

Middle-Late Devonian conodont fauna of the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section, North of Kerman

Fatane Zamani, Mehdi Yazdi, Ali Bahrami, Hamed Ameri, Catherine Girard, Claudia Spalletta

▶ **To cite this version:**

Fatane Zamani, Mehdi Yazdi, Ali Bahrami, Hamed Ameri, Catherine Girard, et al.. Middle-Late Devonian conodont fauna of the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section, North of Kerman. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 2021, 37, 1, pp.1-22. 10.22108/jssr.2020.124039.1172 . hal-03312057

HAL Id: hal-03312057
https://hal.science/hal-03312057

Submitted on 2 Aug 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

http://ui.ac.ir/en

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
E-ISSN: 2423-8007
Vol. 37, Issue 1, No. 82, Spring 2021, pp. 1-22
Received: 20.07.2020 Accepted: 24.11.2020

Research Paper

Middle–Late Devonian conodont fauna of the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section, North of Kerman

Fatane Zamani
Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran
zamani.paleo@gmail.com
Mehdi Yazdi *
Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran
m.yazdi@sci.ui.ac.ir
Ali Bahrami
Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
a.bahrami@sci.ui.ac.ir
Hamed Ameri
Assistant Professor, Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
ameri.hamed@gmail.com
Catherine Girard
Professor, Department of Paleontology (ISEM), University of Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier, France.
catherine.girard@umontpellier.fr
Claudia Spalletta
Professor, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna, Bologna, Italy.
claudia.spalletta@unibo.it

Abstract
Devonian deposits of the Bahram Formation with a thickness of 300 m were studied based on conodont fauna in Shahzadeh Mohammad section (33 km east of Zarand, 95 km north of Kerman city) in central Iran structural Zone. According to 31 identified species and subspecies and their stratigraphic development, nine conodont biozones belonging to the middle Givetian to the lower Famennian age were identified. The presence of *Polygnathus ansatus* determines the *ansatus* Zone and *Icriodus arkonensis arkonensis*, determines the age of middle Givetian for the base of the Bahram Formation, which is the oldest age determined for the base of the Bahram Formation. Based on conodont distributions and conodont biofacies, polygnathid-icrodid biofacies are the most abundant biofacies in the section, indicating the middle shelf environment for the studied deposits.
Keywords: Devonian, Conodont, Bahram Formation, Givetian–Famennian, Biofacies.

Introduction

The Devonian, one of the most important periods in the Paleozoic, was a time of major sea-level changes and catastrophic events (Sandberg et al. 2002). Besides, it was a time of exceptionally high sea-level stand. It inferred widespread equable climates, which resulted in the most significant carbonate production and diversity of marine fauna in the Paleozoic (Gradstein et al. 2005). The Late Devonian was a time of many sea-level changes, catastrophic events, and two mass extinctions, knowledge of which is

*Corresponding author
Zamani F. Yazdi M. Bahrami A. Ameri H. Girard C. Spalletta C. (2021). Middle-Late Devonian Conodont Fauna of Bahram Formation in Shahzadeh Mohammad section, North of Kerman. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 37(1):1-22. http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172

2423-8007 / © 2021 The Authors. Pulished by University of Isfahan
This is an open access article Under the by-nc-nd/4.0/ License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

gained mainly through a high-resolution conodont biochronology (Sandberg and Ziegler 1996). The Devonian is the time for the radiation of fish and the appearance of the first ammonoids, insects, and amphibians. Vascular plants and forests became established; plants took over the land and became so plentiful that the first coal deposits were formed in tropical swamps. Besides, before the end of the period, land tetrapods appeared. Due to the greenhouse climate condition and sea-level highstand, global reef growth reached an acme in the Middle Devonian (Gradstein et al. 2005).

Due to the relative rise of sea level, Middle and Late Devonian sediments were deposited in the northern, eastern, and central parts of Iran. In Central Iran, Middle and Late Devonian succession are exposed in the Kerman, Tabas, Yazd, and Isfahan regions. In Kerman, these deposits are limited to the northern parts of the region and are introduced and studied as Sibzar and Bahram formations. The Sibzar Formation, has few occurrences and only in two disjunct areas can be traced (Wendt et al. 2002). This formation is placed between the Padeha and the Bahram formations. The Bahram Formation consists of siliciclastic and carbonate strata. There is a complete profile from Lower to Upper Devonian deposits in the Shahzadeh Mohammad section, east of Zarand. The studied section is part of the Kerman-Tabas Block, which constitutes one of the individual structural units of the Central-East-Iranian Microcontinent. In this study, the biostratigraphy, biofacies, and sea-level changes of the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section have been investigated based on conodont fauna.

Material & Methods

In total, 300 m of the Middle–Upper Devonian successions (Bahram Formation) at the Shahzadeh Mohammad section has been measured. Forty samples, about 4–5 kg, were systematically collected and treated with conventional preparation methods. The samples were processed with diluted acetic/formic acid (20%). The residue was washed by sieving ((using sieve Mesh numbers 10, 30, 60, and 100). The conodonts were extracted from residues by hand picking.

Discussion of Results & Conclusions

Ancyrodella, *Icriodus*, *Pelekysgnathus*, *Polygnathus* are the present genera in this section. Conodont biofacies and relative sea-level changes of the Middle–Upper Devonian Shahzadeh Mohammad section have been investigated and compared with the global sea-level curve. The biofacies interpretation is based on the distribution of the above four genera in the conodont biofacies presented by Sandberg and Dreesen (1984). Since the dominant genera of this section are *Icriodus* and *Polygnathus*, frequency changes of these genera determine conodont biofacies and relative sea-level changes. *Polygnathus* indicates an increase and Icriodus indicates a decrease in the relative sea-level. The following biofacies were identified: icriodid, icriodid-polygnathid, polygnathid-icriodid, and polygnathid biofacies. Polygnathid-icriodid biofacies is the most abundant biofacies.

Due to the presence of shallow-water species, the abundance of *Icriodus* and *Polygnathus*, the absence of the genus *Palmatolepis*, the middle shelf environment is determined for the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section. In general, all of the Devonian succession from the Kerman area have been deposited in a shallow-water environment, and generally indicates the shallow parts of the Paleotethys.

Our examination has yielded new conodont data from the Bahram Formation in the Shahzadeh Mohammad section. The *ansatus* Zone to *Palmatolepis glabra pectinata* Zone (middle Givetian to lower Famennian) were assigned to the Bahram Formation within nine conodont zones (Zamani et al. 2020). Conodonts from the sample Sh7 (*Polygnathus ansatus* and *Icriodus arkonensis arkonensis*) indicate Givetian age for the basal part of the Bahram Formation; but Middle Frasnian age is reported in previous studies in this area. The first appearance of *Ancyrodella rotundiloba pristina* represents Givetian/Frasnian boundary at sample Sh12.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی
سال سی و هفتم، شماره پیاپی ۸۲، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، ص ۱-۲۲
تاریخ وصول: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۴

مقاله پژوهشی

فونای کنودونتی دونین میانی- پسین نهشته‌های سازند بهرام در برش شاهزاده محمد، شمال کرمان

فتانه زمانی، دانشجوی دکتری چینه و فسیل‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
zamani.paleo@gmail.com
مهدی یزدی*، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
m.yazdi@sci.ui.ac.ir
علی بهرامی، دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
a.bahrami@sci.ui.ac.ir
حامد عامری، استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
ameri.hamed@gmail.com
کاترین جیرارد، استاد، گروه دیرینه‌شناسی، دانشگاه مونپلیه، فرانسه
catherine.girard@umontpellier.fr
کلودیا اسپالتا، استاد، گروه زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و علوم محیطی، دانشگاه بولونیا، ایتالیا
claudia.spalletta@unibo.it

چکیده
نهشته‌های دونین سازند بهرام با ستبرای ۳۰۰ متر در برش شاهزاده محمد در ۳۳کیلومتری شرق شهر زرند و ۹۵کیلومتری شمال شهر کرمان در زون ساختاری ایران مرکزی براساس فونای کنودونتی بررسی شد. با توجه به ۳۱ گونه و زیرگونهٔ شناسایی‌شده و گسترش چینه‌شناسی آنها، تعداد نه زیست‌زون کنودونتی به سن ژیوتین میانی تا فامنین پیشین شناسایی شد. گونهٔ کنودونتی *Polygnathus ansatus* که تعیین‌کنندهٔ بایوزون کنودونتی *ansatus* Zone است و همچنین گونهٔ *Icriodus arkonensis arkonensis* سن ژیوتین میانی را برای قاعدهٔ سازند بهرام مشخص می‌کند که قدیمی‌ترین سن مشخص‌شده برای سازند بهرام است. براساس توزیع فراوانی کنودونت‌ها و رخساره‌های کنودونتی، زیست‌رخسارهٔ پلی‌گناتید- ایکریودید، فراوان‌ترین رخسارهٔ موجود در برش است و محیط شلف میانی برای نهشته‌های مطالعه شده پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دونین، کنودونت، سازند بهرام، ژیوتین، فرازنین، فامنین

* نویسنده مسئول

زمانی، ف؛ یزدی، م؛ بهرامی، ع؛ عامری، ح؛ جیرارد، ک و اسپالتا، ک. (۱۴۰۰). فونای کنودونتی دونین میانی-پسین نهشته‌های سازند بهرام در برش شاهزاده محمد، شمال کرمان، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۷(۱):۱-۲۲. http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172

2423-8007 / © 2021 The Authors. Pulished by University of Isfahan
This is an open access article Under the by-nc-nd/4.0/ License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

مقدمه

دورهٔ دونین به دلیل تغییرات زیاد سطح آب دریا و وقوع حوادث زیستی بزرگ، از دوره‌های مهم در پالئوزوئیک است (Sandberg et al. 2002). در این زمان اغلب سطح آب دریا به‌طور استثنایی بالا بوده و آب‌وهوای گرم با شرایط یکسان در همه‌جا گسترده بود و این امر به تولید بیشترین کربنات و میزان تنوع جانوران دریایی در پالئوزوئیک منجر شده است (Gradstein et al. 2005). چندین حادثهٔ زیستی مرتبط با انوکسیک و حوادث مرتبط با یخچال‌ها در طول دونین پسین (Famennian) رخ داده است که به وقوع انقراض در هر دو بیوتای خشکی و دریایی انجامیده است. دونین، زمان اشتقاق ماهی‌ها و ظهور نخستین آمونوئیدها، حشرات و همچنین دوزیستان است. در این زمان گیاهان آوندی به وجود آمدند، گیاهان خشکی را به تصرف خود درآوردند و فراوانی آنها به حدی رسید که نخستین ذخایر زغال سنگ در باتلاق‌های گرمسیری تشکیل شد؛ علاوه بر این پیش از پایان این دوره، تتراپودهای خشکی ظاهر شدند. به دلیل آب‌وهوای گلخانه‌ای و بالابودن سطح آب دریا، رشد جهانی ریف‌ها که در دونین میانی به اوج خود رسیده بود، در دونین پسین با یکی از مهم‌ترین وقایع انقراض در تاریخ زمین (حادثهٔ کلواسر) کاهش یافت (Gradstein et al. 2005; Kaufmann 2006).

