Archive of SID

http://ui.ac.ir/en

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
Vol. 35, Issue 1, No. 74, Spring 2019
pp. 91-108
Received: 10.04.2019 Accepted: 26.05.2019

Investigating the stratigraphic role of the Tirgan Formation on water wells discharge in the north and east of Bojnourd (NE Iran)

Firouz Shakiba
Ph.D. in Hydrogeology, Department of Geology, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
Gholam Hossein Karami*
Associate Professor, Department of Geology, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
Azizolah Taheri
Professor, Department of Geology, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
**Corresponding author, email: g.karami@shahroodut.ac.ir*

Abstract
To supply water for drinking and industry, several water wells have been drilled in the Kopet-Dagh basin. These water wells have been drilled in the north and northeast of Bojnourd in the Tirgan Formation. There is a significant relationship between stratigraphy and water wells flow rates. Water wells which are drilled in the north-east of the area in comparison with those drilled in the east of the area, have higher flow rates. A complete stratigraphic section of Tirgan Formation (i.e. Baba Musa) with a thickness of 510 m was measured, sampled and studied as well as drilling log data of each of the water wells. The Baba Musa section can be divided into five rock units composed of limestone, marl and marly-limestone. Limestone rock units are considered as karst-aquifer and marly-limestone and marl are considered to be semi-permeable layers and impermeable, respectively. Water wells drilled in the upper limestone have the highest flow rates than other water wells. The wells that have not penetrated the entire upper limestone while penetrated the middle limestone and upper marly-limestone, although they are twice as deep, have a much lower flow rates. Therefore, the best water-bearing layer of the Tirgan Formation is the upper limestone.
Keywords: Permeable, Impermeable, Semi-permeable layer, Drilling Log, Tirgan Formation

Introduction

Various consumers in Iran are dependent on groundwater resources of alluvial aquifers. In the last few decades, due to water shortage in alluvial aquifers, karst aquifers have been widely considered. The high costs of drilling wells in karstic Formations lead to more precise studies to determine appropriate drilling locations. Tirgan Formation is one of the most important karstic formations in the Kopet-Dagh area in northeast of Iran. Several wells in this formation have been drilled for drinking water and industrial consumptions. Some of the wells drilled in the Tirgan Formation, although not much depth (137_140 m), have very high flow rates, while some wells with high depth (250 m) have a lower flow rates. Several factors play a role in the development of karst which one of the most important is stratigraphy. There is a relationship between karst development with lithology and limestone thickness. Generally, thicker limestone rock units contain more karst development.

Based on hydrogeological characteristics, in some cases, two or more formations can be considered as a hydrogeological unit. However, sometimes it is necessary to split a formation into separate hydrogeological units. Due to the large development of the Tirgan Formation in the studied area as well as its high discharge potential, this formation has been widely studied. Simple bedding and the sequence of thick limestone with marl or marl-limestone rock units have played a significant role in the development of karst in the Tirgan formation. Accurate understanding of the location and depth of the water bearing rock units in this formation depends on detailed stratigraphic studies.

Material and methods

In this research, in the north and eastern part of Bojnourd, a stratigraphic section of Tirgan, in Baba Musa mountain, was measured and sampled (85 samples for thin sections). In order to nomenclature and interpretation of the microfacies of the Tirgan Formation, procedures of Flügel (2004) and Dunham (1962) have been used. Like systematic studies of stratigraphy, the physical properties of the layers including thickness, layering, color, hardness, erosion, slope and topography, dip and thickness of layers around water wells were also evaluated. Water wells information including, lithology logs and geophysical logs (gamma, self-potential, electrical resistance) were also used. Water level data-sets during drilling, pumping, and subsequent years were evaluated. The geological profiles of all water wells were

Copyright©2019, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially.
www.SID.ir
Doi: Doi: 10.22108/jssr.2019.116167.1091

Archive of SID

mapped and the depths of well penetration were determined. By analyzing the above-mentioned data-sets, the Tirgan Formation is divided into several layers with deferent permeabilities.

Discussion of Results and Conclusions

In this research, the information extracted from the Baba Musa stratigraphic column and data-sets obtained from the water wells in the studied area were combined. According to the information integration, the Tirgan Formation is divided into five rock units which are three limestones and two marly limestone rock units. The arrangement of these rock units from base to top are as follows: basal limestone, basal marly limestone, middle limestone, upper marly limestone and upper limestone. The stratigraphic position of limestone and marly- limestone units results in the recharged water, mainly penetrates into the upper limestone layer. Therefore, due to the presence of limestone, marl and marly limestone rock units, the Tirgan Formation is divided into permeable, impermeable or semi-impermeable units. In addition, the degree of purity of the upper limestone layer is much greater than that of the other two limestone layers. These two factors cause the degree of karstification in upper limestone is much greater than that of the other two limestone layers. Information obtained from the water wells show that they have penetrated the upper limestone rock unit or up to the middle limestone rock unit. Given the above-mentioned characteristics, those water wells drilled in the upper limestone unit have the highest flow rate in comparison with other ones.

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی
سال سی و پنجم، شماره پیاپی ۷۴، شماره اول، بهار ۱۳۹۸
تاریخ وصول: ۱۳۹۸/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۵
صص ۹۱-۱۰۸

بررسی نقش چینه‌شناسی سازند تیرگان در آب‌دهی چاه‌های آب در شمال و شرق بجنورد

فیروز شکیبا، *دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران*
غلامحسین کرمی، *دانشیار، گروه زمین‌شناسی دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران* *
عزیزالله طاهری، *استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران*

چکیده

به‌منظور تأمین آب آشامیدنی و صنعت، چاه‌های متعددی در حوضهٔ کپه‌داغ حفر و بهره‌برداری شده‌اند. هشت حلقه از این چاه‌ها برای صنایع و دو حلقه برای آب آشامیدنی در شرق و شمال‌شرق بجنورد و در سازند آهکی تیرگان حفر شده‌اند. بررسی آب‌دهی این چاه‌ها نشان می‌دهد ارتباط معناداری بین چینه‌شناسی و آب‌دهی چاه‌ها برقرار است. چاه‌هایی که در سمت شمال‌شرق منطقهٔ مدنظر حفر شده‌اند، در مقایسه با چاه‌های شرق منطقه آب‌دهی بیشتری دارند. برای بررسی دقیق‌تر وضعیت چینه‌شناسی منطقه، برش چینه‌شناسی کاملی از سازند تیرگان به ضخامت ۵۱۰ متر در کوه باباموسی اندازه‌گیری، نمونه‌برداری و مطالعه شد. نتایج حاصل از این برش زمین‌شناسی با ستون چینه‌شناسی حاصل از لاگ‌های حفاری هریک از چاه‌هایی که در سازند تیرگان حفاری شده‌اند، مقایسه شدند. برش چینه‌شناسی باباموسی به پنج واحد سنگی آهکی، مارنی و آهکی- مارنی تقسیم می‌شود. واحدهای سنگی آهکی لایهٔ تراوا یا آبخوان کارستی و واحدهای سنگی مارنی و آهکی- مارنی به‌ترتیب لایه‌های ناتراوا و نیمه‌تراوا محسوب می‌شوند. چاه‌های حفرشده در واحد سنگی آهک بالایی بیشترین آب‌دهی را نسبت به سایر چاه‌ها دارند؛ در مقایسه، چاه‌هایی که کل واحد سنگی آهک بالایی را قطع نکرده‌اند و به واحدهای سنگی مارنی، آهک میانی و آهکی- مارنی پایین‌تر نفوذ کرده‌اند، اگرچه تا دو برابر عمق دارند، آب‌دهی کمتری دارند؛ بنابراین، واحد سنگی آهک بالایی بهترین واحد سنگی دارای آب است. در این منطقه می‌توان سازند تیرگان را باتوجه‌به ویژگی‌های چینه‌شناسی به چند واحد هیدرواستراتیگرافی تقسیم کرد.

واژه‌های کلیدی: لایهٔ تراوا، ناتراوا، نیمه‌تراوا، لاگ‌های حفاری، هیدرواستراتیگرافی

* نویسنده مسؤول: ۰۹۱۲۲۷۳۱۳۵۱
Email: g.karami@shahroodut.ac.ir

Copyright©2019, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially.
Doi: 10.22108/jssr.2019.116167.1091

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ایران سرزمینی خشک و کم‌باران است و آب کشور در همهٔ مصرف‌ها وابستگی بسیاری به آب زیرزمینی آبخوان‌های آبرفتی دارد. طی چند دههٔ اخیر، افت آبخوان‌های آبرفتی سبب شده است به آبخوان‌های کارستی برای تأمین آب آشامیدنی و در برخی موارد، صنعت توجه بسیاری شود. هزینه‌های زیاد پی‌جویی و حفاری چاه در سازند آهکی، انجام مطالعه‌های دقیق‌تر برای تعیین محل این گونه چاه‌ها را طلب می‌کند؛ مطالعه‌های دقیق چینه‌شناسی، تکتونیک و وضعیت ساختاری، نوع شکستگی‌ها و فراوانی آنها، مورفولوژی کارست، ژئوفیزیک به روش‌های مختلف، پمپاژ و ... برای شناخت آبخوان‌های آهکی انجام می‌شوند.

آهک تیرگان یکی از اصلی‌ترین سازندهای آهکی زون کپه‌داغ است و چاه‌های متعددی برای تأمین آب آشامیدنی و صنعت در این سازند حفاری شده‌اند؛ برخی از این چاه‌ها آب‌دهی بسیار زیاد (۶۰ لیتردرثانیه) و برخی آب‌دهی کم (۱۲ لیتردرثانیه) دارند. شناسایی لایه‌ها و واحدهای سنگی دارای آب برای اکتشاف منابع آب بسیار مهم است.

