



<https://jssr.ui.ac.ir/?lang=en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches
E-ISSN: 2423-8007
Vol. 38, Issue 2, No. 87, Summer 2022, pp 117-134
Received: 14.06.2022 Accepted: 14.11.2022

Review Paper

Temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits with special emphasis on SE Kerman Province: Their application in (tephra) event stratigraphy

Ebrahim Mohammadi* 

Department of Ecology, Institute of Science and High Technology and Environmental Science, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
e.mohammadi@kgut.ac.ir

Abstract

This article is the first published example of the application of (tephra) event stratigraphy in the Qom Formation as well as the temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits. The presence of igneous (volcanic) associations is the most obvious facies change of the Qom Formation. The tuffaceous limestones and tuff units of both Bozdan and Kagharaki sections (in the southeast of Kerman province) are late Rupelian in age, indicating the occurrence of a volcanic event in NW Jazmourian at the same time. The pyroclastic deposits of the Qom Formation have a significant and regular extent in different areas of the formation realm (from Jazmourian to Mako). In general, it can be said that the pyroclastic units of the Qom Formation are mainly distributed in the following three areas: 1) Jazmourian–Jiroft–Sirjan (fore-arc); 2) Southwest of the Natanz–Kashan–Qom–Saveh belt (mainly in intra-arc); and 3) Zanjan region (SE, S, SW, W, and NW of Zanjan). The thickness and age of these deposits vary in different sections.

Keywords: Qom Formation, Pyroclastic, Event stratigraphy, Tuff, Oligo–Miocene.

Introduction

The Qom Formation (Oligocene–Early Miocene) comprises thick successions of marine marls, limestones, gypsum and siliciclastics that were deposited on extensive mixed carbonate–siliciclastic ramps (Reuter et al. 2009), in the Sanandaj–Sirjan fore-arc basin, Urumieh–Dokhtar magmatic arc (Intra-arc basin) and Central Iran back-arc basin (Mohammadi et al. 2013, 2015, 2019, Mohammadi and Ameri 2015; Mohammadi 2022). The presence of igneous (volcanic) associations is the most obvious facies change of the Qom Formation. Carbonate deposition of the Qom Formation took place under conditions of periodic to almost continuous influx of pyroclastic material. The presence of pyroclastic material throughout some stratigraphic sections indicates that at the time of deposition an island-arc volcanic complex was active nearby (Okhravi and Amini 1988). This article is the first published example of the application of (tephra) event stratigraphy in the Qom Formation and also the first comprehensive study on the temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits. Although geological investigations on the Qom Formation started more

than 160 years ago, surprisingly little information is available concerning the pyroclastic deposits of the Qom Formation. The aims of this study are therefore to: 1) investigate the relative age of the pyroclastic deposits of the Qom Formation in the southeastern Kerman province; 2) investigate the temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits; 3) present a map showing the distribution of the pyroclastic deposits of the Qom Formation; and 4) use the pyroclastic units as a key unit in event stratigraphy.

Material & Methods

This article consists of two parts. First, the Qom Formation pyroclastic deposits in two stratigraphic sections of Bozdan and Kagharaki (in the southeast of Kerman province) are discussed. Second, the temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits is discussed.

Bozdan and Kagharaki (in the southeast of Kerman province) were studied bed by bed. Thin sections were prepared from lithified hard samples, while unconsolidated marly samples were washed, sieved, and screened for

*Corresponding author

Mohammadi, E. (2022). Temporal and spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits with special emphasis on SE Kerman Province: Their application in (tephra) event stratigraphy. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 38(2): 117-134.

2423-8007 / © 2022

This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<https://doi.org/10.22108/jssr.2022.134070.1231>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20087888.1401.38.2.6.1>

foraminifera contents. A total of 105 and 46 samples were collected from the Bozdan and Kagharaki section, respectively. All samples were studied in detail and particular attention has been paid to foraminifera. The age of the study sections as well as the age of the tuff/tuffaceous units was determined based on the vertical distribution of foraminifera, Qom Formation biozonation by Mohammadi (2022) and also the stratigraphic position. To accomplish the second part of the article, almost all related articles are reviewed and analyzed.

Discussion of Results & Conclusions

The Bozdan section is located 35 km northeast of south Roudbar City. Its lower contact with Eocene volcanic rocks is well exposed. Outcrops of the Qom Formation in the Bozdan section, ~440 m thick, consist mainly of medium to thick-bedded and massive limestones, reefal limestones, marls, tuffaceous limestones, and tuffs. A tuff unit of 90 m thickness is intercalated in the lower part and separates the lower (30 m) and upper carbonate unit (~320 m).

The Kagharaki section is located in the southeast of Jiroft

City. In the Kagharaki section, the tuff and tuffaceous layers are present merely in the lower 56m which consist mainly of medium to thick-bedded and massive limestones, reefal limestones, tuffaceous limestones and tuffs.

The presence of *Nummulites* in the tuffaceous limestones of the Kagharaki and Bozadan sections, as well as in the tuff unit of the Bozadan section is indicative of contemporaneous volcanic activity in the late Rupelian.

The spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits is shown on a new map.


In general, it can be said that the pyroclastic units of the Qom Formation are mainly distributed in the following three areas: 1) Jazmourian–Jiroft–Sirjan (fore-arc); 2) Southwest of the Natanz–Kashan–Qom–Saveh belt (mainly in intra-arc); and 3) Zanjan region (SE, S, SW, W, and NW of Zanjan).

In general, the pyroclastic units of the Qom Formation are absent in the following areas: 1) 1) in the north and northwest of Abadeh; 2) in the areas where the evaporite deposits of the Qom Formation are present; 3) Hamadan–Sanandaj–South Bijar area; and 4) southeast, south and southwest of Urumieh Lake.



مقاله مروری

پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم، با تأکید ویژه بر جنوب شرقی استان کرمان: کاربرد آنها در چینه‌نگاری رخدادی (تفرا)^۱

ابراهیم محمدی* ، استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی

صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

e.mohammadi@kgut.ac.ir

چکیده

سازند قم (الیگوسن - میوسن پیشین) از توالی ضخیمی از مارن‌های دریایی، سنگ‌های کربناته، ژئپس و سیلیسی آواری تشکیل شده است. وجود همراهان آذرین، بارزترین تغییر رخساره سازند قم است. این مقاله، اولین مثال منتشرشده از کاربرد چینه‌نگاری رخدادی (تفرا) در سازند قم و همچنین نخستین مطالعه جامع بر پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم و شامل دو بخش است. در ابتدا درباره نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در دو برش بزبان و کفارکی در جنوب شرقی استان کرمان بحث می‌شود. آهک‌های توفی و واحدهای توفی هر دو برش بزبان و کفارکی، سن روپلین پسین را دارند که بیانگر وقوع یک رویداد آتشفشانی در منطقه شمال غربی دریاچه جازموریان در آن زمان است. در بخش دوم، درباره پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در سرتاسر قلمرو این سازند بحث شده و پراکندگی مکانی آنها بر یک نقشه جدید نمایش داده شده است. واحدهای آذر- آواری موجود در سازند قم در مناطق مختلفی از قلمرو این سازند (از جازموریان تا ماکو) گسترش درخور توجه و منظمی دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت این واحدها عمدتاً در سه منطقه زیر گسترش دارند: ۱) منطقه جازموریان- جیرفت- سیرجان (پیش‌کمان)؛ ۲) جنوب غربی نوار نظنز- کاشان- قم- ساوه (عمدتاً درون‌کمان) و ۳) منطقه زنجان (جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال غربی زنجان). ضخامت و سن این واحدها در برش‌های مختلف متفاوت است. **واژه‌های کلیدی:** سازند قم، آذر- آواری، چینه‌نگاری رخدادی، توف، الیگو-میوسن.

*نویسنده مسؤول

^۱ این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۷/ص/۰۰/۲۴۶۷ با استفاده از اعتبارات پژوهشی پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران انجام شده است.

محمدی، ا. (۱۴۰۱). «پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم، با تأکید ویژه بر جنوب شرقی استان کرمان: کاربرد آنها در چینه‌نگاری رخدادی (تفرا)»، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۸(۲): ۱۱۷-۱۳۴.



مقدمه

انجام نشده است. با این حال در سطح جهانی، لایه‌های تفرا به‌عنوان یک ابزار تعیین سن برای رویدادهای زمین‌شناسی، دیرینه‌اقلیمی، ژئومورفولوژی، یخچالی، باستان‌شناسی و دیرینه‌دریاچه‌شناسی استفاده می‌شوند (Jagan 2010). تعیین سن‌های دقیق برای مطالعاتی حیاتی است که با هدف ایجاد نگاشت‌های با وضوح - بالا از رویدادهای اقلیمی و زمین‌شناسی انجام می‌شود. از لایه‌های تفرا برای افزایش دقت چنین تعیین سن‌هایی استفاده می‌شود (Jagan 2010). همچنین، به‌دلیل رسوب‌گذاری سریع و کوتاه‌بودن مدت فوران یک آتشفشان (در مقیاس زمین‌شناسی)، لایه‌های تفرا را می‌توان برای تطابق بین مناطق مختلف استفاده کرد (برای مثال: Pickford et al. 1991; Brown et al. 1992).