با پیشروی دریا، رسوبات دونین میانی و پسین در مناطق شمالی، مرکزی و شرقی ایران نهشته شده‌اند. در ایران مرکزی، توالی‌های دونین میانی و پسین در مناطقی مانند کرمان، طبس، یزد و اصفهان برونزد دارد. در حوضهٔ کرمان، رسوبات این سن به قسمت‌های شمالی حوضه محدود است و در قالب سازندهای سیب‌زار و بهرام معرفی و بررسی می‌شوند. گسترش سازند سیب‌زار در ناحیهٔ کرمان محدود است؛ به‌طوری که فقط در چند برش مانند شاهزاده محمد، گزستان و هریک مشاهده می‌شود (Wendt et al. 2002). به‌طور کلی سازند بهرام از دو بخش آواری و کربناته تشکیل شده است. در برش شاهزاده محمد توالی نسبتاً کاملی از رسوبات دونین پیشین تا پسین برونزد دارد؛ از این رو مطالعهٔ سازند بهرام در این برش دارای اهمیت است.

Wendt et al. 1977, 2002 و Huckriede et al. 1962 چینه‌شناسی توالی‌های دونین کرمان را بررسی کرده‌اند؛ همچنین می‌توان به مطالعات زیست‌چینه‌نگاری Bahrami et al. 2011, 2014 در برش‌های شمس‌آباد و سراشک، Ahmadi et al. 2012 در برش حور، Nasehi 2018 در برش یزدان‌آباد، Gholamalian and Kebrieai 2008 در برش هجدک، Gholamalian 2006 در برش هوتک، Gholamalian et al. 2011, 2013, 2014, 2015 در برش‌های باغین، گریک و سردر و همچنین Ghavidel Syooki et al. 2011 اشاره کرد. این مطالعه براساس فونای کنودونتی، دونین زیست‌رخساره‌ها و تغییرات سطح آب دریا را در برش شاهزاده محمد بررسی می‌کند.

راه‌های دسترسی و زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش

منطقهٔ مطالعه‌شده در جنوب شرقی ایران و در شمال شهر کرمان واقع شده است. این منطقه به‌لحاظ جایگاه زمین‌شناسی در زون ساختاری ایران مرکزی جای می‌گیرد و براساس نقشه‌های زمین‌شناسی در ورقهٔ ۱:۱۰۰,۰۰۰ زرند (Vahdati Daneshmand 1995) بررسی می‌شود. راه دسترسی به این برش از مسیر جادهٔ آسفالتهٔ کرمان به زرند و سپس جادهٔ معدنی زرند به هجدک است. مختصات قاعدهٔ برش شامل ″30°48′25 شمالی و ″56°55′55 شرقی است (شکل ۱). برش بررسی‌شده در یال غربی ناودیس بیدو قرار دارد که بخشی از یک توالی رسوبی به ستبرای بیش از ۱۹۰۰ متر از رسوبات کامبرین زیرین تا دولومیت‌های پرمین است. ناحیهٔ یادشده به‌لحاظ تکتونیکی، یکی از نواحی نسبتاً فعال است؛ به‌طوری که متأثر از عملکرد دو گسل هجدک و گسل دارسینوئیه است. قدیمی‌ترین برونزدها در این ناحیه شامل واحدهای ماسه‌سنگ قرمزرنگ، آرکوزیک میکادار، شیل‌های سیلت‌دار صورتی‌رنگ سازند داهو به دیرینگی کامبرین

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

زیرین با ستبرای حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر است که در بخش غربی برش برونزد دارند. این رسوبات با یک سطح فرسایشی با رسوبات ماسه‌سنگی قرمزرنگ سازند پادها پوشیده می‌شود. سازند پادها نیز با یک سطح فرسایشی به دولومیت‌های برشی‌شدهٔ سازند سیب‌زار تبدیل می‌شود (Wendt et al. 2002)؛ (شکل ۲). سازند بهرام در این برش شامل ۳۰۰ متر رسوبات تخریبی و کربناته است که عبارت‌اند از:

– واحد رسوبات تخریبی و آواری کوارتزیت سفیدرنگ، شیل و ماسه‌سنگ‌های قرمزرنگ، سنگ آهک ماسه‌ای نخودی‌رنگ، ماسه‌سنگ‌های ارغوانی با میان‌لایه‌های شیل که این بخش از برش مطالعه‌شده هیچ‌گونه آثار و بقایای فسیلی ندارد و ستبرای ۱۲ متر را به خود اختصاص داده است.

– واحد سنگ آهک فسیل‌دار حاوی قطعات براکیوپود و ساقه‌های کرینوئید و گاستروپود است و ۲۵ متر ضخامت دارد.

– واحد افق‌های بایوسترومی شامل مرجان‌های روگوزا و تابولاتا، استروماتوپروئیدها، بریوزوئرها و براکیوپودهاست که بیشترین تراکم فسیلی در بخش میانی بایوستروم مشاهده می‌شود و ۶۳ متر ضخامت دارد.

– واحد سنگ آهک فسیل‌دار، سنگ آهک دولومیتی و سنگ آهک تنتاکولیت‌دار با ضخامت ۳۸ متر.

– واحد شیل سیاه‌رنگ و ماسه‌سنگ ستبرلایهٔ سفیدرنگ با ستبرای ۴۲ متر که به‌تدریج به سنگ آهک ماسه‌ای نخودی‌رنگ تبدیل می‌شود.

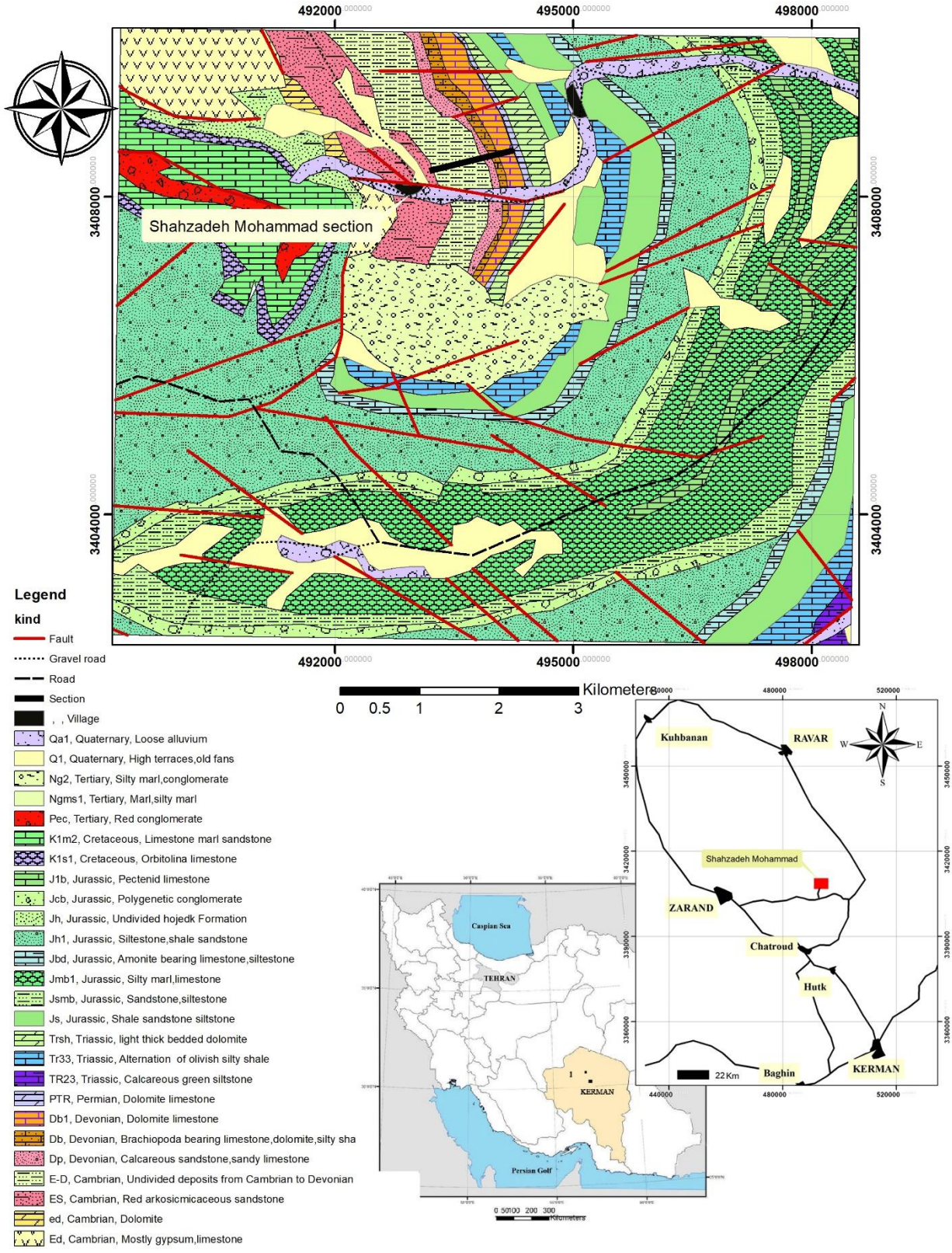
– واحد رسوبات کربناتهٔ عمدتاً سنگ آهکی با ضخامت ۸۱ متر که قطعات براکیوپود، کرینوئید و بریوزوئر دارد.

– واحد شیل سیاه‌رنگ به ستبرای حدود ۹ متر.

– واحد سنگ آهک دولومیتی ستبرلایه با ضخامت ۲۴ متر.

سازند بهرام در این برش با یک لایهٔ نازک از خاک‌های قدیمی به دیرینگی پرمین با رسوبات سازند جمال پوشیده می‌شود (شکل ۳).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۱- **نقشهٔ زمین‌شناسی** (وحدتی دانشمند ۱۳۷۴ با تغییرات) **و راه‌های دسترسی برش مطالعه‌شده به همراه موقعیت قرارگیری در ایران.**

Fig1- Geological map and location of the Shahzadeh Mohammad section (Modified After Vahdati Daneshmand 1995)**, and road map showing the position of the investigated section.**

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۲- الف. نمای کلی برش شاهزاده محمد و گسترش سازندهای داهو، پادها، سیب‌زار، بهرام و جمال (دید به سمت شمال شرق)؛ ب. موقعیت قرارگیری مرز ژیوتین به فرازنین؛ پ. گسترش خاک قدیمی در قاعدهٔ سازند جمال (دید به سمت شرق)؛ ج. چ. مرجان‌های موجود در بایوستروم (دید به سمت شرق)؛ ح. شیل سیاه حد فاصل نمونه‌های Sh 22 و Sh 23 (دید به سمت شمال)؛ خ. تنتاکولیت‌های موجود در لایه‌سنگ آهکی (دید به سمت شرق).

