



داده‌های نوین درباره مرز فرازنین - فامنین در برش کال سردر، شرق طبس، ایران مرکزی

حسین غلامعلیان^{1*}، نسیم زارعی²، واجیک هایراپطیان³، مهناز پروانه نژاد شیرازی⁴

1- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

2- کارشناس ارشد چینه شناسی و فسیل شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

3- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

4- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*پست الکترونیک: hossein.gholamalian@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 92/9/13

تاریخ دریافت: 91/12/23

چکیده

مرز فرازنین - فامنین در برش کال سردر (شرق طبس، ایران مرکزی) بر اساس زیای کنودونتی مورد بررسی قرار گرفته است. شناسایی 33 گونه و زیرگونه این مکان را فراهم ساخت تا براساس پرکندگی آنها در ستون چینه شناسی، یک بخش بدون سنگواره و پنج زیست زون تشخیص داده شود که به ترتیب شامل *Upper rhenana - linguiformis*, *Upper part of Upper rhenana*, *Upper triangularis*, *Lower to Middle triangularis* و *Lower crepida* می باشند. تجزیه و تحلیل رخساره زیستی کنودونتها نشانگر روند عمیق شدن در طول فرازنین پسین می باشد که با یک اُفت شدید سطح آب دریا در ابتدای فامنین پیشین دنبال می شود. کمی بعد و دوباره در طول فامنین، محیط عمیقتر بر منطقه حاکم می گردد. در این پژوهش محدوده سنی جدیدی برای گونه‌ی *P. planarius* پیشنهاد می شود که برابر زیست زونهای *Lower hassi - linguiformis* می باشد.

واژه‌های کلیدی: فرازنین؛ فامنین؛ کنودونت؛ زیست زون؛ کال سردر؛ ایران مرکزی.

مقدمه

فراوانی نیز در سایر مناطق دنیا صورت گرفت که از آن جمله می توان به آمریکای شمالی، مراکش، آلمان و چین اشاره کرد (Morrow, 2000; Racki & House, 2002; Racki, 2005). اکثر این مطالعات بر مبنای کنودونتها یا پابرسران بوده است. مرز فرازنین - فامنین همراه با رویداد

در دهه‌های اخیر مطالعات فراوانی بر روی توالیهای مربوط به مرز فرازنین - فامنین در سراسر دنیا صورت گرفته که در نتیجه همین بررسیها، برش کومیاک در جنوب فرانسه به عنوان برش الگوی این مرز در نظر گرفته شد (Klapper et al., 1993; House et al., 2000). به موازات آن، مطالعات

انقراضی بزرگ 2 Kellwasser است و همین باعث شده که عده زیادی از محققین به کاوش در مورد دلیل این انقراض پردازند که از آن جمله می‌توان به Sandberg *et al.*, (1998) و McGhee (1996) اشاره کرد. اکثر این بررسیها، با تکیه بر زیست زون بندی استاندارد کنودونتها (Ziegler & Sandberg, 1990) انجام شده که خود بر مبنای جنسهای پلاژیک مانند *Palmatolepis* بنیان گذاری شده است. لازم به یادآوری است که جنس یاد شده در رسوبات دونین پسین ایران کمیاب است و در بعضی مناطق اصلاً یافته نمی‌شود. با وجود این، زیست زون بندی در ایران نیز بر مبنای استاندارد انجام می‌گیرد.

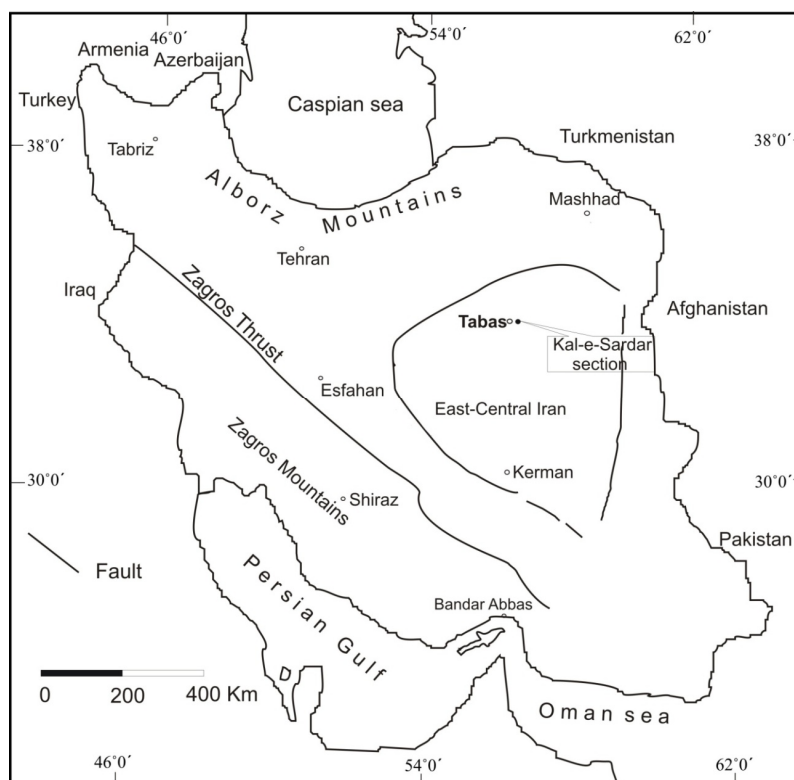
روش مطالعه

به منظور شناسایی دقیق فرازین - فامنین در برش کال سردر (شرق طبس)، تعداد 21 نمونه چهار کیلویی برداشته شد. سپس نمونه‌ها به مدت چهار روز در محلول بافر اسید استیک با غلظت 20% قرار گرفتند. پس از شست‌وشو، بخشی از

