

Research Article

Geological mapping at 1:50,000 scale, case study: stratigraphy, palaeontology, sedimentology, and petrology finding at Gol Tapeh sheet (5660-III), northern Sanandaj-Sirjan zone

Morteza Yousefi^{1*}, Hamideh Noroozpour²

1-Geological Survey of Iran

2- Department of geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Keywords: *Ali Sadr limestone, Hamedan phyllite, Qom Formation, Sari Gunay Gold mine, Geological map,*

1-Introduction

The geological map of Gol Tapeh on the scale of 1:50,000 is one of 28 maps of the Kurdistan mega project. This paper has been produced using field observations in terms of stratigraphy, paleontology, sedimentology, and petrology, and it has also incorporated other findings and studies previously carried out in the region. Geological map of the Gol Tapeh in an area of 625 km² on the border of Hamedan and Kurdistan provinces (48° 00' 00" to 48° 15' 00" E and 35° 00' 00" to 35° 15' 00" N). Based on the geological subdivision of Iran, the studied area is located north of the Sanandaj-Sirjan zone, which has complex deformations, and the Hamedan phyllite sub-zone.

2-Material and methods

Preparation of the Gol Tapeh geological map on a scale of 1:50000 includes literature works, field observations, data interpretation, map projection, structural profiles, compiling, and writing the final text. All processes of map preparation have been done according to the standards of the geological survey of Iran (Ghahamghash, 2017). During 80 days of field geology from May to October 2022, more than 650 points of geological information were taken: 85 petrological samples, 60 palaeontological samples, 10 sedimentology samples, and 40 geochemical samples. Map projections were conducted by Google Earth, Global Mapper v.25, Arc GIS 10.8, for sedimentological analysis the SedLizer software, to writing text Microsoft Office 2019- Word and to illustrate figures the Corel-Draw 2022, Panorama Maker 6.0 and Photoshop 2020. Based on the information from field traverses, laboratory results, absolute age dating, and microscopic studies, some changes were applied in the stratigraphical status of rock units compared to the base maps.

3-Results and discussions

The rock units in this map are metamorphic, sedimentary, and igneous rocks exposed to the Late Jurassic until the Quaternary time range. The oldest outcrops of a rock unit in the studied area include low-grade metamorphic rocks (mt) such as slate, phyllite, metasandstone, chlorite schist, calc-schist, mica schist, which are cut by stocks (db) and dykes with basic to intermediate composition. In this contribution, the late Jurassic age was considered for this unit. In some places, partially metamorphosed and highly deformed, medium to thin limestones attributed to the early Cretaceous (Ali-Sadr Limestone, K₁¹) in the form of a Klippe (thrust) cover the Hamedan phyllites.

In other places, these metamorphic rocks are covered by lower Eocene red conglomerate (E^c) or Qom Formation rock units. Intrusive bodies with gabbro to granitic composition have cut off the base of the Eocene. These clastic units have been deposited by cream to pale yellow thin-bedded nummulitic marly

* Corresponding author: yousefi_iran@yahoo.com

DOI: 10.22055/aag.2024.46177.2435

Received: 2024-02-24

Accepted: 2024-04-18

limestone (E^{ml}) with early Eocene (Ypresian) age. These beds covered unconformity by clastic and carbonate units equivalent to the Qom Formation (early Miocene). (Noroozpour, 2022; Yousefi et al., 2024). Qom Formation in the Gol Tapeh map was separated into three members: from old to new, including (1) conglomerate, sandstone, siltstone, and mudstone ($M^{c.s}$), (2) marl unit, marly limestone, sandstone, and organic matter-rich shales ($M^{sh.m}$), and (3) dolomitic limestone and fossiliferous reefy limestone (M^l). On the rock deposits of the Qom Formation, pyroclastic beds ($M^{l.br}$), including acidic tuff, lapilli tuff, tuff breccia, agglomerate, and lahar, were deposited. Based on the stratigraphic position, the middle-late Miocene age was considered for this sequence. Furthermore, there are lavas and volcanic breccia with trachy-andesite lithology on the top of agglomerate parts separated on the map as M^{tan} unit. Based on $^{40}Ar-^{39}Ar$ dating constraints, the age of this unit is late Miocene (Boccaletti et al., 1976). On the mentioned pyroclastic sequence, series of andesite lava, latite to dacite, rhyolite (M^{la} , M^{da} and M^{an} units), and dacite to rhyodacite subvolcanic rocks (da) and quartz monzodiorite (qmd) were outcrop. On the base of absolute U-Pb dating of zircon (e.g., Richards et al., 2006; Shahbazi et al., 2021), a late Miocene age was considered for this sequence. Pliocene and Quaternary sediments have significant variety and are distributed in the studied area—Pliocene red conglomerate outcrops in a few limited places (PI^c unit). Travertine springs can be seen with freshwater limestone ($PIPs^t$) with expansion and thin thickness, particularly in the western map. Other young sediments include Quaternary conglomerate (Q^c), alluvial plain (Q^m), fluvial sediment (Q^{al}), in situ soil (regulate), old and young alluvial fan (Q^{f1} , Q^{f2} , Q^{f3}), flood plain sediments (Q^{fp}) and playa sediments (Yousefi et al., 2023).

4-Conclusion

- 1) Based on the evidence, a late Jurassic age was suggested for outcrops of the Hamadanphyllites. Also, based on the findings of paleontology and dating, the location of the Alisadr Limestone was modified from the Triassic to the early Cretaceous.
- 2) Based on field surveys and paleontological studies, three units were separated in equivalent Qom Formation deposits. Aquitanian age was suggested for lower and middle members ($M^{c.s}$ and $M^{sh.m}$), and Burdigalian age was suggested for upper members (M^l). These deposits were considered Oligo-miocene age in previous base maps.
- 3) According to stratigraphic position and absolute dating, the age of pyroclastic deposits ($M^{l.br}$) in the Gol Tapeh map was modified based on the upper and lower volcanic units from Pliocene and Plio-quaternary to middle-late Miocene. Based on dating, the lavas (M^{tan}) age on pyroclastic deposits changed from the Quaternary to the late Miocene.
- 4) Based on the U-Pb dating of zircon, the age of lavas (such as M^{da} , M^{an} , and M^{la} units) and subvolcanic rocks (da and qmd units) was changed from Pliocene to late Miocene.
- 5) Non-metamorphic bodies (di, gb, and gr units) reported for the first time in the studied area have gabbro to granitic composition and cut lower Eocene red beds. Based on the dating age that has been done in recent years, these intrusions are considered post-late Eocene (Oligocene?). In the eastern part of the map, a diabase body (db) has penetrated Hamadan phyllite with the late Jurassic age.

5-References

- Ghahamghash, J., 2017. The Guide of Geological Mapping at 1:25.000 Scale, Geological Survey of Iran Publication, 148 P. (in Persian).
- Boccaletti, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Motamed, A., Pasquare, G., Amin Sobhani, E., 1976. Neogene and Quaternary volcanism of the Bijar area (western Iran). *Bulletin of Volcanologie* 40, 121-132.
- Noroozpour, H., 2022. Study of the Oligocene depositional sequences in the northwest of Hamedan, *Journal of Advance Applied Geology* 12, 325-336. (in Persian with English abstract).
- Richards, J.P., Wilkinson, D., Ullrich, T., 2006. Geology of the Sari Gunay epithermal deposit. *Economic Geology* 101, 1455-1496. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.101.8.1455>.

- Shahbazi, H., Taheri Maghami, Y., Azizi, H., Asahara, Y., Siebel, W., Maanijou, M., Rezai, A., 2021. Zircon U-Pb ages and petrogenesis of late miocene adakitic rocks from the Sari Gunay gold deposit, NW Iran. *Geological Magazine* 158, 1733-1755. <https://doi.org/10.1017/S0016756821000297>
- Yousefi, M., Alipoor, R., Sadr, A.H., Omrani, J., 2023. Geological Map of Gol Tapeh 1:50.000 (Kouhin 3, 5660-III): Tectonic, Stratigraphy and Petrology Findings, 41th National Geosciences Congress, Geological Survey of Iran, Tehran (in Persian).
- Yousefi, M., Mafakheri, J., Omrani, J., Kohansal, R., Alipoor, R., Sadr, A., Ghasemi, M.R., Soleimani, S., Mohtat, T., Poshtkouhi, M., Zolfaghari, S., 2024. Geological map of Gol Tapeh (5660-III), Geological survey of Iran (in Persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Yousefi, M., Noroozpour, H., 2024. Geological Mapping at 1:50.000 Scale, Case Study: Stratigraphy, palaeontology, sedimentology, and petrology finding at Goltapeh sheet (5660-III), northern Sanandaj-Sirjan zone. *Adv. Appl. Geol.* 14(3), 598 – 622.

DOI: 10.22055/aag.2024.46177.2435

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_19246.html

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

نقشه برداری زمین شناختی در مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰، مطالعه موردی: یافته‌های چینه‌نگاری، دیرینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی در ورقه گل تپه (III-۵۶۶۰)، پهنه سنندج- سیرجان شمالی

مرتضی یوسفی*

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مرکز سنندج، ایران

حمیده نوروزپور

گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

*yousefi_iran@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده

نقشه زمین‌شناسی گل تپه در گستره‌ای به وسعت ۶۲۵ کیلومترمربع در مرز میان استان‌های همدان و کردستان، در شمال پهنه سنندج- سیرجان، پهنه با دگرشکلی‌های پیچیده و زیرپهنه فیلیت‌های همدان واقع شده است. در این محدوده، سنگ‌های دگرگونی، رسوبی و آذرین در بازه زمانی ژوراسیک پسین تا کواترنری رخنمون دارند. بر اساس پیمایش‌های صحرایی، نتایج آزمایشگاهی، مطالعات میکروسکوپی و سن‌سنجی‌های مطلق سایر پژوهشگران تغییراتی در جایگاه چینه‌شناسی واحدهای سنگی منطقه نسبت به نقشه‌های پایه ایجاد شد. برای پروتولیت سنگ‌های دگرگونی درجه ضعیف (واحد فیلیت‌های همدان، mt) سن ژوراسیک پسین در نظر گرفته شد. بر پایه سن‌سنجی‌های مطلق انجام شده، سن سنگ‌آهک‌های دولومیتی (K₁) خاستگاه غار علی‌صدر از تریاس به اوایل کرتاسه پیشین و گدازه‌های میزبان کانسار طلای ساریگونی از پلیوسن به میوسن پسین تغییر پیدا کرد. توده‌های نفوذی (واحدهای gr, di, gb) برای نخستین بار از منطقه گزارش و سن الیگوسن برای آن‌ها پیشنهاد شد. سه واحد در نهشته‌های معادل سازند قم تفکیک و سن آن‌ها از الیگومیوسن به میوسن پیشین محدود شد. توالی آذرآوری بر اساس جایگاه چینه‌شناسی و گدازه‌های تعیین سن شده در بالا و پایین، در زمان میوسن میانی- پسین تشکیل شدند. نهشته‌های پلیوسن و کواترنری با ستبرای اندک و گسترش زیاد، بخش‌های زیادی از گستره مورد مطالعه را زیر پوشش دارند.

واژه‌های کلیدی: آهک علی‌صدر، فیلیت‌های همدان، سازند قم، نقشه زمین‌شناسی

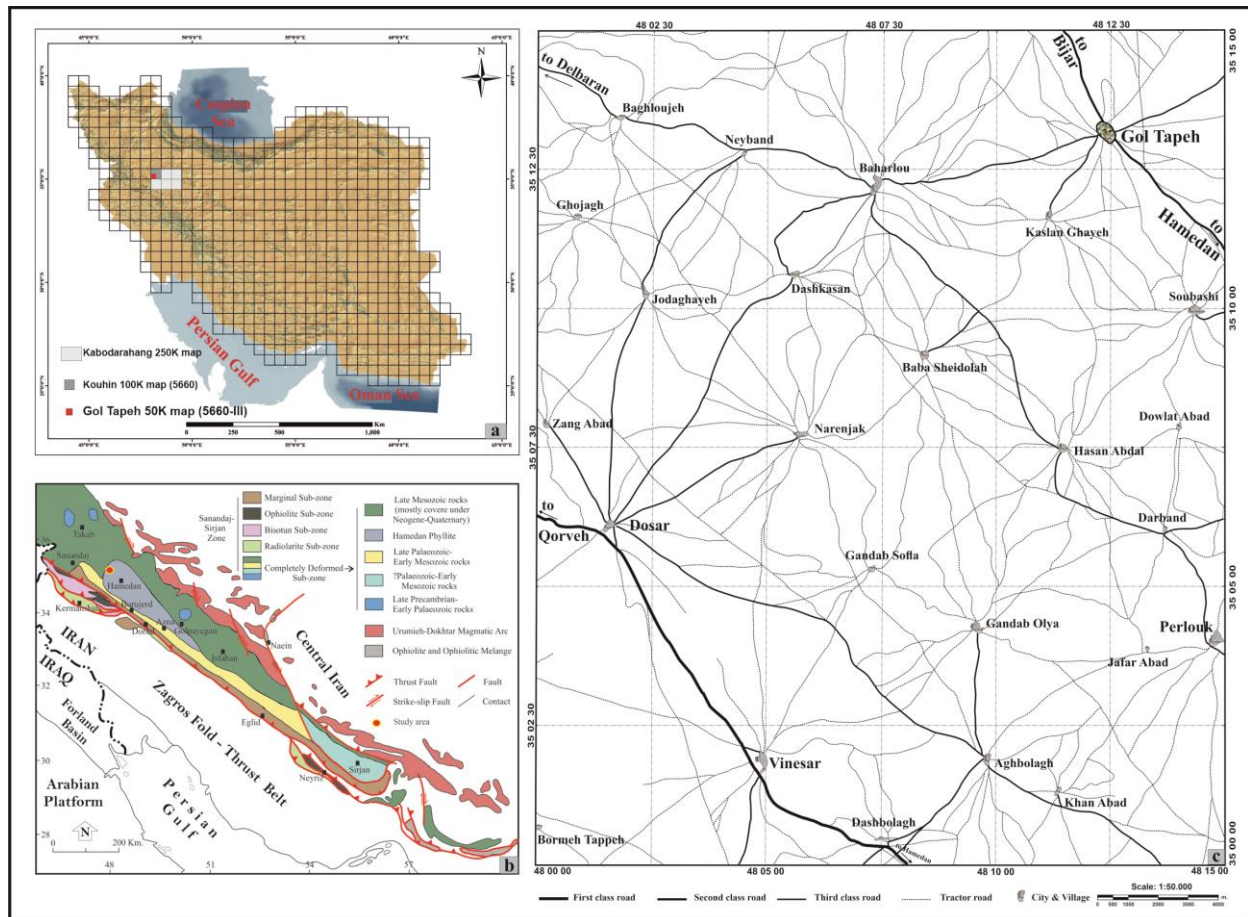
۱- مقدمه

(Hajian, 1979)، ۱:۱۰۰,۰۰۰ کوهین (Hossein Khan (Nazer, 2014) و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ گل تپه به شماره 5660-III (Armed Forces Geographical Organization, 2007) است. از منظر جایگاه زمین‌شناسی، این منطقه در زون سنندج- سیرجان (Aghanabati, 2004)، زیرپهنه سنندج- سیرجان شمالی (Eftekharnjad, 1980)، پهنه با دگرشکلی‌های پیچیده و زیرپهنه فیلیت‌های همدان (Mohajjel et al., 2003) و کمان آتشفشانی همدان- تبریز (Azizi and Moinevaziri, 2009) قرار دارد (شکل ۱ b, c). بیشتر سنگ‌های این کمربند آتشفشانی، سن میوسن میانی تا پلیوکواترنری دارند و از منظر سنگ‌شناسی بیشتر شامل گدازه‌های آندزیتی و گنبد‌های داسیتی است. با توجه به قرارگیری معدن طلای ساریگونی، مطالعات سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی

نقشه‌های زمین‌شناسی، اطلاعات جامعی در مورد واحدهای سنگی و سن آن‌ها، ساختمان زمین و پتانسیل مواد معدنی موجود در پوسته زمین در اختیار قرار می‌دهند (Ghalamghash, 2017). پس از پایان کار نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۰۰,۰۰۰، نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ و ۱:۲۵,۰۰۰ مناطق اولویت‌دار تهیه می‌شوند. به دلیل وجود پاره ای ایرادات در نقشه‌های پایه و توان معدنی قابل توجه ناحیه گل تپه، تهیه نقشه آن در دستور کار قرار گرفت. نقشه زمین‌شناسی گل تپه (۳-۵۶۶۰)، یکی از نقشه‌های تهیه شده در پروژه طرح تحول زمین‌شناسی و معدن استان کردستان است (Yousefi et al., 2024).

نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰,۰۰۰ گل تپه بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ کبودرآهنگ (Bolourchi and

اقتصادی و زیست محیطی فراوانی در محدوده معدن انجام شده است که در ادامه به برخی از مهم ترین آن ها اشاره خواهد شد.



شکل ۱- (a) موقعیت نقشه گل تپه در راهنمای نقشه های زمین شناسی ایران، (b) موقعیت زمین شناختی نقشه گل تپه (مستطیل سرخ) در پهنه ساندج- سیرجان (اصلاح شده به نقل از Mohajjel et al., 2003)، برای نمایش بهتر در ابعاد محدوده اغراق شده است و (c) موقعیت جغرافیایی شهرها، روستاها و راه های دسترسی در محدوده مورد مطالعه.

Fig. 1. (a) Location of Gol Tapeh map in geological index maps of Iran, (b) Geological setting of Gol Tapeh map at Sanandaj- Sirjan zone (modified after Mohajjel et al., 2003), and (c) Access roads in studied area and geographical location of cities and villages.

به باور Abdi (۱۹۹۶)، سنگ های آذرین شمال خاور قروه در دو بازه زمانی: ۱- ترشیری (میوسن پسین تا پلیوسن)، به صورت مونوزودیوریت پورفیری ساب ولکانیک و هورنبلند آندزیت آذرآوری و گدازه در محیط فرورانش حاشیه فعال قاره ای و ۲- کواترنری، بیشتر شامل آکالی بازالت اولیوین دار، آندزیت بازالت، تراکی آندزیت، ریوداسیت و ریولیت در یک کافت یا بازشدگی بعد از فرورانش تشکیل شده اند.

Wilkinson و Damien (۲۰۰۵)، به مطالعه و مقایسه دو کانسار آبی داغ و ساریگونی پرداختند. به باور ایشان کانسار آبی داغ

۲- پیشینه مطالعات

Akbarpour و همکاران (۱۹۹۱)، منطقه مورد مطالعه را بخشی از کمربند آتشفشانی قروه- تکاب می داند که سنگ های آتشفشانی آن مربوط به دو چرخه ماگمایی است. چرخه اول شامل سنگ های آتشفشانی کالک آلکان میوسن بالایی و چرخه دوم متعلق به آتشفشان های پلیستوسن است که شامل محصولات بازیک، تحت اشباع و بیشتر پتاسیک می شود. بر اساس این پژوهش، عمق کانی سازی رگه ها تا ژرفای ۳۵۰ متری هم می رسد.

رخساره‌ای، محیط رسوبی شلف لبه‌دار را برای این نهشته‌ها پیشنهاد نمود. از عمده‌ترین پدیده‌های دیاژنزی توالی مورد مطالعه در این پژوهش می‌توان به سیمانی‌شدن، انحلال، نئومورفیسم، فشردگی، دولومیتی‌شدن، آشفستگی زیستی طبقات، سیلیسی‌شدن، پیریتی‌شدن و تخلخل اشاره کرد.

بر پایه مطالعه Khodabakhsh و همکاران (۲۰۱۳)، تراورتن‌های معدن سراب در شمال گل تپه، یک متر ضخامت، یک کیلومتر گسترش و ریخت‌شناسی شکاف-پشته دارند. این سنگ‌ها در محدوده پل‌اسپارایت قرار می‌گیرند و سیمان آن‌ها بیشتر از نوع مینسکوس، دندان سگی، دروزی و به مقدار کمتر بلوکی است. از مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری تراورتن منطقه، وجود تخلخل و لامیناسیون در نمونه‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی است.

Noroozpour (۲۰۲۲)، به مطالعه محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی نهشته‌های معادل سازند قم در شمال باختر همدان پرداخت. در این پژوهش، هشت ریزرخساره مرتبط با چهار کمر بند رخساره‌ای جزرومدی، ریف، شیب قاره و دریای باز شناسایی شد که معرف رسوب‌گذاری در یک شلف کربناته است. همچنین دو سکانش رسوبی رده سوم و سه سطح سکانشی برای این نهشته‌ها معرفی شد.

Yousefi (۲۰۲۳) و Yousefi و همکاران (۲۰۲۳) به تحلیل ساختاری شکستگی منطقه گل تپه پرداختند. بر اساس یافته‌های این پژوهش، گسل اصلی در این منطقه وجود ندارد و گسل‌های نرمال که به فراوانی در طبقات ترشیری مشاهده می‌شوند، حاصل عملکرد گسل‌های پنهان امتداد لغز هستند.

۳- روش پژوهش

نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰,۰۰۰ گل تپه در گستره‌ی تقریبی ۶۲۵ کیلومترمربع در خاور استان کردستان و باختر استان همدان قرار دارد و در میان طول‌های ۰۰'۰۰'۴۸° تا ۰۰'۱۵'۴۸° خاوری و ۰۰'۰۰'۳۵° تا ۰۰'۱۵'۳۵° شمالی واقع شده است (شکل ۱ a). نام نقشه از شهر کوچک گل تپه (در جنوب باختری شهرستان کبودرآهنگ) در شمال خاور نقشه گرفته شده است. بزرگ‌ترین مراکز جمعیتی محدوده نقشه شامل شهر گل تپه (۳۵۰۰ نفر)، روستاهای وینسار (۳۰۰۰ نفر) و پرلوک (۲۰۰۰ نفر) می‌شود (Armed Forces Geographical Organization, 2001).

به لحاظ کانی‌سازی آرسنیک غنی‌تر ولی کانی‌سازی طلا و آنتیموان آن ضعیف‌تر از کانسار ساریگونی است. از تفاوت‌های دیگر بین دو کانسار، وجود برش‌های گرمایی در کانسار داشکسن است. هر دو کانسار دارای هاله ژئوشیمیایی از فلزات پایه هستند.

Richards و همکاران (۲۰۰۶)، منطقه ساریگونی را قابل مقایسه با منطقه زرشوران تکاب می‌دانند. بر اساس مطالعات سن‌سنجی بر روی مجموعه آتشفشانی به روش Ar-Ar، بازه زمانی ۱۱/۷-۱۱ میلیون سال پیش (میوسن) را برای آن در نظر می‌گیرند. همچنین، سن کانه‌زایی با توجه به سن دگرسانی سرسیتی حاصل از فرآیند گرمایی به روش Ar-Ar حدود ۱۰/۸-۱۰/۳ میلیون سال پیش در نظر گرفته شده است.

در مطالعات زیست محیطی، به بالا بودن عناصر سمناک در رسوبات، تراورتن‌ها، خاک و منابع آب زیرزمینی منطقه اشاره شده است که از آن میان می‌توان بالا بودن فلزات سنگین به ویژه سرب (Bakhtiari Nejad, 2009; Asadi Charbini and Maanijou, 2018)، تمرکز بالای آنتیموان در گیاهان (Shaban, 2011)، نیکل (Kimiaee Khalil Abad, 2011) و آرسنیک (Majedi, 2011; Jalili, 2011; Roshanak et al., 2014) اشاره نمود.

به باور Moradi و همکاران (۲۰۲۰)، کانسار ساریگونی در خطواره ماگمایی قروه-تکاب در یک پهنه برشی فعال حاصل از عملکرد دو گسل راستگرد با راستای شمال، شمال خاور-جنوب، جنوب باختر تشکیل شده است. دگرسانی‌های فیلیک، سیلیسی، تورمالینی، آرژیلیک و اندکی پروپلیتیک گسترش دارند. شواهد موجود و مطالعات پیشین نشان‌دهنده مهاجرت از سامانه طلای پورفیری (مرحله ۱) با منشا ماگمایی به گرمایی کم سولفید (مرحله ۳) است. مرحله ۲ در طول ریزش و فوران دهانه آتشفشان رخ داده است.

Shahbazi et al., (2021) بر اساس سن‌سنجی رادیواکتیو بر روی کانی زیرکن به روش اورانیوم-سرب، محدوده سنی مشابه Richards و همکاران (۲۰۰۶) را برای سنگ‌های میزبان کانسار طلای ساریگونی به دست آوردند.

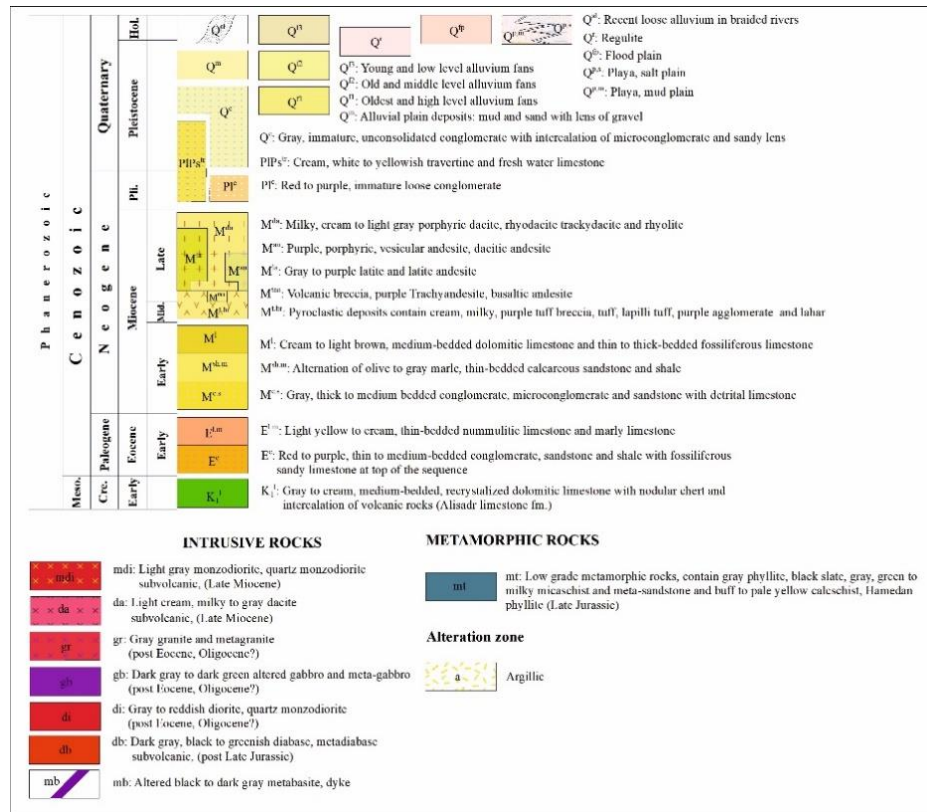
Aljamaz (۲۰۰۹)، به مطالعه پتروگرافی، محیط رسوبی و دیاژنز نهشته‌های هم ارز سازند قم در خاور قروه پرداخت. نامبرده بر پایه حضور ۱۱ ریزرخساره متعلق به ۵ کمر بند

است. این طبقات به صورت ناپیوسته به وسیله واحدهای آواری و کربناته معادل سازند قم با سن میوسن پیشین (آکیتانین-بوردیگالین) پوشیده می‌شود. طبقات هم ارز سازند قم در محدوده نقشه گل تپه به سه عضو قابل تفکیک است. این بخش-ها به ترتیب از قدیم به جدید شامل واحد کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلستون و مادستون ($M^{c.s}$)، واحد مارن، مارن آهکی، ماسه-سنگ و شیل‌های غنی از مواد آلی ($M^{sh.m}$) و واحد سنگ‌آهک دولومیتی و سنگ‌آهک ریفی پرفسیل (M^l) می‌شود. بر روی نهشته‌سنگ‌های معادل سازند قم، طبقات آذرآواری ($M^{t.br}$) شامل توف اسیدی، لاپیلی توف، توف برش، آگلومرا و لاهار راسب شده است. بر اساس جایگاه چینه‌شناسی، سن میوسن میانی-پسین برای توالی اخیر در نظر گرفت شد. علاوه بر این، گدازه‌ها و برش‌های ولکانیکی با ترکیب تراکی آندزیت به صورت غیرممتد در بالاترین بخش‌های آگلومرا وجود دارد که تحت عنوان واحد M^{tan} بر روی نقشه تفکیک شده است. بر اساس سن‌سنجی به روش آرگون-آرگون، سن واحد اخیر میوسن پسین است (Boccaletti et al., 1976). بر روی توالی آذرآواری ذکر شده، مجموعه‌ای از گدازه‌های آندزیت، لاتیت تا داسیت و ریولیت (واحدهای M^{da} ، M^{la} و M^{an}) و توده‌های نیمه عمیق با ترکیب داسیت تا ریوداسیت (da) و کوارتز مونوزودیوریت (qmd) رخنمون دارد. بر پایه سن‌سنجی‌های مطلق انجام شده بر روی زیرکن به روش اورانیوم-سرب (Richards et al., 2006 و Shahbazi et al., 2021)، سن میوسن پسین برای این توالی در نظر گرفته شد. رسوبات پلیوسن و کواترنری تنوع و گسترش قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه دارند. کنگلومرای سرخ رنگ پلیوسن در چند نقطه محدود رخنمون دارد (واحد PI^c). نهشته‌های چشمه‌های تراورتن‌ساز همراه با سنگ‌آهک‌های آب شیرین ($PIPs^{tr}$) با گسترش فراوان و ستبرای اندک به ویژه در نیمه باختری نقشه به فراوانی به چشم می‌خورد (Yousefi et al., 2024). سایر نهشته‌های جوان شامل کنگلومرای کواترنری (Q^c)، دشت آبرفتی (Q^m)، آبرفت‌های رودخانه‌ای (Q^{al})، خاک‌های برجا یا رگولیت (Q^r)، مخروط افکنه‌های کهن و جوان (Q^{f1} ، Q^{f2} ، Q^{f3})، نهشته‌های دشت سیلابی (Q^{fp}) و نهشته‌های پلایا (Q^{ps} و Q^{pm}) می‌شود (شکل ۲).

