposits of this area is ruled out.

**Key words:** Ordovician, Katkoyeh Formation, northwest Kerman basin, Asyab-valley, Katkoyeh, Zarand, biostratigraphy, conodont biozone.