عوامل متعددی در توسعهٔ پدیدهٔ کارستی‌شدن ایفای نقش می‌کنند که چینه‌شناسی یکی از مهم‌ترین آنهاست. در مناطق کارستی، ارتباط کاملاً روشنی بین سنگ‌شناسی و ضخامت واحدهای کربناتهٔ بالایی که در معرض بارندگی قرار می‌گیرند با درجهٔ کارستی‌شدن وجود دارد. فعالیت‌های انحلالی در لایه‌های کارستی غیرمحبوس بسیار چشمگیرند؛ زیرا گردش آب بین منطقهٔ تغذیه و تخلیه بهتر انجام می‌شود (Domenico and Schwartz 1998). در آبخوان منطقهٔ فلوریدا، کارست به‌خوبی توسعه یافته است؛ زیرا لایهٔ آهکی رخنمون‌شده در بالای یک لایهٔ نفوذناپذیر قرار گرفته است. قابلیت انتقال در منطقهٔ مرکزی و شمالی فلوریدای آمریکا بسیار زیاد و در جنوب فلوریدا بسیار کمتر است؛ زیرا در منطقهٔ جنوب، آبخوان آهکی با لایهٔ ضخیمی پوشیده شده است (Schwartz and Zhang 2003). در حالت کلی، هرچه ضخامت لایهٔ آهکی در توالی چینه‌شناسی بیشتر باشد، فرایند توسعهٔ کارست با شدت بیشتری انجام می‌شود و در مناطقی که ضخامت لایه‌های آهکی کمتر است، عمده فرایند کارستی‌شدن در لایه‌های سطحی و به‌شکل محدود انجام می‌شود (UNESCO 1984b).

اغلب چند سازند کنار هم را یک واحد هیدروژئولوژیکی در نظر می‌گیرند و برعکس، برخی مواقع لازم است یک سازند را به واحدهای مجزای هیدروژئولوژیکی تقسیم‌بندی کرد. لایه‌های مارنی و رسی کنار هم، لایهٔ ناتراوا و چند لایهٔ آهکی کنار هم، یک آبخوان را تشکیل می‌دهند؛ به‌این‌ترتیب، یک سازند ممکن است شامل لایه‌های آهکی (تراوا) و لایه‌های مارنی (ناتراوا) باشد. گاهی ممکن است یک لایهٔ نازک آهکی که بین لایهٔ ضخیم مارنی قرار دارد، آبخوان محلی مهمی باشد؛ حتی تغییر سنگ‌شناسی سازند کربناته ممکن است سبب تغییر رفتار هیدرولیکی آن شود. وایت (White 1969) تقسیم‌بندی‌ای بر مبنای هیدرواستراتیگرافی برای سیستم‌های آبخوان کربناته انجام داده و اصطلاح «جریان ساندویچی» را برای حالتی به کار برده که یک لایهٔ سنگی آهکی از بالا و پایین بین لایه‌های ناتراوا قرار گرفته است؛ همچنین بیان کرده است سنگ‌شناسی نقش بسیار مهمی در بروز ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی سازند دارد.

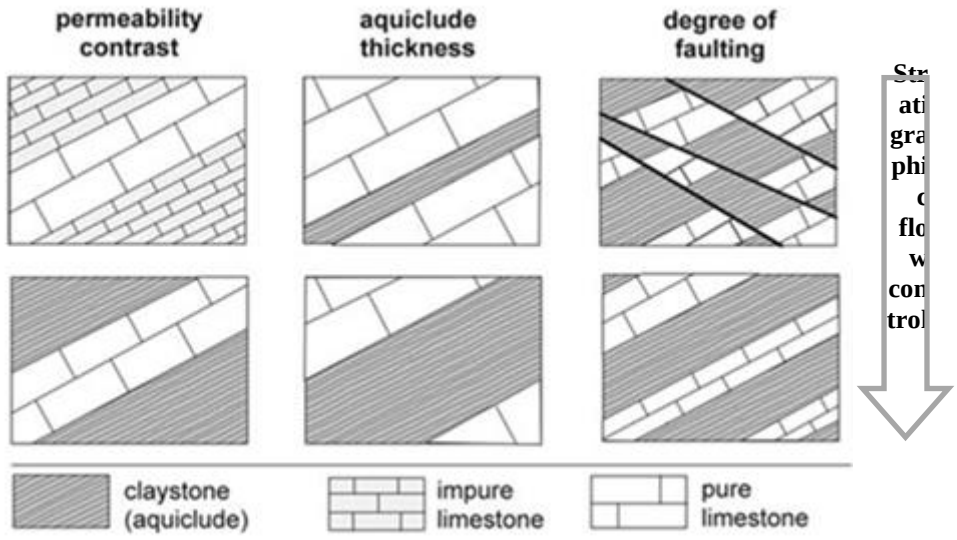
گرچه سازندهای کربناته پتانسیل کارستی‌شدن را دارند، تبدیل آنها به آبخوان مناسب کارستی به سایر عوامل به‌ویژه چینه‌شناسی بستگی دارد. تغییرات رخساره‌ها نیز ممکن است به حد کنترل چینه‌ای محدود باشند؛ برای نمونه اگر تودهٔ ریف، سازند مارنی و آهکی را قطع کند، عبور جریان را در عرض توالی چینه‌ای میسر می‌کند (Batsche et al.1970). این تغییرات رخساره آثار شگرفی را بر هیدروژئولوژی گسترهٔ کارستی ایجاد می‌کنند؛ برای نمونه، یک لایهٔ مارنی ناتراوا می‌تواند دو آبخوان کارستی را از هم جدا کند و این در حالیست که اگر این لایه در تغییر جانبی رخساره تشکیل نشده باشد، کارست یکپارچه شکل می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی‌های چینه‌شناسی سازندهای آهکی شامل تجزیه‌وتحلیل محیط رسوبی دیرینهٔ آنها نیز می‌شود؛ زیرا بیشتر سنگ‌های کربناته در پلت‌فرم‌هایی تشکیل می‌شوند که در محدودهٔ وسیعی گسترده شده‌اند. در محیط‌های رسوبی، کمربندهای رخساره‌ای متفاوتی شامل ساب‌تایدال، پری‌تایدال، تبخیری، باتلاقی، ریف و شیب قاره‌ای برای تشکیل سنگ‌های کربناته شناسایی شده‌اند. حد انتقالی بین ریف تا شیب قاره‌ای با رخسارهٔ آهک ضخیم‌لایه مترادف است و در این مناطق، برش آهکی تا آهک خوب‌لایه‌بندی‌شده تشکیل می‌شود (Fuchtbauer 1988).

کنترل‌های چینه‌ای جریان را می‌توان بر اساس درجهٔ جریان آب زیرزمینی که به‌واسطهٔ لایه‌بندی کنترل می‌شود، بیان کرد. درجهٔ کنترل چینه‌ای آب زیرزمینی به تفاوت هدایت هیدرولیکی بین لایهٔ آبخوان و ضخامت و شکستگی‌های لایهٔ نفوذناپذیر بستگی دارد (Goldscheider 2005). شکل ۱ عوامل مؤثر بر کنترل‌های چینه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۱- عوامل مؤثر بر کنترل‌های چینه‌ای؛ ردیف بالا: در شرایطی عبور جریان آب زیرزمینی در عرض لایه‌بندی امکان دارد که تفاوت هدایت هیدرولیکی کم، لایهٔ ناتراوا کم‌ضخامت و یا درجهٔ گسل‌خوردگی شدید باشد، ردیف پایین: جریان آب زیرزمینی در امتداد لایه‌بندی هنگامی امکان دارد که تفاوت هدایت هیدرولیکی زیاد، لایهٔ ناتراوا ضخیم و یا درجهٔ گسل‌خوردگی کم باشد (Goldscheider 2005)

گراند و استرینگفولد (LeGrand and Stringfold 1966) با مطالعهٔ توسعه‌یافتگی و شیوهٔ گردش آب در سازندهای آهکی در جنوب آمریکا، آنها را به چهار بخش تقسیم کرده‌اند:

بخش ۱- آهک‌های نزدیک سطح زمین که سطح آب زیرزمینی داخل این آهک‌ها شکل می‌گیرد و آب ناشی از بارش به‌شکل عمودی به سطح آب زیرزمینی می‌رسد و سپس به‌طور جانبی به‌سمت رودخانه (پایین‌دست) حرکت می‌کند؛

بخش ۲. سازند کربناته زیر لایهٔ نفوذناپذیر قرار دارد و آب از منطقهٔ بالاتر حرکت می‌کند و به‌سمت منطقهٔ تخلیه می‌رود. این واحدها در فشارند؛

بخش ۳. سازندهای کربناتهٔ بدون منطقهٔ تخلیهٔ مشخص؛

بخش ۴. سازندهای کربناتهٔ برهنه که بالاتر از دره‌های مجاور خود قرار دارند.

معمولاً مناطق کارستی ویژگی‌های مشابهی دارند که

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیدگی جریان، غیرهم‌روندی و دینامیک‌بودن از مهم‌ترین آنهاست. این ویژگی‌ها طبق نظر هاگز و همکاران (Hughes et al 1994) به سه عامل چینه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختاری و شرایط ژئومورفولوژی بستگی دارند و در بین آنها، چینه‌شناسی شامل ضخامت هر لایهٔ آهکی، ضخامت لایه‌های غیرآهکی، نوع چینه‌بندی (نازک‌لایه تا ضخیم‌لایه)، درجهٔ خلوص هر واحد آهکی (خالص، ماسه‌ای، سیلتی، رس‌دار و سیلیسی) و لایهٔ پوشانندهٔ خاکی است.

پالمر (Palmer 1986) با بررسی کوه‌های ماموت در کارست‌های ایالت کنتاکی آمریکا نشان داد ارتباط نزدیکی بین توسعهٔ گذرگاه‌های غار با لایه‌های مشخص وجود دارد. حدود ۶۰ درصد غار کریستال به سنگ‌شناسی مشخصی محدود است و بیشتر گذرگاه در یک افق چینه‌شناسی قرار دارد.