تهیه نقشه زمین‌شناسی گل تپه شامل مطالعات دفتری، برداشت‌های صحرایی، تجزیه و تحلیل داده‌ها، ترسیم نقشه و نیمرخ‌های ساختاری، جمع‌بندی و نگارش متن نهایی می‌شود. تمام مراحل تهیه نقشه بر اساس استانداردهای سازمان زمین‌شناسی کشور (Ghalamghash, 2017) انجام شده است. برداشت‌های صحرایی در مقیاس پنجاه هزارم، در شبکه‌ای با ابعاد ۵۰۰ متر در ۵۰۰ انجام می‌شود. به این معنی که فاصله مسیرهای پیمایش و فاصله نقاط بازدیدهای میدانی از یکدیگر حداکثر ۵۰۰ متر است. در طی ۸۰ روز عملیات صحرایی، بیش از ۶۵۰ نقطه اطلاعات زمین‌شناسی، ۸۵ نمونه سنگ‌شناسی، ۶۰ نمونه دیرینه‌شناسی، ۱۰ نمونه رسوب‌شناسی و ۴۰ نمونه زمین‌شیمیایی برداشت شد. برای ترسیم نقشه از نرم‌افزارهای Google earth، Global Mapper 25 و Arc GIS 10.8، تحلیل‌های رسوب‌شناسی از نرم‌افزار SedLizer و برای گویاسازی شکل‌ها از نرم‌افزارهای Corel-Draw 2022، Panorama Maker 6.0 و Photoshop 2020 استفاده شد.

۴- چینه‌نگاری

کهن‌ترین بروزدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه شامل سنگ‌های دگرگونی درجه پایین (mt) از قبیل اسلیت، فیلیت، متاسنداستون، کلریت شیست، کالک شیست و میکاشیست حاوی رگه و رگچه‌های فراوان سیلیس، چرت و گدازه می‌شود. در این نوشتار، سن ژوراسیک پسین برای این واحد در نظر گرفته شد. این مجموعه دگرگونی گاهی به‌وسیله توده‌های کوچک (db) و دایک‌های با ترکیب بازیک تا حدواسط قطع شده‌اند. در برخی نقاط، سنگ‌آهک‌های متوسط تا نازک لایه تا حدی دگرگون‌شده و به شدت دگرریخت شده منسوب به کرتاسه پیشین (آهک علی‌صدر، K_1^l) به شکل کلیپ (روراندگی)، فیلیت‌های همدان را می‌پوشاند. در سایر نقاط، این سنگ‌های دگرگونی به وسیله کنگلومرای سرخ رنگ قاعده ائوسن پیشین (E^c) و یا واحدهای آواری میوسن پیشین پوشیده می‌شود. توده‌های نفوذی با ترکیب گابرو تا گرانیتی، بخش‌های آواری قاعده ائوسن را قطع کرده است. بر روی این واحدهای آواری، سنگ‌آهک‌های سست کرم تا زرد کم‌رنگ نازک لایه نومولیت‌دار (E^{ml}) ائوسن پیشین (Ypresian) نهشته شده



شکل ۲- بخشی از راهنمای نقشه گل تپه که ترتیب سنی و ترکیب سنگ‌شناسی واحدهای سنگی را نشان می‌دهد (Yousefi et al., 2023)
 Fig. 2. The part of Gol Tapeh map legend that shows age arrangement and lithological composition of rock units (Yousefi et al., 2023)

۵- بحث

همان‌گونه که اشاره شد، مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی در بازه زمانی ژوراسیک پسین تا کواترنری در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند. در ادامه توضیحاتی در مورد هر یک از این واحدها و تغییراتی که در جایگاه چینه‌شناسی هر یک ایجاد شده است، ارائه خواهد شد.

۵-۱ واحدهای سنگی مزوزوئیک

سنگ‌های دگرگونی (mt)، کهن‌ترین واحد سنگی در منطقه است که در جنوب خاور، خاور تا شمال خاوری نقشه رخنمون دارد. از نظر ریخت‌شناسی، شامل تپه ماهورهای با شیب ملایم و رنگ عمومی سیاه، خاکستری، نقره‌ای تا مایل به سبز می‌شود. از رخنمون‌های واحد mt در بیش از ۶۰ نقطه بازدید، توصیف و مقدار برگوارگی و خطوارگی اندازه‌گیری و در صورت لزوم نمونه‌برداری انجام شد.

این واحد بالاترین بخش از فیلیت‌های همدان را شامل می‌شود که نخستین بار توسط Mohajjel و Sahandi (۱۹۹۹) به

این نام خوانده شد و در سایر نوشته‌ها با نام‌های شیست‌های همدان و اسلیت‌های همدان از آن یاد می‌شود (Baharifar, 2004). دربردارنده‌ی سنگ‌های دگرگونی درجه پایین شامل اسلیت، فیلیت، متاسنداستون و شیست‌های درجه ضعیف از قبیل کالک‌شیست و سرسیت‌شیست و کلریت شیست به رنگ خاکستری تا نقره‌ای می‌شود که به صورت محلی میان لایه‌هایی از سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط لایه خاکستری تیره تا سیاه دارد. گاهی به‌وسیله توده‌های کوچک دیاباز (db) و دایک‌های با ترکیب بازیک تا حدواسط قطع شده‌اند (شکل ۳). در مواردی، مرز بالایی گسله است و با کلیپ‌های سنگ‌آهک‌های دولومیتی دگرگون شده (آهک علی صدر K₁) مشخص می‌شود. در بسیاری از نواحی، سطح بالایی این واحد با کنگلومرای پیش‌رونده ائوسن (E^c)، چینه‌های آواری معادل سازند قم (M^{cs}) یا نهشته‌های کواترنری به صورت ناپیوستگی فرسایشی پوشیده می‌شود.

این واحد ستبر سنگ‌چینه‌ای معادل دگرگونی گروه شمشک در سنج-سیرجان شمالی است و پی‌سنگ شهر

کلیپ (رورانگی) و کلاک‌هایی کم‌ستبر، بر روی فیلیت‌های همدان رانده شده است (شکل ۳ a). روند عمومی گسترش آن شمالی-جنوبی تا شمال خاور-جنوب باختر و جهت عمومی شیب راندگی، خاوری-باختری تا شمال خاور-جنوب باختر است. این واحد همراه با بخش‌های بالایی واحد mt سنگ میزبان غار آبی علی‌صدر همدان است. به دلیل شهرت جهانی غار علی-صدر، برای سنگ‌آهک‌های خاستگاه غار به صورت غیررسمی نام آهک علی‌صدر (K_1^1) پیشنهاد می‌شود. ستبرای این آهک در بخش‌های مختلف نقشه بسیار متفاوت است ولی در هیچ نقطه-ای از ۵۰ متر فراتر نمی‌رود.

از نظر سنگ‌شناختی، دربردارنده سنگ‌آهک‌های دولومیتی خاکستری تا کرم قهوه‌ای، نازک تا متوسط لایه به شدت دگرگون و دگرریخت شده حاوی ندول‌ها و افق‌های چرت و رگه و رگچه‌های فراوان کلسیت همراه با افق‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی مافیک است (شکل ۳ e, d و f). متاسفانه تمامی روش‌ها برای شناسایی محتوای فسیلی و تعیین سن نسبی این طبقات شامل مطالعه فرامینیفرای، کنودونت‌ها، رادیولرها و پالینومورف‌ها نتیجه قابل استنادی دربرنداشت. مرز زیرین آن با واحدهای کهن‌تر (بیشتر با فیلیت‌های همدان و در موارد نادر با سنگ‌های آتشفشانی میوسن) در همه جا گسله و مرز بالایی آن همواره فرسایشی است (شکل ۳ b). بر همین اساس تعیین سن نسبی و جایگاه چینه‌شناسی آن در حاله‌ای از ابهام قرار گرفت. در تعدادی از مقاطع میکروسکوپی، خرده‌هایی از جلبک‌ها مشاهده شد که شاخص نیستند. در چندین مقطع نازک، فرم-هایی از فرامینیفرای پلانکتونیک با حفظ‌شدگی بسیار ضعیف مشاهده شد. که یادآور فرامینیفرای پلانکتونیک کرتاسه هستند. Azizi و همکاران (۲۰۱۸) با انجام سن‌سنجی رادیواکتیو به روش اورانیوم-سرب بر روی گدازه‌های مافیک این واحد در جنوب قروه، سن $1/9 \pm 144/6$ میلیون سال (اوایل کرتاسه پیشین) را پیشنهاد نمودند (شکل ۳ e). بر همین اساس سن کرتاسه پیشین برای رخنمون‌های این واحد در محدوده نقشه گل تپه در نظر گرفته شد که با آثار فرامینیفرای پلانکتونیک یافت شده همخوانی دارد.

همدان و بسیاری از مناطق اطراف را تشکیل می‌دهد (Eghlimi 2000; Kholghi 1998 و Sahandi et al., 2006). بر این اساس، سن سنگ مادر سنگ‌های دگرگونی همدان، مزوزوئیک (تریاس پسین-ژوراسیک پسین) است. از نظر سنگ‌شناسی این نهشته‌ها شامل شیل، سیلستون و انواع ماسه‌سنگ‌ها می‌شود که در مراحل بعدی چین‌خورده و دگرگون شده‌اند (Baharifar, 2004). تکوین توده نفوذی الوند با سن ۱۷۰-۱۶۵ میلیون سال به سیمین میانی مربوط است (Shahbazi et al., 2010) که دگرگونه‌های تریاس را به شدت متأثر و تا رخساره پیروکسن هورنفلس دگرگون کرده است. بر پایه مطالعه Omrani و همکاران (۲۰۰۸)، موقعیت و وضعیت زمین‌شناسی دگرگونه-های همدان، مشخص شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، دگرگونه‌های درجه بالا که بیشتر در خاور توده الوند رخنمون دارند، متعلق به تریاس پسین هستند و طی فاز کوهزایی سیمین پیشین دگرگون شده‌اند. ردیف‌های دگرگونه درجه پایین در باختر توده الوند و سرتاسر ناحیه مورد مطالعه، متعلق به ژوراسیک پسین هستند. Stahl (۱۹۰۶ و ۱۹۱۱) و Dehghan (۱۹۴۷) به یافت شدن ماکروفسیل‌های اواخر ژوراسیک در نواحی دارای دگرگونی درجه پایین‌تر فیلیت‌های همدان اشاره کرده‌اند. علاوه بر این، از سنگ‌آهک‌های باختر توده الوند، ماکروفسیل‌های کمتر دگرریخت‌شده و میکروفسیل‌هایی گزارش شده است که متعلق به ژوراسیک پسین هستند (Baharifar, 2004).

در پیمایش‌های صحرایی در محدوده گل تپه، هیچ‌گونه ماکروفسیلی یافت نشد. اسلایدهای پالینولوژیکی تهیه شده از اسلیت و فیلیت‌های خاکستری تیره تا سیاه و غنی از مواد آلی، فاقد پالینومورف هستند (شکل ۵ t, u). محدوده سنی تریاس پسین تا ژوراسیک پیشین برای این طبقات در نوشته‌های مختلف اشاره شده است (نگاه کنید به Yousefi ۲۰۲۳) و Baharifar (۲۰۰۴). در این پژوهش، بر اساس جایگاه چینه-شناسی و یافته‌های سایر پژوهشگران، سن ژوراسیک پسین برای این واحد پیشنهاد شد.

در برخی نقاط، سنگ‌آهک‌های متوسط تا نازک لایه دگرگون و دگرریخت شده منسوب به کرتاسه پیشین به شکل



شکل ۳- (a) ریخت‌شناسی عمومی سنگ‌های دگرگونی mt که بر روی آن سنگ‌آهک‌های دولومیتی K_1^1 رانده شده است. دید به سوی شمال و مختصات: $48^{\circ} 11' 25.8''$ و $35^{\circ} 15' 7.1''$ ، (b) رخنمون واحد K_1^1 در جبهه کار اصلی معدن و کارخانه تولید مصالح دانه‌بندی، مختصات: $48^{\circ} 16' 0.3''$ و $35^{\circ} 09' 34''$ ، (c) تناوب اسلیت، فیلیت، متاسندستون و میکاشیست، مختصات: $48^{\circ} 13' 16''$ و $35^{\circ} 12' 57''$ ، دید به سوی شمال، مختصات: $48^{\circ} 09' 34''$ و $35^{\circ} 09' 34''$ ، (d) چین خوردگی برگوارگی نسل اول، تشکیل برگوارگی نسل دوم و تشکیل خطوارگی در قله ریزچین‌ها، (e) افق‌های سنگ‌های آتشفشانی مافیک، مختصات: $48^{\circ} 15' 19.7''$ و $35^{\circ} 09' 49.3''$ ، (f) ندول‌های چرت بودینه شده، مختصات: $48^{\circ} 15' 19.2''$ و $35^{\circ} 09' 49''$ ، (g) نمونه دستی برداشت شده از اسلیت‌های غنی از مواد آلی برای مطالعات پالینولوژی، مختصات: $48^{\circ} 13' 40.8''$ و $35^{\circ} 03' 34.4''$ و (h) تصویر میکروسکوپی در نور پلاریزه از اسلیت غنی از مواد آلی و کانی‌های کدر، طول مقیاس خطی ۰/۵ میلی‌متر است.