با وجود اینکه مطالعات زمین‌شناسی بر سازند قم از حدود ۱۶۰ سال پیش (Loftus 1855) آغاز شده و در ۲۵ سال اخیر شتاب بیشتری به خود گرفته است، ولی علی‌رغم گسترش مکانی زیاد نهشته‌های آذر- آواری این سازند و همچنین اهمیت آنها در مطالعات پالئوکولژیکی و تنوع و فراوانی بیوتا، تاکنون هیچ مطالعه‌ی جامعی بر آنها انجام نشده است. با این حال Rahimzadeh (1994) ضمن بررسی چینه‌شناسی برش‌های زیادی از سازند قم در مناطق مختلف، به حضور نهشته‌های آذر- آواری در تعداد زیادی از برش‌ها اشاره کرده است. به‌علاوه، محققان مختلفی نیز حین بررسی چینه‌شناسی برش‌های مختلف این سازند، به حضور نهشته‌های آذر- آواری اشاره کرده‌اند؛ بنابراین هدف این مقاله، پرکردن بخشی از این خلأ اطلاعاتی، با مطالعه‌ی دو برش چینه‌شناختی از سازند قم در منطقه‌ی جنوب شرقی استان کرمان (شمال غربی دریاچه‌ی جازموریان) و همچنین استخراج مطالب مرتبط با پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم، در لابه‌لای منابع مختلف است؛ بنابراین از انجام این تحقیق اهداف ذیل مدنظر است: ۱) بررسی سن نسبی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در جنوب شرقی استان کرمان؛ ۲) بررسی پراکندگی مکانی و زمانی نهشته‌های آذر-

سازند قم از توالی ضخیمی از مارن‌های دریایی، سنگ‌های کربناته، ژپس و سیلیسی آواری تشکیل شده و رسوب‌گذاری آن در حوضه‌های سندج - سیرجان، ارومیه - دختر و ایران مرکزی صورت گرفته است (Reuter et al. 2009; Mohammadi 2020, 2021, 2022). برنزه‌های سازند قم از خوی و ماکو در شمال غرب ایران تا شمال دریاچه‌ی جازموریان در جنوب شرق ایران گسترش دارد (Rahimzadeh 1994; Aghanabati 2004; Reuter et al. 2009; Mohammadi et al. 2013, 2015, 2019; Mohammadi 2020, 2022). تغییر رخساره‌ی سازند قم بسیار زیاد است، به‌گونه‌ای که در بسیاری از نقاط، شناسایی و تفکیک عضوهای چندگانه ناممکن است (Aghanabati 2004). وجود همراهان آذرین، بارزترین تغییر رخساره‌ی سازند قم است که گاه درصد درخور توجهی از سازند را به خود اختصاص می‌دهد (Aghanabati 2004). واحدهای آذر- آواری موجود در سازند قم در مناطق مختلفی از قلمرو این سازند (از جازموریان تا ماکو)، گسترش درخور توجهی دارند.

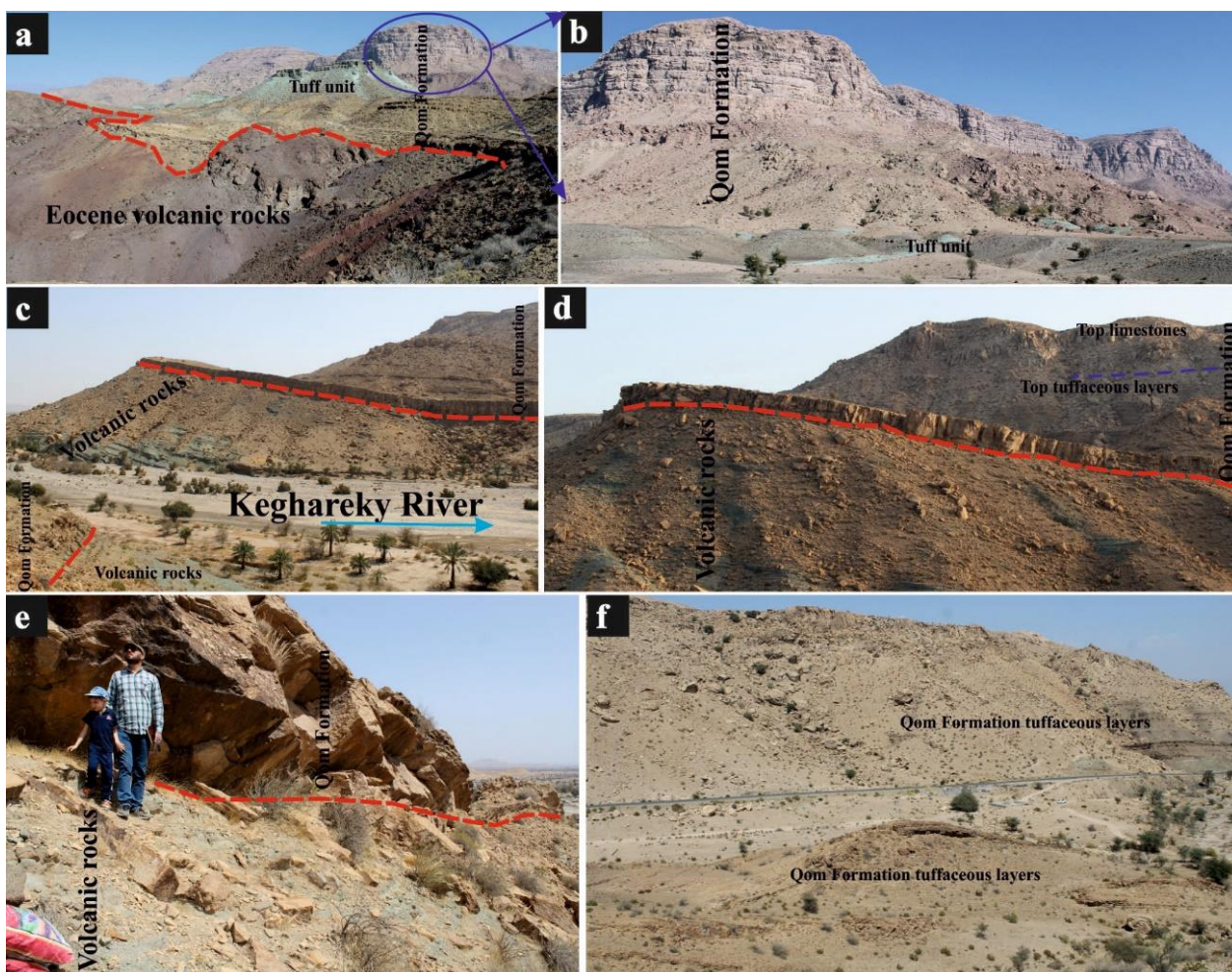
اصطلاح رویداد/رخداد برای تغییرات و اتفاقات استثنایی کوتاه‌مدت (رویدادهای زیستی: ظهورها و انقراض‌ها و ...؛ رویدادهای زمین‌شناختی (ژئوایونت‌ها): وقوع آتشفشان و ...) استفاده می‌شود (Walliser 1996). در سال ۱۹۸۲، Einsele and Seilacher درباره‌ی فرآیندهای ته‌نشینی چرخه‌ای و رویدادی، به‌طور مبسوطی بحث کرده‌اند و اصولی را معرفی کردند که بعداً به‌عنوان چینه‌شناسی رویداد شناخته شد (Kauffman 1998; Walliser 1996; Einsele 1998). این روش به‌صورت یکپارچه فرآیندهای رسوبی و زیستی دوره‌ای و کوتاه‌مدت را در نگاشت چینه‌شناختی مطالعه می‌کند و توانایی بهبود چشمگیر وضوح مطابقت‌های زمین‌شناسی را دارد (Koutsoukos 2005). مطالعات چینه‌نگاری رویدادی در ایران محدود بوده و عمدتاً به رویدادهای زیستی و یا توریداپتی پرداخته است (برای مثال: Kozur 2007) و مطالعه‌ی شایان ذکری بر چینه‌نگاری تفرا (یا چینه‌نگاری رویدادی تفرا) در ایران

برش بزدان حدوداً در ۳۵ کیلومتری شهر رودبار-جنوب واقع شده است. دسترسی به این برش از طریق مسیرهای خاکی تراکتور - رو محلی امکان‌پذیر است. دسترسی به ۱۰۰ متر بالایی برش به دلیل ویژگی پرتگاهی و صخره‌ساز، دشوار است (شکل‌های ۱، ۳ و ۴).

برش کقارکی در جنوب شرقی جیرفت (و شمال غربی دریاچه جازموریان) واقع و از طریق جاه عنبرآباد- مردهک در دسترس است (شکل‌های ۱، ۳ و ۴).

آواری سازند قم براساس مطالعات و منابع موجود و ارائه فهرست تقریباً کاملی از برش‌های دارای نهشته‌های آذر- آواری (جدول ۱؛ ۳) ارائه نقشه پراکندگی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم و ۴) استفاده از واحدهای آذر- آواری به‌عنوان یک واحد کلیدی برای بررسی‌های چینه‌نگاری رخدادی.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش‌های بزدان و کقارکی



شکل ۱- تصاویر صحرایی بروزدهای سازند قم در شمال غربی دریاچه جازموریان: (a و b) برش بزدان (Mohammadi 2022)؛ (c تا f) برش کقارکی.

Fig 1- Field views of the Qom Formation outcrops in northwestern Jazmuriyan Lake. a, b) The Bozdan section (Mohammadi, 2022); c-f) The Kagharaki section.

روش مطالعه

برای دستیابی به اهداف بخش نخست این مطالعه و به‌منظور بررسی سن نسبی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در جنوب شرقی استان کرمان، دو برش چینه‌شناختی بزدان و کقارکی در جنوب شرقی جیرفت (و شمال غربی جازموریان) نمونه‌برداری و مطالعه شد (Valeh 1956). از برش بزدان تعداد ۱۰۵ نمونه (۳۲ نمونه از واحدهای آهکی و مارنی پایینی، ۱۱ نمونه از لایه‌های توفی و ۶۲ نمونه از آهک‌های بالایی) و از برش و کقارکی تعداد ۴۶ نمونه سنگی برداشت شد (شکل‌های ۱ و ۳). برش بزدان بر سنگ‌های آتشفشانی ائوسن قرار گرفته است (شکل‌های ۱ و ۳). برونزدهای سازند قم در برش بزدان با حدود ۴۴۰ متر ضخامت عمدتاً متشکل از آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه و توده‌ای، آهک‌های ریفی، مارن، آهک‌های توفی و توف است. یک واحد توفی با ضخامت حدود ۹۰ متر، بخش پایینی برش (با ۳۰ متر ضخامت) را از بخش آهکی بالایی (با ۳۲۰ متر ضخامت) جدا می‌کند. شایان ذکر است که مرز بین واحد توفی و آهک بالایی به‌دلیل وجود واریزه‌ها مشخص نیست. در برش کقارکی نیز (همانند برش بزدان) توالی‌های سازند قم از ضخامت درخور توجهی برخوردار است، ولی با توجه به اهداف مطالعه، فقط تا رأس توالی‌های توفی/توفدار، یعنی فقط ۶۵ متر پایینی این برش نمونه‌برداری شد. این برش عمدتاً از آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه و توده‌ای، آهک ریفی، آهک‌های توفی و توف

تشکیل شده است (شکل‌های ۱ و ۳). در این برش نیز مرز واحدهای توفدار با آهک‌های بالایی به‌دلیل وجود واریزه‌ها نامشخص است (شکل‌های ۱ و ۳). از نمونه‌های سخت، مقاطع نازک تهیه شد و نمونه‌های مارنی با روش‌های متداول گلشویی و فرامینفرهای آنها جدا شد. فرامینفرهای موجود شناسایی شدند. سن برش‌ها و همچنین سن واحدهای توفی/توفدار براساس پراکندگی عمودی فرامینفرها، بیوزونبندی (Mohammadi 2022؛ شکل ۲) و همچنین موقعیت چینه‌شناسی تعیین شد. برای انجام بخش دوم مطالعه و بررسی پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در سرتاسر قلمرو این سازند، در لابه‌لای منابع مختلف، مطالب مرتبط با حضور (و همچنین ضخامت، سن، و ... نهشته‌های آذر- آواری سازند قم جست‌وجو شد. بیشتر منابع احتمالی نیز بررسی شد و سعی شد اطلاعات نسبتاً کاملی از پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در قالب یک جدول ارائه شود (جدول ۱). پراکندگی مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم بر نقشه جدید ترسیم شد. در نهایت ضمن بررسی نظم پراکنش واحدهای آذر- آواری، سن این واحدها در مناطق مختلف و روند تغییرات سنی به‌منظور معرفی این واحدها به‌عنوان واحدهای کلیدی، برای تعیین سن نسبی توالی‌های در بر گیرنده و کاربرد در چینه‌نگاری رویدادی ارائه شد.