نداشتن شناخت کافی از پیچیدگی‌های چینه‌شناسی مانعی جدی در اکتشاف منابع آب کارستی ایجاد می‌کند. در شمال‌غربی آریزونای آمریکا، در یک توالی رسوبی، تونتر (Twenter 1962) سازند آهکی موا را که بالای یک لایهٔ رسی قرار دارد و چشمه‌هایی از این سازند به گراندکانیون تخلیه می‌شوند، مطالعه کرده است. این لایهٔ شیلی با سازند آهکی تداخل بین‌انگشتی دارد و در برخی مناطق، هم در بالا و هم در پایین سازند آهکی قرار می‌گیرد. نداشتن شناخت دقیق چینه‌شناسی از این ارتباط سبب شده است بسیاری از حفاری‌ها به‌محض برخورد به لایهٔ شیلی متوقف شوند؛ حال آنکه آهک موا زیر لایهٔ شیلی وجود داشته است و چنانچه حفاری پس‌از لایهٔ شیلی نیز ادامه می‌یافت، به لایهٔ آهکی دارای آب برخورد می‌کرد (Huntoon 1977).

در هیدروژئولوژی کارست، حتی بین آهک‌های مختلف نیز تفاوت قائل شده‌اند؛ به‌طوری‌که آهک‌های با درجهٔ حلالیت زیاد ممکن است در کنار آهک‌های با درجهٔ حلالیت کم قرار گیرند و بنابراین، شناخت دقیق سنگ‌شناسی هریک از لایه‌های آهکی و میزان بازشدگی شکستگی‌ها اهمیت بسیاری دارد؛ زیرا این تفاوت‌ها تأثیر مستقیمی بر میزان تراوایی هر سازند دارند (LeGrand and Stringfold 1971). در هیدروژئولوژی، لایه‌های آبدار یا آبخوان با نام چینه‌شناسی آنها شناخته می‌شوند. معمولاً لایه‌های تراوا یا ناتروای محض کمتر مشاهده می‌شوند و عمدتاً ترکیبی از لایهٔ تراوا- ناتروا وجود دارد که محیط ناهم‌روند و ناهمگون کارستی را شکل می‌دهد (Freeze and Cherry 1979).

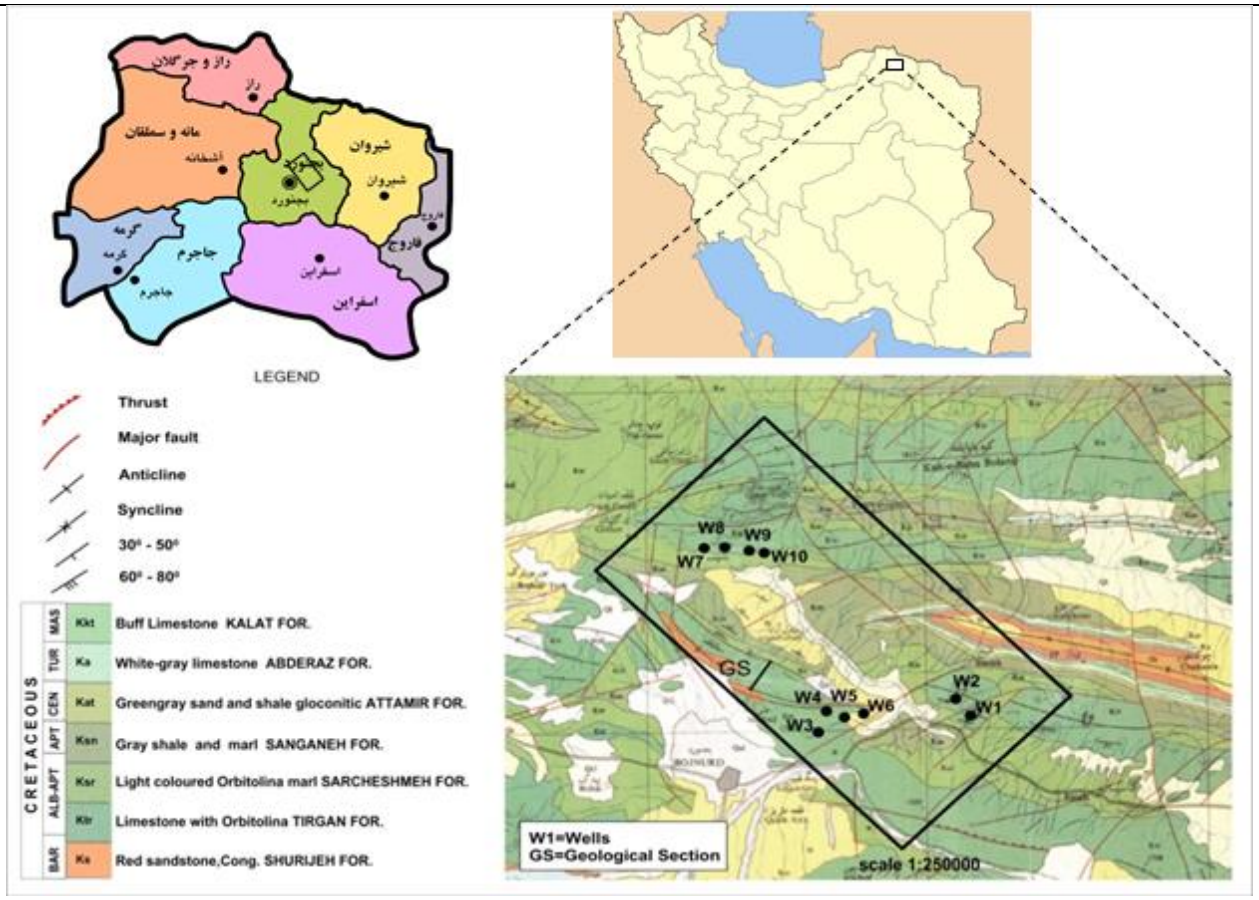
گسترش بسیار زیاد سازند آهکی تیرگان در منطقهٔ مطالعه‌شده و همچنین پتانسیل زیاد این سازند در تأمین آب موجب شده است این سازند به‌طور جدی موردتوجه قرار گیرد. لایه‌بندی ساده و حضور افق‌های ضخیم آهکی در تناوب با لایه‌های مارنی یا مارنی- آهکی نقش چینه‌شناسی را در توسعهٔ کارست در سازند تیرگان بسیار پراهمیت کرده است؛ بنابراین، شناخت دقیق محل و عمق لایه یا افق چینه‌ای آبدار در کاهش هزینه و زمان حفاری و اطمینان نسبی از آب‌دهی و تداوم آن بستگی زیادی به مطالعه‌های چینه‌شناسی دارد.

روش مطالعه

به‌منظور تأمین آب آشامیدنی و صنعت، ده حلقه چاه آهکی در منطقهٔ شمال و شمال‌شرق شهر بجنورد حفر شده‌اند. شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعه‌شده و محل حفر چاه‌ها را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر، یک برش چینه‌شناسی از سازند تیرگان در شرق شهر بجنورد که سطح زیرین و بالایی آن در کوه باباموسی رخنمون دارد، انتخاب، اندازه‌گیری و نمونه‌برداری (۸۵ نمونه) شد. نمونه‌برداری سیستماتیک برای مطالعه‌های چینه‌شناسی از پایین به بالا انجام و از لایه‌های سخت مانند آهک‌ها و آهک‌های مارنی برای تهیهٔ مقطع نازک نمونه‌برداری شد. ویژگی‌های فیزیکی لایه‌ها ازجمله ضخامت، لایه‌بندی، رنگ، سختی، فرسایش، شیب لایه‌بندی و شیب توپوگرافی نیز اندازه‌گیری و بررسی شدند. به‌منظور تفسیر ریزرخساره‌های منطقه از تفسیرهای فلوگل (Flugel 2004) و در نام‌گذاری سنگ‌های کربناته از (Dunham 1962) استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- محدودهٔ مطالعه‌شده، موقعیت چاه‌ها و نقشهٔ زمین‌شناسی منطقه که شامل سازندهای آهکی و مارنی مربوط به کرتاسه است؛ ساختار تاقدیسی و ناودیسی و گسل‌هایی که محور چین‌ها را قطع کرده‌اند، دیده می‌شوند (برگرفته از نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی چهارگوش بجنورد، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور)

اطلاعات ده حلقه از چاه‌های حفرشده در منطقه شامل سنگ‌شناسی ستون چاه، لاگینگ‌های حفاری مختلف مانند گامای طبیعی، پتانسیل خودزا، مقاومت الکتریکی، اطلاعات سطح آب و نوسانات آن هنگام حفاری، آب‌دهی ثابت چاه، افت ناشی از پمپاژ و افت چندساله، شیب و ضخامت لایه‌های اطراف چاه‌ها نیز بررسی شدند. دلایل تغییرات افت و آب‌دهی با تطبیق اطلاعات و داده‌های حاصل از چاه‌های یادشده تجزیه‌وتحلیل شدند. نیم‌رخ‌های زمین‌شناسی اطراف هریک از چاه‌ها ترسیم و منطقهٔ نفوذ هر چاه مشخص شد.

زمین‌شناسی زون ساختاری کپه‌داغ

زون ساختاری کپه‌داغ در شمال‌شرق ایران قرار دارد و عمدتاً شامل سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک و سنوزوئیک است.

حرکت‌های متعدد فازهای زمین‌ساختی و نوسانات سطح آب طی کرتاسهٔ پیشین، آثار متفاوتی را در نقاط مختلف حوضه بر جای گذاشته‌اند؛ این حوادث به تغییرات رخساره‌ای و تغییرات نهشته‌ها از ناحیه‌ای به ناحیهٔ دیگر منجر شده‌اند. علاوه‌بر تغییرات رخساره‌ای، تغییرات سنگ‌شناسی نیز پیامد تغییرات سطح آب بوده‌اند که موجب برجای‌گذاشتن آهک، آهک‌های مارنی و مارن آهکی و حتی مارن در سازند تیرگان شده است (Afshar-harb 1994).