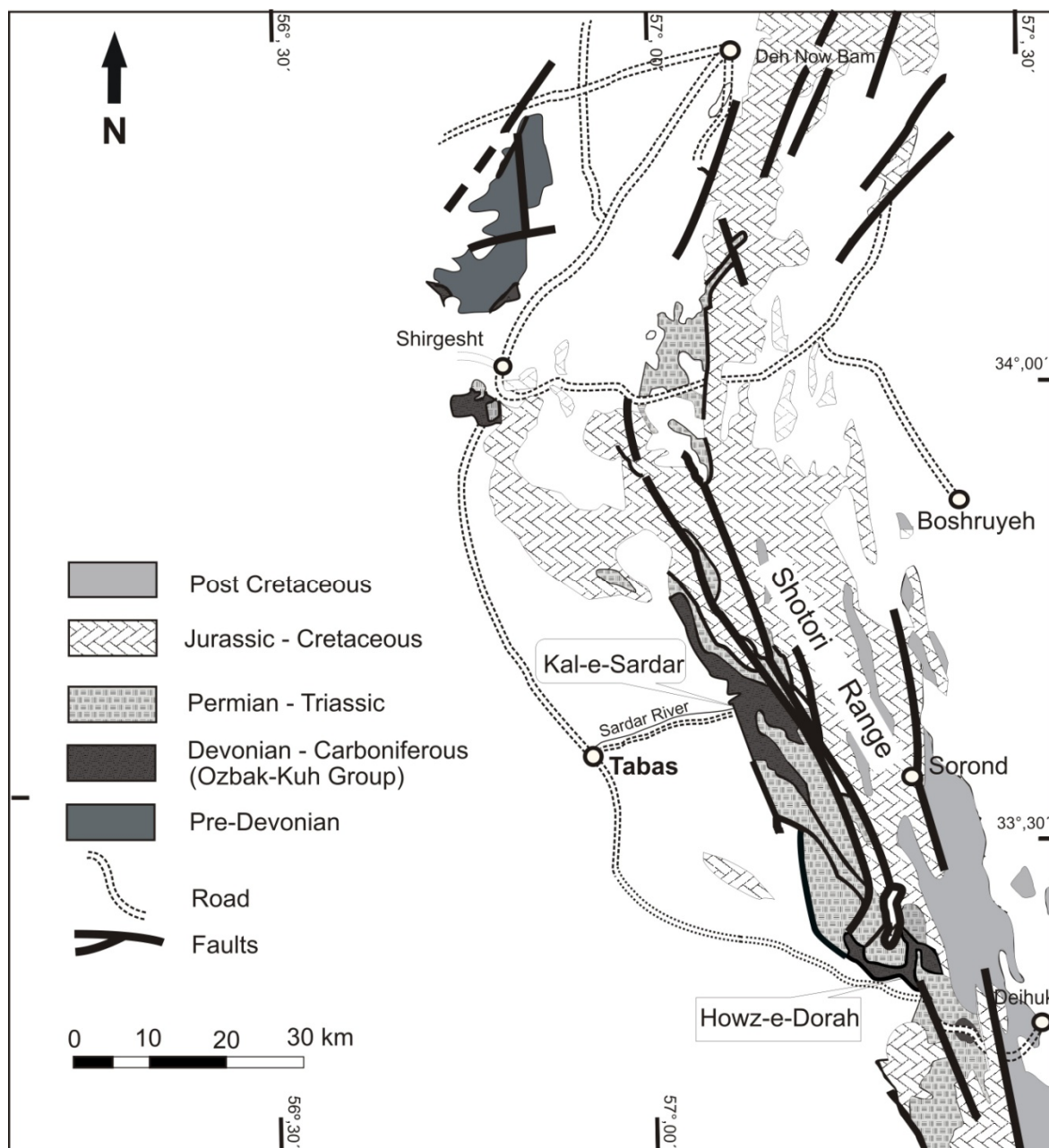
رسوبات که اندازه دانه‌های آن بین 0/1 تا 2 میلی‌متر بود، با استفاده از میکروسکپ مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، تعداد 15 عدد از نمونه‌ها حاوی کنودونت بودند. تعداد 5131 عدد کنودونت به دست آمد که شامل 5 جنس و 33 گونه و زیرگونه بود و در آخر نیز زیست زون بندی نیز انجام گرفت.

موقعیت جغرافیایی

برش کال سردر در شرق طبس و در دامنه غربی کوههای شتری قرار دارد. بهترین راه دسترسی به این برش از طریق جاده طبس - خرو بالا است که پس از پیمودن 23 کیلومتر به سد نهرین و مزرعه نیاز می‌رسد. دسترسی به این برش با عبور از عرض رودخانه سردر و طی کردن مسیر چند صد متری ممکن می‌شود (شکل 1). مختصات قاعده برش نیز $33^{\circ} 39' 29''$ N و $57^{\circ} 8' 32''$ E می‌باشد. شکل 2 نیز نقشه زمین شناسی کوههای شتری و موقعیت برش کال سردر در شرق طبس را نشان می‌دهد.



شکل 1: نقشه ایران همراه با واحدهای اصلی ساختاری آن؛ محل برش مورد مطالعه در شرق طبس نشان داده شده است.



شکل 2: نقشه زمین شناسی کوههای شتری همراه با موقعیت برش کال سردر در شرق طبس (ترسیم مجدد و برگرفته از Stöcklin et al., 1965).

پیشینه مطالعه مرز فرازین - فامنین در ایران

اولین گزارش وجود فونای کنودونتی قاعده‌ی فامنین در ایران توسط Ashouri (1990) ارائه شده است. همچنین Yazdi (1999) این مرز را در برش حوض دوراه (جنوب کوههای شتری)، در میانه یک واحد تخریبی (لایه 12) تعیین کرده که بر مبنای حضور گونه *An. curvata* می‌باشد. Dastanpour & Aftabi (2000) نیز به بررسی

تغییرات ایزوتوپیهای اکسیژن و کربن در برخی برشهای ناحیه کرمان پرداخته‌اند. Mahmudy Gharai (2003, 2004) به مطالعه ژئوشیمی رسوبی مرز فرازین - فامنین در البرز مرکزی و ایران مرکزی پرداخته‌اند. Wendt et al. (2002, 2005) مرز فرازین - فامنین را در برخی برشهای البرز و ایران مرکزی بر مبنای مجموعه‌های اندکی از کنودونت و یا سایر گروههای سنگواره‌ای بنیان گذارده‌اند. از جمله مناطقی

که توسط این محققین بررسی شده می‌توان به برشهای هوتک و هجدک (کرمان)، حوض دو راه (طبس)، خوش ییلاق (البرز شرقی) و انارک اشاره کرد. Gholamalian (2007) به مطالعه مرز فرازین - فامنین در چهار برش حوض دوراه، قلعه کلاغو، کال سردر (طبس) و چاهریسه (اصفهان) پرداخته است. بررسیهای وی نشان داده اساسا توالی چینهای دربردارنده این مرز در منطقه جنوب کوههای شتری (حوض دوراه و قلعه کلاغو) ناپیوسته است. با وجود همه تلاشها، به دلیل عدم دستیابی به گونه شاخص *Palmatolepis triangularis* در ابتدایی ترین لایه‌های فامنین، هیچ یک از محققین یاد شده نتوانسته‌اند مرز را به دقت و با دلایل محکم دیرینه‌شناسی تعیین نمایند. در این پژوهش تلاش شده تا داده‌های کاملتری در مورد توالی دونین برش کال سردر ارائه شود و با توجه به لایه‌های غنی از کنودونت و یافت شدن گونه‌های شاخص در آن، به تعیین دقیق مرز فرازین - فامنین پرداخته شود.

سنگ چینه نگاری

چینه‌های دونین بالایی ایران مرکزی با دو سازند بهرام و شیشتو شناخته می‌شوند که توسط Ruttner et al. (1965) معرفی گردیده‌اند. در سالهای اخیر، مطالعات چندی بر روی توالیهای معادل سازند بهرام در ایران مرکزی به ویژه اطراف کرمان انجام شده که در برخی از آنها مانند هجدک، سازند یاد شده، سن ژئوتین پسین تا فامنین پیشین دارد (Gholamalian & Kebriaei, 2008). سازند بهرام و توالیهای معادل آن با داشتن مرجانهای گلنی روگوزا و تابولاتا و استروماتوپورید همراه بازوپایان فراوان شناخته می‌شود که در سالهای اخیر توسط Rohart (1999) و Brice et al. (2000) مطالعه شده‌اند. طبق نظر al. (1999)، ناپدید شدن این مجموعه‌های گلنی ساز در بخش بالایی سازند بهرام می‌تواند اولین مرحله انقراض

بزرگ دونین (معادل Lower Kellwasser event) باشد. سازند شیشتو نیز به دو عضو 1 و 2 تقسیم شده است. بهترین رخنمونهای این سازند در کوههای شتری (جنوب و شرق طبس) وجود دارد که توسط Stöcklin et al. (1965) به عنوان برشهای مرجع سازند شیشتو معرفی شده‌اند. بر اساس نظر مؤلفین یاد شده و همچنین Stöcklin & Setudehnia (1991)، سن سازند شیشتو برابر با فرازین تا ویزن می‌باشد. Yazdi (1999) نیز سن فرازین - ویزن را تأیید می‌کند، در حالی که Ashouri (1990) معتقد به سن فرازین - تورنیزین می‌باشد. مطالعه پالینومورفها در برش الگو (ازبک کوه) نیز سن فرازین - فامنین را برای سازند شیشتو اثبات کرده است (Hashemi & Playford, 1998).