System/ Period		Series/ Epoch		Stage/ Age		Age (Ma)	Biozonation of the Qom Formation (Mohammadi, 2022)
Paleogene	Neogene	Miocene	Burdigalian	20.44			
				23.03		<i>Miogypsina</i> spp. interval zone (4)	
	Oligocene	Chatthian	27.82		<i>Lepidocyclina</i> partial range zone (3)		
					<i>Lepidocyclina-Nummulites</i> concurrent range zone (2)		
					<i>Nummulites fichteli/intermedius, Nummulites vascus</i> interval zone (1)		
Eo.	Pri.		33.9				

شکل ۲- بیوزونبندی سازند قم (Mohammadi 2022)

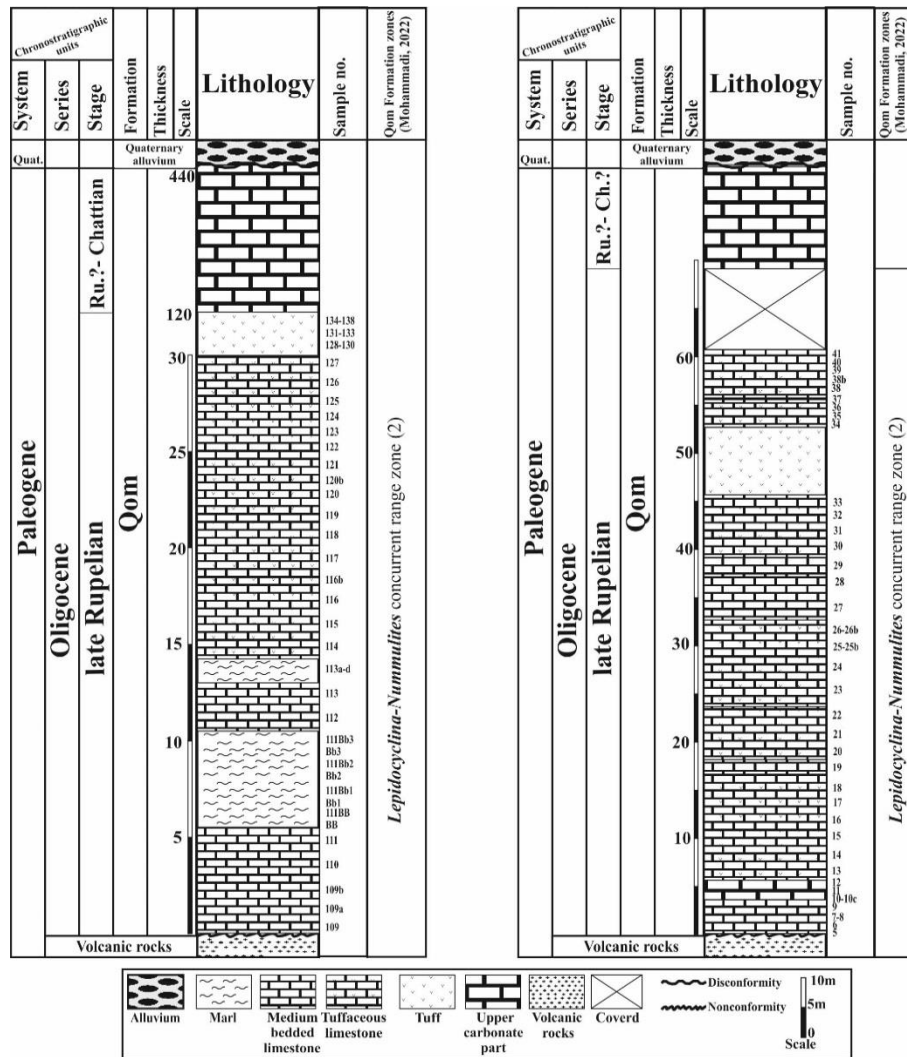
Fig 2- Biozonation of the Qom Formation (Mohammadi 2022)

به‌علاوه لپیدوسیکلیندها نیز از قدیمی‌ترین لایه‌های هر دو برش گزارش شده است؛ بنابراین در هر دو برش از قاعده تا رأس واحدهای توفی/توفدار با زون *Lepidocyclina-Nummulites concurrent range zone* از Mohammadi 2022؛ (شکل ۳) مقایسه‌شدنی و بیانگر سن روپلین پسین است (شکل ۲)؛ بنابراین واحدهای توفی/توفدار هر دو برش دارای سن روپلین پسین بوده است که خود بیانگر وقوع یک رویداد آتشفشانی در آن زمان، در منطقه شمال غربی دریاچه جازموریان است (شکل ۳).

بحث

سن نسبی واحدهای توفدار/توفی برش‌های بزدان و کقارکی

سن نسبی واحدهای آذر- آواری موجود در سازند قم را می‌توان براساس فرامینفرها و موقعیت چینه‌شناسی تعیین کرد. بیواستراتیگرافی برش بزدان را Mohammadi (2022) ارائه کرده است. در هر دو برش بزدان و کقارکی *Nummulites fichteli/intermedius* و یا *Nummulites vascus* از قاعده برش تا رأس آخرین لایه‌های توفدار/توفی حضور دارند.



شکل ۳- ستون چینه‌شناسی سازند قم و سن واحدهای توفی/توفدار. راست: برش کفارکی؛ چپ: برش بزدان.

Fig 3- Stratigraphic column of Qom Formation and age of the tuffaceous and tuff units. Right) Kagharaki section; Left) Bozdan section.

آواری سازند قم (شکل ۴)، به‌طور کلی می‌توان گفت که واحدهای آذر- آواری سازند قم عمدتاً در سه منطقه زیر گسترش دارند: ۱) منطقه جازموریان- جیرفت- سیرجان (پیش‌کمان)؛ ۲) جنوب غربی نوار نطنز- کاشان- قم- ساوه (عمدتاً درون‌کمان) و ۳) منطقه زنجان (جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال غربی زنجان). واحدهای آذر- آواری منطقه زنجان به بیان دقیق‌تری در داخل چندضلعی زنجان- سلطانیه- زرین‌رود- بیجار- تکاب- شاهین‌دژ- میانه- زنجان قرار می‌گیرند.

پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم اطلاعات نسبتاً کاملی از پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در جدول زیر براساس عرض جغرافیایی و در یک روند صعودی (از جنوب شرق به شمال غرب) ارائه شده است (جدول ۱). به‌علاوه، پراکندگی مکانی نهشته‌های آذر- آواری این سازند بر یک نقشه جدید ارائه شده است (شکل ۴). واحدهای آذر- آواری موجود در سازند قم در مناطق مختلفی از قلمرو این سازند (از جازموریان تا ماکو) گستردگی درخور توجه و منظمی دارند. براساس اطلاعات موجود، جدول ۱ و نقشه پراکندگی نهشته‌های آذر-

جدول ۱- فهرست برش‌های دارای نهشته‌های آذر- آواری از سازند قم و مهم‌ترین مشخصات آنها

Table 1- list of the pyroclastic deposits bearing sections of the Qom Formation and their main characteristics