بررسی دیرینه جغرافیای کرتاسه توسط Afshar-harb 1994 نشان می‌دهد نهشته‌های آغاز کرتاسه از نوع آواری‌های سرخ‌رنگی به نام «سازند شوریجه» هستند که در محیط‌های مردابی، دشت ساحلی، دلتایی و یا محیط سبخایی نهشته

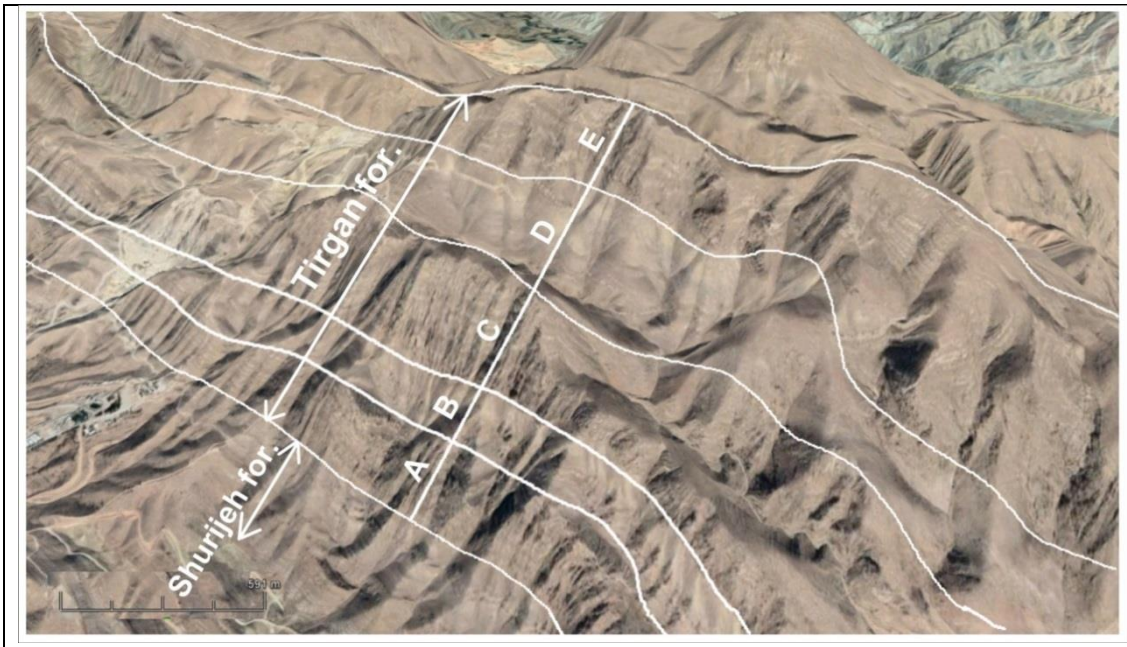
www.SID.ir

Archive of SID

شده‌اند. از زمان هوتریوین به‌تدریج رژیم‌های قاره‌ای- مردابی به انواع مردابی- دریایی تبدیل و در زمان بارمین، نخست سکوی کربناتی کم‌ژرفا و پرانرژی و در آپسین، محیط‌های دریایی بر تمام منطقه چیره شده‌اند که شرایط مناسبی برای نهشت سنگ‌آهک‌های زیست‌آواری اائیدی «سازند تیرگان» بوده است. حوضه در آپسین پسین، ژرفای بیشتر داشته و سبب ته‌نشست سازند «سرچشمه» شده است.

چینه‌شناسی سازند تیرگان در منطقهٔ مطالعه‌شده

سازند تیرگان یکی از سازندهای مهم آهکی در زون ساختاری کپه‌داغ است. برش الگوی سازند تیرگان در کوه تیرگان، واقع در ۳۹ کیلومتری جنوب‌غربی درگز مطالعه شده است. برش مرجع این سازند در جنوب‌غربی روستای جوزک (شرق کپه‌داغ) قرار دارد (Aghanabati 2004). سازند تیرگان از سنگ‌آهک‌های ستبرلایه تا توده‌ای اائیدی و زیست‌آواری با میان‌لایه‌های ناچیزی از سنگ‌آهک‌های مارنی، مارن و شیل آهکی تشکیل شده است. بر اساس نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش بجنورد، سازند تیرگان گسترش وسیعی در منطقهٔ مطالعه‌شده دارد. شکل ۳ تصویر ماهواره‌ای برش کوه باباموسی را نشان می‌دهد. ستبرای زیاد لایه‌ها و به‌ویژه تراکم و سختی سنگ‌آهک‌ها سبب شده است این سازند از واحدهای چهره‌ساز بین ردیف‌های آواری سرخ‌رنگ سازند شوریجه و نهشته‌های شیلی- مارنی سرچشمه باشد.

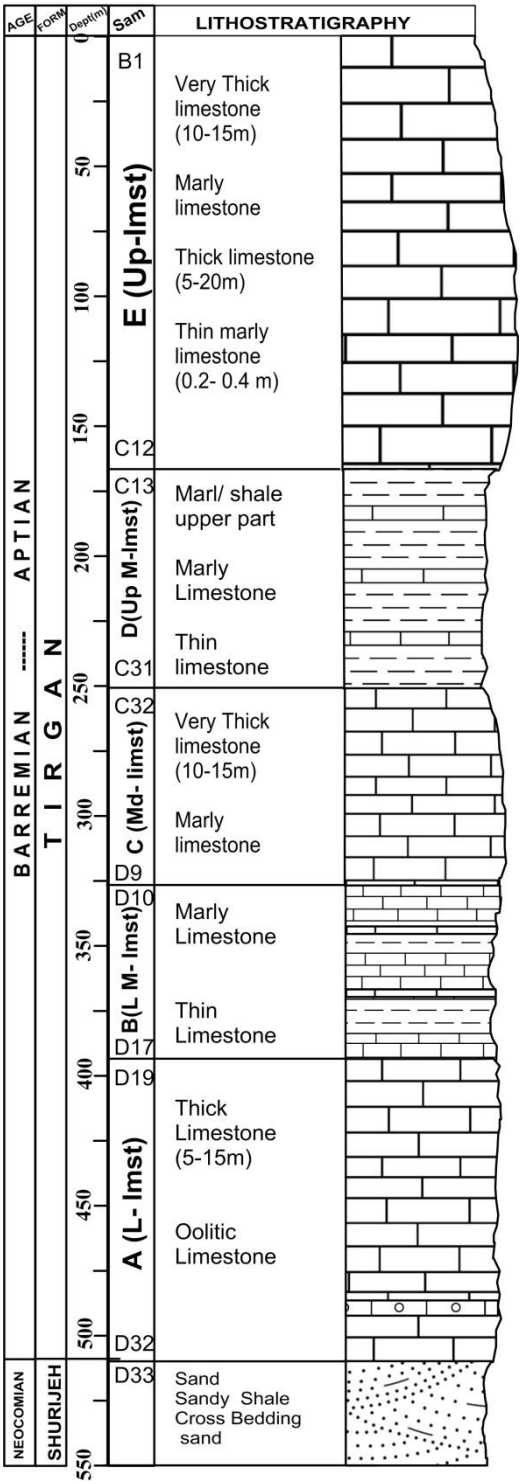


شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای برش کوه باباموسی در شرق شهر بجنورد؛ واحدهای سنگی پنج‌گانه به‌ترتیب از پایین به بالا: ۱- A. احد سنگی آهک پایینی، ۲- B. واحد سنگی آهکی- مارنی پایینی، ۳- C. واحد سنگی آهک میانی، ۴- D. واحد سنگی آهکی- مارنی بالایی، ۵- E. واحد سنگی آهک بالایی

گسترش سازند تیرگان در منطقهٔ مطالعه‌شده درخور توجه است و ارتفاعات منطقه عمدتاً از این سازند شکل گرفته‌اند. ساختار سادهٔ چینه‌شناسی به‌شکل تاقدیسی ناودیسی است که باقیماندهٔ سازند سرچشمه در مرکز ناودیس‌ها به چشم می‌خورد و در برخی نقاط نیز سازند شوریجه برجای مانده است. ازنظر تکتونیکی، گسل‌ها این ساختارهای تاقدیسی ناودیسی را به‌شکل عرضی قطع کرده‌اند. در مطالعهٔ حاضر، برشی به ضخامت حدود ۵۱۰ متر اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شد و درنتیجه، سازند تیرگان را می‌توان به پنج واحد سنگی آهکی و آهکی- مارنی تقسیم‌بندی کرد (شکل ۴).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- برش چینه‌شناسی مقطع اندازه‌گیری‌شدهٔ باباموسی و واحدهای سنگی تفکیک‌شده

واحد سنگی آهک پایینی (A= L-Lmst) شامل حدود ۱۱۵ متر آهک اائیدی و آهک ماسه‌ای، در قاعده قرمزرنگ و به‌سمت بالا خاکستری تیره است. بر اساس نمونه‌برداری انجام‌شده، این ضخامت از آهک‌های ضخیم‌لایه عمدتاً