Fig 2- (a) Panoramic view of the Paleozoic succession, from the Cambrian Dahu Formation, through the Devonian Padeha, Sibzar and Bahram formations, to the Permian Jamal Formation. (b) Location of the Givetian-Frasnian boundary. (c) Paleosoil horizon at the base of Jamal Formation. (d, e) Corals in the biostrom bed. (f) Black shale in the middle part of the Shahzadeh Mohammad section (between beds Sh22 and Sh23. (g) Tentaculite limestone.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

روش پژوهش

به‌منظور بررسی و تعیین سن سازند بهرام تعداد ۴۰ نمونهٔ ۴ تا ۵ کیلوگرمی از این برش برداشت شد. مطالعات آزمایشگاهی شامل خردکردن نمونه‌های سنگی به اندازه‌های ۲– ۴ سانتی‌متری، انحلال با اسید استیک، شست‌وشو با الک‌های شمارهٔ ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰، جدایش دستی در زیر میکروسکوپ بینوکولار، قراردادن نمونه‌های سالم روی پایهٔ آلومینیومی، تهیهٔ عکس‌های SEM، شناسایی کنودونت‌ها و زون‌بندی زیستی آنها براساس منابع جهانی است.

بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش

زیست‌چینه‌نگاری

از ۴۰ نمونهٔ برداشت‌شده، ۲۹ عدد از نمونه‌ها حاوی عناصر کنودونتی است. از مطالعهٔ فونای به‌دست‌آمده، ۳۱ گونه و زیرگونه متعلق به چهار جنس شامل *Icriodus*, *Ancyrodella* *Pelekysgnathus*, *Polygnathus*, شناسایی شد که مجموعهٔ غالب شامل جنس‌های *Icriodus* و *Polygnathus* است (جدول ۱). مجموعهٔ کنودونتی در گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان نگهداری می‌شود. اندیس تغییر رنگ (CAI) کنودونت‌ها در این برش، ۴ تا ۴/۵ است.

زیست‌زون‌بندی کنودونتی ژیوتین تا حد زیادی براساس توالی فونای کنودونتی است که با یکدیگر ارتباط تکاملی دارند و شامل اعضایی از جنس *Polygnathus* (ژیوتین زیرین و میانی)، *Schmidtognathus* (بخش بالایی ژیوتین میانی و بخش پایینی ژیوتین بالایی)، *Klapperina* (بخش بالایی ژیوتین بالایی) و *Skeletognathus* (انتهایی‌ترین بخش ژیوتین) است. درنتیجه استفاده از آنها در محیط‌های نریتیک (که جنس *Icriodus* غالب است) مشکل است. برای حل این مشکل، Bultynck (1987) و Narkiewicz and Bultynck (2010) یک زون‌بندی جایگزین را براساس جنس *Icriodus* ارائه داده‌اند که با زون‌بندی استاندارد مطابقت دارد (Liao and Valenzuela-Rios 2017).

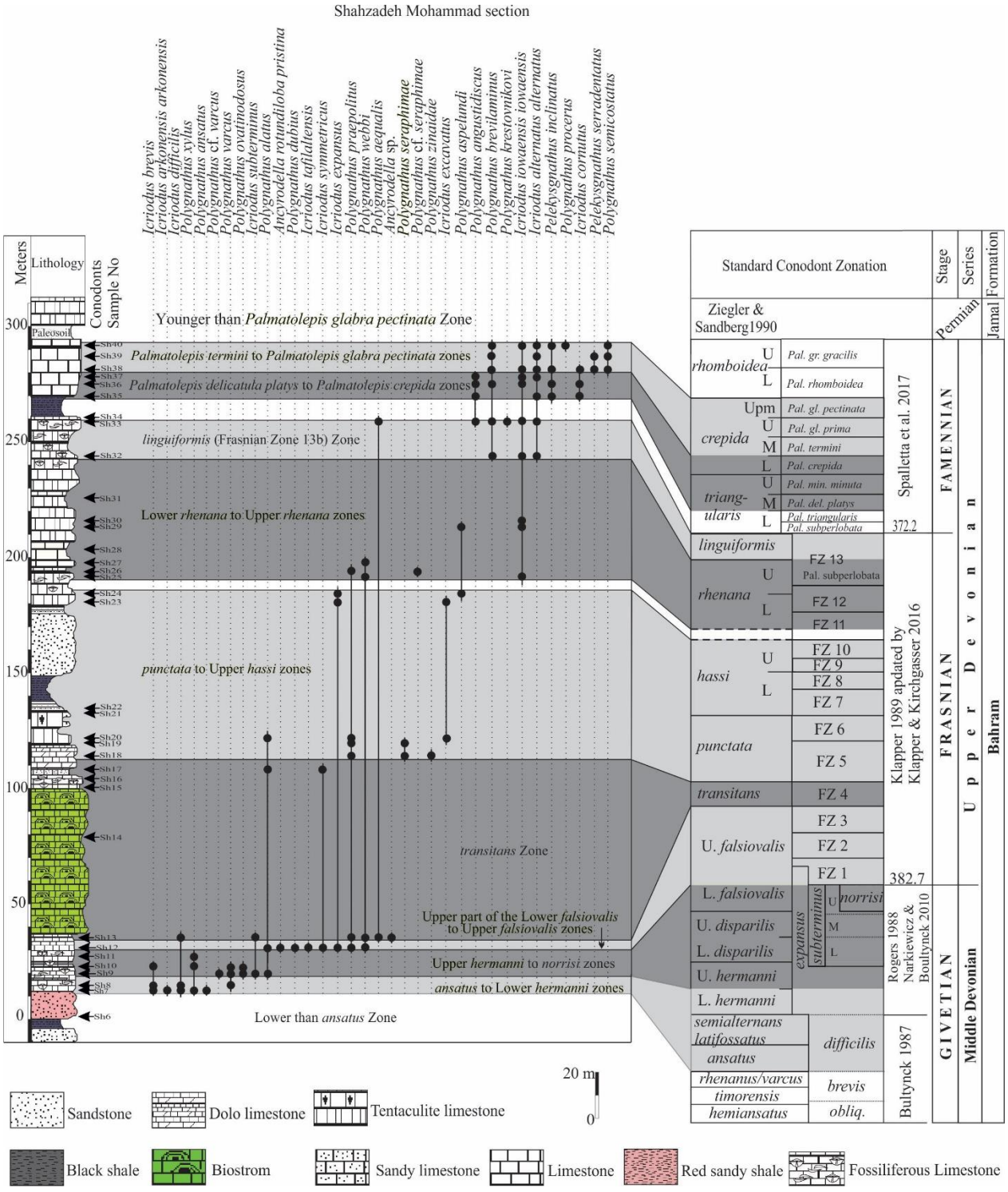
در این پژوهش از زون‌بندی‌های ارائه‌شده در مقالات Bultynck (1987)، Narkiewicz and Bultynck (2010) و Liao and Valenzuela-Ríos (2017) برای ژیوتین استفاده شده است. برای فرازنین از زون‌بندی Klapper (1989) که Klapper and Kirchgasser (2016) بازنگری کرده‌اند و همچنین مطابقت آنها با زون‌بندی Ziegler and Sandberg (1990) استفاده شده است. بایواستراتیگرافی فامنین نیز براساس زون‌بندی‌های استاندارد Ziegler and Sandberg (1990) و Spalletta et al. (2017) است. در این برش نیز مانند سایر برش‌های ایران مرکزی با توجه به نبود فونای *Palmatolepis* مربوط به آب‌های عمیق، از فونای *Icriodus* و *Polygnathus* برای تعیین حدود زیست‌زون‌ها استفاده شده است.

با توجه به پراکندگی و دامنهٔ سنی گونه‌ها، بایوزون‌های زیر ارائه می‌شوند (شکل ۳، جدول ۱). نام جنس‌های کنودونتی در متن به‌صورت مخفف نوشته شده که کامل آنها بدین صورت است:

I.= Icriodus, P.= Polygnathus, Pele. = Pelekysgnathus, An.= Ancyrodella

به‌طور کلی در برش مطالعه‌شده، ۴۵۰ عنصر کنودونتی متعلق به جنس *Icriodus*، ۴۶۹ عنصر متعلق به جنس *Polygnathus*، ۳۰ عنصر متعلق به جنس *Pelekysgnathus* و دو عنصر متعلق به جنس *Ancyrodella* یافت شده است؛ همچنین فراوان‌ترین گونه، برش *Icriodus iowaensis* *iowaensis* با تعداد ۱۲۷ عنصر است.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۳- ستون سنگ‌چینه‌ای، زیست‌زون‌ها و پراکندگی کنودونت‌ها در برش مطالعه‌شده. واژه‌های خلاصه‌شده عبارت‌اند از:

U: Upper, M: Middle, L: Lower, Upm: Uppermost, *Pal: Palmatolepis, del: delicatula, min: minuta, gl: glabra, gr: gracilis, oblq: obliquimarginatus*

Fig. 3- Stratigraphic log, samples position, conodont occurrences and biozonation of the Shahzadeh Mohammad section. Abbreviations: L: Lower M: Middle, U: Upper, Upm: Uppermost, *Pal: Palmatolepis, del: delicatula, min: minuta, gl: glabra, gr: gracilis, oblq: obliquimarginatus.*

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

Givetian biozones
ansatus to Lower *hermanni* zones

حد پایینی این بایوزون با پیدایش *Polygnathus ansatus* مشخص می‌شود که براساس مطالعات Narkiewicz and Bultynck (2007, 2010) و Aboussalam (2003) اولین حضور این گونه در قاعدهٔ *ansatus* Zone است. این گونه شاخص این زون است (Ziegler et al. 1976). حد بالایی این زیست‌زون با اولین حضور *Icriodus subterminus* در قاعدهٔ بایوزون بعدی مشخص می‌شود. این بایوزون به ضخامت ۸ متر در واحد سنگ آهک فسیل‌دار قرار دارد. سایر گونه‌های همراه در این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus arkonensis arkonensis, I. brevis, I. difficilis, Polygnathus varcus and *P. xylus*.

Upper *hermanni* to lower part of the Lower *falsiovalis (norrisi)* zones

قاعدهٔ این بایوزون با اولین حضور *Icriodus subterminus* و مرز بالایی آن براساس اولین حضور *Ancyrodella rotundiloba pristina* در قاعدهٔ زیست‌زون بعدی مشخص می‌شود. اولین حضور *Icriodus subterminus* مشخص‌کنندهٔ قسمت‌های بالایی Upper *hermanni* Zone است (Narkiewicz and Bultynck 2010). ضخامت این بایوزون نزدیک به ۱۲ متر است و در فاصلهٔ ۱۸متری از قاعدهٔ سکشن و در واحد سنگ آهک فسیل‌دار قرار دارد. سایر گونه‌های موجود در این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus brevis, Polygnathus alatus, P. ovatinodosus, P. varcus, P. xylus.