ردیف	مختصات	نام/محل برش	مشخصات برش
۱	28°13'35"N, 58°14'24"E	برش بزدان (شمال غربی جازموریان)	سازند قم در برش بزدان (۳۵ کیلومتری شهر رودبار جنوب) با حدود ۴۴۰ متر ضخامت، عمدتاً متشکل از آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه و توده‌ای، آهک‌های ریفی، مارن، آهک‌های توفی و توف است. یک واحد توفی با ضخامت حدود ۹۰ متر، بخش پایینی برش (با ۳۰ متر ضخامت) را از بخش آهکی بالایی (با ۳۲۰ متر ضخامت) جدا می‌کند. سن واحدهای توفی و توفدار روپلین پسین است (Mohammadi 2022).
۲		برش کفارکی (شمال غربی جازموریان)	برش کفارکی (جنوب شرقی جیرفت) شامل توالی ضخیمی از آهک‌های متوسط، ضخیم‌لایه و توده‌ای، آهک ریفی، آهک‌های توفی و توف است. واحدهای توفی و توفدار به سن روپلین پسین در ۶۵ متر پایینی این برش مشاهده می‌شوند (این مطالعه).
۳	28°50'13.04"N 57°27'59.12"E	شمال غرب سبزواران	برش ۲۳ کیلومتری شمال غرب سبزواران، که از نظر سنگ‌شناسی کم و بیش مشابه برش سردویه است، دارای ۳۶۷/۵ متر ضخامت بود، ولی برخلاف برش سردویه طبقات آذر- آواری در بالای برش مشاهده نشده است و سرانجام این برش با ۲۴ متر آهک توده‌ای خاتمه می‌گیرد. فسیل‌های به‌دست‌آمده از این محل، سن شاتین پسین تا آکیتانین زیرین را بیان می‌کند (Rahimzadeh 1994).
۴	29°14'58.15"N 57°18'9.08"E	شمال غرب سردویه (ساردوئییه)	در برش شمال غرب سردویه (با ضخامت ۴۴۲/۲ متر)، تقریباً ۳۵ درصد کل ضخامت را سنگ‌های کربناته و مارن تشکیل می‌دهند و شامل یک واحد ماسه‌سنگ و ماسه‌سنگ توفی دانه‌ریز به ضخامت ۶۷ متر و یک واحد توف خاکستری لکه‌دار، توف سبز، گدازه آندزیتی، ولد توف (welded tuff)، با یک لایه آهک سبزرنگ، در مجموع به ضخامت ۰/۸ متر و کنگلومرا با قطعات زاویه‌دار ولکانیکی بالا، نبود رسوب‌گذاری و برآمدگی‌های داسیتی در مجموع به ضخامت ۱/۳ متر است (Rahimzadeh 1994).
۵		باغ علی‌شیر ساردوئییه	در مجاورت باغ علی‌شیر در بخش ساردوئییه (در حدود ۹۰ کیلومتری شمال غرب شهر جیرفت)، سازند قم با ۳۲۰ متر ضخامت متشکل از کنگلومرای پلی‌ژنیک، دارای قطعات آذرین، ماسه‌سنگ، آهک، آهک ماسه‌ای، مارنی و مارن است. فعالیت آذرین به صورت رگه، تراکی آندزیت است. سن: شاتین فوقانی - آکیتانین تحتانی (Faryabi 1993).
۶	29°26'3.94"N 55°59'29.86"E	شرق شهرستان سیرجان (سعیدآباد)	در شرق شهرستان سیرجان (سعیدآباد) آهکی وجود دارد که قبلاً (Kuhn (1933)، آن را آهک سعیدآباد نام‌گذاری کرده است. این واحد آهک را بعداً Sjerp et al. (1962) به نام عضو آهکی سعیدآباد (عضو سازند چهارگنبد) شناخت. سن این عضو آهکی در نقاط مختلف فرق می‌کند؛ برای مثال در نزدیکی دهکده شلدون الیگوسن میانی تا پسین و در عیش‌آباد، بوجون و شرق شهرستان سیرجان، میوسن پیشین است (Rahimzadeh 1994).
۷	29°19'58.58"N 56°58'3.67"E	منطقه بافت	آهک‌های لپیدوسیکیلینادار سازند قم در منطقه بافت بدون یک ناپیوستگی مشخص توسط تبادفی از گدازه آندزیتی و سنگ‌های آذر- آواری پوشیده می‌شود. آهک‌ها و ماسه‌سنگ‌ها فسیل فراوان دارند و سن شاتین را مشخص می‌کنند. ردیف ولکانیکی که در بالای آهک لپیدوسیکیلینادار گسترش یافته از گدازه آندزیتی، پیروکلاستیک و مقداری کنگلومرا تشکیل شده است. حد نهایی سن این نهشته‌ها توسط رسوبات میوسن زیرین تعیین شده است که با ناپیوستگی بر این واحد قرار گرفته است (بین تزرخ و اسکر، جنوب کوه شاه) (Rahimzadeh 1994).

<p>در منطقه چهارگنبد، نهشته‌های دریایی الیگوسن به نام سازند چهارگنبد معرفی شده است و مقطعی در نزدیکی معدن چهارگنبد، به‌عنوان مقطع تیپ این سازند در نظر گرفته شده است. این نهشته‌ها با دگرشیبی زاویه‌دار مشخصی بر رسوبات ائوسن قرار گرفته‌اند. این مقطع شامل ۳ بخش است: آهک سعیدآباد در زیر (به ضخامت ۳۶ متر)، بخش میانی با ضخامت ۳۷۴ متر (شامل تناوب ماسه‌سنگ، مارن و شیل با میان‌لایه‌های کنگلومرای، ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت و گاهی کنگلومرای) که سه افق از سنگ‌های ولکانیکی و آذر- آواری در این قسمت مشاهده شده است (شامل: گدازه اندزیتی به ضخامت ۱۰/۵ متر در بخش زیرین و دو لایه توف متبلور ریولیتی در بخش بالایی به ضخامت ۶۱ متر و ۳/۵ متر) و بخش بالایی با ۱۱۳ متر ضخامت شامل آهک‌های قلوهای، ماسه‌سنگ دانه‌درشت با چینه‌بندی مورب، کنگلومرا، مارن و توف سبزرنگ. وجود فسیل <i>Leptoseris delicatissima Kuhn</i> و دیگر فسیل‌های همراه در آهک‌های قلوهای، این آهک به‌عنوان مرز الیگوسن و میوسن شناخته شده است. پی این نهشته‌ها بر سازند علی مرادی متعلق به ائوسن پسین-الیگوسن پیشین قرار گرفته است.</p>	<p>منطقه چهارگنبد 29°27'42.77"N 56°15'36.96"E</p>	۸
<p>به باور Sjerp et al. (1962) در زمان ائوسن-الیگوسن پیشین، حوضه کم‌عمقی در منطقه چهارگنبد وجود داشته است. کف حوضه دارای فرونشستگی تدریجی بوده و با مواد ولکانیکی پر شده است. در الیگوسن میانی گاهی اوقات به‌طور محلی سطح مواد ولکانیکی بر بالای سطح دریا قرار می‌گرفت و تا حدی فرسایش می‌یافت (ص. ۱۴۰). در الیگوسن میانی-پسین، کف حوضه مجدداً فرونشست و آهک سعیدآباد ته‌نشین شد (Rahimzadeh 1994).</p>	<p>غرب معدن چهارگنبد</p>	۹
<p>در غرب معدن چهارگنبد، نهشته‌های الیگوسن بیش از ۲۰۰۰ متر ضخامت دارند. این نهشته‌ها با مارن‌های محیط‌های لب‌شور آغاز می‌شوند. برش قرمز رنگ و افقی از لاپیلی توف بر مارن‌های زیرین قرار می‌گیرد. واحد دوم از آهک و توف در بخش زیرین و کالکارنابت و میکرایت در بخش بالایی همراه با مرجان، آلگ و کمی گاستروپود است. ماسه‌سنگ آهکی، افقی از لاپیلی توف و آهک مرجانی به ضخامت ۸۰ تا ۱۵۰ متر با فسیل‌های شاتین زیرین و میانی در بالای این افق قرار گرفته‌اند. این نهشته‌ها با افق ضخیمی از ماسه‌سنگ مارنی و آهکی با میان‌لایه‌های آهک اسپاریتی قلوهای، کنگلومرای دانه‌درشت و واحدی از لاپیلی توف داسیتی دنبال می‌شود. (واحد سوم) این افق با آهک ریفی، با ضخامت متغیر (۱۵ تا ۲۰۰ متر) خاتمه می‌گیرد. کنگلومرای دانه‌درشت قرمز رنگی به‌طور جانبی به ریف دارای فسیل‌های آکیتانین زیرین تبدیل می‌شود و مارن ماسه‌ای سبزرنگ به ضخامت بیش از ۳۰۰ متر، واحد چهارم را تشکیل می‌دهد (Rahimzadeh 1994).</p>	<p>منطقه دهاج-انار</p>	۱۰
<p>در منطقه دهاج-انار (کوه زمر و توتا)، تمام ردیف سازند دریای الیگوسن-میوسن با ۱۰ تا ۱۵ متر آهک آلگی با میان‌لایه‌های توف در بین سازند قرمز زیرین و بالایی معرفی می‌شود (Rahimzadeh 1994).</p>	<p>مقطع کسوج</p>	۱۱
<p>سازند قم در مقطع کسوج در ۱۴ کیلومتری جنوب غرب اردستان با ۴۱۰ متر ضخامت شامل توالی نامنظم آهک، آهک‌های توفی و مارن است. سن: ۱۹۲ متر شاتین و ۲۲۰ متر آکیتانین (Sajadi-Hazareh 1990).</p>	<p>خارزن، کسوج و نظنز</p>	۱۲
<p>فعالیت‌های ولکانیکی هم‌زمان با ته‌نشست رسوبات با قطعات فراوان سنگ‌های ولکانیکی در داخل سنگ‌های آهکی، توف و آهک‌های توفی موجود در بین رسوبات سازند قم در مقطع چینه‌شناسی نظنز و کسوج دیده می‌شود. آثار فعالیت آتشفشانی بعد از دوره الیگوسن-میوسن زیرین به‌صورت تزریق دایک (کسوج و خارزن) ثابت شده است (Rahimzadeh 1994).</p>	<p>مقطع نظنز 33° 23' N , 51° 56' E,</p>	۱۳
<p>سازند قم در مقطع نظنز با ضخامت ۴۸۵ متر شامل تناوب نامنظم آهک، آهک مارنی و مارن به‌همراه میان‌لایه‌هایی از توف است. سن: ۴۸ متر روپلین و ۴۳۷ متر شاتین (Sajadi-Hazareh 1990).</p>		

