

کاربرد چاه پیمایی در تعیین فشار هیدرولیکی سفره‌های زیرزمینی آب ناحیه کارستی قصر قمشه - جنوب غرب ایران

احمد زمانی* و احمد حسینی رچی**

چکیده

کشور ایران در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. وجود سازندهای آهکی و شرایط مناسب زمین‌شناسی باعث ایجاد و توسعه پهنه‌های وسیع کارستی در این سرزمین شده است. کاهش و یا آلودگی آبهای زیرزمینی موجود در آبرفت‌ها از یک طرف و توسعه مراکز جمعیتی، صنعتی و کشاورزی از طرف دیگر، مطالعه و شناخت منابع عظیم آبهای کارستی را از اهمیت فراوان برخوردار نموده است. در این مطالعه با استفاده از چاه نگاشتهای ژئوفیزیکی، جنس لایه‌ها، موقعیت شکستگی‌ها و محل‌های تغذیه و تخلیه آب در آبخوانهای کارستی ناحیه قصر قمشه واقع در زاگرس، جنوب غربی ایران بررسی و تعیین شده است. چاه نگاشتهای به کار رفته عبارتند از: گاما، نوترون - نوترون، الکترونیک، گاما - گاما، قطرسنج، درجه حرارت، جریان سنج و مقاومت مخصوص سیال. مطالعه برخی خواص هیدروژئولوژی به خصوص فشار هیدرولیکی نشان می‌دهد که آبهای زیرزمینی این ناحیه کارستی عمدتاً در دو سفره با فشارهای هیدرولیکی متفاوت محدود شده‌اند. اختلاف فشار هیدرولیکی این دو سفره، که به وسیله لایه‌های مارنی ناتراوا از هم جدا شده‌اند، تقریباً برابر با ۱۷۰ متر تعیین شده است.

کلیدواژه‌ها: چاه پیمایی، چاه نگاشتهای ژئوفیزیکی، هیدروژئولوژی، فشار هیدرولیکی، آبخوان، کارست

۱ مقدمه

بایدوکس و دروژ^۱ (۱۹۹۳) با استفاده از چاه‌نگاشت درجه حرارت سرعت آب را در توده‌های کربناته کارستی و دارای شکستگی محاسبه نموده‌اند. برمر^۲ و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از پنج چاه‌نگاشت که از سنگهای متبلور به دست آورده، این سنگها را مطالعه نموده‌اند. آنها دریافتند که شکستگی و درزه‌های درون توده‌ها و همچنین ترکیب کانی شناختی سنگها، بیشترین تأثیر را بر خصوصیات پتروفیزیکی و هیدروژئولوژیکی آنها دارد. خصوصیات پتروفیزیکی و هیدروژئولوژیکی توده‌های کربناته و کارستی حوضه دریاچه مهارلو در فارس توسط زمانی و حسینی رچی (۱۹۹۵) با استفاده از انواع روشهای چاه‌پیمایی مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعات و بررسی‌های چاه‌پیمایی که تاکنون انجام شده به فشار هیدرولیکی و اهمیت آن کمتر توجه شده است.

مصرف روزافزون آب در جهان، بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی آبرفتها را از نظر کمی و کیفی با محدودیتهای جدی روبرو نموده است. بنابراین مطالعه و پی‌جویی منابع کارستی آب در مناطق مختلف جهان و به خصوص ایران به عنوان یکی از مهمترین ذخایر زیرزمینی آب بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. پی‌جویی‌های زیرزمینی به خصوص چاه‌پیمایی در مطالعات و بررسی‌های این منابع نقش بسیار مهم دارند. تعیین فشار هیدرولیکی به عنوان یکی از مهمترین عوامل هیدروژئولوژی کنترل کننده حرکت آب در سفره‌های زیرزمینی از اهمیت فراوان برخوردار است. فشار هیدرولیکی می‌تواند باعث سرایت آلودگی از سفره‌های آلوده به سایر سفره‌ها و یا برعکس موجب کاهش آلودگی آب اینگونه سفره‌ها شود.