Frasnian biozones
Upper part of the Lower *falsiovalis* to Upper *falsiovalis* zones

اولین حضور *Ancyrodella rotundiloba pristina* مشخص‌کنندهٔ مرز پایینی این بایوزون است که در قسمت‌های بالایی Lower *falsiovalis* Zone یا به بیانی در قاعدهٔ Frasnian Zone 1 ظاهر می‌شود. قاعدهٔ فرازنین در نمونهٔ Sh12 و با اولین حضور *Ancyrodella rotundiloba pristina* مشخص می‌شود. حد بالایی این بایوزون با حضور *Polygnathus aequalis* در قاعدهٔ بایوزون بعدی مشخص می‌شود. این بایوزون معادل با Frasnian Zone 1 تا Frasnian Zone 3 از زون‌بندی Klapper and Kirchgasser (2016) است و در فاصلهٔ ۳۰متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۴ متر و در واحد آهک فسیل‌دار قرار دارد. سایر گونه‌های موجود در این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus expansus, I. symmetricus, I. tafilaltensis, Polygnathus alatus, P. dubius, P. praepolitus, P. webbi.

transitans Zone

حد پایینی این بایوزون با اولین حضور *Polygnathus aequalis* مشخص می‌شود که رنج سنی the Lower *rhenana* Zone to *transitans* Zone را دارد (Barskov et al. 1991; Ji and Ziegler 1993). غلامعلیان (2007) رنج بالایی این گونه را تا *linguiformis* Zone گسترش می‌دهد. مرز بالایی با اولین حضور گونه‌های *Polygnathus seraphimae* و *Polygnathus zinaidae* مشخص می‌شود. این بایوزون معادل با Frasnian Zone 4 است و در فاصلهٔ ۳۴متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۷۵ متر قرار دارد و لیتولوژی غالب آن، سنگ آهک بایوسترومی است. سایر گونه‌های همراه عبارت‌اند از:

Ancyrodella sp., *Icriodus difficilis, I. subterminus, I. symmetricus, Polygnathus alatus, P. praepolitus, P. webbi.*

punctata to Upper *hassi* zones

این بایوزون با اولین حضور *Polygnathus seraphimae* و *Polygnathus zinaidae* در قاعده مشخص می‌شود که اولین حضور این دو گونه در *punctata* Zone است (Ovnatanova and Kononova 2001). حد بالایی این بایوزون با آخرین حضور *Icriodus expansus* مشخص می‌شود که براساس نظر Bultynck (2003)، آخرین حضور این گونه به‌طور احتمالی در Upper *hassi* Zone قرار دارد؛ علاوه بر این Ovnatanova and Kononova (2001) این گونه را تا انتهای زون ناحیه‌ای Upper Semiluki گزارش کرده‌اند که براساس مطابقت زون‌های ناحیه‌ای و زون‌های استاندارد معادل با *punctata*–

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

Late *hassi* zones است (Ovnatanova and Kononova 2008, 2020). این بایوزون معادل با Frasnian Zone 5 تا Frasnian Zone 10 است و در فاصلهٔ ۱۱۲متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۷۴ متر قرار دارد و شامل سنگ آهک فسیل‌دار، شیل و ماسه‌سنگ است. گونه‌های همراه این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus excavatus, Polygnathus alatus and *P. praepolitus*.

Lower *rhenana* to Upper *rhenana* zones

حد پایینی این بایوزون با اولین حضور زیرگونهٔ *Icriodus iowaensis iowaensis* و حد بالایی آن با اولین حضور گونهٔ *Polygnathus brevilaminus* در قاعدهٔ بایوزون بعدی مشخص می‌شود. اولین حضور *Icriodus iowaensis* در Lower *rhenana* Zone است (Bahrami et al. 2013). این بایوزون معادل با قسمت‌های بالایی Frasnian Zone 11 تا Frasnian Zone 13a است و در فاصلهٔ ۱۹۰متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۵۲ متر و در رسوبات کربناته قرار دارد. سایر گونه‌های همراه عبارت‌اند از:

Polygnathus aspelundi, P. praepolitus, P. cf. *seraphimae, P. webbi*.

linguiformis Zone

قاعدهٔ این بایوزون با اولین حضور *Polygnathus brevilaminus* مشخص می‌شود که رنجی برابر با Upper *trachytera* Zone تا *linguiformis* Zone (Schülke 1995) دارد. محدودهٔ بالایی با آخرین حضور *Polygnathus krestovnikovi* (Hartenfels 2011) مشخص می‌شود که به باور Narkiewicz and Narkiewicz (2008) و Ovnatanova and Kononova (2008) در *linguiformis* Zone منقرض می‌شود. این بایوزون معادل با Frasnian Zone 13b است و در فاصلهٔ ۲۴۲متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۱۸ متر و در سنگ آهک براکیوپوددار قرار دارد. گونه‌های همراه در این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus alternatus alternatus, I. iowaensis iowaensis, Polygnathus aequalis and *P.angustidiscus*.

Famennian biozones

Palmatolepis delicatula platyis to *Palmatolepis crepida* zones

حد پایینی این بایوزون با اولین حضور *Pelekysgnathus inclinatus* و *Icriodus cornutus* مشخص می‌شود که هر دوی آنها در Middle *triangularis* Zone ظاهر می‌شوند (Sandberg and Dreesen 1984; Huang and Gong 2016) و حد بالای آن نیز با ورود *Polygnathus semicostatus* در قاعدهٔ زیست‌زون بعدی مشخص می‌شود. این بایوزون معادل با Middle *triangularis* تا Lower *crepida* است و در فاصلهٔ ۲۷۰متری از قاعدهٔ سکشن، ۱۰ متر از سنگ آهک رأس سکشن را به خود اختصاص داده است. گونه‌های همراه در این زیست‌زون عبارت‌اند از:

Icriodus alternatus alternatus, I. iowaensis iowaensis, Polygnathus angustidiscus, P. brevilaminus.

Palmatolepis termini to *Palmatolepis glabra pectinata* zones

این بایوزون با اولین حضور *Polygnathus semicostatus* که سنی برابر با Middle *crepida* Zone تا Upper *expansa* Zone دارد (Ji and Ziegler 1993) و آخرین حضور *Icriodus alternatus alternatus* و *Polygnathus procerus* محدود می‌شود که آخرین حضور هر دو متعلق به *Palmatolepis glabra pectinata* Zone است (Spalletta et al. 2017). این بایوزون معادل با Middle *crepida* تا Uppermost *crepida* است و در فاصلهٔ ۲۸۰متری از قاعدهٔ سکشن با ضخامت ۱۳ متر و در سنگ آهک رأس سکشن قرار دارد. گونه‌های همراه در این بایوزون عبارت‌اند از:

Icriodus cornutus, I. iowaensis iowaensis, Pelekysgnathus inclinatus, Pele. serradentatus, Polygnathus brevilaminus.

بررسی تغییرات سطح آب دریا

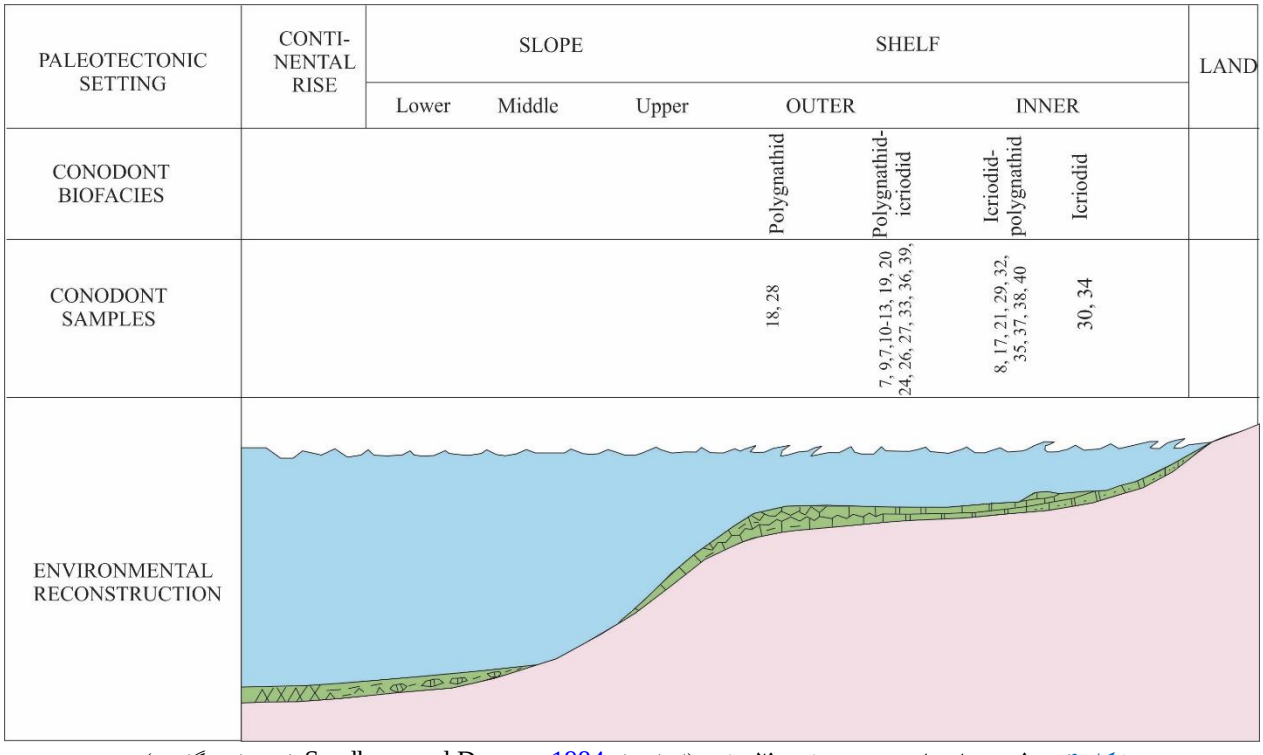
شمارش گونه‌های کنودونتی به‌دست‌آمده از هر نمونه برای مطالعهٔ تغییرات سطح آب دریا استفاده می‌شود. با شمارش تعداد گونه‌های موجود، جدول پراکندگی نمونه‌ها ترسیم می‌شود و سپس با تعیین نسبت جنس‌های کنودونتی، دیاگرام

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

بیوفاسیس کنودونت‌ها به دست می‌آید که در کنار منحنی تغییرات سطح آب دریا به تفسیر بهتر محیط کمک می‌کند.

مدل‌های رخساره‌ای کنودونت‌های دونین پسین را Sandberg and Dreesen 1984 ارائه کرده‌اند و براساس فراوانی جنس‌های کنودونتی، رخساره‌های کنودونتی مختلف معرفی شده است. تفسیر بیوفاسیس برش مطالعه‌شده برمبنای توزیع چهار جنس *Icriodus*، *Polygnathus*، *Pelekysgnathus* و *Ancyrodella* در زیست‌رخساره‌های یادشده صورت گرفته است و بر این اساس چهار رخسارهٔ زیستی ایکریودید، ایکریودید- پلی‌گناتید، پلی‌گناتید- ایکریودید و پلی‌گناتید شناسایی شد؛ در این میان بیوفاسیس پلی‌گناتید– ایکریودید بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده است (شکل ۴). با توجه به وجود گونه‌های رخسارهٔ کم‌عمق و فراوانی *Icriodus* و *Polygnathus* و همچنین نبود جنس *Palmatolepis* در فونای به‌دست‌آمده، محیط شلف برای برش شاهزاده محمد مشخص می‌شود.