۱۴	شمال مراوند	33°32'10.45"N 51°26'20.47"E	در شمال مراوند، مشابه جوشقان قالی، ۲۰۰ متر آهک مارنی سفیدرنگ معرف این سازند است. میکروفسیل‌های موجود، سن استامپین (Stampian) را برای بخش زیرین و آکیتانین-بوردیگالین را برای بخش بالایی تأیید می‌کند. میان‌لایه‌های توف داسیتی و سنگ‌های ولکانیکی آندزیتی در این واحد وجود دارد (شمال کولوک) (Rahimzadeh 1994).
۱۵	قهرود	33° 37' 44" N, 51° 24' 24" E	برش قهرود در ۴۵ کیلومتری جنوب کاشان با ۳۲۵ متر ضخامت، در ۱۳۰ متر پایینی برش دارای نهشته‌های آذر- آواری است (Dehghan et al. 2010) که ۱۲۰ متر قاعده‌ای این برش دارای سن روپلین پیشین است و نهشته‌های آذر- آواری موجود در این بخش از برش، قدیمی‌ترین نهشته‌های آذر- آواری سازند قم محسوب می‌شوند و تا امروز نیز به‌عنوان تنها واحدهای آذر- آواری روپلین پیشین سازند قم شناخته می‌شوند (Mohammadi et al. 2013; Mohammadi 2022).
۱۶	غرب جوشقان	33°35'52.96"N 51°11'21.64"E	در غرب جوشقان این نهشته‌ها با ردیف مهمی از سنگ‌های ولکانیک تیره‌رنگ با ترکیب متوسط پوشیده شده‌اند. با توجه به فسیل‌هایی که در بخش آهکی و مارنی به دست آمده است، به این لایه‌ها سن آکیتانین داده شده است. فعالیت‌های ولکانیکی در اواخر آکیتانین یا در شروع بوردیگالین رخ داده است. هم‌ارزی چینه‌شناسی بیانگر این نکته است که حداقل بخشی از سنگ‌های ولکانیکی معادل آهک‌های بوردیگالین‌اند (Rahimzadeh 1994).
۱۷	جنوب شرق کاشان، اطراف نواب	33°50'35.43"N 51°39'23.21"E	ضخامت سازند قم از غرب (جنوب شرق کاشان، اطراف نواب) به طرف کویر کاهش می‌یابد و سرانجام سازند قرمز بالایی مستقیماً بر نهشته‌های ائوسن قرار می‌گیرد. فعالیت‌های ولکانیکی بعد از الیگوسن با ترکیب آندزیتی بازالتی در افق‌های مختلف این سازند در جنوب شرق و جنوب غرب کاشان وجود دارد. ارتباط سازند قم با سازند قرمز بالایی در اینجا تدریجی است (Rahimzadeh 1994).
۱۸	مرق		برش مرق در ۲۰ کیلومتری جنوب غربی کاشان و با ۲۱۶ متر ضخامت (واحدهای آهکی و شیلی) در بخش قاعده‌ای، واحدهای توفی نسبتاً ضخیمی دارد (Safari et al. 2020).
۱۹	شرق مرق	33 56 N , 51 12 E	سازند قم در شرق مرق در ۲۱ کیلومتری جنوب غرب کاشان با ۲۹۳٫۵ متر ضخامت و سن آکیتانین شامل مارن با میان‌لایه‌های آهکی است. بر آهک‌های میوسن زیرین، بخش توفی و ولکانیکی که به تدریج به کنگلومرا، ماسه‌سنگ و سیلتستون تبدیل می‌شود، به‌طور دگرشیب قرار می‌گیرد: نشانه قرمز فوقانی (Vaziri 1987).
۲۰	راونج	34° 9'58.07"N 50°42'25.92"E	در راونج نیز یک واحد ملافیر و توف ملافیری به ضخامت ۲۹۰ متر و به رنگ قرمز- بنفش وجود دارد که با ۵۰ متر از مارن‌های دریایی پوشیده می‌شود. حضور این سنگ‌ها تأییدی بر انجام فعالیت‌های ولکانیکی زیردریایی در زمان ته‌نشست رسوبات سازند قم است (Rahimzadeh 1994).
۲۱	جنوب داقان (بین نيزار و قلعه چم)	34°21'17.69"N 50°35'52.34"E	در جنوب داقان (نزدیک نراق و جوشقان قالی) بر واحد آهک و مارن قاعده‌ای، ۶۰۰ متر توف و گدازه بازیک وجود دارد که خود با ۱۳۰ متر مارن قهوه‌ای روشن، آهک رسی و آهک زیست‌آواری پوشیده می‌شود (Rahimzadeh 1994).
۲۲	منطقه کهک (جنوب قم)	34°20'46.12"N 50°55'4.76"E	در منطقه کهک (جنوب قم) علاوه بر افزایش ضخامت به ۱۶۰۰ متر، گسترش نهشته‌های مارنی، کاهش و دانه‌ریز شدن قطعات تخریبی (نسبت به منطقه نيزار)، یک افق از سنگ‌های تیره‌رنگ آذر- آواری شامل توف ماسه‌ای، میکروبرش، کنگلومرا و طبقات ماسه‌سنگی در بالای این سازند نیز وجود دارد. سنگ‌های آذر- آواری بیشتر ترکیب متوسط دارند و دگرسان شده‌اند. افق‌های برشی محتوی قطعه‌سنگ‌های آندزیتی ائوسن‌اند (Rahimzadeh 1994).
۲۳	غرب کهک	34°24'54.39"N 50°47'22.08"E	رهقی (۱۹۸۰)، برش غرب کهک را به سه بخش زیرین (۳۵۰ متر)، میانی (۳۰۰ متر) و بالایی (۳۵ متر) تقسیم کرده است، بخش بالایی خود شامل توف، آهک ماسه‌ای قهوه‌ای روشن و خاکستری و ماسه‌سنگ قرمز است (Rahimzadeh 1994).

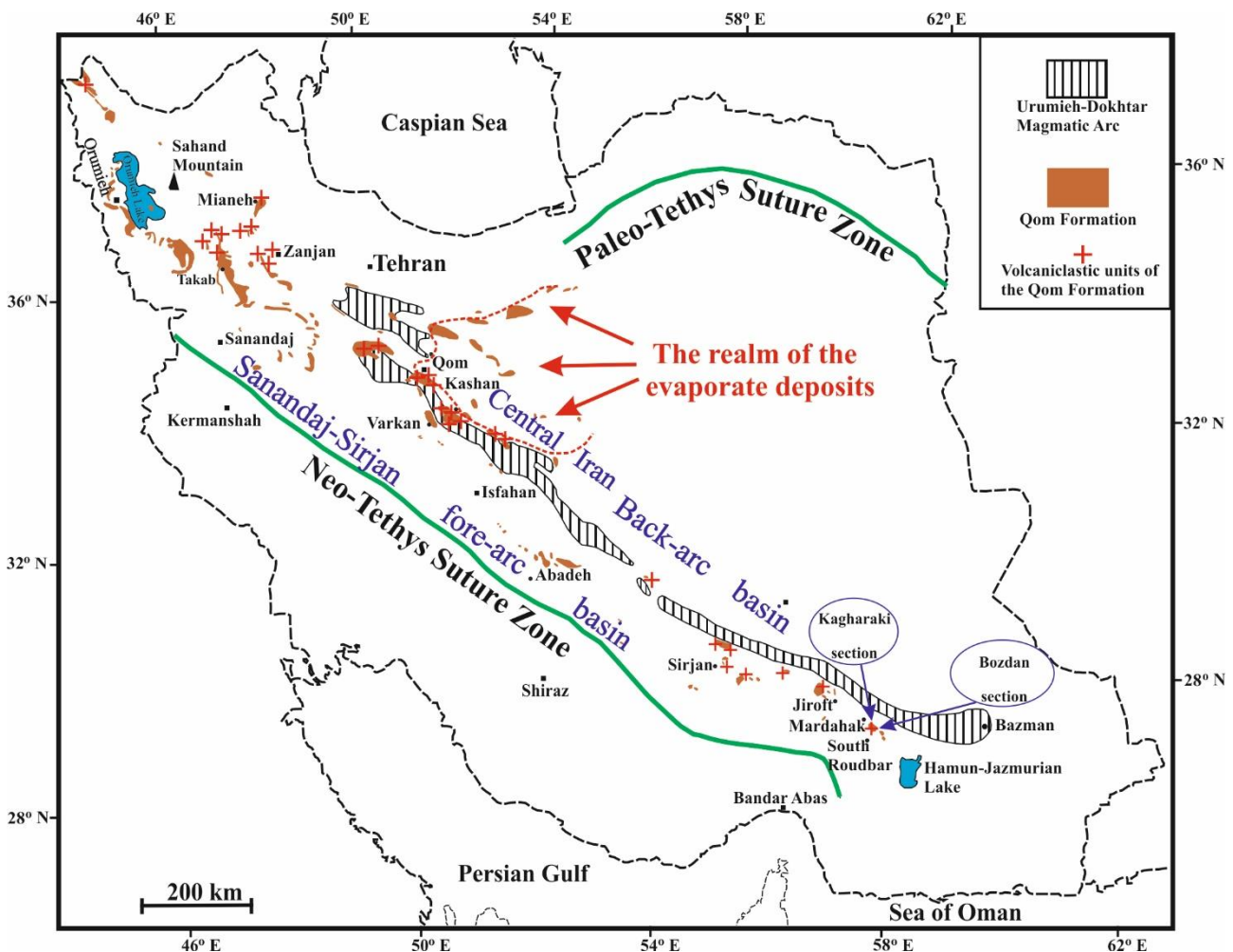
۲۴	مقطع تیغه رضآباد	34° 27' N, 51° 6' E,	مقطع تیغه رضآباد در جنوب شرقی قم و ۳۰ کیلومتری قم، با ۹۲۲ متر ضخامت و سن روپلین-بوردیگالین متشکل از آهک، مارن، شیل، آهک شیلی، آهک ریفی، انیدریت، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و گدازه‌های ولکانوکلاستیک است. گدازه‌های ولکانوکلاستیک در عضو C2 نهشته شده است و سن آکیتانین دارد (Keshavarzi 1997).
۲۵	سفیدکوه (واقع در مابین جمکران و خورآباد)	34°33'2.45"N 50°54'11.22"E	وجود ولکانیت‌های داسیتی یا آندزیتی عضو b (با ۰ تا ۲۶۰ متر ضخامت؛ مارن ماسه‌سنگی) در سفیدکوه (واقع در مابین جمکران و خورآباد) که با مارن‌های ماسه‌ای محدود شد، وجود فعالیت‌های ماگماتیک را در زمان تشکیل این واحد تأیید می‌کند. واحد تبخیری C2 (با ۲۰ تا ۸۰ متر ضخامت) در سفیدکوه وجود ندارد و ۱۰۰ متر گدازه بازالتی جای آن را می‌گیرد. بخش میانی سازند قم (شامل عضوهای C3: آهک بریوزوآدار؛ C4: مارن؛ d: ژیبس) و با ضخامت ۰ تا ۱۳۰ متر، در سفیدکوه وجود نداشته و با مارن و شاید به‌طور بخشی سنگ‌های ولکانیکی بازیگزين شده است (Rahimzadeh 1994).
۲۶	منطقه کوریان (شمال غرب تفرش)	34°49'10.62"N 49°51'13.70"E	در منطقه کوریان، سازند قم از نظر لیتولوژی تقریباً یکنواخت است و از تناوب مارن و مارن ماسه‌ای، با آهک زیست‌آواری با قاعده‌ای از کنگلومرای ماسه‌ای تشکیل شده است. در این مقطع طبقات آهکی فقط ۱۳ درصد از کل ضخامت را تشکیل می‌دهند. یک افق از سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب آندزیت پیروکسن‌دار به ضخامت ۲۰ تا ۵۰ متر به فاصله ۵۵۰ متری از قاعده وجود دارد. قسمت بالایی این افق به توف و گدازه برشی تبدیل می‌شود. به طرف شرق، جنوب شرق و شمال (سمردشت و آزادین) این افق به تدریج نازک می‌شود و از بین می‌رود (Rahimzadeh 1994).
۲۷	تاق‌دیس جلایر	34° 50' N , 49° 45' E	تاق‌دیس جلایر در ۳۰ کیلومتری جنوب غرب ساوه با ۴۹۰ متر ضخامت و سن شاتین-بوردیگالین متشکل از ماسه‌سنگ، کنگلومرا، آهک و مارن و همچنین وجود رخساره تخریبی ولکانیک آرنایت در شروع بخش d و e است (Azim 1997).
۲۸	برش بریه	35° 23' 1" N , 49° 50' 2" E	برش بریه در ۶۰ کیلومتری شمال غرب ساوه با ۱۲۸ متر ضخامت و سن انتهای آکیتانین -بوردیگالین پیشین شامل آهک ضخیم‌لایه و به‌طور ناچیز آهک ماسه‌ای و آهک مارنی است که با نانکانفورمیتی بر گدازه و ایگنمبرایت ریولیتی و داسیتی الیگو-میوسن و در زیر رسوبات تخریبی قرمز فوقانی قرار دارد (Bakhtiary 2003).
۲۹	مناطق آوج، رزن	35°32'48.40"N 49° 7'46.22"E	از آبگرم به طرف جنوب غرب (مناطق آوج، رزن) تغییر رخساره و افزایش چشمگیری در مقدار ضخامت ملاحظه می‌شود. ضمن اینکه ولکانیسم در این منطقه به شدت فعال بوده و به ایجاد تناوبی از آهک و مارن با سنگ‌های ولکانیکی و آذرآواری منجر شده است. در کوه آران، سازند قم به شکل تاق‌دیس وسیعی دیده می‌شود که در یال شمالی آن به سبب گسل خوردگی این سازند حذف شده است. در اینجا ضخامت سازند در حدود ۱۱۰ متر است که در مجموع یک‌سوم آن را سنگ‌های ولکانیکی یا آذرآواری تشکیل داده و در نتیجه سازند به دو واحد رسوبی و ولکانیکی تقسیم شده است.
۳۰	رشته‌کوه آوج	35°39'4.49"N 49° 7'9.36"E	سنگ‌های ولکانیکی، به شکل عدسی‌های منقطع در نهشته‌های رسوبی یافت می‌شوند، جنس این سنگ‌ها بیشتر بازالت، الیون بازالت، بازالت آندزیتی، آندزیت با توف متبلور و توف شیشه‌ای در حال تبلور (devitrified vitric tuff) است (Rahimzadeh 1994). در رشته‌کوه آوج، سنگ‌های ولکانیکی نقش مهم‌تری دارند؛ به طوری که از ۲۳۵۵ متر نهشته‌های رسوبی-ولکانیکی سازند قم در شمال دهکده مانیان (در امتداد جاده همدان)، کمتر از ۳۰۰ متر آن را سنگ‌های آهکی تشکیل می‌دهد. سازند قم در شمال مانیان شامل ۶ عضو به شرح زیر است: آهک زیرین (۹۵ متر)، توف زیرین (۷۵۰ متر)، ولکانیکی زیرین (ضخامت نامشخص)، توف بالایی (۴۷۵ متر)، ولکانیکی بالایی (ضخامت نامشخص)، آهک بالایی (۱۲۰ متر) (Rahimzadeh 1994).