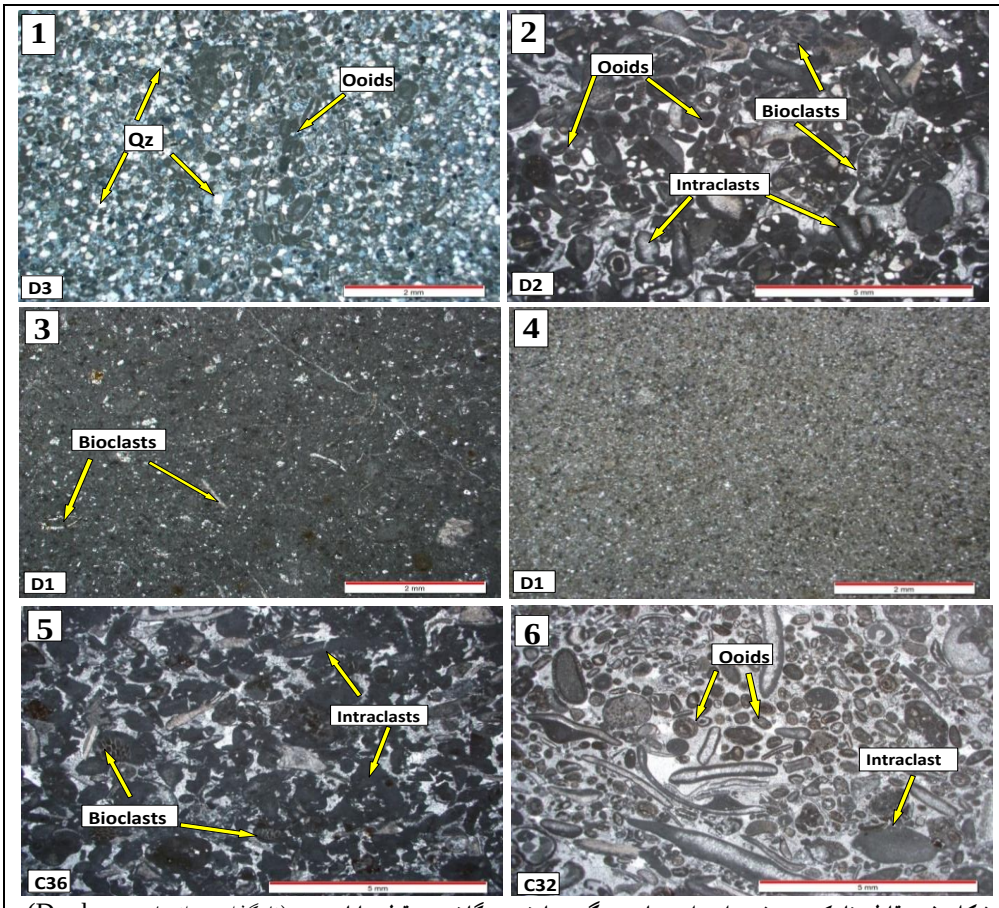
www.SID.ir

Archive of SID

گرینستون (اائید، بایوکلاست، انتراکلاست گرینستون) است. در مقاطع نازک تهیه‌شده، وجود ذرات ریز کوارتز در متن آهک نشان می‌دهد دریای محل تشکیل سازند تیرگان از رسوبات آواری خشکی تأثیر پذیرفته است (شکل ۵، شماره‌های ۱ و ۲).

واحد سنگی آهکی- مارنی پایینی (B= L M-Lmst) حدود ۹۰ متر و شامل لایه‌های مارنی زیتونی‌رنگ روشن با میان‌لایه‌های نازک آهکی- مارنی و بر اساس مطالعهٔ مقاطع نازک شامل مادستون و بایوکلاست وکستون است (شکل ۵، شماره‌های ۳ و ۴) و بر اساس سنگ‌شناسی می‌تواند نقش لایهٔ ناتراوا را ایفا کند؛ به‌ویژه در بخش بالایی که شیلی می‌شود. درحقیقت، این لایه ازنظر هیدروژئولوژی لایهٔ زیری ناتراوای آهک بالایی در نظر گرفته می‌شود.

واحد سنگی آهک میانی (C= L Lmst) حدود ۵۰ متر آهک ضخیم‌لایه و بر اساس نمونه‌های بررسی‌شده شامل گرینستون (بایوکلاست، اائید، انتراکلاست گرینستون) است (شکل ۵، شماره‌های ۵ و ۶).



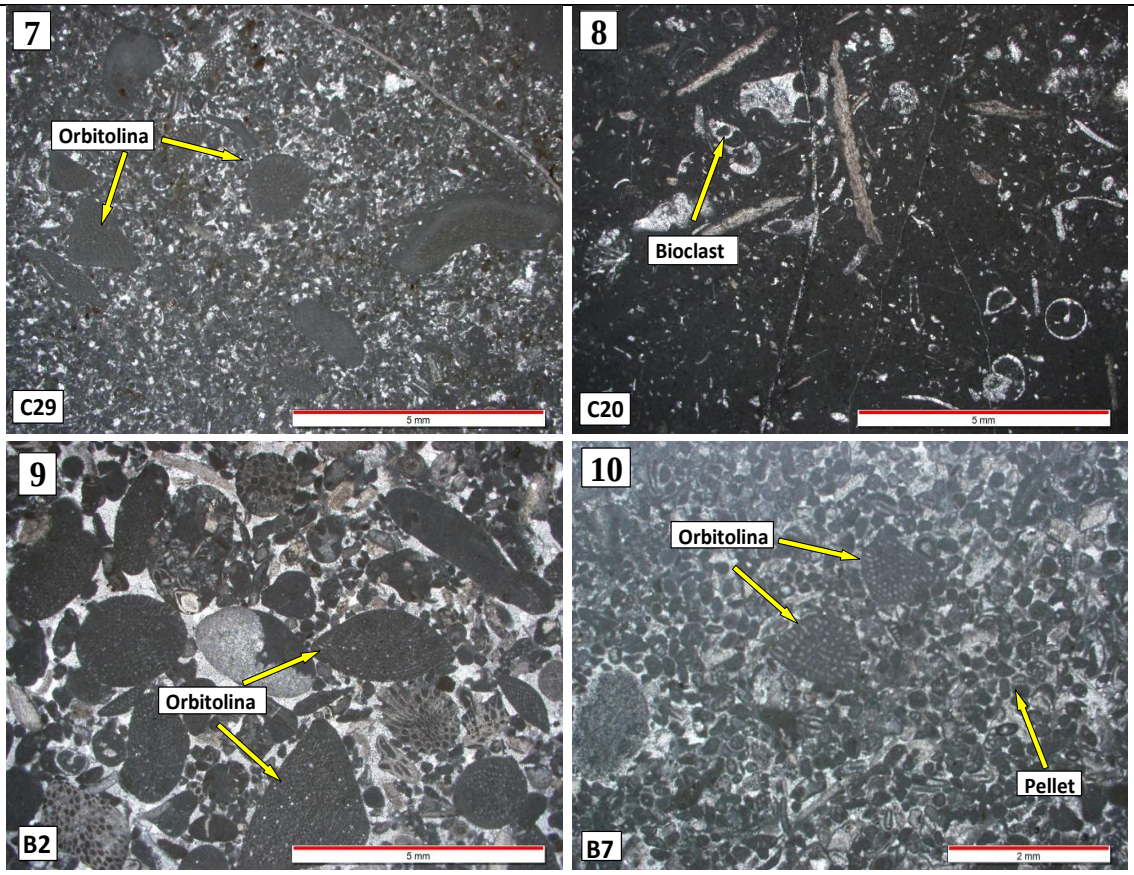
شکل ۵- مقاطع نازک تهیه‌شده از واحدهای سنگی سازند تیرگان در مقطع باباموسی (نام‌گذاری دانهام Dunham) 1962؛ **۱- اائیدگرینستون، ۲- (اائید، بایوکلاست انتراکلاست گرینستون)؛ نمونه‌ها برداشت‌شده از واحد سنگی آهک پایینی سازند تیرگان، واحد (A)** حاوی اائید و ذرات کوارتز که از محیط خشکی حمل شده‌اند (احتمالاً از سازند شوریجه) آهک ضخیم‌لایه با سیمان اسپارایتی که در محیط پرانرژی نهشته شده است. **۳-** (بایوکلاست وکستون)، **۴-** مادستون؛ نمونه‌ها برداشت‌شده از واحد سنگی آهکی- مارنی پایینی سازند تیرگان، **واحد (B)** حضور ذرات ریزدانه نشان از محیط کم‌انرژی دارد. **۵-** (بایوکلاست، انتراکلاست گرینستون)، **۶-** (بایوکلاست، اائید، انتراکلاست گرینستون)؛ نمونه‌ها برداشت‌شده از واحد سنگی آهک میانی سازند تیرگان، **واحد (C)** دوباره محیط پرانرژی شده و آهک‌های خالص‌تری را بر جای گذاشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

واحد سنگی آهکی- مارنی بالایی (D= Up M-Lmst) حدود ۸۵ متر شامل لایهٔ مارنی، مارنی‌آهکی و میان‌لایه‌های نازک آهکی است و بر اساس نمونه‌برداری شامل وکستون تا پکستون (انتراکلاست پکستون، بایوکلاست پکستون) است (شکل ۶، شماره‌های ۷ و ۸). بر اساس سنگ‌شناسی و محل قرارگیری، این لایه نیز نقش لایهٔ دارای تراوایی کم را بازی می‌کند. این واحد سنگی در بالای واحد سنگی آهک میانی قرار دارد و مانع نفوذ جریان به لایهٔ پایین آهکی می‌شود.

واحد سنگی آهک بالایی (E= Up Lmst) حدود ۱۷۰ متر آهک ضخیم‌لایه است که ازنظر چینه‌شناسی زیر سازند مارنی سرچشمه قرار دارد و بر اساس نمونه‌های مقطع نازک شامل گرینستون (انتراکلاست، بایوکلاست، پلوئید گرینستون) است (شکل ۶، شماره‌های ۹ و ۱۰).