در شمال دره رودخانه سردر، برشهایی از پاره سازند شیشتو 1 (دونین پسین) وجود دارد که به وسیله گسلهای متعددی از هم جدا شده‌اند و همگی آنها بر روی شیلهای سازند سردر رانده شده‌اند. تاکنون مطالعات اندکی بر روی این لایه‌ها انجام شده که از آن جمله می‌توان به Walliser (1966) و Yamini & Ashouri (2006) اشاره کرد که پابرسران موجود در آنها را بررسی کرده‌اند. علاوه بر این، Becker et al. (2004) به مطالعه پابرسران فامنین میانی و حادثه Annulata در این منطقه پرداخته‌اند. Hairapetian & Korn (2011) نیز گونه جدیدی از جنس *Beloceras* را در این منطقه معرفی کرده‌اند. Gholamalian et al. (2009) زیست چینه نگاری بخش فامنین برش کال سردر را بر اساس کنودونتها انجام داده‌اند. همچنین Ashouri (2002) و Yazdi (1999) به مطالعه برخی لایه‌های حاوی کنودونت پرداخته‌اند. Gholamalian (2007) به بررسی مرز فرازین - فامنین پرداخته، گرچه در آن زمان گونه‌های شاخص شروع فامنین (مانند *Palmatolepis triangularis*) را نیافته است. لذا در تحقیق حاضر در نظر است با توجه به داده‌های نوین به دست آمده، زیست زون بندی مرز فرازین - فامنین با

ائیدی قرمز شروع می‌شود و با سنگ آهکهای مارنی نازک لایه تداوم می‌یابد (شکل 3).



شکل 4: نمای نزدیک لایه نیم متری حاوی مرجانهای لوله‌ای فاسلوئید که در میانه مقطع رخمون دارد.

زیست چینه نگاری

در این تحقیق 33 گونه و زیرگونه کنودونت مربوط به 5 جنس شناسایی شده که با توجه به محدوده سنی و پراکندگی آنها، ستون چینه شناسی به چهار زیست زون و یک بخش بدون سنگواره تقسیم بندی شد. زیست زون بندی بر مبنای Ziegler & Sandberg (1990) انجام شده و با زون بندی Klapper (1989) مقایسه شده است. نام جنسهای کنودونت، در این نوشتار به صورت مختصر آمده که شرح آنها بدین صورت می‌باشد:

An. = *Ancyrodella*, Ag. = *Ancyrognathus*, Pal. = *Palmatolepis*, I. = *Icriodus*, P. = *Polygnathus*

Older than Upper rhenana Zone (Barren interval)

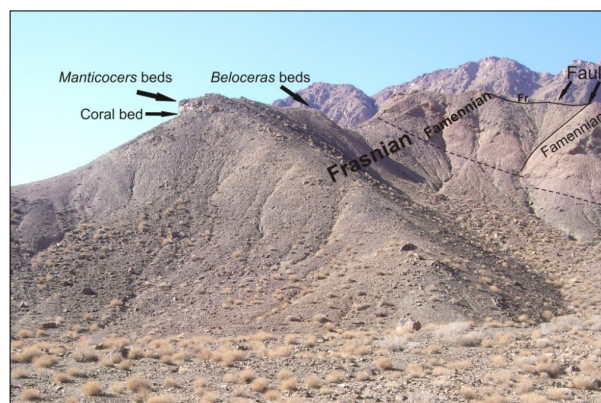
این بخش شامل 77/85 متر از نیمه پایینی برش بوده و سنگهای تخریبی بیشترین سهم را در آن دارند و به همین دلیل این لایه‌ها، فاقد کنودونت هستند. بنابراین سن این قسمت فقط بر اساس موقعیت چینه شناسی مشخص می‌شود.

Upper rhenana Zone

این زیست‌زون از متر 77/85 قاعده برش تا 95/5 متری ضخامت دارد. پیدایش گونه *An. buckeyensis* در نمونه N

دقت بیشتری انجام گردد.

توالی مورد بررسی در این مقاله با یک واحد شیل سیلیسی خاکستری تیره همراه با میان لایه های ماسه سنگ شروع می‌شود که 62/6 متر ضخامت دارد و با یک شیل 14/7 متری ادامه می‌یابد. یک واحد سنگ آهک نازک لایه به ضخامت 0/45 متر نیز در میانه این بخش قرار دارد. سنگ آهکهای قرمز رنگ متوسط لایه ائیدی حاوی پابرسران به ضخامت 5/4 متر از واحدهای شاخص در این منطقه است که حاوی پابرسران فراوانی است و در نیم متر پایینی آن مرجانهای روگوزای فاسلوئید دیده می‌شوند (شکل‌های 3 و 4). ستون سنگ چینه‌ای با تناوب شیلهای سیاه و سنگ آهکهای ائیددار و نازک لایه ادامه می‌یابد و در ادامه آن، 2/4 متر سنگ آهک نازک لایه کرم رنگ حاوی سنگواره *Beloceras sardarensis* وجود دارد که غنی از کنودونت می‌باشد (شکل 5، جدول 1). Yazdi (1999) نیز گونه *Beloceras tenuistriatum* را از این لایه‌ها گزارش کرده است.



شکل 3: نمای کلی پاره سازند شیش‌تو 1 در برش کال سردر. لایه‌های کلیدی با پیکان نشان داده شده‌اند. مرز فرازنین - فامنین نیز با خطوط بریده نمایان شده است.

شیلهای سیاه دانه ریز به ضخامت 8/8 متر همراه با یک لایه 10 سانتی‌متری سنگ آهک در بخش بالایی آن (لایه Zk13)، بالاترین واحد سنگی مربوط به فرازنین را تشکیل می‌دهند. توالی فامنین هم با 1/3 متر سنگ آهک

آخر *linguiformis Zone* تداوم داشته باشد. گونیاتیت *Beloceras sardarens* نیز در لایه‌های سنگ آهکی قاعده همین زیست زون، توسط Korn & Hairapetian (2011) مطالعه شده است.

Lower – Middle triangularis zones

این زیست زون با پیدایش گونه *Pal. triangularis* شروع می‌شود. این گونه شاخص شروع فامنین بوده و مرز فرامنین - فامنین دقیقاً در قاعده لایه‌ای قرار می‌گیرد که گونه *Pal. triangularis* برای اولین بار در آن ظاهر می‌شود (Ziegler & Sandberg, 2000; Klapper, 1989). این زون از متر 105/4 نسبت به قاعده برش شروع شده و در متر 106/1 پایان می‌یابد.

Upper triangularis Zone

شروع این زیست‌زون با پیدایش گونه *Pal. tenuipunctata* در لایه H2 می‌باشد (Gholamalian et al., 2009). پایان آن نیز با یافته شدن *Pal. crepida* در ابتدای زیست‌زون بعدی است. سایر گونه‌های مهم موجود در این زون شامل *P. P. brevilaminus*, *P. tenellus*, *Pal. triangularis*, *I. alternatus* و *I. alternatus alternates tichonovitchi mawsonae* می‌باشند.