۳۱	نقاش (شمال غرب آوج)	۳۵° 39' 42" N, 49° 16' 50" E	برش نقاش در شمال شرق روستای نقاش و ۱۵ کیلومتری شمال غرب آوج با ۱۴۶۹ متر ضخامت شامل تناوبی از نهشته‌های رسوبی - ولکانیکی (آهک، آهک رسی، شیل، شیل آهکی و مارن، ولکانیک‌ها) است که با نانکانفورمیتی بر بازالت‌های قبل از میوسن و با ناپوستگی هم‌شیب با مارن‌های قرمز بالایی پوشیده می‌شود. تا ۵۸۸ متری آکیتانین و بقیه بوردیگالین است (Ghasemi 2005).
۳۲	برش شاه‌بلاغ (جنوب شرق زنجان)	36°22'3.30"N 48°45'21.81"E	در جنوب غرب شاه‌بلاغ (جنوب شرق زنجان و جنوب غرب سلطانیه)، لایه‌های توف مشابه با منطقه تفرش در نهشته‌های این منطقه دیده می‌شود (Rahimzadeh 1994).
۳۳	سعيدآباد	36°22'4.35"N 48° 4'21.30"E	در جنوب شرق دهکده سعیدآباد، نهشته‌های فوق به سرعت تغییر رخساره داده است؛ به طوری که آهک‌های ریفی ناپدید شده و بیش از ۶۰۰ متر مارن آبی و سبز با میان‌لایه‌های آهک مارنی- ماسه‌ای مورق (platy limestone)، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و در بخش زیرین توف آندزیتی- تراکیتی جای آن را گرفته است (Rahimzadeh 1994).
۳۴	برش ساروق (شمال غرب تکاب)		برش ساروق (شمال غرب تکاب) با ۲۹۵ متر ضخامت شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، آهک، مارن و توفیت است (Mirdanesh et al. 2010).
۳۵	مقطع ایستی بلاغ		سازند قم در مقطع ایستی بلاغ با ۱۳۴۳ متر ضخامت و به سن آکیتانین-بوردیگالین با یک کنگلومرای پلی‌ژنتیک و پیش‌رونده روی سازند قرمز زیرین قرار می‌گیرد و شامل آهک‌های ضخیم تا نازک‌لایه، آهک ریفی، شیل‌های تیره گلوپیژرین‌دار و مارن‌های خاکستری همراه با میان‌لایه‌هایی از آهک‌های نازک‌لایه است. چهار زیرواحد توفی به رنگ‌های خاکستری، کرم و سبز در بخش شیلی و مارنی دیده می‌شود. بر آهک‌های نازک‌لایه در بخش میانی، ایکنوفسیل نرئیتس پیدا شده است که همراه با فسیل‌های پلاژیک و توف‌های بین لایه‌ای شواهد خوبی برای عمیق‌بودن این واحد رسوبی است. لایه‌های توفی موجود که در طول مقطع در چندین افق تکرار می‌شوند، بیانگر وجود یک رژیم کشتی محلی در حوضه رسوبی بوده است که از طریق ریفت‌های ایجادشده به سطح راه یافته‌اند. این رژیم‌های کشتی هم‌زمان با رسوب‌گذاری بخش‌های انتهایی سازند قم در این ناحیه اتفاق افتاده است (Shakeri 2006).
۳۶	مقطع ایستی بلاغ		سازند قم در مقطع ایستی بلاغ با ضخامت ۱۳۴۵ متر و سن آکیتانین عمدتاً متشکل از آهک و مارن است که با کنگلومرای پیش‌رونده شروع می‌شود و لایه‌های توفیت نیز در چندین افق تکرار می‌شود که معرف رژیم کشتی محلی هم‌زمان با رسوب‌گذاری است (Rezaei Kalaj 2016).
۳۷	شرق شهرک (شمال شرق تکاب)	36°24'47.30"N 47°31'33.40"E	در شرق شهرک مجموعه سازند قم ۱۵۰۰ متر ضخامت دارد که بیشتر آن را ولکانیک‌ها تشکیل می‌دهد. عدسی‌های آهکی همگی سن آکیتانین دارند (Rahimzadeh 1994).
۳۸	کوه القیاس (جنوب غربی زنجان)		در بخش غربی کوه القیاس به ضخامت ۴۷۰ متر، گدازه آندزیتی نیز وجود دارد. فرامینفرهای موجود در این نهشته‌ها سن بوردیگالین را تأیید می‌کند (Rahimzadeh 1994).
۳۹	تبریزک (جنوب شرق ماه‌نشان)	36°26'34.32"N 47°53'4.44"E	در اطراف تبریزک از ۸۷۰ متر نهشته‌های الیگو-میوسن، ۴۰۰ متر بخش زیرین آن از سنگ‌های ولکانیکی، ۱۰۰ متر میانی از طبقات کنگلومرا، آهک ریفی، توف، گدازه و ۳۷۰ متر بالایی آن را آهک و مارن تشکیل می‌دهد. گدازه‌ها بیشتر ترکیب آندزیتی- داسیتی دارند (Rahimzadeh 1994).
۴۰	شمال قره‌دره (۵۷ کیلومتری شمال شرق تکاب)	36°30'39.38"N 47°43'11.35"E	ضخیم‌ترین نهشته‌های سازند قم در منطقه تکاب در شمال قره‌دره (۵۷ کیلومتری شمال شرق تکاب) مشاهده شده است. این نهشته‌ها ۹۳۰ متر ضخامت دارند و به سه قسمت تقسیم شده‌اند: بخش زیرین اساساً شامل ولکانیک‌های تیره‌رنگ (گدازه، توف و آگلومرا) با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ توفی و طبقات نازکی از آهک ماسه‌ای است. بخش میانی به ضخامت ۳۰۰ متر اساساً از آهک به رنگ روشن با چندین باند توف و کنگلومرا تشکیل شده است، این بخش حاوی فسیل‌های آکیتانین است. بخش بالایی مارن ژپس‌دار با میان‌لایه‌های آهکی بوده و با توجه به حضور فسیل Nealveolina در این بخش، به بوردیگالین نسبت داده شده است (Rahimzadeh 1994).