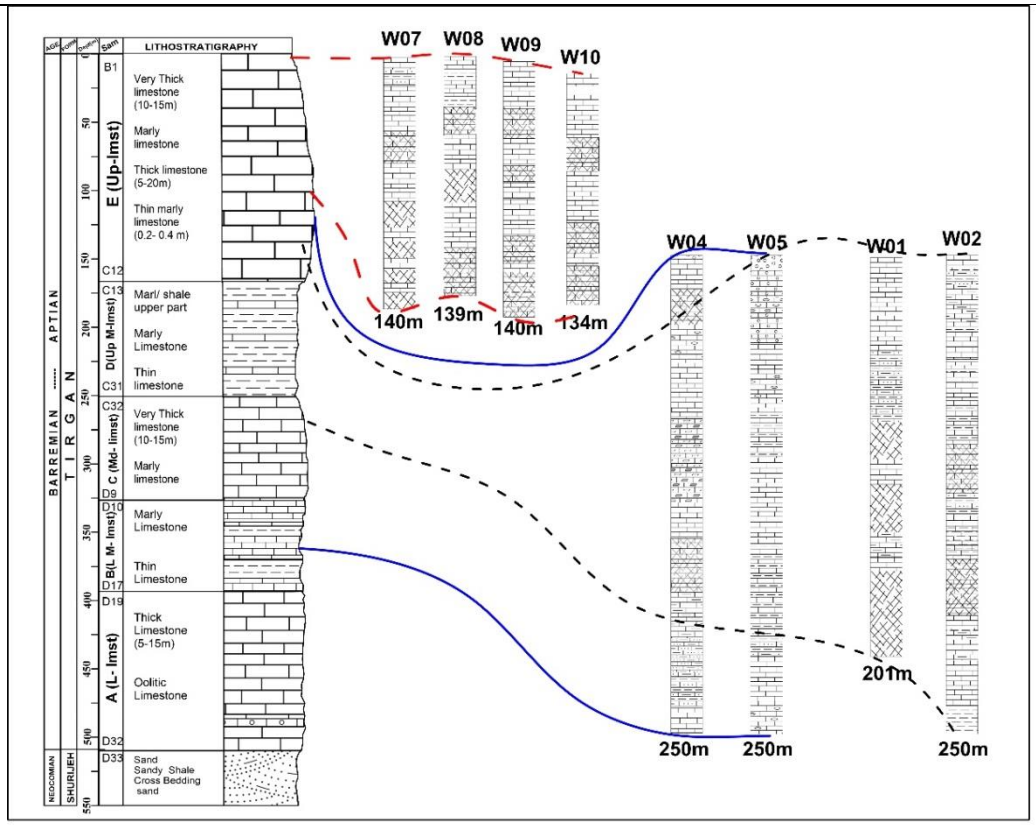
شکل ۶- مقاطع نازک تهیه‌شده از واحدهای سنگی سازند تیرگان در مقطع باباموسی؛ ۷- (انتراکلاست، بایوکلاست پکستون)، ۸- (بایوکلاست پکستون)؛ نمونه‌ها برداشت‌شده از واحد سنگی- مارنی بالایی سازند تیرگان، واحد سنگی (D) حاوی فسیل‌های بنتیک اربیتولین و بایوکلاست و خمیرهٔ ریزدانهٔ محیط کم‌انرژی حاوی خرده‌های فسیل. ۹- (انتراکلاست، بایوکلاست گرینستون)، ۱۰- (ائید، بایوکلاست، پلوئیدگرینستون)؛ نمونه‌ها برداشت‌شده از واحد سنگی آهک ضخیم‌لایهٔ بالایی (E) محیط پرانرژی و سیمان اسپارایت و افزایش درجهٔ خلوص آهک.

ازنظر هیدروژئولوژیکی، این لایه مهم‌ترین واحد سنگی سازند تیرگان را در منطقه تشکیل می‌دهد. در بیشتر منطقه، این واحد سنگی ضخیم‌لایه و ازنظر ساختاری در معرض انحلال قرار گرفته است. ساختار تاقدیسی ناودیسی در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

به‌شکلیست که در محور تاقدیس‌ها، سازند سرچشمه فرسایش شدیدی یافته و از بین رفته است و واحدهای سنگی آهک بالایی (E) سازند تیرگان در معرض جریان‌های نفوذی ناشی از بارندگی قرار گرفته‌اند. زیر لایهٔ آهک بالایی، واحد سنگی آهکی- مارنی بالایی (B) سازند تیرگان قرار دارد که به‌سبب نفوذناپذیری، نقش مانع جریان را دارد؛ بنابراین، توسعهٔ انحلال در این واحد سنگی بیشتر است. شکل ۷ به‌منظور تطابق ستون چینه‌شناسی چاه‌های حفرشده در منطقه با ستون چینه‌شناسی مقطع باباموسی ترسیم شده است.



شکل ۷- لاگ زمین‌شناسی هشت حلقه (از ده حلقه) چاه که بر اساس لاگ‌های ژئوفیزیکی و گزارش‌های حفاری دقیق‌تر ترسیم و اصلاح شده است. تطابق ستون چینه‌شناسی چاه‌ها بر اساس اندازه‌گیری موقعیت محل حفر چاه از سطح بالایی سازند تیرگان و اصلاح شیب توپوگرافی و شیب لایه‌بندی باتوجه‌به چین‌خوردگی منطقه انجام شده و درنهایت، با مقطع بابا موسی انطباق داده شده است.

از بین ده حلقه چاه، هشت حلقه اطلاعات کامل لاگینگ و گزارش حفاری دارند. باتوجه‌به شکل ۷ مشخص می‌شود چاه‌های حفرشده در بخش آهک بالایی که عمق ۱۳۷ تا ۱۴۰ متر دارند تا چه عمقی به واحد سنگی آهک بالایی نفوذ کرده‌اند و چاه‌های نفوذکرده تا آهک میانی و واحد آهکی- مارنی بالایی ۲۵۰ متر عمق دارند. ازآنجاکه دو حلقه چاه W01 و W02 تقریباً نزدیک به سطح لایه‌بندی حفاری شده‌اند، نتوانسته‌اند از واحدهای سنگی آهکی عبور کنند و درحقیقت، بیشتر درون یک لایه حفاری شده‌اند.

منطقه‌بندی و ارتباط آب‌دهی چاه‌ها با چینه‌شناسی سازند تیرگان

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی میزان آب‌دهی و تغییرات آن طی ۲۰ سال نشان می‌دهد سه حلقه چاه W06، W07 و W08 بیشترین آب‌دهی و کمترین تغییرات را طی این دورهٔ زمانی داشته‌اند؛ این دو حلقه چاه در واحد سنگی آهک بالایی حفر شده‌اند. اگرچه چاه‌های دیگر تا دو برابر چاه‌های یادشده عمق دارند، آب‌دهی آنها به‌مراتب تا بیش از ۵۰ درصد کمتر است (جدول ۱).

در جدول ۱، منطقه‌بندی با استفاده از اطلاعات ده حلقه چاه بهره‌برداری در منطقه شامل لاگ زمین‌شناسی، لاگینگ‌های حفاری، داده‌های موقعیت مکانی محل حفر چاه‌ها پمپاژ و آب‌دهی چاه‌ها (برای هر ده حلقه) و تغییرات آب‌دهی طی ۲۰ سال انجام شده است و دسته چاه‌ها به‌شکل زیر بررسی و مقایسه شده‌اند: ۱- چاه‌های منطقهٔ سایت؛ ۲- چاه‌های قارلق‌گرمخان؛ ۳- چاه‌های نجف‌آباد یک؛ ۴- چاه‌های نجف‌آباد دو

جدول ۱- میزان و تغییرات آب‌دهی چاه‌های حفرشده در سازند تیرگان طی ۲۰ سال

شمارهٔ چاه	عمق (متر)	آب‌دهی (l/s)	کاهش آب‌دهی طی مدت ۲۰ سال (۱۳۹۴-۱۳۷۴) l/s	درصد کاهش آب‌دهی طی مدت ۲۰ سال (۱۳۹۴-۱۳۷۴)
W01	۲۵۰	۲۵	۱۲	۵۲
W02	۲۰۱	۲۵	۱۳	۵۲
W03	۲۰۱	۳۰	۲۰	۳۳
W04	۲۵۰	۳۰	۲۵	۱۶
W05	۲۵۰	۳۵	۲۵	۲۸
W06	۱۵۰	۴۰	۳۸	۰/۰۵
W07	۱۴۰	۶۰	۶۰	۰
W08	۱۳۹	۶۰	۶۰	۰
W09	۱۴۰	۲۷	۲۳	۱۴
W10	۱۳۴	۲۶	۲۲	۱۵

چاه‌های منطقهٔ سایت (W01 و W02)

در این محل، دو حلقه چاه با عمق ۲۵۰ و ۲۰۱ متر در آهک‌های تیرگان حفاری شده‌اند. طبق گزارش حفاری، لاگ زمین‌شناسی شامل آهک، آهک سیلتی، آهک سیلتی‌رسی، آهک مارنی و سیلتستون است. بر اساس گزارش حفاری، مناطق دارای درز و شکاف از عمق حدود ۱۲۰ تا ۱۵۴، ۱۶۴ تا ۱۷۲ و ۱۷۸ تا ۱۸۵ متری هستند. سطح آب در عمق ۱۲۰ متری است و عملیات آزمایش پمپاژ در یکی از آنها (W02) انجام شده است. حداکثر آب‌دهی چاه در سال ۱۳۷۴ برابر ۲۵ لیتردرثانیه بوده و طی ۲۰ سال به ۱۲ لیتردرثانیه رسیده است که نشان‌دهندهٔ پتانسیل ضعیف لایه‌های آهکی- مارنی منطقه است؛ از سویی به‌علت شیب زیاد واحد سنگی، حفاری تقریباً به موازات لایه‌بندی یا نزدیک به آن انجام شده که این مسئله در کاهش آب‌دهی و تغییرات آن طی ۲۰ سال نقش عمده داشته است (شکل ۸، A).

چاه‌های قارلق و گرمخان

چهار حلقهٔ W03، W05 و W04، W06 در منطقهٔ قارلق و گرمخان حفاری شده‌اند؛ دو حلقه چاه W03 و W06 به شرکت پتروشیمی و دو حلقه چاه W04 و W05به شرکت آب و فاضلاب روستایی مربوط است. چاه W06 ۱۵۰ متر عمق دارد و چاه‌های W03، W04 و W05 به‌ترتیب ۲۰۱، ۲۵۰ و

www.SID.ir

Archive of SID

۲۵۰ متر عمق دارند. چاه W05 ۲۵۰ متر عمق دارد که بخشی از آن از واحد سنگی آهک بالایی عبور کرده است و به‌شکل نسبی آب‌دهی بیشتری دارد. چاه W06 بر اساس موقعیت چینه‌شناسی در واحد سنگی آهک بالایی حفر شده است و آب‌دهی ۴۰ لیتردرثانیه دارد و طی ۲۰ سال کاهش محسوسی نداشته است؛ اگرچه این چاه عمق کمتری نسبت به سه حلقه چاه نزدیک به خود دارد، آب‌دهی بیشتری دارد. سه حلقه چاه دیگر عمق بسیار بیشتر (تا ۲۵۰ متر) و آب‌دهی کمتری دارند؛ علت این امر، عبور چاه‌ها از لایه‌های مارنی- آهکی است (شکل ۸، B).