Lower crepida Zone

شروع این زیست‌زون با اولین پیدایش گونه‌های *Pal. crepida* و *Pal. minuta loba* شناخته می‌شود. طبق نظر Ziegler & Ji (1993)، هر دوی این گونه‌ها، محدوده سنی برابر زیست‌زونهای Lower crepida - Lower rhomboidea دارند. گونه‌های مهم دیگری که در این زیست زون حضور دارند، *Pal. triangularis*، *P. lanceolus* و *I. alternatus alternatus* هستند. پلیتهای 1 تا 3 کنودونتهای شناسایی شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

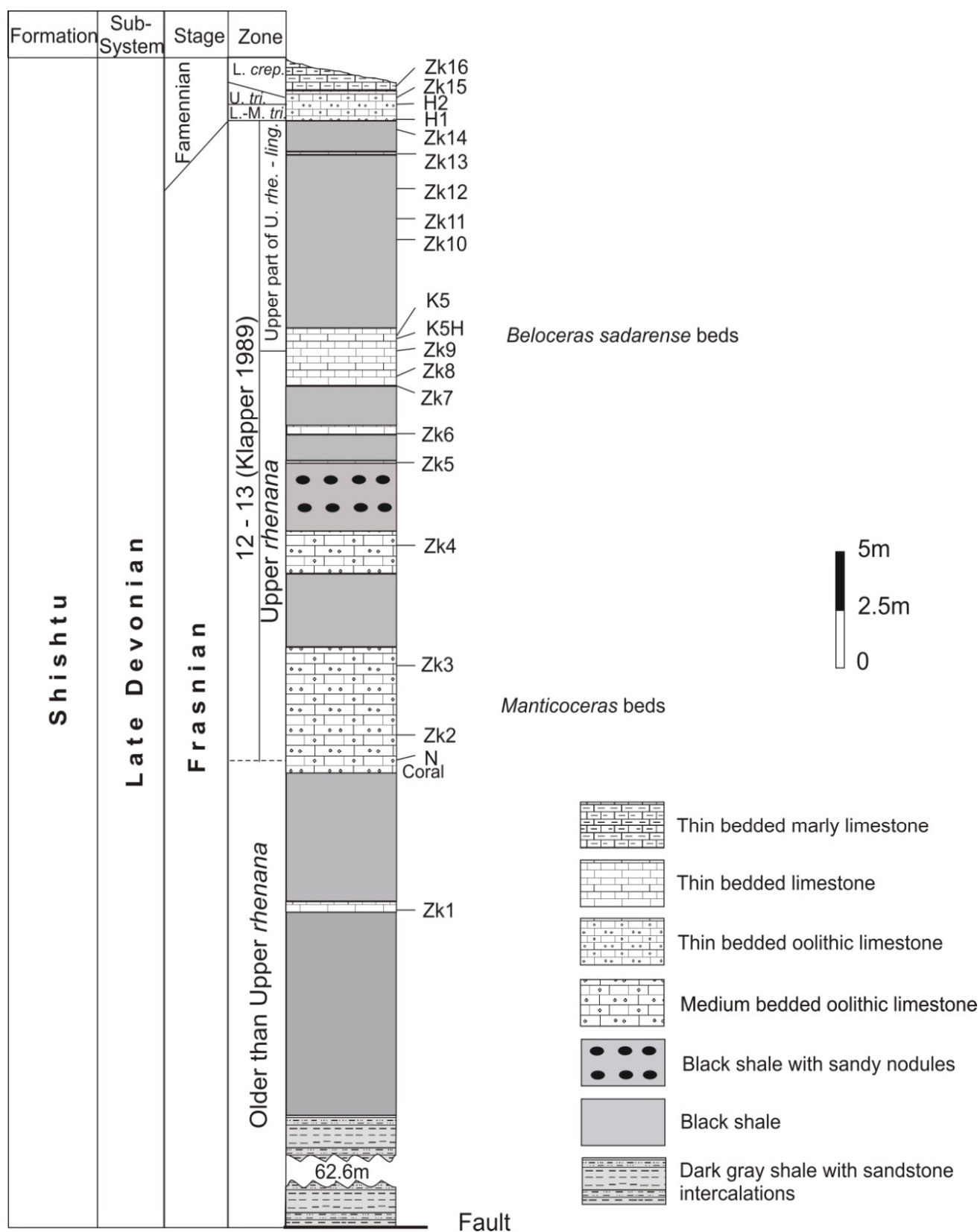
آن شروع می‌شود و خود با پیدایش گونه‌ی *Pal. winchelli* در قاعده زیست زون بعدی پایان می‌یابد. بر اساس نظر Over (1997)، این گونه سنی برابر زیست‌زونهای 12 تا 13 مربوط به Klapper (1989) داشته و معادل زیست‌زونهای استاندارد Upper rhenana تا *linguiformis* می‌باشد. از سایر گونه‌های شاخص موجود در این بخش می‌توان به *I. alternatus*, *Ag. triangularis*, *An. curvata*, *P. Pal. hassi*, *I. alternatus mawsonae*, *alternatus*, *P. politus*، *evidens* و *P. webbi* اشاره کرد. در این میان، گونه *P. politus* سنی معادل زیست‌زونهای Lower rhenana تا *linguiformis* دارد (Ovnatanova & Kononova, 2001, 2008).

Upper part of Upper rhenana - linguiformis zones

این زیست‌زون 9/9 متر ضخامت داشته و گستره‌ای معادل با متر 95/5 تا 105/4 را دربرمی‌گیرد. شروع این زیست‌زون با پیدایش *I. iowaensis iowaensis* در نمونه‌ی Zk9 می‌باشد. زیرگونه یاد شده بر اساس نظر Ziegler & Sandberg (1990، صفحه 21)، در بالاترین بخش زیست زون Upper rhenana Zone ظهور می‌یابد و در این صورت، پیدایش آن می‌تواند شاخصی برای شروع این بیوزون باشد. همچنین گونه‌های متعدد دیگری مانند *Pal. winchelli* نیز همین سن را تأیید می‌کنند. طبق نظر Klapper & Foster (1993)، گونه *Pal. winchelli* سنی معادل زیست‌زونهای 12 تا 13 دارد که آن هم برابر زیست‌زونهای Upper rhenana - linguiformis می‌باشد. سایر گونه‌های مهم موجود در این زیست زون عبارتند از:

P. aequalis, *P. evidens*, *P. krestovnikovi*, *P. webbi*, *P. procerus*, *P. politus*, *P. planarius*, *P. ashourii*, *P. imparilis*, *Pal. gigas gigas*, *Pal. hassi*, *I. alternatus alternatus*,

محدوده سنی گونه *P. planarius* که قبلاً برابر زونهای Lower hassi - Upper rhenana بود، به نظر می‌رسد که تا



شکل 5: ستون چینه شناسی برش کال سردر همراه با زیست زون بندی که بر اساس استاندارد Ziegler & Sandberg (1990) انجام شده و با زیست‌زونهای Klapper (1989) مقایسه شده است. زیست‌زونهایی که به صورت مخفف نوشته شده‌اند بدین شرح هستند: U. tri.= Upper triangularis, L. crep.= Lower crepida

رخساره زیستی کنودونتها

در مطالعه حاضر سعی شده که با شمارش تعداد عناصر مربوط به جنسهای مختلف و مقایسه با مدل‌های ارائه شده جهانی، رخساره‌های زیستی شناسایی شده و در نهایت نوع محیط رسوب گذاری مشخص گردد. مفاهیم بنیادی رخساره زیستی کنودونتی توسط Pohler & Barnes (1990) تعریف شده‌اند. از جمله مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش می‌توان به Sandberg *et al.* (1998) و Sandberg & Dreesen (1988) اشاره کرد. در پایین‌ترین نمونه به دست آمده از برش کال سردر (نمونه N) جنس *Icriodus* برتری دارد و رخساره زیستی *polygnathid* - *icriodid* حاکم می‌باشد. در میانه برش (نمونه‌های K5H, K5, Zk9) جنس *Polygnathus* بیش از 80% زیای کنودونتی را تشکیل داده که خود رخساره *polygnathid* را نشان می‌دهد. این حالت شبیه وضعیت موجود در بخش بالایی زیست زون *linguiformis* در منطقه White House Pass نوادای آمریکاست که توسط Sandberg *et al.* (1988) مطالعه شده است. این شرایط در ابتدای فامنین تغییر کرده و مجدداً جنس *Icriodus* فراوانتر می‌شود و این بار رخساره *Icriodid* *polygnathid* - بر منطقه حاکم شده است. این رخساره نشانگر کم عمق شدن شدید محیط رسوبی در مرز فرازنین - فامنین است. در طول فامنین رخساره دوباره عمیق‌تر شده، به طوری که شرایط محیط رسوبی در منطقه کال سردر با مناطق دیگر ایران مرکزی و البرز متفاوت گشته است. این اختلافات به احتمال زیاد به عملکرد مجموعه گسل‌های شمالی - جنوبی (به خصوص گسل نایبند) مربوط می‌باشد

که در آن بازه زمانی، بلوکهای ایران مرکزی را به صورت فراپوم - فروپوم درآورده‌اند (Gholamalalian *et al.*, 2009).