Fig 3. (a) General morphology of metamorphic rocks (mt) that has been thrust on top of the dolomitic limestone (K_1^1). view northward, geographical coordinate: $48^{\circ} 11' 25.8''$, $35^{\circ} 15' 7.1''$, (b) Outcrop of K_1^1 unit at main bench face of mine, geographical coordinate: $48^{\circ} 16' 0.3''$, $35^{\circ} 09' 34''$, (c) Alternation of slate, phyllite, metasandstone and micaschist, geographical coordinate: $48^{\circ} 13' 16''$, $35^{\circ} 12' 57''$, view to Northeast, (d) Folded foliation of first generation, formation of foliation of second generation and formation lineation in crest of microfolds, (e) Horizons of mafic volcanic rocks, geographical coordinate: $48^{\circ} 15' 19.7''$, $35^{\circ} 09' 49.3''$, (f) Badinaged chert nodular, geographical coordinate: $48^{\circ} 15' 19.2''$, $35^{\circ} 09' 49''$, (g) Sampling of slates rich of organic matter for palynologic studies, geographic coordinate: $48^{\circ} 13' 40.8''$, $35^{\circ} 03' 34.4''$ and (h): Microscopic image of slate rich of organic matter and opaque minerals (XPL), length of linear scale is 0.5 mm.

۵-۲ واحدهای سنگی سنوزوئیک

آواری‌های سرخ رنگ ائوسن پیشین (E^c) با سیمای تپه ماهوری به صورت نوار باریکی از تناوب کنگلومرا، ماسه‌سنگ، شیل سرخ رنگ، نازک تا متوسط لایه تشکیل شده است. مرز زیرین آن در همه جا با فیلیت‌های همدان (mt) به صورت ناپیوسته و مرز زبرین آن با سنگ‌آهک‌های نومولیت‌دار پیوسته و هم‌شیب است (شکل ۴ b, a). میزان شیب و جهت شیب عمومی این طبقات $25^\circ/20'$ درجه است. اندازه قطعات تشکیل دهنده متغیر و ریزشونده به سمت بالاست. در مجموع جورشدگی و بلوغ بافتی متوسطی و از قطعات فیلیت، شیست، سنگ‌آهک، ولکانیک، دانه‌های کوارتز و سیمان از نوع رسی، کربناته و اکسید آهن تشکیل شده است (شکل ۴ d). بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری، نام ارتوکنگلومرا برای نمونه‌های برداشت شده از این واحد پیشنهاد گردید.

توده‌های نفوذی با ابعاد کوچک، بخش‌های قاعده‌ای کنگلومرای پیشرونده ائوسن زیرین را قطع کرده‌اند. این توده‌ها از نظر سنگ‌شناسی ترکیبی در حد گرانیت، دیوریت تا گابرو (واحدهای gr, gb و di) دارند و همگی دگرگون و به شدت دگرسان شده‌اند. بر اساس سن‌سنجی منتشرشده در پژوهش Stern و همکاران (۲۰۲۱)، برای توده‌های نفوذی مشابه در نواحی اطراف، سن الیگوسن لحاظ شده است. توده گرانیتی (gr) شمال خاور حسن ابدال به شدت دگرسان شده و ابعاد رخنمون آن کمتر از ۱۰ متر است. بر اساس شواهد سنگ‌نگاری در زیر میکروسکوپ نام متاگرانیت تا متاگرانودیوریت پیشنهاد شد (شکل ۴ f, g). در فاصله اندکی نسبت به توده گرانیتی، توده کوچک دیگری با ترکیب عمومی دیوریتی در کنگلومرای ائوسن تزریق شده است. نمونه برداشت شده در زیر میکروسکوپ بافت کاتاکلاستی-پگماتیستی دارد و بر اساس ویژگی‌های سنگ‌نگاری، نام سنگ کوارتز مونزودیوریت درشت بلور تکتونیزه است. توده‌های کوچک گابروی دگرگون و دگرسان شده در دو نقطه (حوالی گل تپه و حسن ابدال) رخنمون دارند. رنگ عمومی آن‌ها خاکستری تیره، سبز چرکین مایل به سیاه است (شکل ۴ e). در زیر میکروسکوپ بافت گرانولار درشت بلور به شدت دگرسان شده دارد. بر اساس شواهد سنگ‌نگاری، نام سنگ متاگابروی سوسوریتی شده است.

بر روی واحد E^c ، واحد E^{lm} با سیمای تپه ماهوری بسیار ملایم و کم‌شیب نهشته شده است. مرز بالایی آن به صورت ناپیوسته با چینه‌های هم ارز سازند قم (واحدهای M^{cs} و $M^{sh.m}$) و دگرشیبی کم زاویه است. دربردارنده‌ی مارن و آهک مارنی در قاعده که به طرف بالا به سنگ‌آهک‌های نازک لایه زودفرسای زرد تا کرم و نخودی رنگ تبدیل می‌شود. شیب و جهت شیب این طبقات از $19^\circ/33'$ تا $17^\circ/45'$ درجه متغیر است. ویژگی بارز این واحد، حضور فراوان فرامینیفرای خانواده نومولیتیده است که در بسیاری از افق‌ها حضور دارند و با چشم غیرمسلح قابل تشخیص هستند. فراوانی نومولیت‌ها در برخی لایه به حدی است که می‌توان نام کوکینا (Coquinoid Lst.) به آن اطلاق کرد (شکل ۴ e). گروه‌های دیگری از ماکروفسیل‌های جانوری از جمله خارپوستان نیز در سطح طبقات دیده می‌شوند.

مقاطع نازک برداشت‌شده از رخنمون‌های مختلف این واحد دارای جنس‌ها و گونه‌های زیر است:

Nummulites spp., *Nummulites fabiani*, *Nummulites globulus*, *Assilina* sp., *Operculina* sp., *Heterostegina* sp., *Amphistegina* sp., *Alveolina* sp., *Rotalia* sp., *Discosyclina* sp., *Astrocyclina* sp., *Elphidium* sp., *Lokhartia* sp., *Ranikotalia* sp., *Cibicides* sp., *Peneroplis* sp., *Pseudolituonella* sp., *Sackesaria* sp., *Asterogerina* sp., *Valvulina* sp., *Textularia* sp., *Miliola* sp., *Kuphus* sp. and *Coralina* sp.,

بر پایه محتوای فسیلی، سن ائوسن پیشین (Ypresian) برای این واحد پیشنهاد شد (شکل ۴ a-f و m).

نهشته‌های ائوسن به صورت ناپیوسته به وسیله واحدهای آواری و کربناته معادل سازند قم با سن میوسن پیشین (آکیتانین - بوردیگالین) پوشیده می‌شود. توالی‌های هم ارز سازند قم در محدوده نقشه گل تپه به سه عضو قابل تفکیک است. این بخش‌ها به ترتیب از قدیم به جدید شامل واحد کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلستون و مادستون (M^{cs})، واحد مارن، مارن آهکی، ماسه‌سنگ و شیل‌های غنی از مواد آلی ($M^{sh.m}$) و واحد سنگ‌آهک دولومیتی و سنگ‌آهک ریفی پرفسیل (M^1) می‌شود (شکل ۴ b).

واحد آواری معادل سازند قم در محدوده نقشه، به صورت تپه‌های به نسبت مرتفع رخنمون دارد. مرز زیرین آن با طبقات

ماسه‌ای و کربناته از $26^{\circ}/20'$ تا $27^{\circ}/15'$ درجه متغیر است.

در فاصله یک کیلومتری شمال روستای پرلوک، شیل و مارن‌های خاکستری تیره با میان لایه‌های نازک از شیل آهکی، سنگ‌آهک‌های تخریبی و ماسه‌سنگ‌های آهکی کرم قهوه‌ای پرفسیل رخنمون دارد. ساخت لامیناسیون موازی، فسیل دوکفه‌ای و اثرفسیل‌ها به فراوانی در بخش ماسه‌سنگ آهکی دیده می‌شود (شکل ۴ g). میزان شیب و جهت شیب میان لایه‌های ماسه‌ای و کربناته از $26^{\circ}/20'$ تا $27^{\circ}/15'$ درجه متغیر است. نمونه فسیل‌شناسی در زیر میکروسکوپ یک بایومیکرایت ماسه‌ای است. مجموعه‌ای از میکروفسیل‌های زیر در مقاطع نازک و نمونه‌های شسته شده شناسایی شد:

Bigenerina sp., *Elphidium* sp., *Valvulina* sp., *Semivalvulina pectinata*, *Globigerina* cf. *regularis*, *Globigerina* cf. *bulloides*, *Globigerinoides primordius*, *Globigerinoides trilobus*, *Heterolepa dutemplei*, *Lenticulina inornata*, *Eponides* cf. *boueanus*, *Pullenia bulloides*, *Bolivina* sp., *Baminina* sp., *Uvigerina* sp., *Rotalia viennotti*, *Ammonia* sp., *Rotalia* sp., *Bathysiphone* sp., *Ammonia beccarii*, Ostracoda.

علاوه بر جنس‌های بالا، خرده‌هایی از ماکروفسیل‌های جانوری، شامل دوکفه‌ای‌ها (برای مثال جنس *Ostrea* sp.) خرده‌هایی از لاله‌وشان، دوکفه‌ای، استراکودا، مرجان، بریوزوآ و میکروفسیل‌های حمل شده از واحدهای کهن‌تر حضور دارند. بر این اساس سن میوسن پیشین (آکیتانین) برای این طبقات پیشنهاد گردید (Yousefi et al., 2024) و (Norowzpour, 2021a).

واحد M^1 به صورت پیوسته و هم‌شیب در بالای واحد $M^{sh.m}$ و مرتفع‌ترین بخش‌های کوه‌های منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد و مرز بالایی آن فرسایشی است. از نظر سنگ‌شناسی از سنگ‌آهک دولومیتی خاکستری متوسط لایه با فرسایش پوست فیلی و سنگ‌آهک‌های پرفسیل نازک تا ضخیم لایه، کرم، قهوه‌ای روشن تا خاکستری و سنگ‌آهک مرجانی تشکیل شده است (شکل ۴f). شیب و جهت شیب عمومی این طبقات $33^{\circ}/12'$ درجه است. در

کربناته ائوسن به صورت ناپیوستگی زاویه‌دار و مرز زبرین آن با شیل و مارن ($M^{sh.m}$) هم‌ارز سازند قم به صورت پیوسته و هم‌شیب است. از نظر سنگ‌شناسی، بیشتر شامل کنگلومرای (ارتوکنگلومرای پلی‌میکتیک) خاکستری ضخیم تا متوسط لایه، ماسه‌سنگ آهکی (کالک لیتایت) درشت دانه نازک تا متوسط لایه حاوی اثرفسیل‌ها، سنگ‌آهک تخریبی و گاهی آواری‌های سرخ تا ارغوانی دانه درشت (کنگلومرا) تا دانه ریز (گل‌سنگ) می‌شود.

از بخش‌های کربناته علاوه بر خرده‌هایی از ماکروفسیل‌های جانوری شامل خرده‌های دوکفه‌ای، بریوزوآ، شکم‌پایان میکروسکوپی، خارداران و جلبک‌ها، مجموعه‌ای از فرامینیفرها شامل جنس و گونه‌های زیر در مقاطع نازک و واشینگتن تشخیص داده شد:

Miogypsinoides complanatus, *Miogypsina* sp., *Miogypsinoides* sp., *Miolepidocyclina* sp., *Elphidium* sp., *Amphistegina* sp., *Asterogerina* sp., *Valvulina* sp., *Rotalia viennotti*, *Rotalia* sp., *Kuphus arenarius*, *Coralina* sp., *Uvigerina* sp., *Globigerinoides immaturus*., *Globigerinoides trilobus*., *Globigerinoides* spp., *Bulimina* cf. *perula*, *Melonis pompiloides*, *Praeglobulimina* cf. *ovata*, *Cibicidoides* sp., *Gyroidinasoldanii*.

شناسایی گردید که بر این اساس، سن میوسن پیشین (آکیتانین) برای این واحد M^{cs} پیشنهاد می‌شود (Norowzpour, 2021b, Yousefi et al., 2024)

بیشترین گسترش سطحی طبقات هم‌ارز سازند قم در محدوده نقشه گل تپه متعلق واحد $M^{sh.m}$ است که به صورت زمین‌های ناهموار تا تپه ماهورهای کم‌ارتفاع دیده می‌شود. از نظر سنگ‌شناسی شامل تناوبی از مارن‌های سبز زیتونی تا کرم و خاکستری، ماسه‌سنگ آهکی کرم قهوه‌ای پرفسیل، سنگ‌آهک‌های رسی نازک لایه و شیل‌های خاکستری رنگ می‌شود. فسیل دوکفه‌ای‌ها، ساخت لامیناسیون موازی و اثرفسیل‌ها به فراوانی در بخش ماسه‌سنگ آهکی دیده می‌شود. مرز زبرین آن با واحد M^{cs} به صورت پیوسته و هم‌شیب است و با طبقات ائوسن و فیلیت‌های همدان به صورت ناپیوستگی فرسایشی و دگرشیب است. میزان شیب و جهت شیب میان لایه‌های

بر روی نهشته‌سنگ‌های معادل سازند قم، طبقات آذرآواری ($M^{1.br}$) راسب شده است. این واحد گسترده‌ترین واحد زمین‌شناختی در سطح نقشه است. از نظر ریخت‌شناسی شامل زمین‌های هموار، تپه ماهورهای با سطح هموار تا کوه‌های کم‌ارتفاع می‌شود. از نظر سنگ‌شناسی شامل توف‌های اسیدی سفید، شیری تا کرم رنگ، لاپیلی توف، توف برش، آگلومرای ارغوانی دارای قطعات تخته‌سنگی با ترکیب حدواسط تا گاهی مایل به بازی و لاهار می‌شود (شکل ۶). به طور عمومی از قاعده به راس توالی، قطر ذرات تشکیل‌دهنده توالی آذرآواری درشت‌تر و ترکیب شیمیایی از اسیدی به حدواسط تا مایل به بازی تغییر می‌کند. مرز زیرین آن به طور معمول پوشیده است و تنها در چند نقطه با طبقات هم‌ارز سازند قم (میوسن پیشین) به صورت ناپیوستگی فرسایشی مشخص می‌شود. مرز بالایی آن به برش‌های ولکانیکی و گدازه‌های آندزیت بازالت میوسن پسین (Boccaletti et al., 1976) محدود می‌شود. مقدار شیب و جهت شیب سنگ‌آذرآواری در باختر روستای گنداب سفلی ۰۴۰/۱۵ درجه، اطراف روستا گنداب علیا ۱۴۰/۲۶ درجه، جاده آسفالت نرنجک-باباشیدالله ۲۷۰/۲۰ درجه و حدفاصل گنداب علیا-حسن ابدال ۰۵۰/۷۰ درجه اندازه‌گیری شد (شکل ۶a). این توالی به طور کامل در محیط خشکی نهشته شده است و نمونه‌های برداشت‌شده از بخش‌های توفی فاقد هرگونه فسیل است. با توجه به قرارگیری این واحد سنگی بین نهشته‌های رسوبی میوسن پیشین و سنگ‌های آتشفشانی میوسن پسین، بر اساس جایگاه چینه‌شناسی، سن میوسن میانی-پسین برای آن پیشنهاد شد.