۴۱	شمال شرق تکاب	36°31'47.41"N 47°40'37.62"E	در غرب رودخانه قزل‌اوزن (جنوب و غرب قلعه جوگ (Qaleh jug))، شرق شهرک گدازه و توف محتوی عدسی‌هایی از آهک و مارن در افق‌های مختلف ردیف چینه‌شناسی ظاهر می‌شود. گدازه‌ها بیشتر ترکیب داسیتی و آندزیتی دارند و ضخامت آنها بین ۴۰ تا ۱۵۰ متر متغیر است (Rahimzadeh 1994).
۴۲	برش کلکته	36° 33' 40" N , 47° 57' 38" E	برش کلکته در جنوب غرب زنجان با ۵۶۵ متر ضخامت و شامل آهک، مارن، ماسه‌سنگ رسی، شیل آهکی و توف ماسه‌ای است. سن: ۳۲ متر آکیتانین و ۵۳۳ متر بوردیگالین (Akhlaghi 2008).
۴۳	منطقه شیخ جابر		در ۷ کیلومتری روستای شیخ جابر و ۵۰ کیلومتری جنوب غرب زنجان با ۴۵۱ متر ضخامت شامل آهک، ماسه، کنگلومرا، توف و آذرآواری است. سن: ۱۷۳ متر آکیتانین و ۱۲۹ متر آکیتانین؟ - بوردیگالین و بقیه بوردیگالین (Mozafari 2000).
۴۴	شیخ جابر	36° 34' N , 47° 57' E	شیخ جابر در ۲ کیلومتری در جهت شمال غرب روستای شیخ جابر و با ۴۲۰ متر ضخامت شامل آهک با میان‌لایه مارن، گدازه آتشفشانی و توف است (Ganji 1999).
۴۵	ناحیه ماه‌نشان	36°44'40.60"N 47°40'0.42"E	حدود یکصد متر گدازه و توف دانه‌درشت که در بین آهک‌ها و مارن‌های دریایی قرار گرفته‌اند، در شمال غرب ماه‌نشان رخمون دارند و تا معدن بایچه باغ گسترش یافته‌اند. این مجموعه نیمه‌افقی است و در نتیجه در منطقه وسیعی گسترش دارد (Rahimzadeh 1994).
۴۶	گوگلر	36°55'34.58"N 47°50'34.70"E	در غرب دهکده گوگلر از ۲۹۰ متر ضخامت سازند قم، ۱۴۰ متر بخش زیرین آن از سنگ‌های ولکانیکی و آذر- آواری است که در بین آن طبقات آهکی سفیدرنگ نیز دیده می‌شود (Rahimzadeh 1994).
۴۷	غرب موشامپا	36°57'38.37"N 47°38'19.65"E	در کوه‌های غرب موشامپا نیز سازند قم به وسیله ردیف ضخیمی از مواد پیروکلاستیک آغاز می‌شود. این نهشته‌ها که از توف‌های لایه‌لایه به رنگ آبی سبز تشکیل شده است، توسط (Ansari 1965) به نام عضو موشامپا (Mushampa member) خوانده شده است. در این محل تقریباً رسوبات الیگو-میوسن غایب‌اند و فقط تعدادی عدسی‌های آهکی در داخل ردیف‌های ضخیم ولکانیکی معرف آن است. از عدسی‌های آهک و شیل موجود در عضو موشامپا، فسیل‌های الیگوسن پایانی-میوسن زیرین به دست آمده است (Rahimzadeh 1994).
۴۸	برش موشامپا		برش موشامپا در ۱۱۰ کیلومتری شمال غرب زنجان با ۳۴۵ متر ضخامت و سن الیگوسن پسین - میوسن پیشین شامل آهک، ماسه، کنگلومرا، آذرآواری و توفیت است (Mozafari 2000).
۴۹	اندآباد		اندآباد در ۸۰ کیلومتری شمال غرب زنجان با ۲۲۷,۵ متر ضخامت شامل آهک، کنگلومرا، توف، ژیبس و آهک و آهک ریفی است. سن: شامل ۱۱۱,۵ متر آکیتانین و بقیه بوردیگالین (Mozafari 2000).
۵۰	شرق میانه	37°23'52.65"N 47°53'28.36"E	ضخامت سازند قم به طرف شرق میانه به شدت کاهش می‌یابد و به تدریج توف‌ها و مواد انفجاری حاصل از ولکانیسم میوسن جای آن را می‌گیرد (Rahimzadeh 1994).
۵۱	اطراف ماکو	39°18'32.18"N 44°31'32.23"E	نهشته‌های سازند قم در اطراف ماکو حدود ۵۰۰ متر ضخامت دارد و شامل سه عضو لیتولوژیکی است: واحد عمدتاً کنگلومرای زیرین با ضخامت چندمتر تا ۲۳۰ متر (در ۱۰ کیلومتری جنوب غرب ماکو)؛ واحد میانی آهکی بیشتر با رخساره زیست- آواری حاوی جلبک و مرجان (ولی آهک‌های ماسه‌ای مارنی و توفی، کنگلومرای و قلوهای، شرق دهکده بداولی نیز وجود دارد) و ضخامت ۵۰ تا ۱۸۰ متر و سن آکیتانین-بوردیگالین و واحد مارن بالایی که در بعضی جاها (دامنه شمال شرقی کوه قره‌داغ) دیده نمی‌شود، ولی واحد آهک میانی ضخیم‌تر و با سازند قرمز بالایی پوشیده می‌شود (Rahimzadeh 1994).

در مناطق زیر وجود ندارند: (۱) برش‌های واقع در شمال و شمال غربی آباد؛ (۲) در برش‌های واقع در محدوده حضور نهشته‌های تبخیری سازند قم، غیر از برش‌های واقع در منتهی‌الیه جنوب غربی این محدوده (شکل ۴؛ ۳) برش‌های واقع در محدوده همدان- سنندج- جنوب بیجار؛ (۴) منطقه جنوب شرق- جنوب و جنوب غربی دریاچه ارومیه.

به‌طور کلی نهشته‌های آذر- آواری منطقه جازموریان- جیرفت- سیرجان در بخش جنوب شرقی حوضه پیش‌کمانی سنندج- سیرجان نهشته شده‌اند، ولی این مواد در جنوب غربی نوار نطنز- کاشان- قم- ساوه عمدتاً در محدوده حوضه درون‌کمانی نهشته شده‌اند. براساس جدول ۱ و شکل ۴، به‌طور کلی می‌توان گفت (صرف نظر از موارد استثنا)، نهشته‌های آذر- آواری سازند قم



شکل ۴- نقشه ایران نشان‌دهنده (۱) پراکندگی سازند قم؛ (۲) پراکندگی کمان ماگمایی ارومیه- دختر؛ (۳) پراکندگی مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم و (۴) پراکندگی نهشته‌های تبخیری سازند قم: رسوب‌گذاری نهشته‌های تبخیری سازند قم در سمت مقعر خط‌چین قرمز اتفاق افتاده است (با تغییرات از Mohammadi et al. 2013; Mohammadi 2022).

Fig 4- A map showing (1) distribution of Qom Formation; (2) distribution of Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc (UDMA); (3) spatial distribution of the Qom Formation pyroclastic deposits; and (4) distribution of the Qom Formation evaporate deposits: deposition of evaporate deposits of the Qom Formation took place in concave side of the red dashed line (after Mohammadi et al. 2013; Mohammadi 2022).

پراکندگی زمانی و چینه‌نگاری رخدادی نهشته‌های آذر-

آواری سازند قم

ضخامت و سن واحدهای آذر- آواری در برش‌های مختلف متفاوت است. با تلفیق اطلاعات حاصل از: (۱) جدول ۱؛ (۲) پراکندگی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم (شکل ۴؛ ۳) داده‌های سنی برش‌های مختلف سازند قم از Mohammadi et al. 2013؛ شامل اطلاعات سنی، لیتولوژی، جغرافیایی و ... متعلق به بیش از ۱۰۰ برش از سازند قم و (۴) Mohammadi 2022؛ شامل بیوزونبندی سازند قم و محدودبودن نهشته‌های روپلین پیشین سازند قم - به‌عنوان قدیمی‌ترین نهشته‌های سازند قم- به جنوب و جنوب غربی کاشان)، اطلاعات ارزشمندی درباره سن نهشته‌های آذر- آواری سازند را قم به شرح زیر می‌توان استنباط کرد:

نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در منطقه جازموریان- جیرفت- سیرجان را می‌توان براساس سن، به‌طور کلی به دو محدوده فرعی تقسیم کرد: الف) محدوده جازموریان- جیرفت: براساس اطلاعات موجود و مطالعه برش‌های بزدان و کقارکی سن نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در این محدوده عمدتاً روپلین پسین است؛ ب) محدوده جیرفت- سیرجان: بیشتر برش‌های سازند قم در این محدوده (که اکثراً ناقص بوده و بخش‌های بالایی سازند قم در اثر فرسایش از بین رفته است)، عمدتاً سن شاتین و در مواردی آکیتانین دارند و بنابراین سن نهشته‌های آذر- آواری موجود در برش‌های سازند قم در این محدوده نیز عمدتاً شاتین است.

نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در برش‌های واقع در غرب و جنوب غربی نوار نطنز- کاشان- قم- ساوه عمدتاً سن میوسن پیشین (آکیتانین- بوردیگالین) دارند؛ با این حال در برخی برش‌ها سن الیگوسن نیز دارند و حتی قدیمی‌ترین نهشته‌های آذر- آواری سازند قم به سن روپلین پیشین نیز (با تلفیق اطلاعات حاصل از Mohammadi 2022; Dehghan et al. 2010) در این محدوده وجود دارد که در بخش پایینی برش قهرود نهشته شده است.

واحدهای آذر- آواری واقع در منطقه زنجان عمدتاً سن

آکیتانین و با نسبت کمتری سن بوردیگالین دارند.

با توجه به مطالب یادشده، می‌توان گفت که سن نهشته‌های آذر- آواری سازند قم (صرف‌نظر از موارد استثنا) از جنوب شرق به سمت شمال غرب، به‌طور کلی یک روند جوان‌شدگی از خود نشان می‌دهند و جوان‌ترین ولکانیسم‌های هم‌زمان با سازند قم سن بوردیگالین دارند.

نتایج

بررسی سازند قم در برش‌های بزدان و کقارکی و همچنین بررسی پراکندگی زمانی و مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم به نتایج زیر منجر شد:

۱) حضور *Nummulites* (به‌همراه لپیدوسیکلینیدها) در آهک‌های توفی هر دو برش بزدان و کقارکی و همچنین در توف‌های برش بزدان بیانگر سن روپلین پسین است که خود نشان‌دهنده وقوع یک رویداد آتشفشانی در منطقه شمال غربی دریاچه جازموریان در زمان روپلین پسین است.

۲) پراکندگی مکانی نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در سرتاسر قلمرو این سازند بر یک نقشه جدید نمایش داده شد.

۳) همراهان آذرین سازند قم در بیش از ۵۰ برش چینه‌شناختی، از جنوب شرقی‌ترین برش‌های این سازند (بزدان، در شمال غرب جازموریان) تا شمال غربی‌ترین برش‌های آن (اطراف ماکو، شمال غربی ایران) گسترش درخور توجهی دارند.