1. Bidox and Drogue
2. Bremer

* بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز.
** مرکز ملی پژوهشهای کارست، وزارت نیرو شیراز.

که در آن z اختلاف ارتفاع نسبت به سطح مبنا، p فشار منفذی آب، γ وزن مخصوص آب و c عدد ثابت است. ارتباط سفره‌های آب زیرزمینی و جهت حرکت آب در بین آنها تابع فشار هیدرولیکی حاکم بر سفره‌ها می‌باشد. برای مثال اگر فشار هیدرولیکی سفره زیرین نسبت به آب‌خانه سطحی بیشتر باشد، طبیعی است که آب به سمت سفره سطحی حرکت می‌کند. در این حالت امکان بهره‌برداری از سفره سطحی بیشتر خواهد بود. از طرف دیگر اگر آب‌خانه سطحی آلوده باشد، آب تمیز سفره زیرین آلودگی آب‌های سطحی را کاهش می‌دهد. این موضوع در آب‌خانه‌های سازندهای سخت اهمیت فراوانی دارد. بسیاری از این آب‌خانه‌ها به عنوان منابع آب شرب مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. چنانچه آب این منابع در اثر سرایت مواد نفتی و یا فاضلاب‌های صنعتی آلوده شود، فشار هیدرولیکی می‌تواند به عنوان عامل مهمی در انتقال، توزیع و یا تمرکز آلودگی عمل نماید.

با توجه به اهمیت فشار هیدرولیکی و عملکرد آن در کنترل حرکت آب، مطالعه‌ای در سازندهای کربناته ناحیه قصر قمشه در جنوب غرب ایران صورت گرفته است. از آب این آب‌خانه جهت شرب و مصارف کشاورزی استفاده می‌شود.

۳ موقعیت و زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

این ناحیه در ۱۵ کیلومتری شمال غرب شیراز با طول جغرافیایی $52^{\circ}15'$ شرقی و عرض $29^{\circ}45'$ شمالی، در جنوب غرب ایران واقع شده است (شکل ۱).

آب‌خانه قصر قمشه به صورت باریکه‌ای با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد که از گویم در شمال غرب تا شرق روستای قصر قمشه ادامه دارد. این باریکه از یک تاقدیس تشکیل شده که وسط آن، در مجاورت روستای دوکوهک، از بین رفته و جاده شیراز - سپیدان از این محل می‌گذرد. بلندترین نقطه تاقدیس ۱۸۸۴ متر می‌باشد. بلندی‌های شمال روستای قصر قمشه نسبت به دشت قصر قمشه ۸۸ متر و نسبت به محل خروجی چشمه جوشک ۱۰۸ متر بالاتر قرار گرفته‌اند (مطیعی، ۱۳۷۲).