ابعاد قلوه‌های آگلومرا از پیل و کابل تا بولدر متغیر، رنگ عمومی بنفش تیره و بافت پورفیری است. درشت بلورهای پلاژیوکلاز در زمینه سنگ قابل تشخیص است. در زیر میکروسکوپ بافت پورفیریتیک تا مگاپورفیریتیک با خمیره میکروولیتی جریان-فلسیتیک (پیلوتاکسیتیک) دارند. نام‌های پیشنهادی برای قلوه‌های برداشت شده از آگلومرا شامل هیالوتراکی آندزیت و هورنبلند لاتیت است (شکل ۶ e-g).

زیر میکروسکوپ ترکیبی در حد اینترابایومیکریت تا بایواسپارایت دارد (شکل ۴ h).

یکی از در دسترس‌ترین رخنمون‌های واحد M^1 در جنوب حسن ابدال قرار دارد. از نظر سنگ‌شناسی شامل سنگ‌آهک خاکستری روشن تا کرم قهوه‌ای متوسط لایه می‌شود. این واحد به صورت کلاهی با بیشینه ستبرای ۵-۱۰ متر در بالاترین بخش‌های تپه‌ها مشاهده می‌شود. شیب و جهت شیب عمومی این طبقات ۳۲۰/۱۰ تا ۲۹۰/۱۸ درجه اندازه‌گیری شد. برای تعیین سن دقیق این واحد سنگی از سایر رخنمون‌های آن ۱۰ نمونه برداشت شد. در زیر میکروسکوپ فسیل‌شناسی، یک بایواسپارایت است. مجموعه‌ای از فرامینیفرها شامل جنس و گونه‌های:

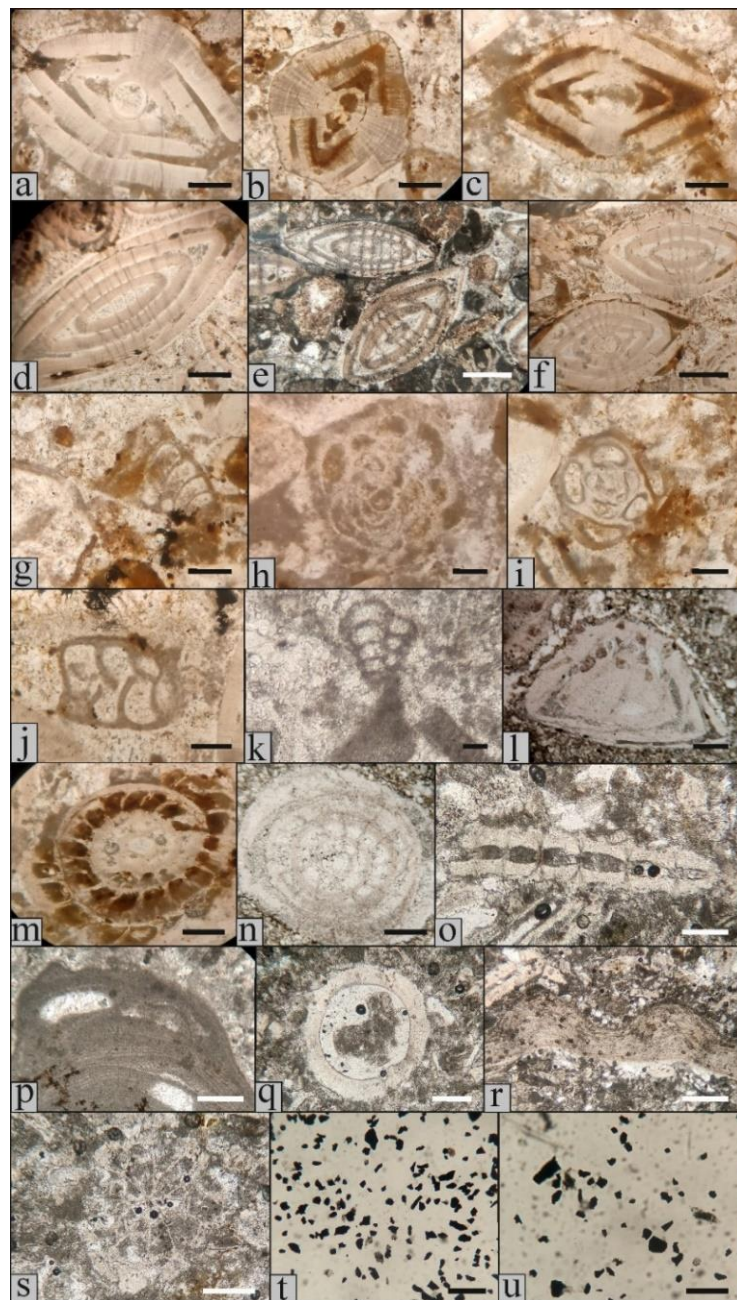
Austrotrillina howchini, *Miogypsinoides complanatus*, *Miogypsinoides ubaghsi*, *Miogypsinoides sp.*, *Miogypsinoides cf. bornea*, *Dendritina sp.*, *Peneroplis sp.*, *Victoriella sp.*, *Neorotalia viennoti*, *Amphistegina sp.*, *Meandropsina sp.*, *Archaias sp.*, *Cibicides sp.*, *Robulus sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Operculina complanata*, *Valvulina sp.*, *Cibicides sp.*, *Discorbis sp.*, *Amphistegina sp.*, *Pseudolituonella cf. reicheli*, *Neorotalia sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Mesolithothamnium sp.*, *Faverina asmaricus*, *Globorotalia sp.*, *Globigerina sp.*, *Victoriella sp.*, *Nummulites frag.*, *Bolivina sp.*, *Bulimina sp.*, *Tubecellaria sp.*, *Miogypsinoides complanatus*, *Astrotrillina asmariensis*, *Miogypsina sp.*, *Miogypsinoides sp.*, *Pseudolituonella sp.*, *Elphidium sp.*, *Valvulina sp.*, *Dendritina sp.*, *Chapmania sp.*, *Kuphus arenarius*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides spp.*, *Globigerina bulloides*, *Siphonia reticulata*, *Bulimina cf. perula*, *Melonis pompiloides*, *Cibicoides sp.*, *Gyroidina soldanii*, *Praeglobulimina ovata*.

و خرده‌های خارداران، مرجان‌ها، بریوزوا، دوکفه‌ای‌ها و جلبک‌ها (*Lithophyllum sp.*) حضور دارند. بر اساس مجموعه فسیلی یافت‌شده، سن میوسن پیشین (بوردیگالین) برای این طبقات پیشنهاد شد (شکل ۵) (Norowzpour, 2021b, Yousefi et al., 2023).



شکل ۴- تصاویر منتخب از رخنمون نهشته‌های ائوسن و میوسن در نقشه گل تپه، (a) مرز کنگلومرای ائوسن با فیلیت‌های همدان، مختصات: ۴۳° ۱۱' ۴۸ و ۷' ۴۰ ۰۷' ۳۵، (b) تصویر پانوراما از نهشته‌سنگ‌های ائوسن (E^c و E^{ml}), میوسن (M^l, M^{c.s} و M^m), پلیوسن (P^c) و نهشته‌های کواترنری (Q^c و Q^m), در این ناحیه سه سطح ناپیوستگی اصلی بین نهشته‌های ائوسن و میوسن (D₁), بین نهشته‌های میوسن و پلیوسن (D₂) و بین نهشته‌های پلیوسن و کواترنری (D₃) قابل تشخیص است. مختصات: ۴۷/۴ ۱۱ ۴۸ و ۴/۴ ۵۶/۷ ۱۳ ۳۵ و دید مرکز عکس به سوی خاور است، (c) مرز ناپیوسته آواری‌های معادل سازند قم با نهشته‌های آذرآواری، مختصات: ۲۸/۵ ۰۱ ۴۸ و ۷/۷ ۱۳ ۳۵، دید به سوی شمال خاور، (d) نمای نزدیک از کنگلومرای ائوسن با سیمان کریناته، طول مقیاس خطی ۲ سانتی‌متر است، (e) سنگ آهک نومولیت‌دار، مختصات: ۱۳ ۵۶/۱ ۴۸ و ۸ ۲۰/۸ ۰۶ ۳۵، (f) فسیل مرجان‌ها در نهشته‌های میوسن پیشین، (g) اثر فسیل‌های یافت شده در نازک لایه‌های ماسه‌سنگی، مختصات: ۸/۷ ۱۳ ۴۸ و ۳۱ ۰۴ ۳۵ و (h) تصویر میکروسکوپی از بایومیکرایت (وکستون) در نور طبیعی، طول مقیاس خطی ۰/۵ میلی‌متر است.

Fig 4. Selected images from outcrops of Eocene and Miocene deposits at Gol Tapeh map, (a) Boundary of Eocene conglomerate with Hamedan phyllite, geographic coordinate: 48° 43' 11", 35° 07' 40.7", (b) Panoramic image of Eocene, Miocene, Pliocene and Quaternary deposits, in this area, it is recognizable 3 major disconformity between Eocene and Miocene deposits (D₁), between Miocene and Pliocene (D₂) and between Pliocene and Quaternary (D₃), geographic coordinate: 48° 11' 47.4", 35° 02' 56.4", the view of image is toward the East. (c) Discontinuous boundary of clastic deposits of Qom Fm. With pyroclastic deposits, geographic coordinate: 48° 01' 28.5", 35° 13' 56.7", the view of the photo is toward the East. (d) Close-up of Eocene conglomerate with carbonate cement, length of linear scale is 2 cm., (e) Nummulitic limestone, geographic coordinate: 48° 13' 56.1", 35° 06' 20.8", (f) trace fossils found at thin bedded sandstone, geographic coordinate: 48° 13' 8.7", 35° 04' 31" and (h): Microscopic image of biomicrite (wackstone) in PPL., the length of linear scale is 0.5 mm.



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپی منتخب از طبقات انوسن پیشین و میوسن پیشین (a-f) مقاطع محوری. (g) *Nommulite* sp. (h) *Bigenerina* sp. (i) *Schlumbergina* sp. (j) *Valvulina* sp. (k) *Textularia* sp. (l) *Asterigerina rotula*. (m) مقطع (n) *Nommulite* sp. استوایی. (o) *Operculina* sp. (p) *Lithothamnion* (Algae) (q) *Ditrupa* sp. (r) خرده‌های صدف بازوپایان، (s) خرده‌های بریوزوا و (t, u) قطعات فیتوکلاست و مواد آلی بی‌شکل (AOM) در اسلایدهای پالینولوژیکی، طول مقیاس خطی در تمام تصاویر ۰/۵ میلی‌متر است.

Fig 5. Selected microscopic images of Early Eocene and Early Miocene beds, (a-f) Axial sections of *Nommulite* sp., (g) *Bigenerina* sp., (h) *Schlumbergina* sp., (i) *Quinqueloculina* sp., (j) *Valvulina* sp., (k) *Textularia* sp., (l) *Asterigerina rotula*, (m) Equatorial section of *Nommulite* sp., (n) Equatorial section of *Lepidocyclina* sp., (o) *Operculina* sp., (p) *Lithothamnion* (Algae), (q) *Ditrupa* sp., (r) Brachiopod shell fragment, (s) Bryozoan fragment and (t, u) Phytoclast and Amorph organic matter (AOM) in palynological slides, length of linear scale at all images are 0.5 mm.



شکل ۶- تصاویر منتخب از نهشته‌های آذرآواری ($M^{t.br}$), (a) نمای عمومی توالی لاپیلی توف در پایین و آگلومرا در بالا، مختصات: $48^{\circ} 07' 6.8''$ و $35^{\circ} 07' 42.5''$ (b) لاهار در ترانشه راه‌آهن همدان- سنندج، پرشدگی گودی‌ها با لاهار و تشکیل ساختاری شبیه به چین استوانه‌ای، مختصات: $48^{\circ} 06' 38.7''$ و $35^{\circ} 04' 01''$ ، دید به سوی شمال باختر، (c) نمای نزدیک از آگلومرا و توف برش، مختصات: $48^{\circ} 09' 13.5''$ و $35^{\circ} 04' 41.4''$ ، لایه‌بندی توف، لاپیلی توف و آگلومرا، مختصات $48^{\circ} 06' 47.6''$ و $35^{\circ} 05' 26.9''$ ، (d) لایه‌بندی توف، لاپیلی توف و آگلومرا، مختصات $48^{\circ} 06' 47.6''$ و $35^{\circ} 05' 26.9''$ ، (e) تصویر میکروسکوپی هیالوتراکی‌آندزیت در نور پلاریزه، (f) انکلوزیون شیشه در درون پلاژیوکلاز و (g) تصویر میکروسکوپی هورنبلند لاتیت در نور پلاریزه، طول مقیاس خطی در تصاویر میکروسکوپی یک میلی‌متر است.

Fig 6. Selected images of pyroclastic deposits ($M^{t.br}$), (a) General view of sequence of lapilli tuff in the bottom and agglomerate in the top, geographic coordinate: $48^{\circ} 07' 6.8''$, $35^{\circ} 07' 42.5''$, (b) Lahar at Hamedan-Sanandaj railroad trench, filling the holes with lahar and formation a structure similar to cylindrical fold, geographic coordinate: $48^{\circ} 06' 38.7''$, $35^{\circ} 04' 01''$, the view of image is toward Northwest, (c) Close-up of agglomerate and tuff-breccia, geographic coordinate: $48^{\circ} 09' 13.5''$, $35^{\circ} 04' 41.4''$, (d) bedding of tuff, lapilli tuff and agglomerate, geographic coordinate: $48^{\circ} 06' 47.6''$, $35^{\circ} 05' 26.9''$, (e) Microscopic image of Hyalo-trachyandesite (XPL), (f) vitric inclusion within plagioclase and (g) Microscopic image of Hornblende latite (XPL), length of linear scale in microscopic images are 0.5 mm.