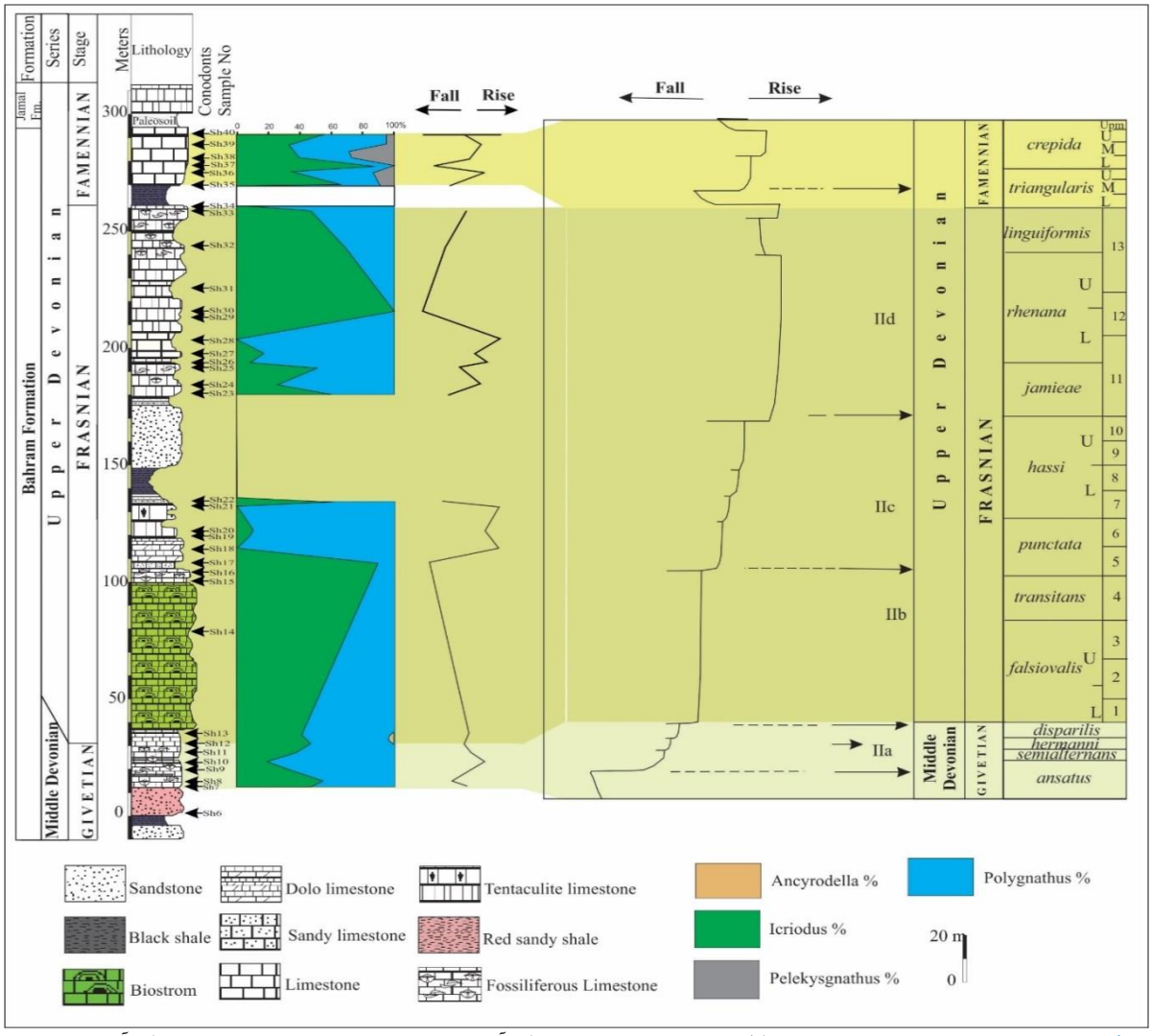
به‌منظور تطابق با تغییرات جهانی سطح آب دریا، نمودار فراوانی فونای کنودونتی و منحنی تغییرات سطح آب برش مدنظر رسم شده است (شکل ۵)؛ بر این اساس در زمان ژیوتین، پیشروی سطح آب مشاهده می‌شود که با منحنی تغییرات سطح آب جهانی تطابق دارد. در زمان فرازنین، در زیست‌زون‌های *punctata* و همچنین *jamieae* تا *rhenana*، افزایش جهانی سطح آب دریا را داریم که این افزایش در بایوزون *punctata* و همچنین ابتدای بایوزون *rhenana* در برش مطالعه‌شده مشخص است؛ همچنین در زمان فامنین پیشین در سطح جهانی دو پیشروی داریم که در برش شاهزاده محمد نیز، پیشروی‌های قابل تطابق وجود دارد (شکل ۵).



شکل ۴- مدل رخساره‌های زیستی برش مطالعه‌شده (اقتباس از Sandberg and Dreesen 1984 با تغییرات نگارنده).

Fig 4- Conodont biofacies model in the studied section (modified after Sandberg and Dreesen 1984).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۵- ستون فراوانی کنودونت‌های برش مطالعه‌شده، نمودار تغییرات سطح آب در برش و مقایسه با تغییرات جهانی سطح آب در دونین میانی و پسین (اقتباس از Johnson et al. 1985 با تغییرات نگارنده).

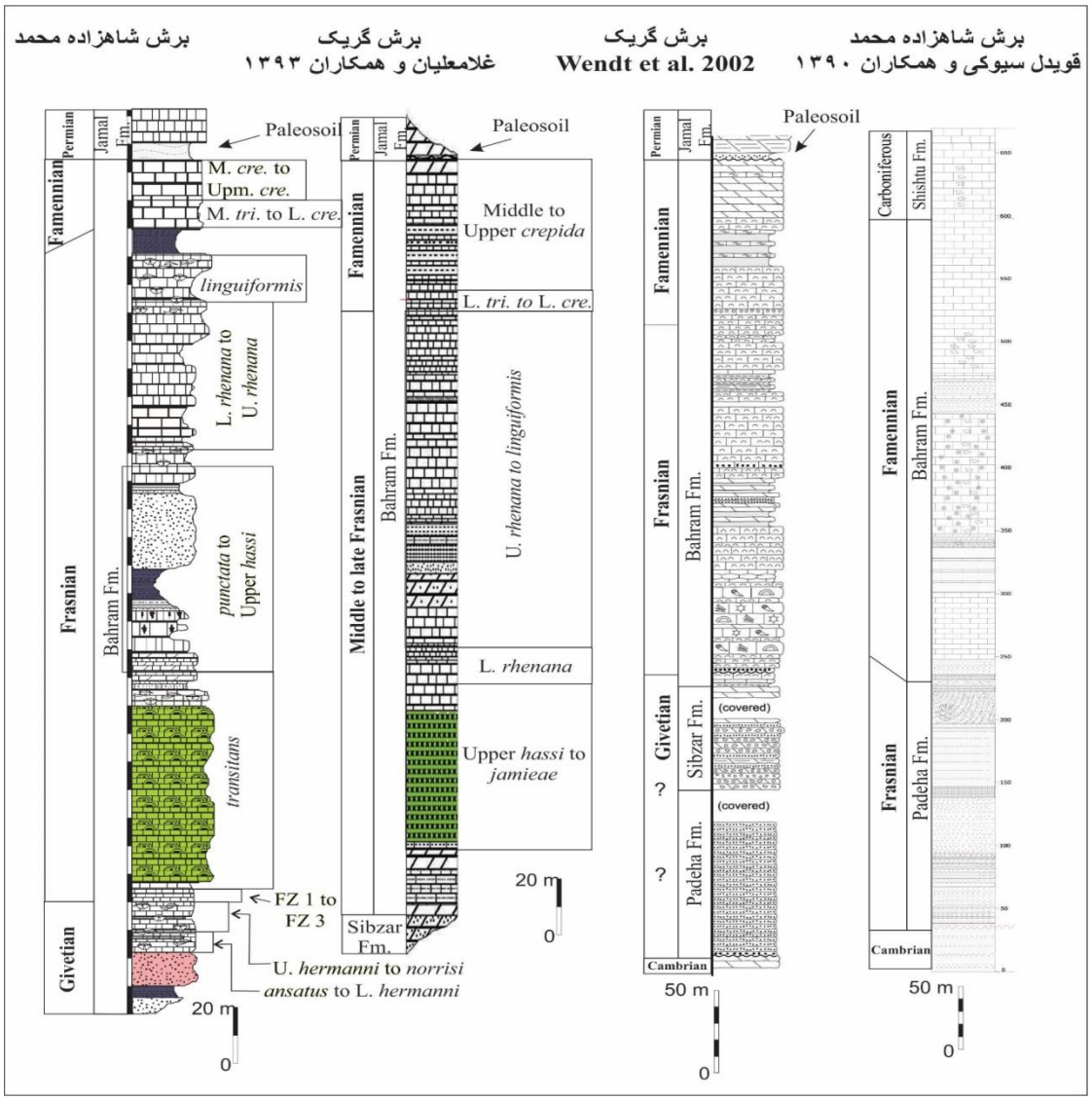
Fig 5- Conodont biofacies, and sea-level changes according to Johnson et al. (1985).

تطابق

با توجه به وجود اختلاف زیاد دربارهٔ سن برش شاهزاده محمد، انجام مطالعه‌ای دقیق و سیستماتیک حائز اهمیتی ویژه بوده است. در مطالعهٔ انجام‌شده براساس پالینومورف‌های دریایی، رسوبات دونین بالایی در مقطع چینه‌شناسی شاهزاده محمد را Ghavidel Syooki et al. 2011 به دو سازند پادها و بهرام تقسیم کرده‌اند؛ همچنین در مطالعهٔ Gholamalian et al. 2014 در نزدیکی این برش رسوبات متعلق به فرازنین میانی تا فامنین پیشین گزارش شده است. با توجه به مطالعات چینه‌شناسی Wendt et al. 2002 و مطالعهٔ فونای کنودونتی در این پژوهش، رسوبات متعلق به بخش‌های میانی ژیوتین میانی تا فامنین پیشین متعلق به سازند بهرام است.