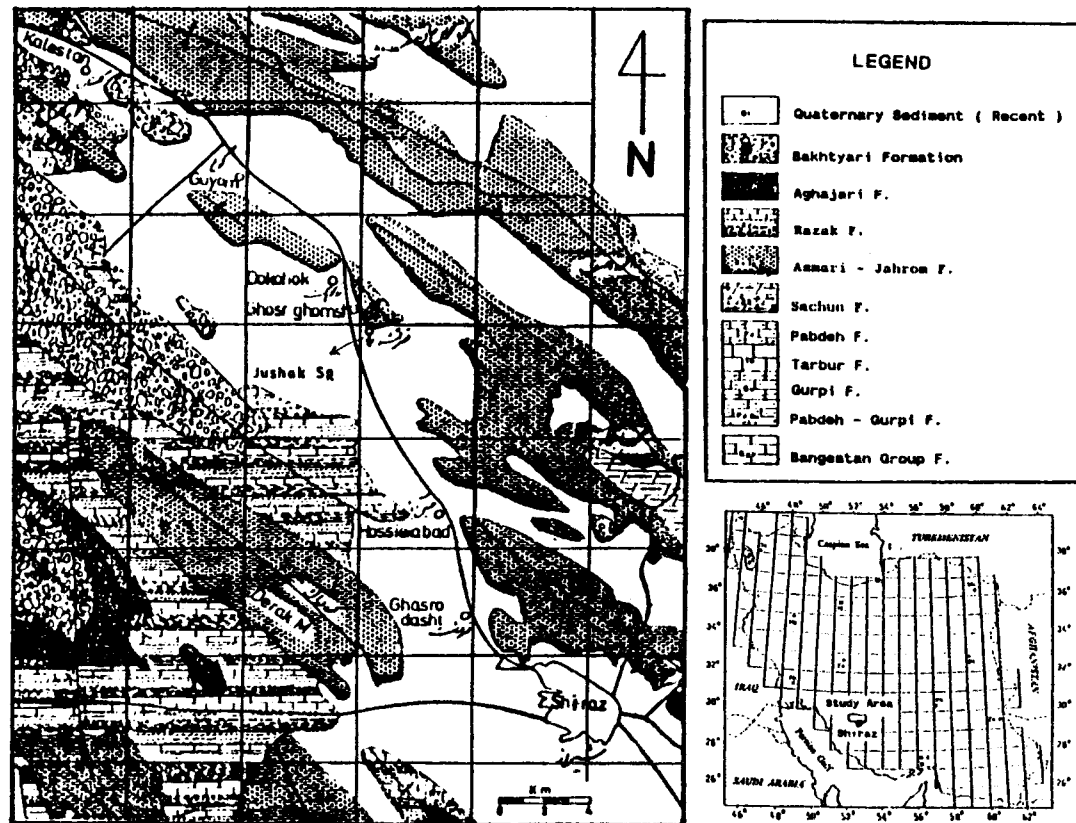
در این مطالعه برخی خواص هیدروژئولوژی به خصوص فشار هیدرولیکی سفره‌های زیرزمینی آب در ناحیه کارستی قصر قمشه واقع در جنوب غرب ایران با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی یک حلقه چاه اکتشافی و چهار پیزومتر حفر شده در این ناحیه بررسی و تعیین شده‌اند. چاه‌نگاشت‌های ژئوفیزیکی مورد استفاده شامل چاه‌نگاشت‌های پرتوگاما، نوترون - نوترون، الکتریکی، گاما - گاما، قطر سنج، درجه حرارت، جریان سنج و مقاومت مخصوص سیال می‌باشند. چاه‌نگاشت‌های هسته‌ای، الکتریکی و قطر سنجی برای تشخیص جنس و چاه‌نگاشت‌های جریان سنجی، مقاومت مخصوص سیال و درجه حرارت برای تعیین فشار هیدرولیکی، محل‌های تغذیه و تخلیه آب سفره‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعه و بررسی نتایج حاصله نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی منطقه کارستی قصر قمشه عمدتاً در دو سفره با فشارهای هیدرولیکی متفاوت محدود شده‌اند. اختلاف فشار هیدرولیکی این دو سفره تقریباً برابر با ۱۷۰ متر تعیین شده است. همچنین بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که وجود لایه‌های مارنی ناتراوا این دو سفره آب را از هم جدا نموده‌اند.

۲ فشار هیدرولیکی

حرکات آب زیرزمینی تابع وضعیت قرارگیری مخازن در برگیرنده و فشار هیدرولیکی حاکم بر آنها می‌باشد. چگونگی فشار هیدرولیکی و حرکات آب در سفره‌هایی که از سازندهای سخت، مثل کربناته‌ها، بوجود آمده‌اند، نسبت به آب‌رفتها تنوع و پیچیدگی بسیار بیشتری دارند. فشار وارد بر آب تابع شرایط و موقعیت آب‌خانه‌ها نسبت به همدیگر می‌باشد. در سفره‌های محبوس^۱ آب تحت فشار بوده و انرژی آن به حدی است که سطح پیزومتریک آب بالاتر از مرز بالایی آب‌خوان قرار گیرد. در حالی که در سفره‌های آزاد، آب تحت فشار هوا قرار دارد و سطح آب همان سطح آزاد بوده و انرژی آب عمدتاً تابع ارتفاع آن می‌باشد.