پوشیده می‌شود. وضعیت مرز بالایی این واحد در جاده روستایی نارنجک- باباشیدالله در نتیجه گسلش راندگی به وسیله‌ی نهشته‌های آذرآواری میوسن $M^{t,br}$ پوشیده می‌شود (شکل ۸). نهشته‌های چشمه‌های تراورتن‌ساز همراه با سنگ‌آهک‌های آب شیرین ($PIPS^{tr}$) با گسترش فراوان و ستبرای اندک به ویژه در نیمه باختری نقشه به فراوانی به چشم می‌خورد. این واحد شامل سنگ‌آهک ناخالص حاصل از عملکرد چشمه‌های تراورتن‌ساز و سنگ‌آهک‌های آب شیرین است و به طور معمول باعث تغییر رنگ زمین به کرم، شیری تا سفید می‌شود. با توجه به سخت‌شدگی و ضخامت اندک و موقعیت قرارگیری بیشترین فعالیت این چشمه‌ها متعلق به زمان کواترنری است و هنوز هم این چشمه‌ها در جای جای محدوده و نواحی اطراف (چشمه باباگورگور قروه) فعال هستند. بیشترین ستبرای این واحد در شمال خاور گل تپه به صورت معدن تراورتن سراب رخنمون دارد. ستبرای بخش رخنمون یافته سنگ‌آهک‌های آب شیرین با رخساره پلیوسن که بر روی آن تراورتن نهشته شده است، در رخنمون‌های جنوب زنگ‌آباد و نزدیک محور همدان- قروه به ۳ متر هم می‌رسد. نمونه‌های سنگی برداشت‌شده از این طبقات میکرایت تا میکرواسپارایت هستند، نمونه فاقد آلومین است و به ندرت دانه‌های کوارتز، فلدسپات و اکسیدهای آهن به صورت پراکنده در سنگ دیده می‌شود و رخساره پلیوسن دارند (شکل ۹a-d). با توجه به ضخامت این طبقات و شیب‌دار شدن این طبقات، برای بخش‌های پایینی این واحد تصور سن پلیوسن منطقی به نظر می‌رسد (Yousefi et al., 2024).

کنگلومرای کواترنری (Q^c) با ریخت‌شناسی تپه‌ماهوری در بخش‌های مرکزی تا جنوبی نقشه گسترش دارد. مرز زیرین آن به صورت ناپیوسته با طبقات معادل سازند قم و نهشته‌های آذرآواری میوسن مشخص می‌شود. مرز بالایی آن با نهشته‌های کواترنری (Q^m) پوشیده می‌شود. بیشترین ستبرای آن در اطراف روستای وینسار و حدود ۳۰-۲۰ متر است (شکل ۱۰a). در این منطقه، چند معدن فعال شن و ماسه در واحد Q^c در حال بهره‌برداری است. از نظر سنگ‌شناختی کنگلومرای میان لایه‌هایی از میکروکنگلومرای و ماسه‌سنگ‌های دانه درشت و در موارد اندکی میان لایه‌های گراول گلی می‌شود. قلوها نیمه زاویه‌دار تا کاملاً گردشده هستند. قطعاتی از سنگ‌آهک‌های هم‌ارز سازند قم، قلوهای فرسایش‌یافته از با ترکیب داسیت و آندزیت تشکیل شده است. اندازه دانه‌ها در حد گرانول تا پیل

گدازه‌هایی با ترکیب تراکی آندزیت به صورت غیرممتد در بالاترین بخش‌های آگلومرای وجود دارد که تحت عنوان واحد M^{tan} بر روی نقشه تفکیک شده است. این گدازه‌ها که در بسیاری موارد برش آتشفشانی هستند، معرف آرام شدن تکاپوهای آتشفشانی و تغییر فاز از نوع انفجاری به تولید روانه است. ستبرای این واحد کمتر از ۵ متر است. بر اساس یک سن‌سنجی قدیمی انجام شده به روش آرگون- آرگون (Boccaletti et al., 1976)، سن میوسن پسین برای این روانه‌ها پیشنهاد شده است. نام میکروسکوپی سنگ‌ها بیشتر در حد داسیتیک آندزیت پورفیری تا هیالوتراکی آندزیت پورفیری است. در برخی موارد جهت حرکت گدازه قابل تشخیص است (Yousefi et al., 2024).

بر روی توالی آذرآواری و برش‌های آتشفشانی، مجموعه‌ای از گدازه‌های آندزیتی ارغوانی با بافت پورفیری، لاتیت‌های خاکستری تا ارغوانی و داسیت و ریولیت‌های خاکستری روشن تا مایل به شیری با بافت پورفیری (واحد‌های M^{da} ، M^{la} و M^{an}) و در بخش‌های مرکزی تر گدازه‌ها، توده‌های نیمه عمیق با ترکیب داسیت تا ریوداسیت (da) و کوارتز مونوزودیوریت (qmd) بیشتر به صورت گنبد یا گردن آتشفشانی رخنمون دارد (شکل ۷). بر پایه سن‌سنجی‌های مطلق انجام شده بر روی زیرکن به روش اورانیوم- سرب (Richards et al., 2006 و Shahbazi et al., 2021)، سن میوسن پسین برای این توالی در نظر گرفته شد. گدازه‌ها و توده‌های داسیتی، میزان بزرگ‌ترین معدن طلای کشور هستند (Moradi et al., 2020).

رسوبات پلیوسن و کواترنری تنوع و گسترش قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه دارند. کنگلومرای سرخ رنگ پلیوسن در چند نقطه محدود رخنمون دارد (واحد PI^c). بیشترین گسترش این واحد محدود به اطراف شهر گل تپه است. به علت قرارگیری در حریم شهر، رخنمون‌های محدودی از آن در کانال‌های آبراهه‌های اطراف شهر و پی ساختمان‌های در دست احداث دیده می‌شود. این واحد از نهشته‌های کنگلومرایی قرمز تا ارغوانی با سیمان کربناته ضعیف تشکیل شده است. بیشتر ذرات در حد گرانول تا پیل با ترکیب آندزیت، تراکیت تا داسیت و سنگ‌های دگرگونه شامل میکاشیست، فیلیت، اندکی مرمر ناخالص و سنگ‌آهک‌های متبلور و گردش‌دگی متوسط دارند. مرز زیرین این واحد نامشخص است و مرز بالایی آن در بیشتر موارد با نهشته‌های آبرفتی عهدحاضر و زمین‌های کشاورزی

هرگونه سخت‌شدگی هستند. بسیاری از رخنمون‌های این واحد به وسیله زمین‌های کشاورزی پوشیده شده است. در ترانشه جنوب روستای زنگ‌آباد توالی به سمت بالا ریزشونده است. ساختمان لایه‌بندی متقاطع و موازی وجود دارد. بر اساس لایه‌بندی متقاطع، جهت جریان قدیمه از شمال به جنوب تشخیص داده شد که با شیب توپوگرافی منطقه مطابقت دارد.

در جنوب روستای دوسر، در مسیر آبراهه‌ها رخنمون‌های دیگری وجود دارد. عدسی‌های گراولی در این نواحی هم حضور دارند. در صحرا، بخش‌های گراول‌دار به وسیله پوشش گیاهی گون و خار پوشیده شده است (شکل ۱۰b). اندازه ذرات در حد گراول، ماسه تا سیلت، نیمه گرد شده تا گردشده و از نظر سنگ‌شناسی بیشتر از ذرات شیست، فیلیت، سنگ‌های آتشفشانی، سیلیس و سنگ‌آهک تشکیل شده است.

رسوبات دانه ریزتر بادی‌زنی‌های آبرفتی (Q^{fd}) تا مسافت‌های بسیار دورتر از منشا حمل می‌شوند و در دشت‌های با شیب بسیار کم که شدت جریان کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند، نهشته می‌شوند. بدیهی است که با افزایش مسافت حمل و نقل، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی افزایش می‌یابد. در محدوده نقشه گل تپه این نهشته‌ها در بخش‌های دور از منشا تشکیل شده‌اند. ذرات تشکیل‌دهنده به ترتیب اندازه شامل گرانول، ماسه، سیلت و رس می‌شود. گردشدگی ذرات در حد نیمه‌گردشده تا گردشده است. کانی‌شناسی ذرات بر حسب سنگ‌شناسی سنگ‌های منشا بسیار متفاوت است.

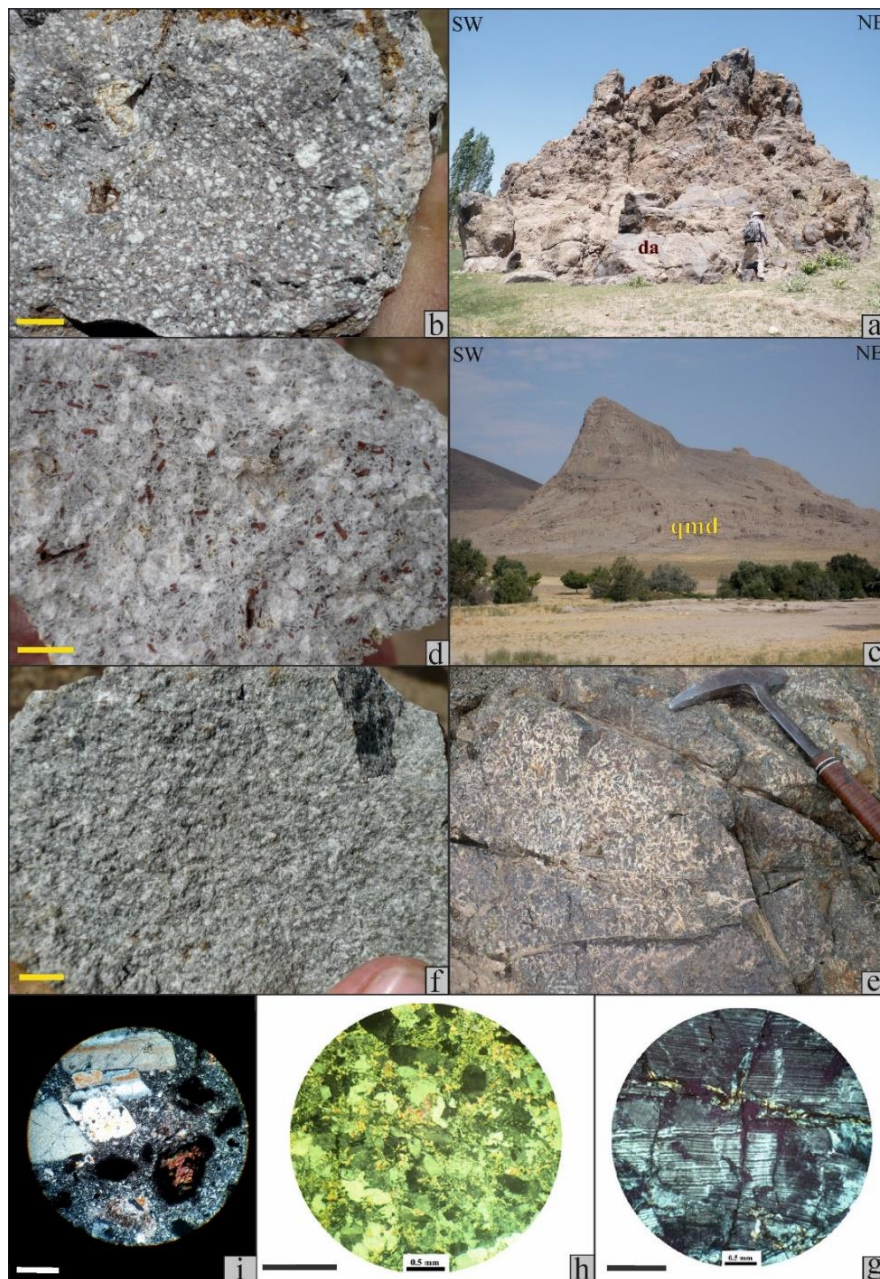
نهشته‌های پلایا در محدوده برکه گل تپه بیشتر شامل پلی‌گون‌های رسی است که نخستین رخساره تیپ کفه‌های نمکی است. به طرف مرکز پلایا، به تدریج کفه رسی (Q^{pm}) به کفه رسی-نمکی و پلی‌گون‌های نمکی (Q^{ps}) تغییر رخساره می‌دهد (شکل ۹e). در این رخساره بر میزان کانی‌های تبخیری افزوده و از مقدار رس کاسته می‌شود. در این محیط، حضور رس و شدت تبخیر باعث ایجاد ترک‌های چندضلعی می‌شود (شکل ۹g, f). سایر نهشته‌های جوان خاک‌های برجا یا رگولیت (Q^f) و مخروط افکنه‌های کهن و جوان (Q^1, Q^2) می‌شود (Q^3).

و بیشینه ابعاد از ۲۰-۳۰ سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند. این واحد بسیار سست است و با توجه به سن قطعات تشکیل‌دهنده و شیب و امتداد افقی، سن کواترنری برای آن در نظر گرفته شد. راستای عمومی این واحد خاوری-باختری است. مجموعه متنوعی از ساخت‌های رسوبی شامل لامیناسیون و لایه‌بندی موازی، ایمبریکاسیون و لایه‌بندی متقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۱۰d).

نتایج حاصل از آزمایش دانه‌بندی نمونه معدن وینسار نشان داد که بیشترین فراوانی ذرات متعلق به گرانول (۵۵/۹۲ درصد) و کمترین مقدار مربوط به رس (۰/۷۶ درصد) است. نمونه مورد مطالعه فاقد پیل، کابل و بولدر و از نظر جورشدگی بسیار ضعیف است. بر اساس فراوانی قطر ذرات، در محدوده گراول ماسه‌ای گلی قرار می‌گیرد (شکل ۱۱c).