با توجه به حضور گونهٔ جهانی *Polygnathus ansatus* در فاصلهٔ ۱۲متری از قاعدهٔ برش، که مشخص‌کنندهٔ بایوزون کنودونتی *ansatus* Zone متعلق به ژیوتین میانی است و همچنین حضور گونهٔ *J. arkonensis arkonensis* حضور رسوبات این سن مسجل است؛ همچنین گونهٔ کنودونتی *Ancyrodella rotundiloba pristina* که در سراسر جهان مشخص‌کنندهٔ مرز ژیوتین به فرازنین است، این مرز را در ۳۲متری از قاعدهٔ برش مشخص می‌کند (شکل ۶).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۶- مقایسهٔ سازند بهرام در برش مطالعه‌شده با مطالعات پیشین. واژه‌های خلاصه‌شده عبارت‌اند از:

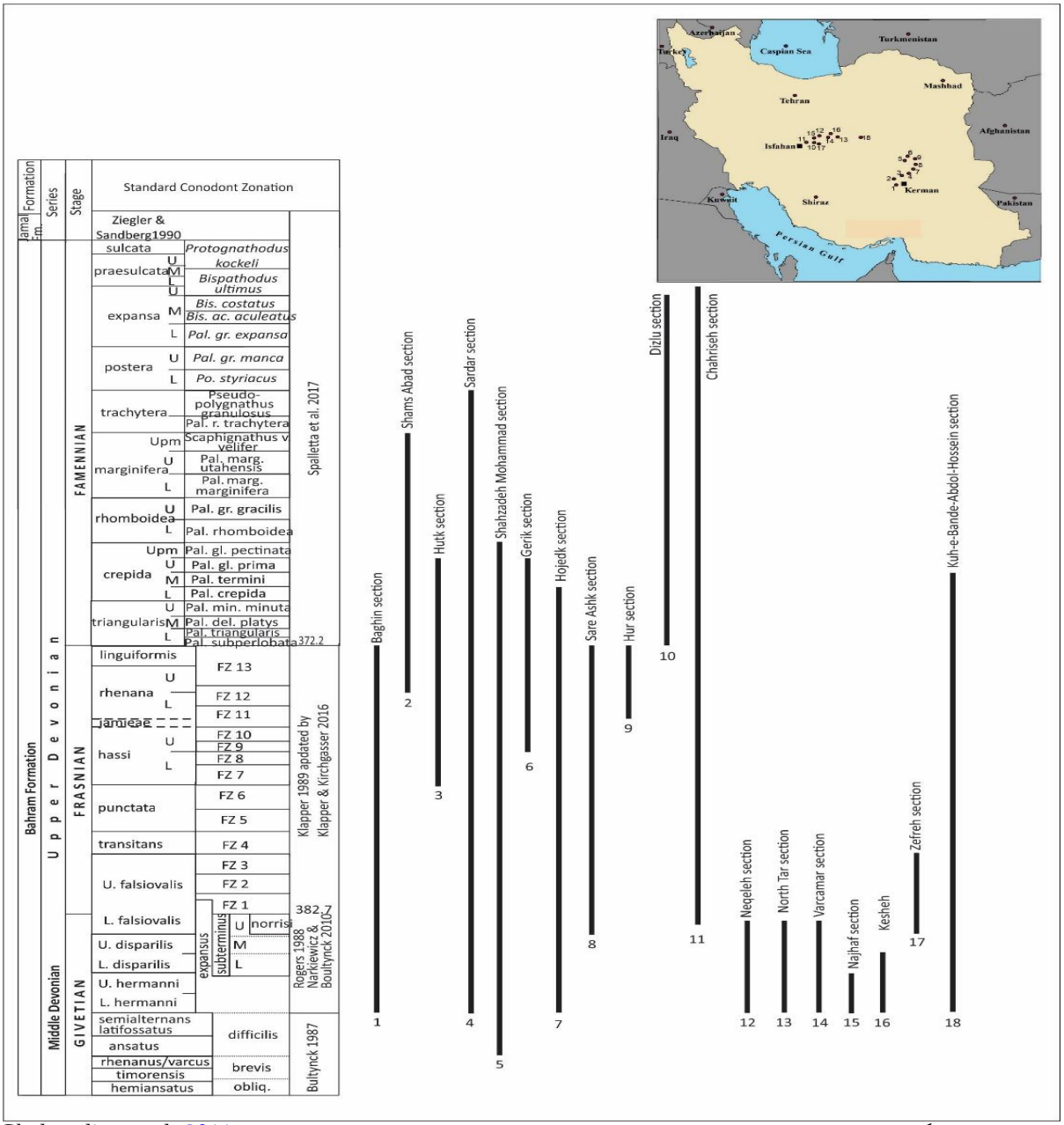
U: Upper, M: Middle, L: Lower, Upm: Uppermost, FZ: Frasnian Zone, *tri: triangularis*, *cre*: *crepida*.

Fig 6- Correlation of the Bahram Formation in the studied section with previous works. Abbreviations: L: Lower, M: Middle, U: Upper, Upm: Uppermost, FZ: Frasnian Zone, *tri: triangularis*, *cre*: *crepida*.

براساس مطالعات انجام‌شده در مناطق کرمان و اصفهان، سن‌های متفاوتی برای سازند بهرام گزارش شده و درنتیجه بایوزون‌های کنودونتی متفاوتی برای این سازند ارائه شده که قدیمی‌ترین آنها، Lower *hermanni* Zone مربوط به ژیوتین پسین بوده است (در برش‌های هجدک و سردر کرمان و برش‌های نقله، نورت تار، ورکمر، کشه، نچفت و برش بند عبدالحسین انارک اصفهان). در این مطالعه و با توجه به کنودونت‌های به‌دست‌آمده، بایوزون کنودونتی *ansatus* Zone مربوط به ژیوتین میانی، برای قاعدهٔ سازند بهرام گزارش می‌شود (شکل ۷) که قدیمی‌ترین سن گزارش‌شده برای قاعدهٔ سازند بهرام است.

تفاوت سن‌های گزارش‌شده از سازند بهرام به علت حرکات تکتونیکی همزمان مانند حرکات کششی و لغزشی پالئوزوئیک همراه با ساختارهای تکتونیکی، میزان فرونشست و انباشت رسوبات، فرسایش محلی و همچنین فرونشست پیش از پرمین است (Wendt et al. 2002; Bahrami et al. 2018).

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



شکل ۷- مقایسهٔ گستره سنی سازند بهرام در برش‌های مختلف کرمان و اصفهان (ایران مرکزی)؛ ۱. باغین Gholamalian et al. 2011, ۲. شمس‌آباد Bahrami et al. 2011؛ ۳. هوتک Gholamalian 2006؛ ۴. سردر Gholamalian et al. 2015؛ ۵. شاهزاده محمد (این مطالعه)؛ ۶. گریک Gholamalian et al. 2014؛ ۷. هجدک Gholamalian et al. 2013 و Gholamalian and Kebrieae 2008؛ ۸ سراشک Bahrami et al. 2014؛ ۹. حور Ahmadi et al. 2012؛ ۱۰. دیزلو Bahrami et al. 2018؛ ۱۱. چاهریسه Turner et al. 2002 و Bahrami et al. 2015؛ ۱۲. نقله Bahrami et al. 2015؛ ۱۳. نورت تار Bahrami et al. 2015؛ ۱۴. ورکمر Bahrami et al. 2015؛ ۱۵. نجفت Bahrami et al. 2015؛ ۱۶. کشه Bahrami et al. 2018؛ ۱۷. زفره Konigshof et al. 2017؛ ۱۸. کوه‌بند عبدالحسین Bahrami et al. 2019.

Fig 7- Stratigraphic range of the Bahram Formation in various sections of Kerman and Isfahan (Central Iran). 1) Baghin section, Gholamalian et al. 2011**, 2) Shams Abad section,** Bahrami et al. 2011**, 3) Hutk section,** Gholamalian 2006**, 4) Sardar section,** Gholamalian et al. 2015**, 5) Shahzadeh Mohammad section, 6) Gerik section,** Gholamalian et al. 2014**, 7) Hojedk section,** Gholamalian and Kebrieae 2008 and Gholamalian et al. 2013**, 8) Sare Ashk section,** Bahrami et al. 2014**, 9) Hur section,** Ahmadi et al. 2012**, 10) Dizlu section,** Bahrami et al. 2018**, 11) Chahriseh section,** Turner et al. 2002 and Bahrami et al. 2015**, 12) Neqeleh Section,** Bahrami et al. 2015**, 13) North Tar section,** Bahrami et al. 2015**, 14) Varcamar Section,** Bahrami et al. 2015**, 15) Najhaf section,** Bahrami et al. 2015**, 16) Kesheh section** Bahrami et al. 2018**, 17) Zefreh section,** Konigshof et al. 2017**, 18) Kuh_e_Bande Abdol-Hossein section,** Bahrami et al. 2019**.**

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

جدول ۱- فراوانی کنودونت‌ها در برش مطالعه‌شده.

Table 1- Range chart of conodont species in the Shahzadeh Mohammad section.

Species \ Samples	Sh7	Sh8	Sh9	Sh10	Sh11	Sh12	Sh13	Sh17	Sh18	Sh19	Sh20	Sh21	Sh23	Sh24	Sh25	Sh26	Sh27	Sh28	Sh29	Sh30	Sh32	Sh33	Sh34	Sh35	Sh36	Sh37	Sh38	Sh39	Sh40	Total
Ancyrodella rotundiloba pristina						2																								2
Ancyrodella sp.							2																							2
Icriodus arkonensis arkonensis	2																													2
Icriodus alternatus alternatus																					10	3		30		2	5	23	35	108
Icriodus brevis	10	1		4																										15
Icriodus cornutus																								2	1		2			5
Icriodus difficilis	9	4					5																							18
Icriodus excavatus											1		1																	2
Icriodus expansus						12							1	1																14
Icriodus iowaensis iowaensis															6				30	1	34	25			3	2	5		21	127
Icriodus subterminus			7				16																							23
Icriodus symmetricus						3		8																						11
Icriodus tafilaltensis						3																								3
Pelekysgnathus inclinatus																								8	3		5		2	18
Pelekysgnathus serradentatus																											5	7		12
Polygnathus aequalis							21															2								23
Polygnathus alatus			3			3		4			1																			11
Polygnathus angustidiscus																						5		6	3	1				15
Polygnathus ansatus	9																													9
Polygnathus aspelundi														3					6											9
Polygnathus brevilaminus																					17	15			4		7	10	12	65
Polygnathus dubius						12																								12
Polygnathus krestovnikovi																						10								10
Polygnathus ovatinodosus			5	5																										10
Polygnathus praepolitus						9	7		1	12	1					7														37
Polygnathus procerus																													2	2
Polygnathus semicostatus																											4	42	24	70
Polygnathus seraphimae									1	2																				2
Polygnathus cf. *seraphimae*																2														2
Polygnathus varcus		5	8	5																										18
Polygnathus cf. *varcus*			1																											1
Polygnathus webbi						6	14								6		11													37
Polygnathus xylus	6			5	10																									21
Polygnathus zinaidae									1																					1
Undetermined Icriodus		5	3	2	10	9	6	20		3			1			1	3		8		5			18	3	1	2	15	8	123
Undetermined Polygnathus	9	3	6	10	7	3		2	8	9	5	1	2					3	2		4	3	1	14	4			10	8	114
Total	45	18	33	31	27	62	71	34	11	26	8	1	5	4	12	10	14	3	46	1	70	63	1	78	21	6	35	107	112	955