نتیجه گیری

پژوهش حاضر منجر به شناسایی 5 جنس و 33 گونه و زیرگونه کنودونتی گردید که با توجه به پراکندگی آنها، 5 زیست زون شناخته شد. پیدایش گونه *Palmatolepis triangularis* در لایه قاعده فامنین برش کال سردر (H1)، باعث شناخت دقیق مرز فرازنین - فامنین شده است. رخساره زیستی در بخش فرازنین از *icriodid*-*polygnathid* به *polygnathid* تبدیل شده که افزایش نسبی عمق را نشان می‌دهد، در حالی که سطح آب دریا در ابتدای فامنین با یک آفت سریع روبرو شده و بعد در طول فامنین دوباره حوضه عمیق‌تر شده است. همچنین محدوده سنی جدیدی (zones *P. planarius* - *Lower hassi* - *linguiformis*) برای گونه *P. planarius* پیشنهاد می‌شود.

سپاس گزاری

نگارندگان از آقایان احمد شفیعی و سیامک سرافراز که در کار صحرایی و نمونه برداری یاری‌رسان بوده‌اند، قدردانی می‌نمایند. آقای سید هادی سجادی در مراحل عکس برداری صحرایی و آماده سازی نمونه‌ها همکاری داشته‌اند که مورد تقدیر است. همچنین از آقای بهنام رحمانی (شرکت تحقیقاتی رازی) به خاطر تهیه عکسهای SEM تشکر می‌شود.

Plate 1

All figures are X45

- 1- *Ancyrodella nodosa* Ulrich and Bessler, 1926, upper view of HUIC638, sample Zk9.
- 2, 3, 6- *Ancyrodella curvata* (Branson and Mehl, 1934a), 2) upper view of HUIC639, sample Zk3, 3) upper view of HUIC640, sample Zk3, 6) upper view of HUIC641, sample K5H.
- 4- *Ancyrodella lobata* Branson and Mehl, 1934, upper view of HUIC642, sample K5.
- 5- *Ancyrodella buckeyensis* Ulrich and Bassler, 1926, upper view of EUIC 82106, sample K5H.
- 7, 8, 9- *Ancyrognathus triangularis* Youngquist, 1945, 7) upper view of HUIC643, sample K5H, 8) upper view of HUIC644, sample K5H, 9) upper view of HUIC645, sample Zk9.
- 10- *Ancyrognathus sinelaminus* Branson and Mehl, 1934, upper view of HUIC646, sample Zk16.
- 11, 12- *Icriodus iowaensis iowaensis* Youngquist and Peterson, 1947, 11) upper view of HUIC647, sample Zk9, 12) upper view of HUIC648, sample K5.
- 13, 14- *Icriodus alternatus mawsonae* Yazdi, 1999, 13) upper view of HUIC649, sample K5, 14) upper view of HUIC650, sample Zk9.
- 15, 16- *Icriodus alternatus alternatus* Branson and Mehl, 1934a, 15) upper view of HUIC651, sample Zk3, 16) upper view of HUIC680, sample Zk16.
- 17- *Icriodus cornutus* Sannemann, 1955a, upper view of HUIC226, sample H2.
- 18, 19- *Palmatolepis triangularis* Sannemann, 1955, 18) upper view of HUIC652, sample Zk16, 19) upper view of HUIC653, sample Zk16.
- 20- *Palmatolepis minuta loba* Helms, 1963, upper view of HUIC654, sample Zk16.
- 21- *Palmatolepis crepida* Sannemann 1955, upper view of HUIC655, sample Zk15.
- 22, 23- *Palmatolepis hassi* Müller and Müller, 1957, 22) upper view of HUIC656, sample K5H, 23) upper view of HUIC657, sample K5.

Plate 2

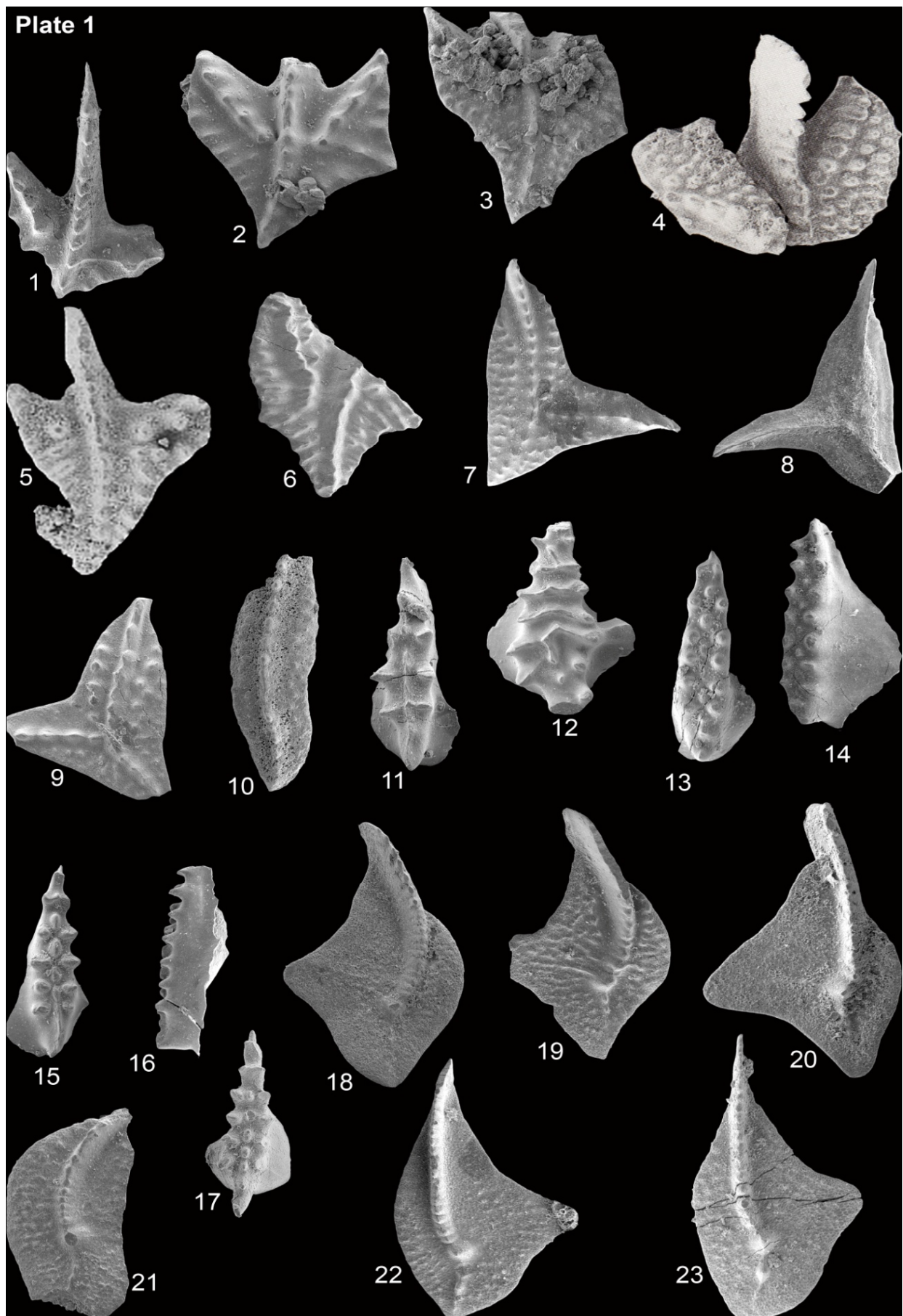
Figs 1-5 are X45, others are X55.