۴) به‌طور کلی می‌توان گفت که واحدهای آذر- آواری سازند قم عمدتاً در سه منطقه زیر گسترش دارند: ۱) منطقه جازموریان- جیرفت- سیرجان (پیش‌کمان)؛ ۲) جنوب غربی نوار نطنز- کاشان- قم- ساوه (عمدتاً درون‌کمان) و ۳) منطقه زنجان (جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال غربی زنجان).

۵) به‌طور کلی می‌توان گفت (صرف‌نظر از موارد استثنا)، نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در مناطق زیر وجود ندارد: ۱) برش‌های واقع در شمال و شمال غربی آباده؛ ۲) در

- Tarbiat Moallem University of Tehran, 165p.
- Ansari H.J. 1965. Geology of Southern Meyaneh basin in Azarbayjan, Iran: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49: 88-97.
- Azim R. 1997. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Jalayer Anticline (southwestern Saveh). Unpublished MSc. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran, 75p.
- Bakhtiary F. 2003. Study of biostratigraphy and lithostratigraphy of the Qom Formation in northwestern Saveh. Unpublished MSc. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran, 106p.
- Brown F. H. Sarna-Wojcicki A.M. Meyer C.E. and Haileab B. 1992. Correlation of Pliocene and Pleistocene tephra layers between the Turkana Basin of East Africa and the Gulf of Aden. *Quaternary International*. 13/14:55-67.
- Einsle G. 1998. Event stratigraphy: recognition and interpretation of sedimentary event horizons, In: P. Doyle P. and Bennett M. R. (Eds.), *Unlocking the Stratigraphic Record: Advances in Modern Stratigraphy*, Chichester, John Wiley & Sons, pp. 145-193.
- Einsle G. and Seilacher A. 1982. *Cyclic and Event Stratification*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 543p.
- Dehghan R. Safari A. and Vaziri-Moghaddam H. 2010. Microfacies and paleoenvironmental environment of the Qom Formation in the Ghohroud area (south of the Kashan). *Researches in Earth Sciences*, 3: 60-73.
- Faryabi A. 1993. Study of stratigraphy and paleontology of the Qom Formation in Sardoeieh and Sabzevaran. Unpublished MSc. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran, 170p.
- Ganji M. 1999. Study of petrography and microfacies of the Qom Formation in northeastern Takab area. Unpublished MSc. thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, 171p.
- Ghasemi H.R. 2005. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Qom Formation in Avaj area. Unpublished MSc. thesis, Tarbiat Moallem University of Tehran, 84p.
- Jagan A. 2010. Tephra stratigraphy and geochemistry from three Icelandic lake cores: a new method for determining source volcano of teptra layers. PhD thesis, The University of Edinburgh, 133p.
- Kauffman E.G. 1987. High-resolution event stratigraphy: concepts, methods and Cretaceous examples. In: Kauffmann E.G. Sageman B.B. Gustason E.R. and Elder W.P.A (Eds.), *Field Trip Guidebook: High Resolution Event Stratigraphy, Greenhorn yclothem (Cretaceous: Cenomanian-Turonian), Western Interior of Colorado and Utah*, Boulder, Geological Society of America, Rocky Mountains Section, pp. 2-34.
- Keshavarzi S. 1997. Biozonation of Qom Formation based on Alveolinidae and Lepidocyclinidae.

برش‌های واقع در محدوده حضور نهشته‌های تبخیری سازند قم، غیر از برش‌های واقع در منتھالیه جنوب غربی این محدوده؛ (۳) برش‌های واقع در محدوده همدان- سنندج- جنوب بیجار؛ (۴) برش‌های واقع در منطقه جنوب شرق- جنوب و جنوب غربی دریاچه ارومیه.

(۶) سن نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در محدوده جازموریان- جیرفت عمدتاً روپلین پسین و در محدوده جیرفت- سیرجان عمدتاً سن شاتین و در مواردی آکیتانین است.

(۷) نهشته‌های آذر- آواری سازند قم در برش‌های واقع در غرب و جنوب غربی نوار نطنز- کاشان- قم- ساوه عمدتاً سن میوسن پیشین (آکیتانین- بوردیگالین) دارند؛ با این حال در برخی برش‌ها سن الیگوسن نیز دارند.

(۸) واحدهای آذر- آواری واقع در منطقه زنجان عمدتاً سن آکیتانین و با نسبت کمتری سن بوردیگالین دارند.

(۹) قدیمی‌ترین واحدهای آذر- آواری سازند قم دارای سن روپلین پیشین (برش قهرود، جنوب کاشان) و جوان‌ترین آنها دارای سن بوردیگالین است.

(۱۰) نهشته‌های آذر- آواری سازند قم از جنوب کاشان به سمت شمال غرب ایران یک روند جوان‌شدگی را از خود نشان می‌دهند.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر حامد عامری و آقای دکتر حسن رامه که نویسنده را در مطالعات صحرایی برش بزدان و همچنین آقای دکتر علی دره‌گیری که نویسنده را در مطالعات صحرایی برش کقارکی یاری کرده‌اند و از داوران که با نظرات و پیشنهادهای ارزنده خود سبب ارتقاء سطح مقاله شده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Aghanabati A. 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran. Tehran. 603p. (in Persian).
- Akhlaghi M. 2008. Foraminiferal biostratigraphy and palaeoecology of the Qom Formation in west and southwest of Zanjan. Unpublished MSc. thesis,



- Mozafari B. 2000. Biostratigraphy and lithostratigraphy of the Qom Formation and lithostratigraphy of Upper Red and Lower Red formations in northeastern Takab (Shaikh Jaber, Moushampa and Andadad). Unpublished MSc. thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, 114p.
- Pickford M. Senut B. Poupeau G. Brown F.H. and Haileab B. 1991. Correlation of tephra layers from the Western Rift Valley (Uganda) to the Turkana Basin (Ethiopian/Kenya) and the Gulf of Aden, *Compte Rendu de l'Academie des Sciences, Paris* 313(II):223–229.
- Rahimzadeh F. 1994. Geology of Iran: Oligocene–Miocene, Pliocene. Geological Survey of Iran. Tehran. 311p. (in Persian).
- Reuter M. Piller W.E. Harzhauser M. Mandic O. Berning B. Rogl F. Kroh A. Aubry M.P. Wielandt-Schuster U. and Hamedani A. 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. *International Journal of Earth Sciences*, 98: 627–650.
- Rezaei Kalaj L. 2016. Biostratigraphy of the Miocene deposits in the Istiblagh section, NW Kabodarhang, W Central Iran, Unpublished MSc. thesis, Kharazmi University of Tehran, 106p.
- Safari A. Ghanbarloo H., and Mohammadi E. 2020. Microfacies, sedimentary environment, and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Maragh area (Southwest of Kashan). *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 20: 41–61.
- Sajadi-Hazareh F. 1990. Study of petrology, paleontology and stratigraphy of the area between Natanz and Ardestan (Central Iran). MSc. Thesis. University of Tehran. 178p.
- Shakeri A.R. 2006. Lithostratigraphic analysis of the Qom Formation deposits in Razan- Takab area and their comparison with central part of the Qom Basin. *Sci. J. Shahid Chamran Univ. Ahvaz*, 15:1–17.
- Sjverb N. Issakhanian V. and Brants A. 1962. The geological environment of the Chahar Gonbad Copper Mine. A study in Tertiary copper mineralization. Geological Survey of Iran. Report No. 16.
- Valeh N. 1956. Geological quadrangle map of Hana. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Vaziri M.R. 1987. Stratigraphy, geology and paleontology study in south and southwest of Kashan. Unpublished MSc. Dissertation, Tehran University, 118p (in Persian).
- Walliser O.H. 1996. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic: results of international interdisciplinary cooperation in the IGCP Project 216 “Global Biological Events in Earth History”. Berlin and Heidelberg, Springer-Verlag, 613p.
- Unpublished MSc. thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, 237p.
- Koutsoukos E.A.M. 2005. *Applied Stratigraphy*. Springer, Netherlands, 506p.
- Kozur H.W. 2007. Biostratigraphy and event stratigraphy in Iran around the Permian–Triassic Boundary (PTB): Implications for the causes of the PTB biotic crisis. *Global and Planetary Change*, 55: 155–176.
- Kuhn O. 1933. Das Becken von Isfahan-Saidabad und seine altmiocene Korallenfauna, *Palaeontographica. Abteilung A* 79:173–218.
- Loftus W.K. 1855. On the geology of portions of the Turko-Persian frontier, and of the districts adjoining. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 11: 247–344.
- Mirdanesh S.L. Jahani D. and Kohansal N. 2010. Analysis of sedimentary facies and redeposited limestones in the (Oligo-Miocene) Qom Formation, in northwest of the Takan. In: *Proceedings of the 28th Earth Science Congress, Urmieh*.
- Mohammadi E. 2020. Sedimentary facies and depositional environments of the Oligocene–early Miocene marine Qom Formation, Central Iran Back-Arc Basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway). *Carbonates and Evaporites*, 35: 1–29.
- Mohammadi E. 2021. Sedimentary facies and paleoenvironmental interpretation of the Oligocene larger-benthic-foraminifera-dominated Qom Formation in the northeastern margin of the Tethyan Seaway. *Palaeoworld*, 30: 356–372.
- Mohammadi E. 2022. Foraminiferal biozonation, biostratigraphy and trans-basinal correlation of the Oligo-Miocene Qom Formation, Iran (NE Margin of the Tethyan Seaway). *Palaeoworld*. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2022.04.005>
- Mohammadi E. Hasanzadeh-Dastgerdi M. Ghaedi M. Dehghan R. Safari A. Vaziri-Moghaddam H. Baizidi C. Vaziri M.R. and Sfidari E. 2013. The Tethyan Seaway Iranian Plate Oligo-Miocene deposits (the Qom Formation): distribution of Rupelian (Early Oligocene) and evaporate deposits as evidences for timing and trending of opening and closure of the Tethyan Seaway. *Carbonates and Evaporites*, 28: 321–345.
- Mohammadi E. Hasanzadeh-Dastgerdi M. Safari A. and Vaziri-Moghaddam H. 2019. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates Evaporites*, 34: 1293–1306.
- Mohammadi E. M.R. Vaziri and M. Dastanpour. 2015. Biostratigraphy of the Nummulitids and Lepidocyclinids bearing Qom Formation based on Larger Benthic Foraminifera (Sanandaj–Sirjan forearc basin and Central Iran back-arc basin, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 403–423.