فشار هیدرولیکی آب (h) که همان انرژی در واحد وزن آب می‌باشد از رابطه زیر به دست می‌آید (دیویس و دی‌وست^۲، ۱۹۶۶).

$$h = z + \frac{p}{\gamma} + c \quad (1)$$



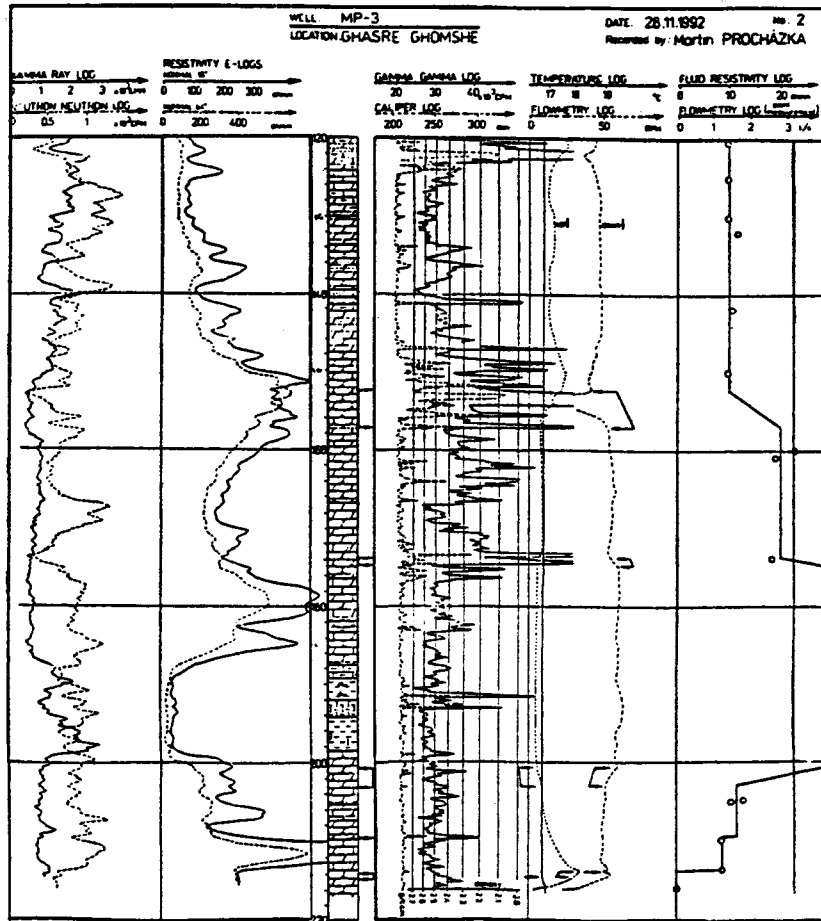
شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (حسینی‌رجی، ۱۳۷۳).

۴ روشهای چاه‌پیمایی

تهیه گردیده است. شکل ۲ نمونه‌ای از چاه‌نگاشتهای تهیه شده را در پنج ستون نشان می‌دهد. با استفاده از چاه‌نگاشتهای گاما - گاما، نوترون - نوترون و الکتریکی جنس لایه‌های موجود در این آبخانه شناسایی شده است. چاه‌نگاشتهای مقاومت مخصوص، جریان سنج، درجه حرارت و همچنین قطرسنج برای تعیین محل شکستگی‌ها و نقاط کارستی شده و در نتیجه تعیین محلهای تغذیه و تخلیه آب از چاه به کار رفته‌اند. چاه‌نگاشت مقاومت مخصوص الکتریکی آب درون چاه در سه حالت تهیه شده است. ابتدا مقاومت الکتریکی در شرایط طبیعی به دست آمده (ستون ۵ شکل ۲) که در این حالت تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نگردیده است. سپس با افزودن نمک به ستون آب