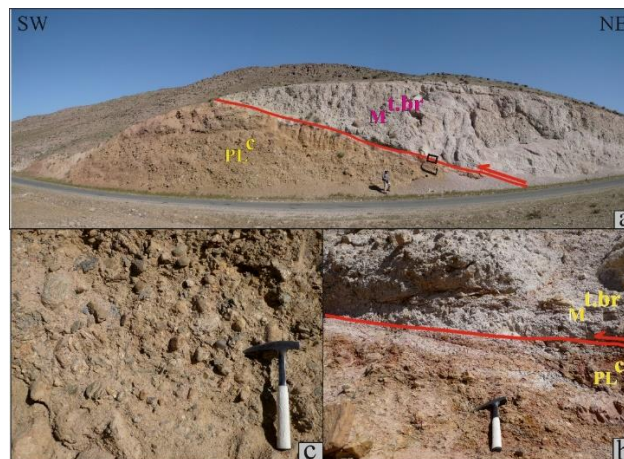
پادگانه‌های آبرفتی عهدحاضر تحت عنوان واحد Q^{al} در گستره نقشه گل تپه تفکیک و در بستر و دیواره‌های رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی نهشته شده‌اند. در اثر زمین‌ساخت فعال و شدت فرسایش گاهی ستبرای قابل توجهی یافته‌اند. بر حسب جنس واحدهای سنگی منطقه منشا و میزان حمل و نقل، ترکیب، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی آن در نقاط مختلف، متفاوت است. در اطراف رودخانه داشکسن، یک نسل از پادگانه‌های آبرفتی با ستبرای به ۱۲-۱۰ متر در سواحل قابل تفکیک است (شکل ۱۰c). بخش‌های مختلف توالی در نمونه دستی از گراول ماسه‌ای تا ماسه گلی متغیر است. قطعات آواری کف کانال بیشتر نیمه‌زاویه‌دار هستند و بیشتر از ذرات آتشفشانی تا نیمه عمیق حدواسط ارتفاعات بهارلو و داشکسن منشا گرفته‌اند (شکل ۱۰f). ساخت لایه‌بندی موازی و آثار حفاری زیست‌مندان عهدحاضر در این رسوبات به فراوانی یافت می‌شود. رسوبات برداشت شده از این واحد جورشدگی بسیار ضعیفی دارند و در نمودار فولک در محدوده ماسه گلی با کمی گراول ($(g)mS$) و در طبقه‌بندی بافت خاک‌ها در محدوده لوم (Loam) قرار می‌گیرد (شکل ۱۱a, b).

در بخش جنوب باختری ورقه گل تپه، دشت آبرفتی (Q^m) گسترده‌ای وجود دارد که از ماسه، سیلت و رس حاوی عدسی‌های شن تشکیل شده است. این مصالح فاقد سیمان و



شکل ۷- تصاویر منتخب سنگ‌های نفوذی و نیمه عمیق در منطقه گل تپه، (a) داسیت ساب ولکان در حوالی روستای بهارلو، دید به سوی شمال باختر، (b) نمونه دستی برداشت شده از واحد da، طول مقیاس خطی یک سانتی‌متر، (c) نک داسیتی اطراف جداقیه، مختصات: $48^{\circ} 02' 2.3''$ و $35^{\circ} 10' 29.1''$ و (d) نمونه دستی از واحد qmd، طول مقیاس خطی ۲ سانتی‌متر، (e) نمونه دستی از توده گابرویی در خاور حسن ابدال، مختصات: $48^{\circ} 11' 43.3''$ و $35^{\circ} 07' 34.2''$ ، (f) نمونه دستی برداشت شده از واحد gr، شمال خاور حسن ابدال، مختصات: $48^{\circ} 11' 59.9''$ و $35^{\circ} 07' 48.5''$ ، (g) تصویر میکروسکوپی از کوارتز مونزودیوریت در نور پلاریزه، (h) تصویر میکروسکوپی از متاگرانودیوریت در نور پلاریزه و (i) تصویر میکروسکوپی کوارتز مونزودیوریت در نور پلاریزه، طول مقیاس خطی در تصاویر میکروسکوپی یک میلی‌متر است.

Fig. 7. Selected images of intrusive and subvolcanic rocks at the Gol Tapeh area, (a) Subvolcanic dacite near Baharlou village, view of image is toward Northwest, (b) sample of da unit, length of linear scale is 1 cm., (c) Dacitic neck around Jodaghayeh village, geographic coordinate: $48^{\circ} 02' 2.3''$, $35^{\circ} 10' 29.1''$, (d) Sample of qmd unit, length of linear scale is 2 cm. (e) sample of gabbroic mass at East of Hasan Abdal village, geographic coordinate: $48^{\circ} 11' 43.3''$, $35^{\circ} 07' 34.2''$, (f) Sample of gr unit, Northeast of Hasan Abdal, geographic coordinate: $48^{\circ} 11' 59.9''$, $35^{\circ} 07' 48.5''$, (g) Microscopic image of quartz monzodiorite (XPL), (h) Microscopic image of meta-granodiorite (XPL) and (i): Microscopic image of quartz monzodiorite (XPL), length of linear scale in microscopic images are 1 mm.



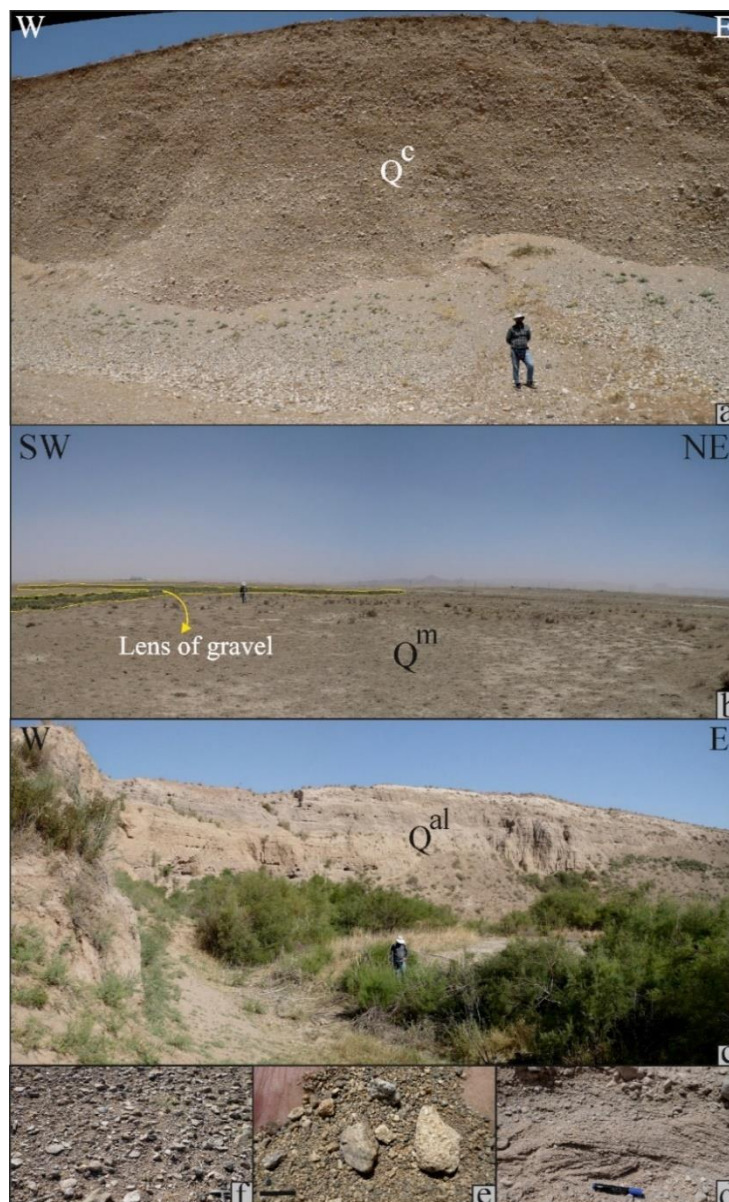
شکل ۸- تصاویر انتخابی از واحد PI^c در ترانشه کنار جاده نارنجک- باباشیدالله، خاور ورقه گل تپه، (a) راندگی واحد آذرآواری بر روی کنگلومرای پلیوسن، دید به سوی شمال باختر و مختصات: $48^{\circ} 07' 11.1''$ و $35^{\circ} 07' 42.9''$ است. (b) نمای نزدیک از مرز گسله، (c) قلوه‌های کنگلومرا در زمینه‌ای از سیمان سست کربناته

Fig. 8. Selected image of PI^c unit at trench on the side of the road of Narenjak - Baba Sheidollah, East of Gol Tapeh map, (a) Thrusting of pyroclastic unit on the Pliocene conglomerate, view to Northwest, geographic coordinate: $48^{\circ} 07' 11.1''$, $35^{\circ} 07' 42.9''$, (b) Close-up of faulted border and (c): granules of conglomerate in texture of loose carbonate cement



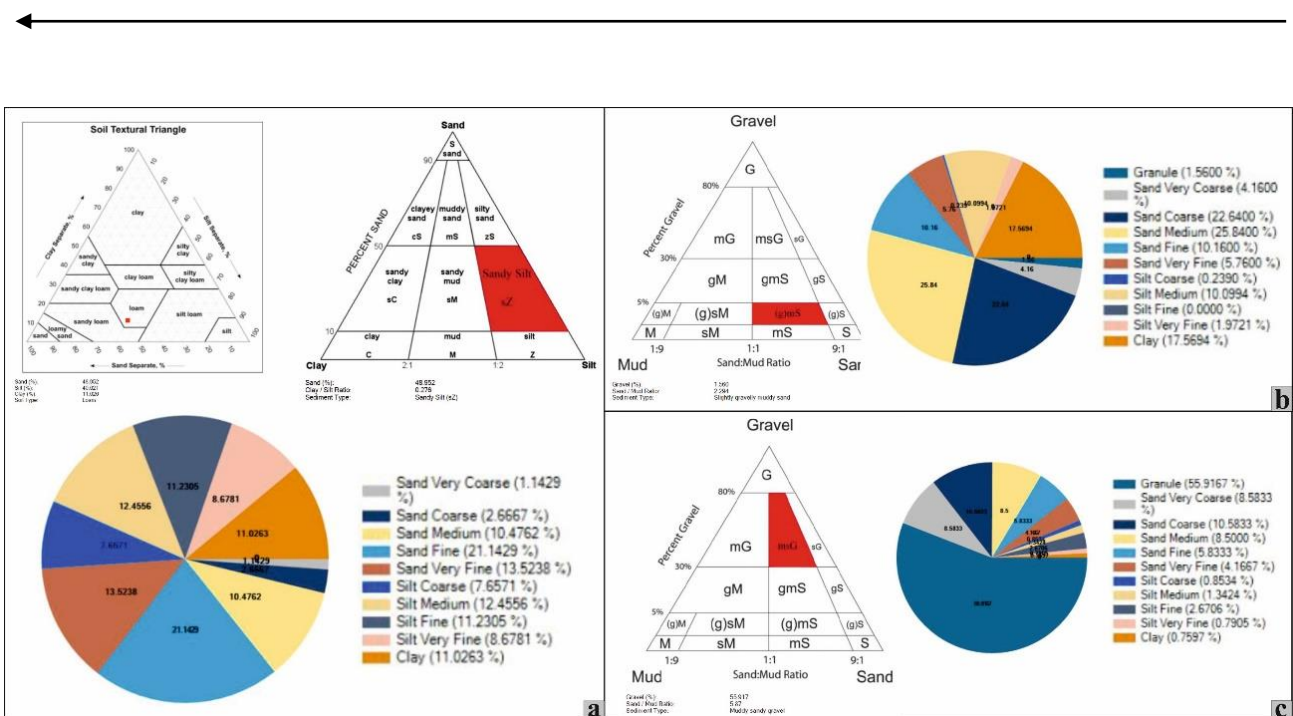
شکل ۹- تصاویر منتخب رسوبات تراورتن و پلایا، (a) تراورتن‌های نازک لایه و سست با ستبرای کمتر از یک متر در حاشیه شمال باختر محدوده نقشه، مختصات: $48^{\circ} 00' 20''$ و $35^{\circ} 14' 42.5''$ ، (b) بخش‌های پایینی (سنگ‌آهک کرم نازک تا متوسط لایه) واحد PIPs^{tr} در نزدیکی جاده همدان-قروه، دید به سوی باختر، مختصات: $48^{\circ} 00' 12.5''$ و $35^{\circ} 06' 17.1''$ ، (c) بخش‌های بالایی (سنگ‌آهک سست و متخلخل شیری رنگ و نازک لایه) واحد PIPs^{tr}، دید به سوی جنوب باختر، (d) تصویر میکروسکوپی واحد تراورتن: سنگ‌آهک میکرایتی حفره‌دار در نور پلاریزه، طول مقیاس یک میلی‌متر است، (e) نمای عمومی پلایا و مرز تدریجی از کفه رسی به کفه نمکی، مختصات: $48^{\circ} 01' 33.4''$ و $35^{\circ} 03' 51.8''$ ، دید به سوی جنوب، (f) نمای نزدیک از رسوبات گلی دشت رسی و (g): نمونه‌برداری از دشت نمکی پلایا

Fig 9. Selected images of travertine deposits and playa, (a) Thin bedded loose travertines with thickness of less than 1 meter in NW margin of map, geographic coordinate: $48^{\circ} 00' 20''$, $35^{\circ} 14' 42.5''$, (b) Lower parts (cream, thin to medium bedded limestone) of PIPs^{tr} in the near of Hamedan-Qorveh road, view of image is toward West, geographic coordinate: $48^{\circ} 00' 12.5''$, $35^{\circ} 06' 17.1''$, (c) Upper parts (milky, thin bedded vesicular loose limestone) of PIPs^{tr} unit, view of image is toward Southwest, (d) Microscopic image of travertine unit: vesicular micritic limestone (XPL), length of scale is 1 mm. (e) General view of playa and transition border of clay plain to salt plain, geographic coordinate: $48^{\circ} 01' 33.4''$, $35^{\circ} 03' 51.8''$, view of image is toward South, (f) Close-up of muddy sediment of clay plain and (g) Sampling of playa salt plain



شکل ۱۰- تصاویر منتخب از نهشته‌های کواترنری، (a) واحد Q^c در معدن شن و ماسه وینسار ۱، مختصات: $48^{\circ}05'26.8''$ و $35^{\circ}01'45.4''$ ، دید به سوی شمال، (b) نمای عمومی از واحد Q^m ، بخش‌های دارای پوشش گیاهی، محدوده گسترش عدسی گراولی را نشان می‌دهد. مختصات: $48^{\circ}01'10.1''$ و $35^{\circ}04'39.6''$ ، (c) نمای عمومی از دیواره کانال رودخانه و ستبرای نهشته‌های آبرفتی، مختصات: $48^{\circ}04'12.4''$ و $35^{\circ}09'58.2''$ ، دید به سوی شمال، (d) چینه‌بندی متقاطع در میان لایه‌های دانه‌ریزتر واحد Q^c ، مختصات: $48^{\circ}04'30''$ و $35^{\circ}05'58''$ ، (e) نمونه دستی برداشت شده از عدسی گراولی و (f) قطعات نیمه‌گردشده بستر کانال رودخانه داشکسن، مختصات: $48^{\circ}04'7.9''$ و $35^{\circ}09'51.3''$.

Fig. 10. Selected images of Quaternary sediments, (a) Q^c unit at gravel and sand mine Vinesar 1, geographic coordinate: $48^{\circ}05'26.8''$, $35^{\circ}01'45.4''$, the view of image is toward North, (b) General view of Q^m unit, parts with vegetation shows gravel lens. Geographic coordinate: $48^{\circ}01'10.1''$, $35^{\circ}04'39.6''$, (c) General view of river canal and thickness of alluvial sediments, geograohic coordinate: $48^{\circ}04'12.4''$, $35^{\circ}09'58.2''$, the view of image is toward North, (d) Cross stratification in fine grain layers of Q^c unit, geographic coordinate: $48^{\circ}04'30''$, $35^{\circ}05'58''$, (e) Sample of gravel lens and (f) Subangular fragment of canal floor of Dashkasan river, geographic river: $48^{\circ}04'7.9''$, $35^{\circ}09'51.3''$.