چاه‌های منطقهٔ نجف‌آباد یک

در منطقهٔ نجف‌آباد، دو جفت چاه حفاری شده است و چون میزان آب‌دهی هر جفت چاه نزدیک به هم است، هر دو حلقه باهم بررسی می‌شوند. در منطقهٔ یک، دو حلقه چاه W07 و W08 به‌ترتیب با عمق ۱۴۰ و ۱۳۹ متر حفاری شده‌اند. نمونه‌برداری از خرده‌های حفاری انجام‌شده و سرعت پیشرفت حفاری در گزارش حفاری آمده است؛ به‌طوری‌که عمق‌هایی که درزه و شکستگی داشته‌اند، روی لاگ زمین‌شناسی نشان داده شده‌اند. لاگ‌های به‌دست‌آمده از سطح زمین تا عمق ۲۰ متری چاه گویای وجود لایه‌هایی از سازند سرچشمه است و از اعماق ۲۰ متری به بعد، آهک متراکم تیرگان قرار دارد. باتوجه‌به گزارش حفاری، چاه از عمق ۴۰ تا ۷۰ متری به درزه و شکستگی حاوی آب برخورد کرده است و از اعماق ۷۰ تا ۹۰ متری آهک متراکم و بدون درزه و شکاف وجود دارد. این دو حلقه چاه در واحد سنگی آهک بالایی حفر شده‌اند و آب‌دهی زیاد آنها و کاهش‌نیافتن آن طی ۲۰ سال نشان از کارست توسعه‌یافته در این نقطه دارد (شکل ۸، C).

چاه‌های منطقهٔ نجف‌آباد دو

دو حلقه چاه شمارهٔ W09 و W10 به‌ترتیب با عمق ۱۴۰ و ۱۳۴ متر مستقیماً روی آهک تیرگان حفاری شده‌اند. آب‌دهی این دو حلقه چاه کمتر از دو حلقه چاه منطقهٔ یک است. اطلاعات لاگ‌ها و گزارش‌های حفاری نشان‌دهندهٔ درزه و شکاف کمتر و آهک متراکم‌تری نسبت به منطقهٔ یک است. همچنین ممکن است جانمایی یا مراحل فنی حفاری چاه به‌درستی انجام نشده باشد، اما درصد کم کاهش آب‌دهی در این دو حلقه چاه طی ۲۰ سال مؤید پتانسیل زیاد برای تداوم آب‌دهی است؛ این مطلب، علت شایان توجهی بر توسعهٔ مناسب کارست در واحد سنگی آهک بالایی است؛ هرچند در جانمایی و مسایل فنی حفاری چاه دقت لازم نشده است. از سویی، سازند سرچشمه روی تیرگان قرار ندارد و فرسایش یافته است که به نظر می‌رسد زمان چرخش آب در سازند کاهش یافته باشد و باتوجه‌به شیب لایه‌ها، آب از دسترس خارج می‌شده است (شکل ۸، D).

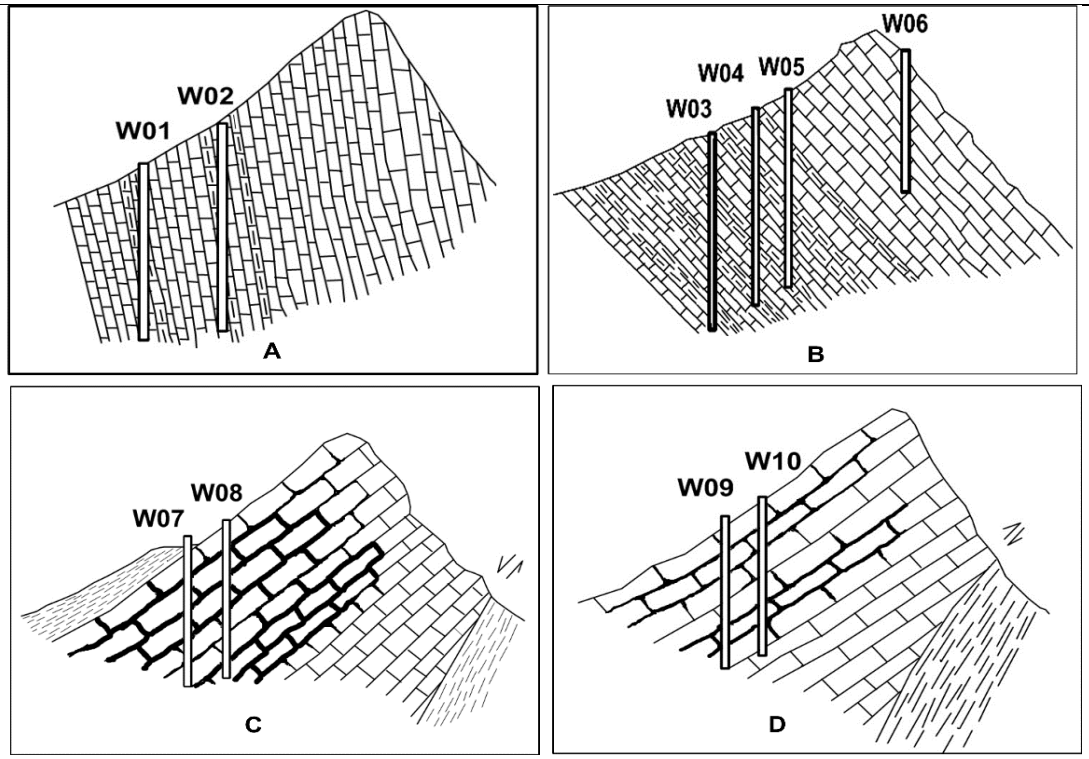
تقسیم‌بندی هیدرواستراتیگرافی سازند تیرگان

باتوجه‌به آنچه از اطلاعات چینه‌شناسی، داده‌های بررسی سنگ‌شناسی نمونه‌های برداشت‌شده و زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی و آب‌دهی چاه‌ها و تغییرات آنها و بررسی لاگ‌های حفاری از چاه‌های منطقه به دست آمد، می‌توان سازند تیرگان را به لایه‌های دارای تراوایی مختلف تقسیم کرد؛ به‌طوری‌که سازند تیرگان را نمی‌توان یک واحد سنگی کارستی یکنواخت در نظر گرفت، بلکه داخل آن واحدهای سنگی مختلف رفتار هیدروژئولوژیکی متفاوتی دارند؛ بنابراین به‌سبب وضعیت چینه‌ای، توسعهٔ کارست در این واحدها بسیار متفاوت رخ داده است. همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، واحدهای سنگی آهکی نقش لایهٔ تراوای کارستی و واحدهای سنگی آهکی- مارنی نقش لایه‌های نیمه‌تراوا و حتی ناتراوا را بازی می‌کنند. توسعهٔ کارست در هریک از واحدهای سنگی آهکی متفاوت بوده است؛ به‌طوری‌که نقش چینه‌شناسی پراهمیت‌تر جلوه می‌کند. واحد سنگی آهک بالایی به‌سبب موقعیت چینه‌شناسی زیر سازند

www.SID.ir

Archive of SID

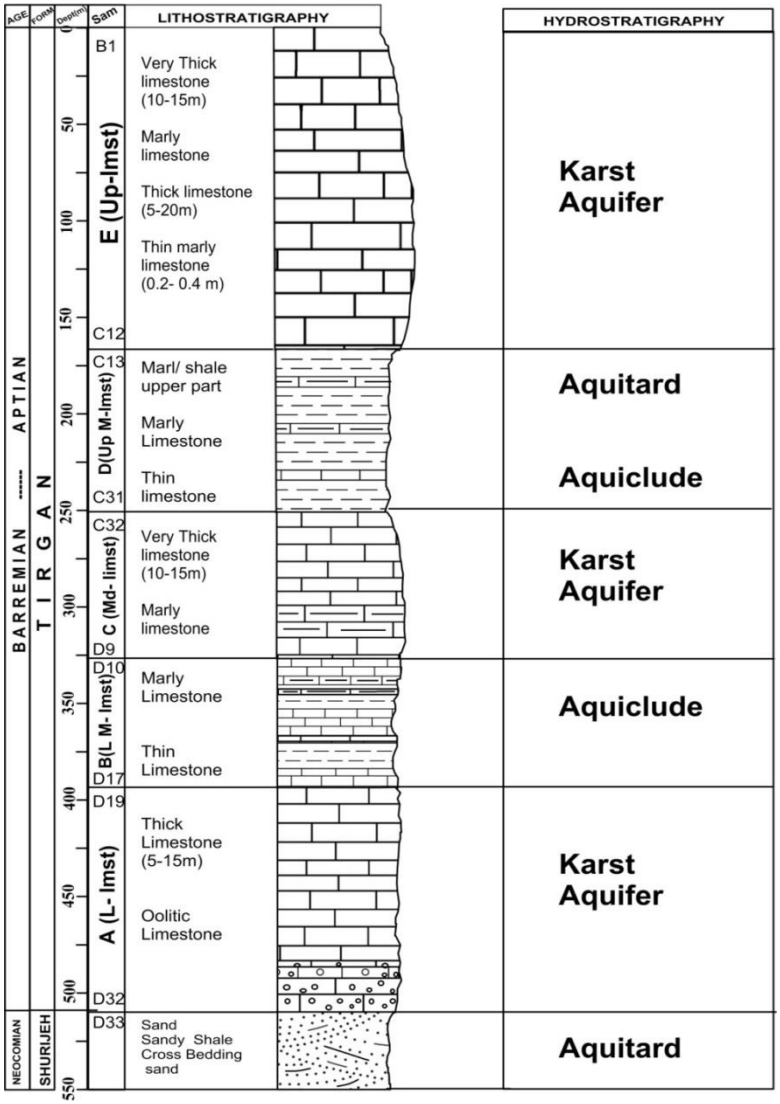
سرچشمه قرار گرفته و در بیشتر مناطق کپه‌داغ و ازجمله منطقهٔ مطالعه‌شده، سازند سرچشمه به‌علت فرسایش از بین رفته و این واحد سنگی آهکی در معرض بارندگی مستقیم قرار گرفته است؛ از سویی به‌علت خلوص زیاد، بسیار بیشتر از سایر واحدهای سنگی آهکی درون سازند تیرگان در معرض انحلال واقع شده است. توالی چینه‌شناسی سازند تیرگان که شامل تناوبی از مارن و آهک است، در توسعهٔ کارست سایر واحدهای درون سازند تیرگان نقش اساسی داشته است. زیرواحدهای مارنی به‌سبب سنگ‌شناسی، نقش لایهٔ ناتراوا را داشته‌اند و به‌ویژه در واحدهای سنگی آهک پایینی مانع توسعه‌یافتگی کارست شده‌اند.