یکی از خصوصیات عمده آبخانه‌های کربناته ناهمگنی شدید در تراوایی و تخلخل آنها می‌باشد. علت آن هم تنوع زیاد محیط رسوبگذاری این نوع سازندها و تعداد فرآیندهای تکتونیکی و دیاژنزی است که بعد از رسوبگذاری کربناته‌ها بر روی آنها اثر می‌گذارند (جارداین و ویل‌شارت^۱، ۱۹۸۷). روشهای چاه‌پیمایی در اکتشاف پدیده‌های زیرزمینی بسیار دقیق و کارا هستند (داوتن^۲، ۱۹۹۴). از این رو در مطالعه سازندهای کربناته قصر قمشه از روشهای پرتوگاما، گاما - گاما، نوترون - نوترون، الکتریکی ۱۶ و ۶۴ اینچ، قطرسنج، درجه حرارت، مقاومت مخصوص سیال و جریان سنج استفاده شده است. چاه‌نگاشتهای ژئوفیزیکی مذکور از ۵ حلقه گمانه اکتشافی و پیژومتری که در آبخانه قصر قمشه حفر شده‌اند،

1. Jardine and Wilshart 2. Doveton

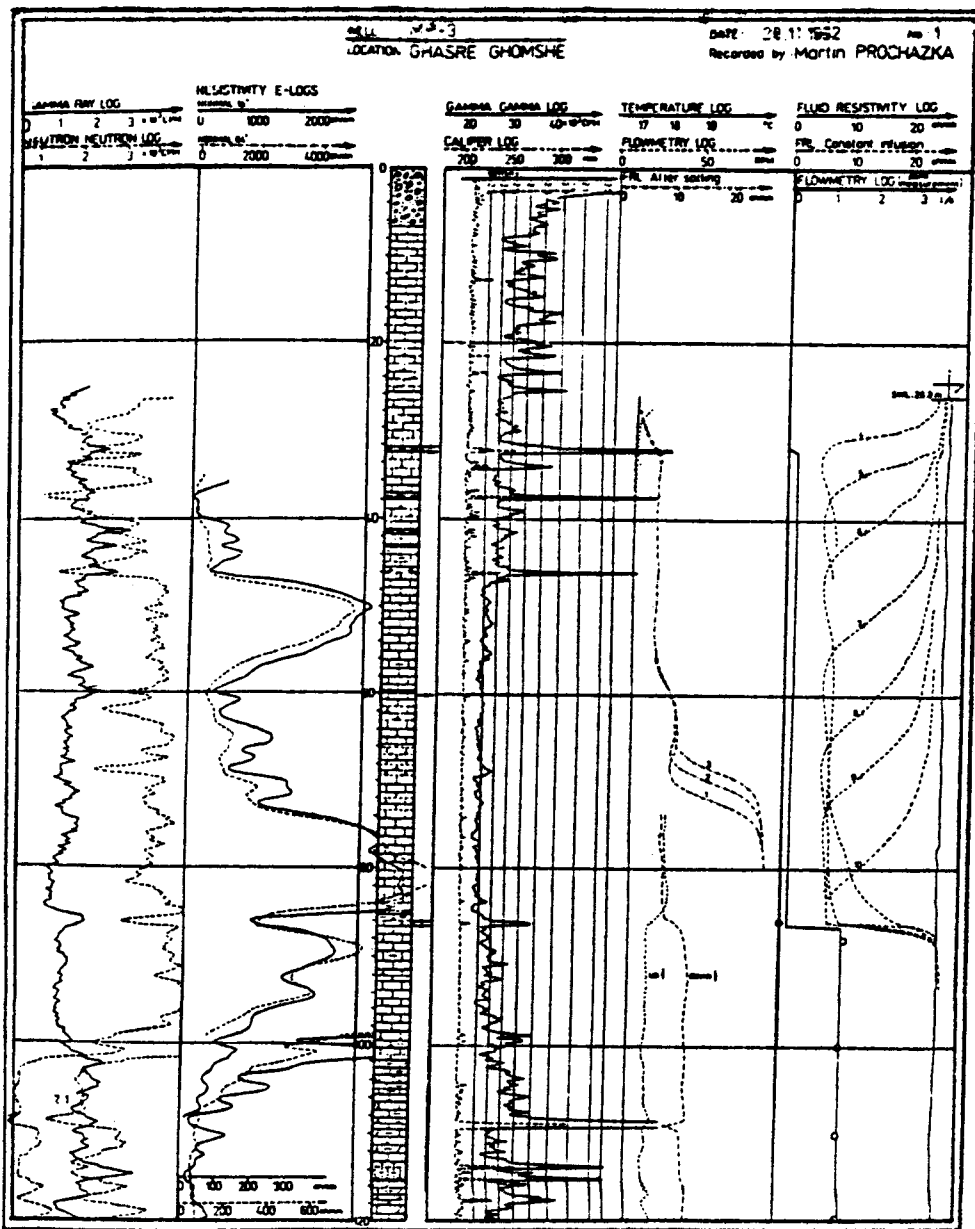


شکل ۲. نمونه‌ای از چاه‌نگاشت‌های تهیه شده در منطقه مورد مطالعه، قبل از افزودن نمک به آب چاه (حسینی رچی، ۱۳۷۳).

۵ نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از چاه‌نگاشت‌ها و مطالعه مغزه‌های بدست آمده از سازند کریناته قصر قمشه نشان می‌دهد که جنس لایه‌های این آبخانه در بخش‌های سطحی آهکی است. در عمق بیش از ۱۱۰ متر آهک دولومیتی جنس غالب را تشکیل می‌دهد. این وضعیت سنگ‌شناسی تا انتهای چاه (۲۱۶ متر) ادامه دارد. فقط در اعماق ۱۸۷ الی ۱۹۹ متری یک لایه ناتراوا از آهک مارنی و سنگ‌های رسی وجود دارد. با استفاده از چاه‌نگاشت‌های مقاومت مخصوص سیال، جریان سنج و درجه حرارت مشخص شده است که در اعماق ۲۰۲/۷، ۱۷۴/۲، ۱۵۴/۲، ۱۲۲/۵، ۱۰۹، ۸۶/۴، ۳۲/۶ و ۲۱۵ متری شکستگی و یا مجاری کارستی وجود دارد که