شکل ۱۱- نتایج آزمایش دانه‌بندی نهشته‌های کواترنری محدوده گل تپه، (a) موقعیت رسوب شماره ۱ رودخانه داشکسن در محدوده سیلت ماسه‌ای نمودار فولک و محدوده لوم در طبقه‌بندی بافت خاک همراه با نمودار پای، (b) موقعیت نمونه شماره ۲ رودخانه داشکسن، ماسه گلی با کمی گراول، (c) نمودار پای و نمودار مثلثی فولک نمونه واحد Q^c در معدن وینسار ۲، گراول ماسه‌ای گل‌دار.

Fig. 11. The results of granulometry test of Quaternary sediments at Gol Tapeh area, (a) location of sediment sample no. 1 of Dashkasan river, Sandy silt (Folk diagram) and loam (classification of soil texture), (b) location of sediment sample no. 2 of Dashkasan river, muddy sand with gravel and (c) Pie and Folk triangle diagrams of Q^c unit sample at Vinesar 2 mine, muddy sandy gravel.

در مقیاس یک پنجاه هزارم و تجزیه و تحلیل دفتری و مطالعات آزمایشگاهی و میکروسکوپی، نتایج زیر حاصل شد:
بر اساس مجموع شواهد، برای بخش‌های رخنمون یافته فیلیت‌های همدان سن ژوراسیک پسین پیشنهاد شد. همچنین بر پایه یافته‌های دیرینه‌شناسی و رادیواکتیو، موقعیت قرارگیری

۶- نتیجه‌گیری

محدوده ورقه گل تپه با وسعت ۶۲۵ کیلومتر مربع در شمال پهنه سنندج- سیرجان، شمال باختر همدان و خاور شهرستان قروه در استان کردستان قرار دارد. پس از برداشت‌های صحرائی

دارند و سنگ‌های قاعده ائوسن را قطع می‌کنند. بر اساس سن-سنجی‌های مطلق انجام شده توسط سایر پژوهشگران، سن پس از ائوسن (الیگوسن؟) برای این توده‌ها در نظر گرفته شد. توده دیگری با ترکیب دیابازی (db) در خاور نقشه به درون فیلیت-های همدان نفوذ کرده است و سن آن پس از ژوراسیک پسین است.

سپاسگزاری

در پایان لازم است تا از زحمات کارشناسان سازمان زمین-شناسی کشور، به ویژه آقایان دکتر مهدی مرادی، دکتر جعفر عمرانی، دکتر رضا کهنسال، دکتر بهنام پاشازاده، مهندس جواد مفاخری و خانم‌ها دکتر منیره پشت‌کوهی، مهندس صدیقه ذوالفقاری، دکتر طیبیه محتاط، مهندس سارا سلیمانی و مهندس مرجان عامل، همکاران محترم نقلیه و پشتیبانی که هر یک به نحوی در پیشبرد اهداف این پژوهش نقش داشتند، صمیمانه قدردانی شود. از سردبیر و داوران محترم فصلنامه وزین زمین-شناسی کاربردی پیشرفته که با گوشزد نمودن نکات کلیدی در بهبود کیفیت این مقاله نقش مهمی داشتند، تشکر می‌شود.

واحد آهک علی‌صدر از تریاس به ابتدای کرتاسه پیشین تغییر یافت. بر مبنای پیمایش‌های صحرایی و مطالعات دیرینه‌شناسی، سه واحد در نهشته‌های هم‌ارز سازند قم تفکیک گردید. برای پاره‌سازند پایینی و میانی ($M^{sh.m}$ و $M^{c.s}$)، سن آکیتانین و برای پاره‌سازند بالایی (M^l)، سن بوردیگالین پیشنهاد شد. در نقشه-های پایه برای این نهشته‌ها سن الیگومیوسن در نظر گرفته شده است.

سن نهشته‌های آذرآواری ($M^{t.br}$) در نقشه گل تپه بر اساس جایگاه چینه‌شناسی و تعیین سن‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران در واحدهای آتشفشانی بالایی و پایینی از پلیوسن و پلیوکواترنری به میوسن میانی-پسین تغییر پیدا کرد. همچنین بر اساس سن‌سنجی‌های دیگر پژوهش‌ها، سن گدازه-های روی نهشته‌های آذرآواری (واحد M^{tan}) از کواترنری به میوسن پسین افزایش یافت. در سال‌های اخیر، سن‌سنجی‌های مطلق انجام شده به روش اورانیوم-سرب بر روی گدازه‌ها (واحدهای M^{da} ، M^{an} و M^{la}) و توده‌های نیمه عمیق (واحدهای da و qmd) منجر به افزایش سن این واحدهای سنگی از پلیوسن به میوسن پسین گردید.

توده‌های نفوذی غیردگرگونی (di, gb و gr) که برای نخستین بار در منطقه گزارش می‌شوند، ترکیب گابرو تا گرانیت

مراجع

- Abdi, Gh., 1996. Petrology of Volcanic Rocks at the Northeast of Qorveh (Kurdistan), Unpublished M.Sc. thesis of Geology, Faculty of Geosciences, Shahid Beheshti University (in Persian with English abstract)
- Aghanabati, S.A., 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran Publication, 586 P. (in Persian).
- Akbarpour, M.R., 1991. Geology and Exploration research at Dashkasan and Baharlou Antimuon ore, Ghorveh area. Unpublished technical report, Mines and metals organization of Kurdistan (in Persian).
- Aljamaz, B., 2009. Petrography, Diagenesis and Depositional Environment of Qom Formation at the Qorveh, Kurdistan. M.Sc. thesis. Bu-Ali Sina University (in Persian with English abstract).
- Armed Forces Geographical Organization, 2001. Encyclopedia of Iran Provinces, Hamedan Province, 306 P. (in Persian).
- Armed Forces Geographical Organization, 2007. Gol Tapeh Topography map of Gol-Tapeh (5660-III), Scale: 1:50.000, Publication of Armed Forces Geographical Organization.
- Asadi Charbini, M., Maanijou, M., 2018. Dispersion Evaluation of Pb and Zn Quantity at Soil of Sari Gunay Gold Mine (NE Qorveh, Kurdistan), Abstract paper of the 10th Symposium of Economic Geology of Iran, Isfahan University (in Persian with English abstract).
- Azizi, H., Moinevaziri, H., 2009. Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran. Journal of Geodynamics 47, 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2008.12.002>.
- Azizi, H., Nouri, F., Stern, R.J., Azizi, M., Lucci, F., Asahara, Y., Zarrinkoub, M.H. Chang, S.L. 2018. New Evidence for Jurassic Continental Rifting in the Northern Sanandaj Sirjan Zone, Western Iran: The Ghalaylan Seamount, Southwest Ghorveh, International Geology Review 62, 1635-1657. <https://doi.org/10.1080/00206814.2018.1535913>.

- Baharifar, A.A., 2004. Petrology of Metamorphic Rocks at Hamedan Area. Unpublished PhD thesis, Kharazmi University (in Persian with English abstract).
- Bakhtiari Nejad, M., 2009. Evaluation of heavy Metals Pollution at the Soil of Dashkasan Gold mine area, Kurdistan, Unpublished M.Sc. thesis, Bu-Ali Sina University (in Persian with English abstract).
- Berberian, M. 2014. Earthquakes and coseismic active faulting on the Iranian plateau. Springer 699 P.
- Boccaletti, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Motamed, A., Pasquare, G., Amin Sobhani, E., 1976. Neogene and Quaternary volcanism of the Bijar area (western Iran). *Bulletin of Volcanologie* 40, 121-132.
- Bolourchi, M.H., Hajian, J., 1979. Geological Map and Report of Kabodarahang, Geological Survey of Iran, 105 P.
- Dehghan, M., 1947. Sur lage mesozoique de la zone de Hamedan (Iran Septentional). *C.R. Academy Seismic* 224, 1516-1518.
- Eftekharnejad, J., 1980. Zonation of Iranian plateau base on tectonic and sedimentary basins, *Journal of Petroleum Association* 82, 19-28. (in Persian).
- Eghlimi, B., 2000. Geological Map of Hamedan, Scale: 1:100.000, Geological Survey of Iran.
- Ghalamghash, J., 2017. The Guide of Geological Mapping at 1:25.000 Scale, Geological Survey of Iran Publication, P.148 (in Persian).
- Hossein Khan Nazer, N., 2014. Geological Map of Kouhin (5660), Scale: 1:100.000, Geological Survey of Iran.
- Jalili, M.R., 2014. The zoning Arsenic Pollution in Subsurface Water with Geostatistical method at Kurdistan Province, Case study: Chehardoudi Plain, Qorveh. Unpublished M.Sc. thesis, Malayer University (in Persian with English abstract).
- Khodabakhsh, S., Rahmani, S., Mohseni, H., Kazemi, Sh., Ghaemi, A., 2013. Petrography and Geochemistry of Quaternary Travertine at Sections of North and West of Iran, *Sedimentary Facies* 6, 31-48. (in Persian with English abstract).
- Kholghi, M.H., 1998. Geological Map of Varcheh, Scale: 1:100.000, Geological Survey of Iran.
- Kimiaee Khalil Abad, A., 2011. Investigation of heavy metals dispersion at surface soils of the Qorveh plain, Kurdistan province, Unpublished M.Sc. thesis, Bu-Ali Sina University (in Persian with English abstract).
- Majedi, S., 2011. Presentation of the regional model for consideration amount of Arsenic in soil, (case study: Qorveh plain, Kurdistan Province, West of Iran). Unpublished M.Sc. thesis, Kurdistan University, P.112 (in Persian with English abstract).
- Mohajjel, M., Sahandi, M.R. 1999. Tectonic Evolution of Sanandaj- Sirjan Zone and Introduce New Subzone at its. *Journal of Geosciences* 31-32, 28-49 (in Persian with English abstract).
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., 2003. Cretaceous-Tertiary Convergence and Continental Collision, Sanandaj- Sirjan Zone, Western Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 397-412. [https://doi: 10.1016/S1367-9120\(02\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(02)00035-4).
- Moradi, M., Alami Nia, Z., Tale Fazel, E., Alipoor, R., 2020. Ore-Forming Fluid Source and Effective Parameters in the Gold Deposition at the Dashkasan Deposit (NW Qorveh): Structural, micro thermometry and H-O Stable Isotope Evidences. *Geology of Iran* 52, 19-38. (in Persian with English abstract).
- Nabavi, M.H., 1977. An Introduction of Geology of Iran, Geological Survey of Iran, 240 p. (To Persian).
- Noroozpour, H., 2021a. Study of the Oligocene depositional sequences in the northwest of Hamedan. *Journal of Advance Applied Geology* 12, 325-336. (in Persian with English abstract).
- Noroozpour, H., 2021b. A report from the Oligocene Qom Formation benthic foraminifera; northwest of the Sanandaj-Sirjan Zone; Western Iran. *Carbonates and Evaporites* 36(3), 30-39. [https://10.1007/s13146-021-00710-z](https://doi.org/10.1007/s13146-021-00710-z)
- Omrani, J., Agard, P., Whitechurch, H., Mathieu, B., Prouteau, G., Jolivet, L., 2008. Arc- Magmatism and Subduction History Beneath, the Zagros Mountains, Iran: A New Report of Adakites and Geodynamic Consequences. *Lithos* 106, 380-398. [https:// doi:10.1016/j.lithos.2008.09.008](https://doi.org/10.1016/j.lithos.2008.09.008)
- Richards, J.P., Wilkinson, D., Ullrich, T., 2006. Geology of the Sari Gunay Epithermal Deposit. *Economic Geology* 101, 1455-1496. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.101.8.1455>.

- Roshanak, R., Moore, F., Keshavarzi, B., 2014. The Study of Heavy Metals Geochemical Pollution at Travertine Deposits and Soil of Qorveh-Takab area, NW Iran. *Journal of Environmental Geology* 29, 27-35. (in Persian with English abstract).
- Sahandi, M.R., Radfar, J., Hosseini Dost, S.J., Mohajjel, M., 2006. Geological Map of Shazand, Scale: 1:100.000, Geological Survey of Iran.
- Shaban, S., 2011. The Study of Antimuon amount in Grown Plants at polluted Soils around Dashkasan Mine, Kurdistan Province. Unpublished M.Sc. thesis, Isfahan University (in Persian with English abstract).
- Shahbazi, H., Taheri Maghami, Y., Azizi, H., Asahara, Y., Siebel, W., Maanijou, M., Rezai, A., 2021. Zircon U-Pb Ages and Petrogenesis of Late Miocene Adakitic Rocks from the Sari Gunay Gold Deposit, NW Iran. *Geological Magazine* 158, 1733-1755. <https://doi.org/10.1017/S0016756821000297>.
- Stahl, A.F., 1906. *Geologische Beobachtungen in nordwest Persien* Petermanns Mitt., Guotha 35, 169-177.
- Stahl, A.F., 1911. *Handbuch der regionalen Geologie: Persien*. Winter P. 46.
- Stern, R.J., Sharifii Moghadam, H., Pirouz, M., Mooney, W., 2021. The geodynamic evolution of Iran. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 49, 9-36. <https://doi10-1146/annurev-earth-071620-052109>.
- Wilkinson, L., Damien, A. 2005. Geology and Mineralization of the Sari Gunay Gold Deposits, Kurdistan Province, Iran, Rio-Tinto Ltd Technical Report. Unpublished P.360.
- Yousefi, M., 2023. Structural Analysis of Fractures at the Gol Tapeh Area, North of Hamedan. Unpublished M.Sc. thesis, Bu ali sina Univrsity (in Persian with English abstract).
- Yousefi, M., Mafakheri, J., Omrani, J., Kohansal, R., Alipoor, R. and Sadr, A.H, Ghasemi, M.R., Soleimani, S., Mohtat, T., Poshtkouhi, M., Zolfaghari, S., 2024. Geological map of Gol Tapeh (5660-III), Geological survey of Iran.
- Yousefi, M., Alipoor, R., Sadr, A.H., Omrani, J., 2023. Geological Map of Gol Tapeh 1:50.000 (Kouhin 3, 5660-III): Tectonic, Stratigraphy and Petrology Findings, 41th National Geosciences Congress, Geological Survey of Iran, Tehran. (in Persian with English abstract).