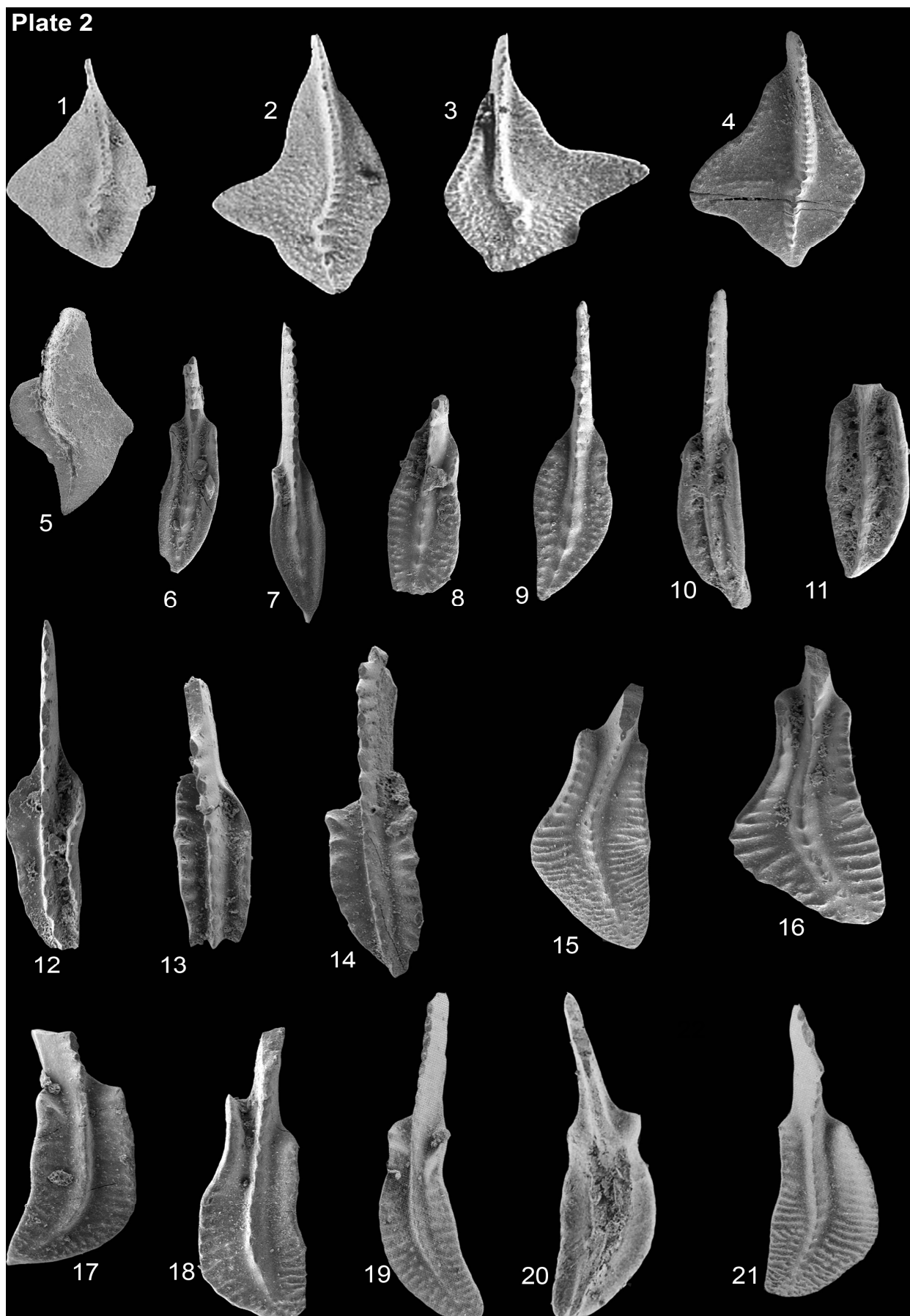
- 1- *Palmatolepis hassi* upper view of EUIC 82110, sample K5H, Kal-e-Sardar.
- 2, 3- *Palmatolepis winchelli* (Stauffer, 1938), 2), upper view of EUIC82108, sample K5H, 3) upper view of EUIC82109, sample K5.
- 4- *Palmatolepis gigas gigas* Miller and Youngquist, upper view of HUIC683, sample K5.
- 5- *Palmatolepis tenuipunctata* Sannemann, 1955, upper view of HUIC294.
- 6, 7- *Polygnathus politus* Ovnatanova, 1969, 6) upper view of HUIC658, sample Zk3, 7) upper view of HUIC681, sample Zk5.
- 8, 9- *Polygnathus* sp., 8) upper view of HUIC659, sample Zk3, 9) upper view of HUIC660, sample Zk5.
- 10- *Polygnathus bevilaminus* Branson and Mehl, 1934a, upper view of HUIC661, sample Zk16.
- 11- *Polygnathus lanceolus* Vorontsova, 1993, upper view of HUIC662, sample Zk16.
- 12, 13- *Polygnathus tenellus* Ji and Ziegler, 1993, 12) upper view of HUIC663, sample Zk16, 13) upper view of HUIC664, sample Zk16.
- 14- *Polygnathus tichonovitchi* Kuzmin and Melnikova, 1991, upper view of HUIC665, sample Zk16.
- 15- *Polygnathus kerstovnikovi* Ovnatanova, 1969, , upper view of HUIC666, sample Zk9.
- 16- *Polygnathus ashourii* Gholamalian and Kebriaei, 2008, upper view of HUIC667, sample Zk5.
- 17- *Polygnathus evidens* Klapper and Lane, 1985, upper view of HUIC668, sample Zk9.
- 18- *Polygnathus aequalis* Klapper and Lane, 1985, upper view of HUIC669, sample Zk9.
- 19, 20- *Polygnathus imparilis* Klapper and Lane, 1985, upper and lower views of HUIC670, sample K5H.
- 21- *Polygnathus planarius* Klapper and Lane, 1985, upper view of HUIC671, sample K5.