شکل ۸– برش‌های چینه‌شناسی سازند تیرگان در محل حفر چاه‌ها و شیوهٔ قرارگیری چاه‌ها نسبت به سطح بالایی سازند تیرگان؛ A. چاه‌های منطقهٔ سایت: چاه‌ها تقریباً به موازات لایه‌بندی حفر شده‌اند و از لایه‌های مارنی و مارنی– آهکی عبور کرده‌اند، B. چاه‌های قارلق گرمخان: چاه‌ها در تناوبی از لایه‌های آهکی و آهکی‌مارنی حفر شده‌اند، C. چاه‌های نجف‌آباد یک: چاه‌ها با عمق کم در لایه‌های ضخیم آهکی حفر شده‌اند و کارست توسعه یافته است، D. چاه‌های نجف‌آباد دو: چاه‌ها در لایهٔ آهکی ضخیم‌لایه حفر شده‌اند، اما لایهٔ محصورکنندهٔ بالایی از بین رفته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- تبدیل لیتواستراتیگرافی به هیدرواستراتیگرافی؛ واحدهای سنگی آهک پایینی (A)، آهک میانی (C) و آهک بالایی (E) سازند تیرگان به‌عنوان لایه‌های تراوا (آبخوان کارستی) و واحدهای آهکی- مارنی (B و D) به‌عنوان لایه‌های ناتراوا و نیمه‌تراوا تقسیم شده‌اند. سازند شوریجه با سنگ‌شناسی ماسه‌سنگ سیمانی‌شده و شیل‌های قرمزرنگ به‌عنوان لایهٔ ناتراوا در منطقه عمل می‌کند. افزایش رس در بخش بالایی واحد سنگی مارنی- آهکی بالایی (D)، آن را به لایهٔ ناتراوا تبدیل کرده است.

بحث و نتیجه

اطلاعات حاصل از ستون چینه‌شناسی باباموسی، اطلاعات چاه‌های منطقه شامل لاگ‌های حفاری و آب‌دهی چاه‌ها در کنار یکدیگر قرار گرفتند و پنج واحد سنگی (سه واحد سنگی آهکی شامل واحد سنگی آهک پایینی (A)، واحد سنگی آهک میانی (C) و واحد سنگی آهک بالایی (E) و دو واحد سنگی آهکی- مارنی (B و D) در این برش چینه‌شناسی تفکیک شدند؛ تغییرات هریک از این واحدهای سنگی را می‌توان در منطقهٔ مطالعه‌شده باتوجه‌به چینه‌شناسی ساده و توالی سیستماتیک دنبال کرد. ساختار سادهٔ تاقدیسی ناودیسی که با

www.SID.ir

Archive of SID

گسل‌های عرضی قطع شده، تغییرات زیادی را در روند یادشده ایجاد نکرده است و به‌هم‌ریختگی تکتونیکی مشاهده نمی‌شود. اطلاعات تحلیل‌شده از چاه‌های منطقه و مقایسهٔ آنها با ستون چینه‌شناسی کامل برداشت‌شده از مقطع باباموسی نشان می‌دهد چاه‌ها اغلب در واحد سنگی آهک بالایی و حداکثر واحد سنگی آهک میانی حفاری شده‌اند. موقعیت واحدهای سنگی آهکی و واحدهای سنگی آهکی- مارنی به‌شکلیست که لایه‌های مارنی در نقش لایه‌های نیمه‌تراوا و گاهی ناتراوا ظاهر و باعث توسعه‌نیافتن کارست در واحدهای آهکی زیرین شده‌اند. واحد سنگی آهک بالایی (E) زیر سازند سرچشمه قرار گرفته است، اما چون سازند سرچشمه در اثر فرسایش از بین رفته است، این واحد سنگی در معرض جریان‌های بارندگی قرار گرفته است؛ از سویی، واحد سنگی مارنی بالایی (D) زیر آن قرار دارد که تقریباً مانند لایه‌ای نفوذناپذیر عمل کرده است. علاوه‌بر موارد یادشده، چون این واحد سنگی درجهٔ خلوص بیشتری داشته، کارست توسعه‌یافته را تشکیل داده است. پیامد این توسعه‌یافتگی در آب‌دهی زیاد چاه‌ها در این واحد مشاهده می‌شود. چاه‌هایی که به واحد سنگی آهک میانی نفوذ کرده‌اند، اگرچه عمق بیشتری دارند، آب‌دهی کمتری دارند که از حضور لایه‌های مارنی بین لایه‌های آهکی و همچنین قرارگیری بین واحد سنگی مارن بالایی و واحد سنگی مارن پایینی ناشی می‌شود. برخی چاه‌ها که در واحد سنگی آهک بالایی حفر شده‌اند، ابتدا آب‌دهی زیادی نداشته‌اند (به‌سبب دلایلی مانند جانمایی نامناسب، حفاری غیراصولی و توسعهٔ ناکافی چاه)، اما درصد کاهش آب‌دهی این چاه‌ها طی ۲۰ سال نسبت به سایر چاه‌ها کمتر بوده است که توسعهٔ مناسب کارست واحد سنگی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، واحد سنگی آهکی ضخیم‌لایهٔ بالایی مناسب‌ترین لایه برای حفاری چاه به‌منظور دستیابی به آب بیشتر در عمق کمتر است؛ مشروط به اینکه سایر مراحل فنی جانمایی و حفاری نیز رعایت شوند. باتوجه‌به توالی چینه‌شناسی سازند تیرگان می‌توان آن را به واحدهای هیدرواستراتیگرافی تقسیم‌بندی کرد.

References

Afshar-harb A. 1994. Geology of Kopet Dagh.- Geological Survey of Iran publication, Tehran, 275 p.

Aghanabati A. 2004. Geology of Iran, Geological Survey of Iran, Tehran, 586 p.

Batsche Bauer F. Behrens H. Buchtela K. Dombrowski H. Geisler J. 1970. Kombinierte Karst wasser unter suchungen im Gebiet der Donauversickerun (Baden-Württemberg) in den Jahren 1967-1969. Steir. Beitr. Z Hydrogeologie, 22: 1–165.

Dickson J.A.D. 1965. A Modified Staining Technique for Carbonates in Thin Section. Nature, 205: 587-587.

Dunham R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 1:108–121.

Domenico P.A. and Schwartz F.W. 1998. Physical and Chemical Hydrogeology (Vols. Vol. 9 no. 4). 2nd (Ed.), John Wiley and Sons Inc.

Fetter C.W. 2001. Applied hydrogeology, 4th edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Flügel E. 2004. Microfacies analysis of limestone: Analysis, interpretation and application, Springer, Berlin, 976 p.

Freeze R.A. and Cherry J.A. 1979. Groundwater: Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 604 p.

Füchtbauer H. 1988. Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart: Schweizerbart, 1141 p.

Goldscheider N. 2005. Fold structure and underground drainage pattern in the alpine karst system Hochifen- Gottesacker. Eclogae Geologicae Helvetiae, 98, 1–1Hughes, T. H.; Memon, B. A.; Lamoreaux, P. E. (1994). Landfills in Karst Terrains. Bull. Assoc.Eng. Geo, XXXI, 203-8.

Huntoon P. W. 1977. Cambrian stratigraphic nomenclature and ground-water prospecting failures in the Huala- pai Plateau, Arizona. Ground Water, 15:426-33

Legrand H.E. and Stringfield V.T. 1966. Development of Permeability and Storage in the Tertiary Limestones of the Southeastern States. Intern. Assoc. Sci. Hydrol, 9(4): 61–73.

Legrand H.E. & Stringfield V.T. 1971. Water levels in carbonate rock terranes. Ground Water, 9(3):4-10.

Palmer A. N. 1986. Prediction of contaminant paths in karst aquifers, in Proceedings of the Environmental Problems in Karst Terranes

www.SID.ir

Archive of SID

UNESCO. 1984b. Guide to the Hydrology of Carbonate Rocks, Studies and reports in Hydrology, 41 p.345.

White W. B. 1969. Conceptual models for carbonate aquifers. Ground Water, 21-15-7.

White W. B. 1988. Geomorphology and hydrology of karst terrains. New York: Oxford University Press, 464 p.

White W. B. 2013. Karst Hydrology Concepts from the Mammoth Cave Area, 352p.

and Their Solutions Conference, Dublin, Ohio: National Water Well Association, 32-53

Schwartz F.W. And Zhang H. 2003. Fundamentals of Ground Water. John Wiley and Sons, Inc., New York, 583p.

Twenter F. R. 1962. Geology and promising areas for ground-water development in the Hualapai Indian Reservation. Arizona. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1576-A.

www.SID.ir