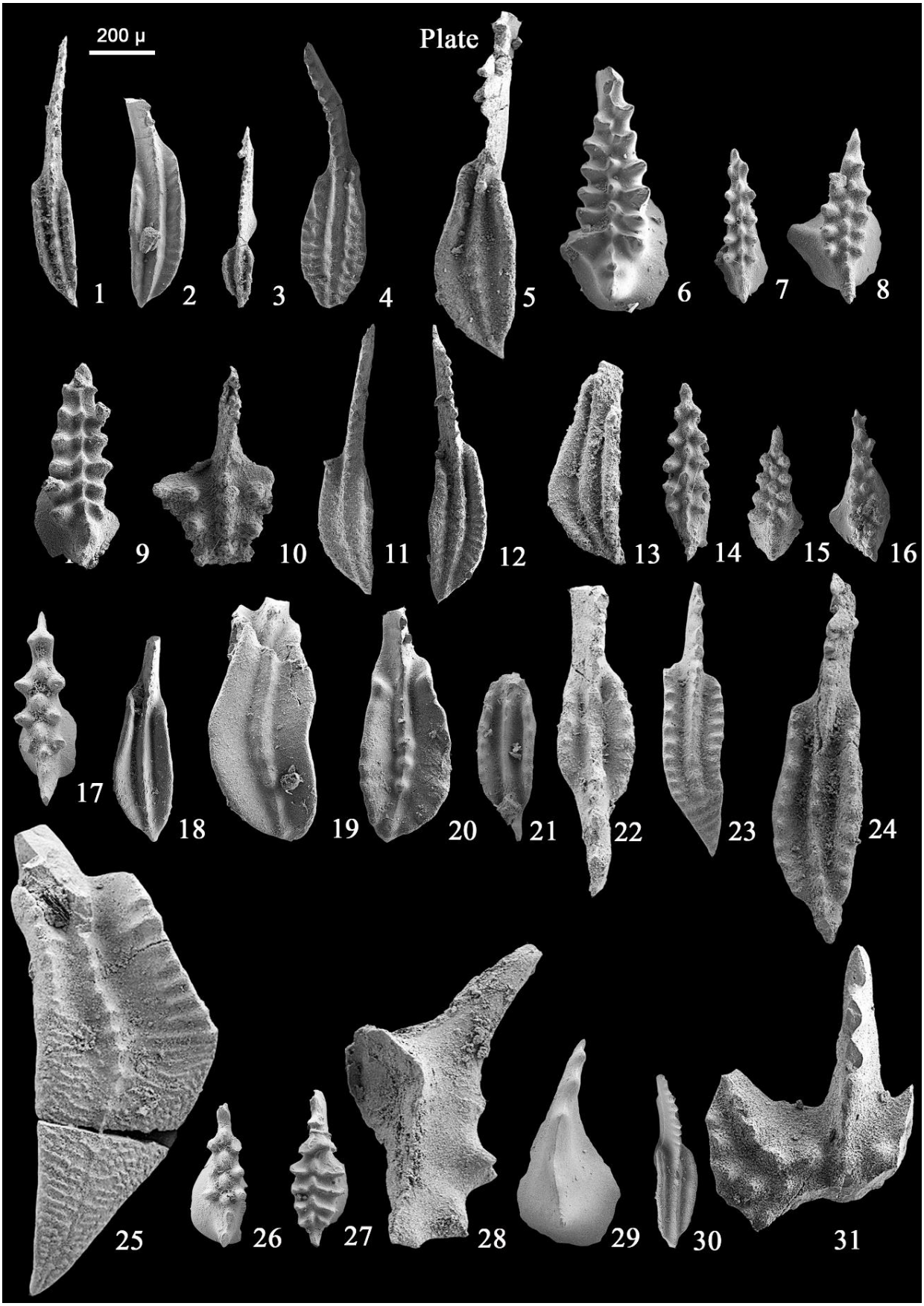
نتایج

براساس کنودونت‌های به‌دست‌آمده از برش شاهزاده محمد، سن این برش تعیین و نُه بایوزون کنودونتی مربوط به ژیوتین میانی تا فامنین پیشین تشخیص داده شد. حضور گونه‌های کنودونتی مانند *P. ansatus* و *I. arkonensis arkonensis*، سن ژیوتین میانی را برای قاعدهٔ سازند بهرام مشخص می‌کند که قدیمی‌ترین سن مشخص‌شده برای سازند بهرام است. پیدایش گونهٔ کنودونتی *Ancyrodella rotundiloba pristina* مشخص‌کنندهٔ قاعدهٔ فرازنین است. دو گسترهٔ بارن (بدون فسیل) در طول برش وجود دارد که فقط براساس جایگاه چینه‌شناسی به ترتیب به محدوده‌های *jamieae* و Lower *triangularis* اختصاص داده می‌شوند. با توجه به فراوانی جنس‌های *Polygnathus* و *Icriodus*، رخسارهٔ کنودونتی Polygnathid-icriodid و محیط Middle shelf برای برش مدنظر مشخص می‌شود که به‌طور کلی گویای بخش‌های کم‌عمق حوضهٔ پالئوتتیس است.

سپاسگزاری و قدردانی

مقالهٔ حاضر برگرفته از پایان‌نامهٔ دکتری نویسندهٔ اول در گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان است. بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان سپاسگزاری می‌شود؛ همچنین نگارندگان از حمایت‌های علمی و لجستیکی گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان قدردانی می‌کنند.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7



http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

Plate - Selected conodonts from the Shahzadeh Mohammad section. The collection is stored in Department of Geology, University of Isfahan. All figured conodonts are P1 and/or I elements.

1- *Polygnathus xylus* Stauffer 1940; upper view of EUIC S519, Sample S7.
2- *Polygnathus ansatus* Ziegler & Klapper 1976 (in Ziegler, Klapper & Johnson 1976); upper view of EUIC S523, Sample S7.
3- *Polygnathus varcus* Stauffer 1940; upper view of EUIC S557, Sample S10.
4- *Polygnathus ovatinodosus* Ziegler & Klapper 1976; upper view of EUIC S560, Sample S10.
5- *Polygnathus alatus* Huddle 1934; upper view of EUIC S568, Sample S12.
6- *Icriodus arkonensis arkonensis* Stauffer 1938; upper view of EUIC S527, Sample S7.
7- *Icriodus brevis* Stauffer 1940; Shahzadeh Mohammad section, upper view of EUIC S555, Sample S10.
8- *Icriodus difficilis* Ziegler, Klapper & Johnson 1976; upper view of EUIC S588, Sample S13.
9- *Icriodus tafilaltensis* Narkiewics & Bultynck 2010; upper view of EUIC S579, Sample S12.
10- *Ancyrodella rotundiloba pristina*, Khalymbadzha & Chemysheva 1970; upper view of EUIC S566, Sample S12.
11- *Polygnathus praepolitus* Kononova, Alekseev, Braskov & Reimers 1996; upper view of EUIC S570, Sample S12.
12- *Polygnathus dubius* Hinde 1879; upper view of EUIC S573, Sample S12.
13- *Polygnathus aequalis* Klapper & Lane 1985; upper view of EUIC S595, Sample S13.
14- *Icriodus symmetricus* Branson & Mehl 1934; upper view of EUIC S580, Sample S12.
15- *Icriodus subterminus* Youngquist 1947; upper view of EUIC S587, Sample S13.
16- *Icriodus expansus* Branson & Mehl 1938; section, upper view of EUIC S616, Sample S24.
17- *Icriodus cornutus* Sannemann 1955; upper view of EUIC S697, Sample S38.
18- *Polygnathus praepolitus* Kononova, Alekseev, Braskov & Reimers 1996; upper view of EUIC S607, Sample S19.
19- *Polygnathus zinaidae* Kononova, Alekseev, Braskov & Reimers 1996; Shahzadeh Mohammad section, upper view of EUIC S605, Sample S18.
20- *Polygnathus seraphimae* Ovnatanova & Kononova 1996; upper view of EUIC S609, Sample S19.
21- *Polygnathus brevilaminus* Branson & Mehl 1934; upper view of EUIC S660, Sample S40
22- *Polygnathus angustidiscus* Youngquist 1945; upper view of EUIC S658.
23- *Polygnathus semicostatus* Branson & Mehl 1934; upper view of EUIC S719, Sample S40.
24- *Polygnathus procerus* Sannemann 1955; upper view of EUIC S723, Sample S40.
25- *Polygnathus krestovnikovi* Ovnatanova 1969; upper view of EUIC S662, Sample S33.
26- *Icriodus alternatus alternatus* Branson & Mehl 1934; upper view of EUIC S682, Sample S35.
27- *Icriodus iowaensis iowaensis* Youngquist & Peterson 1947; upper view of EUIC S636, Sample S29.
28- *Pelekysgnathus inclinatus* Thomas 1949; lateral view of EUIC S734, Sample S40.
29- *Pelekysgnathus serradentatus* Capkinoglu 1991; upper view of EUIC S710, Sample S39.
30- *Polygnathus aspelundi* Savage & Funai 1980; upper view of EUIC S630, Sample S29.
31- *Ancyrodella* sp.; upper view of EUIC S597, Sample S13.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

References

Aboussalam Z.S. 2003. Das" Taghanic-Event" im hoheren Mitteldevon von West-Europa und Marokko. Munstersche Forschungen zur Geologie und Palaontologie. 97: 1-332.

Ahmadi T. Dastanpour M. and Vaziri M.R. 2012. Upper Frasnian (Upper Devonian) Polygnathus And Icriodus Conodonts From The Bahram Formation, Hur Section, Kerman Province, Southeastern Iran. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia (Research In Paleontology and Stratigraphy). 118(2): 203-212.

Armstrong H.A. and Brasier M.D. 2005. Microfossils (2nd edition). Blackwell Publishing. Oxford. 304 pp.

Bahrami A. Corradini C. Over D.J. and Yazdi M. 2013. Conodont biostratigraphy of the upper Frasnian-lower Famennian transitional deposits in the Shotori Range, Tabas area, Central-East Iran Microplate. Bulletin of Geosciences. 88(2): 369-388.

Bahrami A. Gholamalian H. Corradini C. and Yazdi M. 2011. Upper Devonian conodont biostratigraphy of Shams Abad section, Kerman Province, Iran. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia (Research In Paleontology and Stratigraphy). 117(2): 199-209.

Bahrami A. Königshof P. Boncheva I. Tabatabaei M..S. Yazdi M. and Safari Z. 2015. Middle Devonian (Givetian) conodonts from the northern margin of Gondwana (Soh and Natanz regions, north-west Isfahan, Central Iran): biostratigraphy and palaeoenvironmental implications. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. 95(4):555-577.

Bahrami A. Königshof P. Boncheva I. Yazdi M. Khalaji M.A.N. and Zarei E. 2018. Conodont biostratigraphy of the Kesheh and Dizlu sections, and the age range of the Bahram Formation in central Iran. Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. 98(2): 315-329.

Bahrami A. Königshof P. Vaziri-Moghaddam H. Shakeri B. and Boncheva I. 2019. Conodont stratigraphy and conodont biofacies of the shallow-water Kuh-e-Bande-Abdol-Hossein section (SE Anarak, Central Iran). Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. 99(3): 477-494.

Bahrami A. Zamani F. Corradini C. Yazdi M. and Ameri H. 2014. Late Devonian (Frasnian) conodonts from the Bahram Formation in the Sar-e-Ashk Section, Kerman Province, Central-East Iran Microplate. Bollettino della Società Paleontologica Italiana. 53(3): 179-188.

Barskov I. Vorontsova T. Kononova L. and Kuzmin A. 1991. Index conodonts of the Devonian and Early Carboniferous. Moscow University. Moscow. 183 p.

Branson E.B. and Mehl. M.G. 1934. Conodonts from the Grassy Creek Shale of Missouri. Missouri Univ. Stud. 8(3): 171-259.

Branson E.B. and Mehl M.G. 1938. The conodont genus Icriodus and its stratigraphic distribution. Journal of Paleontology. 12(2): 156-166.

Bultynck P. 1987. Pelagic and neritic conodont successions from the Givetian of pre-Sahara Morocco and the Ardennes. Bulletin-Institut royal des sciences naturelles de Belgique Sciences de la terre. 57: 149-181.

Bultynck P. 2003. Devonian icriodontidae: Biostratigraphy, classificación and remarks on paleoecology and dispersal. Revista española de micropaleontología. 35(3): 295-314.