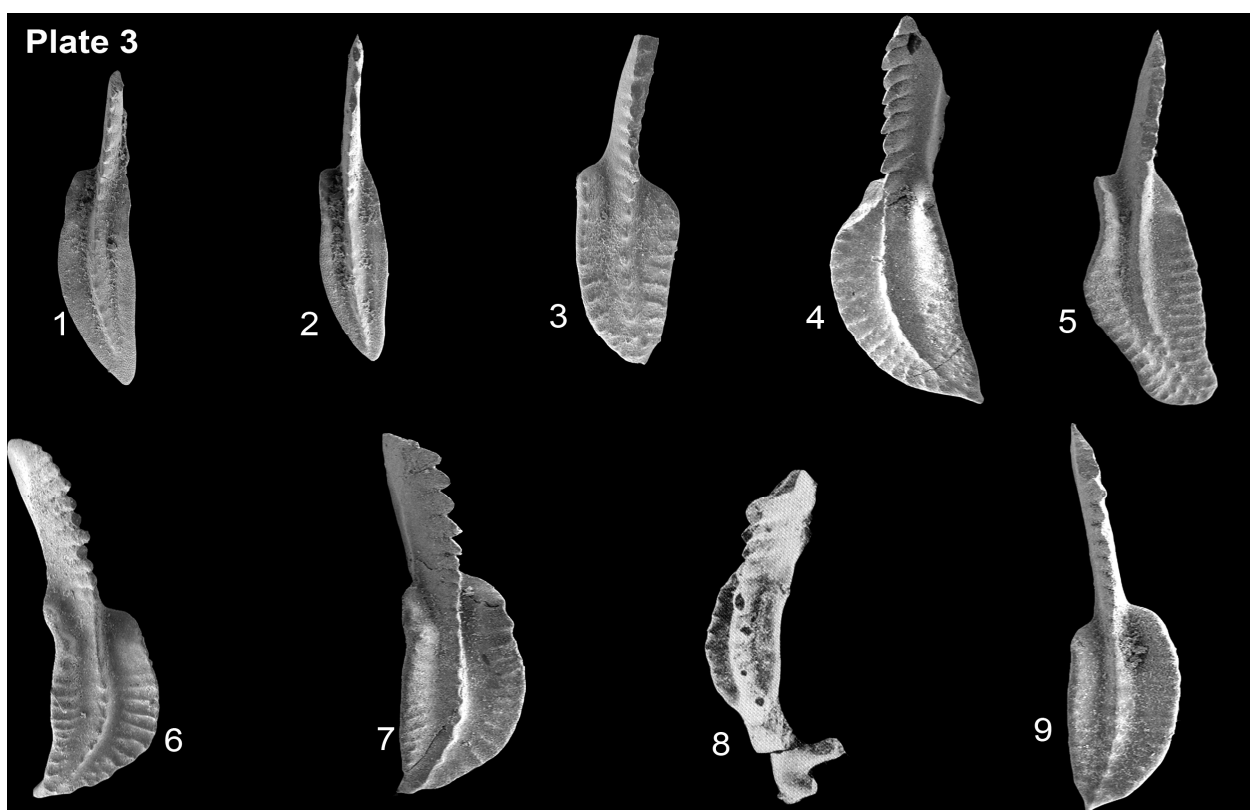
Plate 3

All figures are X55.

- 1, 2- *Polygnathus politus* Ovnatanova, 1969, 1) upper view of HUIC672, sample Zk9, 2) upper view of HUIC673, sample Zk9.
- 3- *Polygnathus procerus* Sannemann, 1955b, upper view of HUIC674, sample Zk9.
- 4, 6, 7- *Polygnathus webbi* Stauffer, 1938, 4) upper view of HUIC675, sample Zk9, 6) upper view of HUIC676, sample Zk9, 7) upper view of HUIC677, sample Zk9.
- 5- *Polygnathus ashourii* (juvenile specimen), Gholamalian and Kebriaei, 2008, upper view of HUIC678, sample K5H.
- 8- *Polygnathus angustidiscus* Youngquist, 1945, upper view of HUIC679, sample K5.
- 9- *Polygnathus alatus* Huddle, 1934, upper view of HUIC682, sample Zk9.







جدول 1: پراکندگی گونه‌های کنودونت در مرز فرازنین - فامنین، برش کال سردر، شرق طبس.

Zones		Upper rhenana					Upper Part of U. rhenana - linguiformis				L.-M. tri.	U. tri.	L. crepida	
Species	Samples	N	Zk2	Zk3	Zk5	Zk6	Zk9	K5H	K5	Zk13	H1	H2	Zk15	Zk16
<i>An. curvata</i>	8	4	4	1						5				
<i>An. nodosa</i>							3	2	3					
<i>An. buckeyensis</i>	1							8	12					
<i>An. lobata</i>								1						
<i>Ag. triangularis</i>	4			1			76	22	31					
<i>Ag. sinelaminus</i>														2
<i>Pal. gigas gigas</i>								2	1					
<i>Pal. hassi</i>	1						2	8	4					
<i>Pal. winchelli</i>								3						
<i>Pal. tenuipunctata</i>												1	1	
<i>Pal. triangularis</i>											3	30		15
<i>Pal. crepida</i>													3	2
<i>Pal. minuta loba</i>													3	
<i>P. angustidiscus</i>									1					
<i>P. imparilis</i>								1						
<i>P. planarius</i>									1					
<i>P. ashouri</i>					1		1	1						
<i>P. evidens</i>	5		2				1	27	74					
<i>P. krestovnikovi</i>						2	34	2						
<i>P. politus</i>	8		4	1			504	205	239					
<i>P. webbi</i>	3	5	12	1	2		313	17	24	2				
<i>P. alatus</i>			2				15	24						
<i>P. aequalis</i>			1	1			63	7						
<i>P. tenellus</i>											1	4		9
<i>P. brevilaminus</i>						1		1	3		3	5	28	34
<i>P. lanceolus</i>												14	5	3
<i>P. tichonovitchi</i>												1	26	1
<i>P. procerus</i>			2	1			47	116	185					
<i>P. sp.</i>			1	2			2							
<i>I. alternatus alternatus</i>	10		11				135	30	50	1	9	55	74	138
<i>I. alternatus mawsonae</i>	4		2				1	6	10			30	1	
<i>I. alternatus helmsi</i>								10	15					
<i>I. iowaensis iowaensis</i>							2	2	4	1		1	4	1
<i>I. cornutus</i>												9		
Unassigned elements	31	41	89	37	1		810	287	410	64	16		146	256
Total	75	50	131	45	6		2009	782	1067	73	32	110	291	461
Biofacies		P-I		P-I			P	P	P	P	I-P	I-P	I-P	I-P

References

- Ashouri, A., 1990. Devonian and Carboniferous Conodont Faunas from Iran. *PhD thesis, University of Hull*, 351 p.
- Ashouri, A.R., & Yamini, A., 2006. Cephalopods and Stratigraphical Position of Cephalopod Bed of Shishtu Formation, Iran. *Geosciences*, 15 (60): 178-187.
- Becker R.T., Ashouri A.R. & Yazdi M., 2004. The Late Devonian Annulata event in the Shotori Range (eastern Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 231: 119-143.
- Brice, D., Mistiaen, B. & Rohart, J.C., 1999. New data on distribution of brachiopods, rugose corals and stromatoporoids in the Upper Devonian of central and eastern Iran, palaeobiogeographic implications. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 7: 21-32
- Dastanpour, M. & Aftabi, A., 2002. The cause of biomass extinction at the Frasnian-Famennian boundary, the Kerman Province southeastern Central Iran. *Journal of Science, Islamic Republic of Iran*, 13: 45-49.
- Gholamalian, H., 2007. Conodont biostratigraphy of the Frasnian-Famennian boundary in the Esfahan and Tabas areas, Central Iran. *Geological Quarterly*, 51(4): 453-476.
- Gholamalian, H. & Kebriaei, M.R., 2008, Late Devonian conodonts from the Hojedk section, Kerman Province, southeastern Iran. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 114(2), 171-181.
- Gholamalian H., Ghorbani, M. & Sajadi, S.H., 2009. Famennian conodonts from Kal-e-Sardar section, eastern Tabas, Central Iran. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 115(2): 141-158.
- Hairapetian, V. & Korn, D., 2011. Phylogenetic analysis of the family Beloceratidae (Ammonoidae; Late Devonian) and a new Beloceras species from eastern Iran. *Bulletin of Geosciences*, 86(4): 675-682, Prague.
- Hashemi, H. & Playford, G., 1998. Upper Devonian palynomorphs of the Shishtu Formation, Central Iran Basin, east-central Iran. *Paleontographica Abt.*, B, 246: 115-212, 13 Plates.
- House, M.R., Becker, R.T., Feist, R., Girard, C. & Klapper, G., 2000. The Frasnian/Famennian boundary GSSP at Coumiac, southern France. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 225: 59-75.
- Ji, Q. & Ziegler, W., 1993. The Lali section. An excellent reference section for Upper Devonian in south China. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 157: 183 p.
- Klapper, G., 1989. The Montagne Noire Frasnian (Upper Devonian) conodont succession. In: Mcmillan, N.J. Embry, A.F. & Glass, D.G., (eds.), Proceedings of the Second International Symposium on the Devonian System. *Canadian Society of Petroleum Geologists*, 3: 449-468.
- Klapper, G., Feist, R., Becker, R.T. & House, M.R., 1993. Definition of the Frasnian/ Famennian stage boundary. *Episodes*, 16: 433-441.
- Klapper, G., & Foster, C.T., 1993. Shape analysis of Frasnian species of the Late Devonian conodont genus *Palmatolepis*. *Journal of Paleontology*, 67 (supplement to no. 4, mem. 32): 1-35.
- Mahmudy Gharai, M.H., Matsumoto, R., Kakuwa, Y., Milroy, P.G., 2003. Geochemical evidence for environmental changes at Frasnian–Famennian boundary leading to the mass extinction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, (supplement 1 to no. 18): A268.
- Mahmudy Gharai, M.H., Matsumoto, R., Kakuwa, Y., Milroy, P.G., 2004. Late Devonian facies variety in Iran: volcanism as a possible trigger of the environmental perturbation near the Frasnian – Famennian boundary. *Geological Quarterly*, 48-4: 323-332.
- McGhee, G.R. Jr., 1996. The Late Devonian mass extinction, the Frasnian/Famennian crisis. In: Bottjer, D., & Bambach, R.K., (eds.), Critical Moments in Paleobiology and Earth History Series. *Columbia University Press*, New York. 303 p.
- Mistiaen, B. & Gholamalian, H., 2000. Stromatoporoids and some tabulate corals from Chahrisheh area (Esfahan Province, Central Iran). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 8: 81-91.
- Mistiaen B., Gholamalian H., Gourvennec R., Plusquelc Y., Bigey F., Brice D., Feist M., Feist R., Ghobadi Pour M., Kebria-ee M.R, Milhau B., Nicollin J. P., Rohart J.C., Vachard D. & Yazdi M., 2000. Preliminary data on the Late Devonian (Frasnian, Famennian) and Permian fauna and flora from the Chahrisheh area (Esfahan Province, central Iran). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 8: 93-102.
- Morrow, J., 2000. Shelf to basin lithofacies and conodont paleoecology across Frasnian/Famennian (F-F, mid-Late Devonian) boundary, central Geat Basin (western U. S. A.). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 219: 1-57.

- Over, J.D., 1997. Conodont biostratigraphy of the Java Formation (Upper Devonian) and the Frasnian-Famennian boundary in western New York State. *Geological Society of America Special Paper*, 321: 161-177.
- Ovnatanova, N.S., & Kononova, L.I., 2001. Conodonts and Upper Devonian (Frasnian) biostratigraphy of central regions of Russian platform. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 233: 115 p.
- Ovnatanova, N.S. & Kononova, L.I., 2008. Frasnian Conodonts from the Eastern Russian Platform. *Paleontological Journal*, 42-10: 997-1166.
- Pohler, S.M., & Barnes, C.R., 1990. Conceptual models in conodont paleoecology. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 118: 409-440.
- Racki, G., 2005. Toward understanding Late Devonian global events: few answers, many questions. In: Over, D.J., Morrow, J.R., & Wignall, P.B. (eds.), *Understanding Late Devonian and Permian-Triassic Biotic and Climatic Events: Toward an Integrated Approach*, Developments in Palaeontology and Stratigraphy, Elsevier, Amsterdam. 20: 5-36.
- Racki, G., & House, M.R., (eds.), 2002. Late Devonian biotic crisis: ecological, depositional and geochemical records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 181(1-3): 374 p.
- Rohart, J.C., 1999. Palaeozoic rugose corals from central and eastern Iran (A. F. de Lapparent & M. Zahedi collections). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 7: 47-70.
- Ruttner, A., Nabavi, M.H., & Alavi, M., 1965. Geology of Ozbak-Kuh Mountains (Tabas area, East Iran). *Geological Survey of Iran*. 133 p. (unpublished).
- Sandberg, C.A. & Dreesen, R., 1984. Late Devonian icriodontid biofacies models and alternate shallow water conodont zonation. In: Clark, D.L. (ed.), *Conodont biofacies and provincialism*. *Geological Society of America Special Papers*, 196: 143-178.
- Sandberg, C.A., Ziegler, W., Dreesen, R., & Butler, J., 1988. Late Frasnian mass extinction. Conodont event stratigraphy, global changes and possible causes. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 102: 263-307.
- Stöcklin, J., Eftekhari-Nezhad, J. & Hushmandzadeh, A., 1965. Geology of Shotori Range (Tabas area, east Iran). *Geological Survey of Iran*, Report, 3: 69 p.
- Stöcklin, J. & Setudehnia, A., 1991. Stratigraphic Lexicon of Iran. *Geological Survey of Iran*, Report, 18: 376 p.
- Walliser, O.H., 1966. Devonian and Carboniferous goniatites in Iran, contribution to the Palaeontology of East Iran. *Geological Survey of Iran*, Report, 6: 57 p.
- Wendt, J., Kaufmann, B., Belka, Z., Farsan, N. & Karimi-Bavandpour, A., 2002. Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran, part I, southeastern Iran. *Acta Geologica Polonica*, 52-2: 129-168.
- Wendt, J., Kaufmann, B., Belka, Z., Farsan, N. & Karimi-Bavandpour, A., 2005. Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran, part II, northern and central Iran. *Acta Geologica Polonica*, 55-1: 131-97.
- Yazdi, M., 1999. Late Devonian–Carboniferous conodonts from eastern Iran. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 105: 167–195.
- Ziegler, W. & Sandberg, C.A., 1990. Late Devonian standard conodont zonation. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 121: 115 p.
- Ziegler, W. & Sandberg, C.A., 2000. Utility of palmatolepids and icriodontids in recognizing Upper Devonian series, stages and possible substage boundaries. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 225: 335–437.

New data on the Frasnian/Famennian boundary in Kal-e-Sardar section, Eastern Tabas (Central Iran)

Golamalian, H.^{1*}, Zarei, N.², Hairapetian, V.³, Parvaneh-Nezhad Shirazi, M.⁴

1- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran

2- M.Sc. in Stratigraphy & Paleontology, Department of Geology, Payam-e-Nour University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Iran

3- Associate Professor, Department of Geology, Payam-e-Nour University, Tehran, Iran

*E-mail: hossein.gholamalian@yahoo.com

Abstract

Frasnian - Famennian boundary in the Kal-e-Sardar section (East of Tabas, Central Iran) is investigated on the basis of conodonts. Distribution of thirty-three species and subspecies in the stratigraphic column enables us to recognize a barren interval and five biozones; Upper *rhenana*, upper part of Upper *rhenana* - *linguiformis*, Lower to Middle *triangularis*, Upper *triangularis*, Lower *crepida*. Biofacies analysis shows a deepening trend through the Late Frasnian and then a sharp sea level fall present at the base of early Famennian sequences. Deeper environment governs through the Famennian stage. A new range is proposed for *P. planarius*; Lower *hassi* - *linguiformis* zones.

Keywords: Frasnian; Famennian; conodonts; biozones; Kal-e-Sardar; central Iran.