Capkinoglu S. 1991. A new Pelekysgnathus species from the Lower Famennian of the Taurides, Turkey. Bollettino della Società Paleontologica Italiana. 30: 349-353.

Ghavidel Syooki M. Sadeghi A. and Rouzegar R. 2011. Marine Palynomorphs (Acritarchs) of Late Devonian in Shazadeh Mohammad area, Kerman. Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches. 27(3): 69-82.

Gholamalian H. 2006. Biostratigraphy of Late Devonian sequence in Hutk section (north of Kerman) based on conodonts. Geosciences. 15(59): 94-101.

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. Hairapetian V. Barfehei N. Mangelian S. and Faridi P. 2013. Givetian-Frasnian Boundary Conodonts From Kerman Province, Central Iran. Rivista Italiana Di Paleontologia E Stratigrafia. 119(2): 133-146.

Gholamalian H. Hosseini-Nezhad S.M. Khosravi Z. and Turkzadeh-Mahani I. 2011. Late Devonian conodonts from Baghin section, west of Kerman. Geosciences Scientific Quarterly. 21: 165-172.

Gholamalian H. and Kebriaei M. 2008. Late Devonian conodonts from the Hojedk section, Kerman Province, Southeastern Iran. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia (Research In Paleontology and Stratigraphy). 114(2): 179-189.

Gholamalian H. Sajadi S.H. and Hassani M.J. 2015. Biostratigraphy of Devonian succession (Bahram Formation) in Sardar section, North of Kerman based on conodonts. Paleontology. 2(2): 198-211.

Gholamalian H. Ghoreishi Maremy S. and Parvaneh Nezhad Shirazi M. 2014. Biostratigraphy of Late Devonian Conodonts in Gerik section, Eastern Zarand (Province Kerman). Geosciences. 23(9): 105-114.

Gradstein F.M. Ogg J.G. and Smith A.G. 2005. A geologic time scale 2004. Cambridge University Press, Cambridge. 29(2): 97.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

Haq B.U. and Boersma A. 1998. Introduction to marine micropaieontology. Elsevier 376 p.

Hartenfels S. 2011. Die globalen Annulata-Events und die Dasberg-Krise (Famennium, Oberdevon) in Europa und Nord-Afrika: hochauflösende Conodonten-Stratigraphie, Karbonat-Mikrofazies, Paläoökologie und Paläodiversität. Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie. 105: 17-527.

Huang C. and Gong Y. 2016. Timing and patterns of the Frasnian–Famennian event: Evidences from high-resolution conodont biostratigraphy and event stratigraphy at the Yangdi section, Guangxi, South China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 448: 317-338.

Huckriede R. Kürsten M. and Venzlaff H. 1962. Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch. 51: 197 p.

Huddle. J.W. 1934. Conodonts from the New Albany Shale of Indiana. Bull. Am. Paleontol. 21(72):1–137.

Ji Q. and Ziegler W. 1993. The Lali Section: An Excellent Reference Section for Upper-Devonian in South China. Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 157: 1–183.

Johnson J.G. Klapper G. and Sandberg C.A. 1985. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. Geological Society of America Bulletin. 96(5): 567-587.

Kaufmann B. 2006. Calibrating the Devonian Time Scale: A synthesis of U–Pb ID–TIMS ages and conodont stratigraphy. Earth-Science Reviews. 76: 175-190.

Khalymbadzha V.G. and Chernysheva N.G. 1970. Konodonty rod Ancyrodella iz Devonskikh otlozheniy kraya i ikh Stratigrafiya i Biostratigrafiya i Paleontologiya Paleozoyskikh otlozheniy Vostoka Russkoy Platformy i Zapadnogo Priural'ya. Izdat. Kazanskogo Univ. Vypusk. 1: 81-103.

Klapper G. 1989. The Montagne Noire Frasnian (Upper Devonian) conodont succession. In N. J. McGhee, A. F. Embry and D. J. Glass (Eds.), Devonian of the World, vol. III: Paleontology, Paleoecology and Biostratigraphy. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir. 14(3): 449-468.

Klapper G. and Johnson J.G. 1990. Revision of the Middle Devonian conodont zones. Journal of Paleontology. 64: 934-941.

Klapper G. and Kirchgasser W.T. 2016. Frasnian Late Devonian conodont biostratigraphy in New York: graphic correlation and taxonomy. Journal of Paleontology. 90(3): 525-554.

Klapper G. and Lane H.R. 1985. Upper Devonian (Frasnian) Conodonts of the Polygnathus Biofacies, N.W.T. Canada. Journal of Paleontology. 59(4): 904-951.

Königshof P. Carmichael S.K. Waters J. Jansen U. Bahrami A. Boncheva I. and Yazdi M. 2017. Palaeoenvironmental study of the Palaeotethys Ocean: the Givetian-Frasnian boundary of a shallow-marine environment using combined facies analysis and geochemistry (Zefreh Section/Central Iran). Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. 97(3): 517-540.

Kononova. L.I. Alekseev. A.S. Barskov I.S. and Reimers. A.N. 1996. New polygnathid species assemblages from the Frasnian Stage of the Moscow Syneclise, Paleontol. Zh. 3: 94-99.

Liao J.C. and Valenzuela-Ríos J.I. 2017. Givetian (Middle Devonian) historical bio-and chronostratigraphical subdivision based on conodonts. Lethaia. 50(3): 440-446.

Narkiewicz K. and Bultynck P. 2007. Conodont biostratigraphy of shallow marine Givetian deposits from the Radom-Lublin area, SE Poland. Geological Quarterly. 51(4): 419-442.

Narkiewicz K. and Bultynck P. 2010. The Upper Givetian (Middle Devonian) subterminus conodont Zone in North America, Europe and North Africa. Journal of Paleontology. 84(4): 588-625.

Narkiewicz K. and Narkiewicz M. 2008. The mid-Frasnian subsidence pulse in the Lublin Basin (SE Poland): sedimentary record, conodont biostratigraphy and regional significance. Acta Geologica Polonica. 58(3): 287-301.

Nasehi E. 2018. New biostratigraphical findings on the Padeha Formation based on conodont accumulation in Yazdanshahr, Kerman, Central Iran. Applied Ecology and Environmental Research. 16(2): 993-1018.

Ovnatanova. N.S. 1969. New Upper Devonian Conodonts of the Central Regions of the Russian Platform and Timan. Tr. VNIGNI. 93: 139-141.

Ovnatanova N.S. and Kononova LudI. 1996. New Frasnian Polygnathids of the Central Regions of the Russian Platform. Paleontol. Zh. 1: 54-60.

Ovnatanova N.S. and Kononova LudI. 2001. Conodonts and Upper Devonian (Frasnian) Biostratigraphy-of Central Regions of Russian Platform. Courier Forschungsinstitut Senckenberg. 233: 1-115.

Ovnatanova N.S. and Kononova LudI. 2008. Frasnian conodonts from the eastern Russian Platform. Paleontological Journal. 42(10): 997-1166.

Ovnatanova N.S. and Kononova LudI. 2020. Taxonomic problems of some zonal species of the genus Palmatolepis and the correlation of the Frasnian of the East European Platform with conodont zonations. Acta Geologica Polonica. 70(1): 107-124.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

Rogers F.S. 1998. Conodont biostratigraphy of the Little Cedar and Lower Coralville formations of the Cedar Valley Group (Middle Devonian) of Iowa and significance of a new species of Polygnathus. Journal of Paleontology. 72(4):726-737.

Roopnarine P.D. Michael A.M. and Buening N. 2004. Microevolutionary dynamics of the Early Devonian conodont Wurmiella from the Great Basin of Nevada. Palaeontologia Electronica. 8(2): 1-16.

Sandberg C.A. and Dreesen R. 1984. Late Devonian icriodontid biofacies models and alternate shallow-water conodont zonation. Special Paper of the Geological Society of America. 196: 143–178.

Sandberg C.A. Morrow J. and Ziegler W. 2002. Late Devonian sea level changes, catastrophic events and mass extinctions. In: Catastrophic Events and Mass Extinctions. Special Papers-Geological Society of America. 473-487.

Sannemann. D. 1955. Beitrag zur untergliederung des Oberdevons nach Conodonten. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 100: 324-331.

Schülke I. 1995. Evolutive Prozesse bei Palmatolepis in der frühen Famenne-Stufe (Conodonta, Ober-Devon). Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie. 67: 108p.

Spalletta C. Perri M.C. Over D.J. and Corradini C. 2017. Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard. Bull. Geosci. 92 (1): 31-57.

Stauffer C.R. 1938. Conodonts of the Olentangy Shale. J. Paleontol. 12(5): 411-443.

Stauffer C.R. 1940. Conodonts from the Devonian and Associated Clays of Minnesota. Journal of Paleontology. 14(5): 417-435.

Savage N. and Funai C. 1980. Devonian Conodonts of Probable Early Frasnian Age from the Coronados Islands of South-Eastern Alaska. J. Paleonrol. 54(4): 806-816.

Thomas L.A. 1949. Devonian–Mississippian Formations of southeast Iowa. Bulletin of the Geological Society of America. 60(3): 403-438.

Trotter J.A. and Eggins S.M. 2006. Chemical systematics of conodont apatite determined by laser ablation ICPMS. Chemical Geology. 233: 196-216.

Turner S. Burrow C.J. Gholamalian H. and Yazdi M. 2002. Late Devonian (Early Frasnian) microvertebrates and conodonts from the Chahriseh area near Esfahan, Iran. Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists. 27: 149-159.

Vahdati Daneshmand F. 1995. Geology of Zarand: Geology survey of Iran.

Wendt J. Hayer J. Karimi Bavandpur A. 1997. Stratigraphy and depositional environment of Devonian sediments in northeast and east-central Iran. Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen. 206: 277-322.

Wendt J. Kaufmann B. Bełka Z. Farsan N. and Karimi Bavandpur A. 2002. Devonian/lower carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran. Part I. Southeastern Iran. Acta Geologica Polonica. 52(2): 129-168.

Youngquist W.L. 1945. Upper Devonian Conodonts from the Independence Shale (?) of Iowa. J. Paleontol. 19(3): 355-367.

Yougquist W.L. 1947. A new Devonian conodont fauna from Iowa. J. Paleontol. 21(2): 95-112.

Youngquist W.L. and Peterson R.F. 1947. Conodonts from the Sheffield Formation of north-central Iowa. Journal of Paleontology. 21: 242-253.

Zamani F. Yazdi M. Bahrami A. Girard C. Spalletta C. and Ameri H. 2020. Middle Givetian to late Famennian (Middle to Late Devonian) conodonts from the northern margin of Gondwana (Kerman region, Central Iran). Historical Biology. pp.1-19.

Ziegler W. G. Klapper. and Johnson. J.G. 1976. Redefinition and subdivision of the varcus-Zone (Conodonts, Middle-?Upper Devonian) in Europe and North America. Geologica and Palaeontologica. 10: 109-140.

Ziegler W. and Sandberg C.A. 1990. The Late Devonian standard conodont zonation. Courier Forschungsinstitut Senckenberg.121: 1-115.

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7

http://dx.doi.org/10.22108/jssr.2020.124039.1172
https//dorl.net/dor/ 20.1001.1.20087888.1400.37.1.1.7