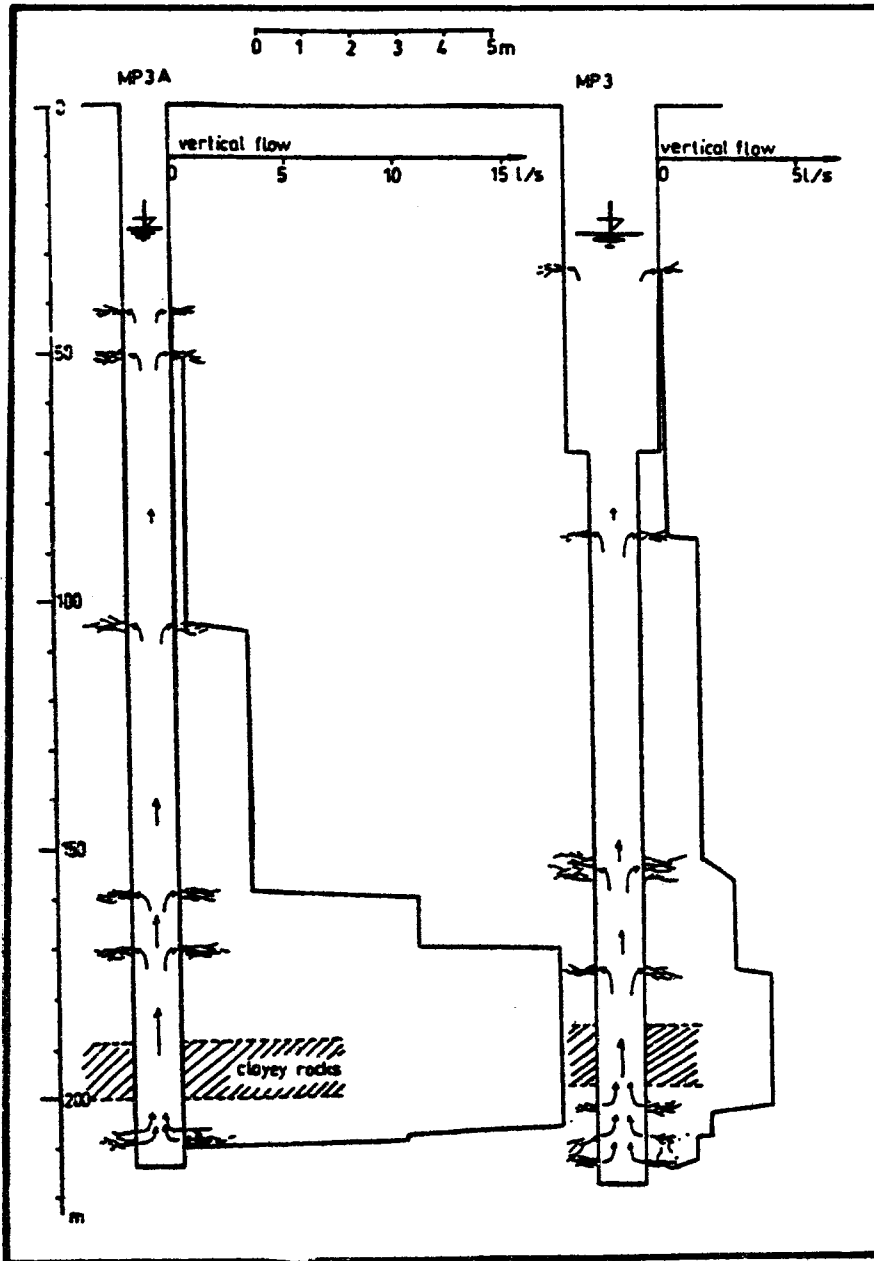
چاه مقاومت الکتریکی آب را تغییر داده و پس از مدت معینی مقاومت الکتریکی ستون آب دوباره اندازه‌گیری شده است (منحنی‌های ۱ الی ۳ در ستون ۴ شکل ۳). در حالت سوم نیز حجم ثابتی از آب شور به طور مداوم در چاه تزریق شده و جبهه پیشرونده این توده نفوذی آب شور اندازه‌گرفته شده است (منحنی‌های ۴ الی ۱۰ در ستون ۵ شکل ۳). در نتیجه انجام این سه طریقه محل‌های شکستگی و کارستی شده سازند با دقت نسبتاً زیاد مشخص شده‌اند. برای اندازه‌گیری جریان آب از چاه‌نگاشت جریان سنج استفاده شده است. در این روش مقدار جریان آب مستقیماً به دست می‌آید. در چاه‌نگاشت دما محل‌های تغذیه چاه به صورت یک ناهنجاری دیده می‌شوند.



شکل ۳. نمونه‌ای از چاه‌نگاشت‌های تهیه شده در منطقه مورد مطالعه، بعد از افزودن نمک به آب چاه (حسینی رچی، ۱۳۷۳).

جریان در یکی از پیژومترها ۱۶ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شده است. بنابراین لایه‌های ماری و رسی موجود در اعماق ۱۸۷ الی ۱۹۹ متری موجب شده تا لایه‌های کربناته بالا و پایینی از هم جدا گشته و دو آب‌خانه بوجود آید. آب‌خانه زیرین به صورت سفره محبوس عمل نموده و بار هیدرولیکی آن ۱۵۰

به عنوان معبر آب عمل می‌کنند (حسینی رچی، ۱۳۷۳). چاه نگاشت جریان سنج نشان داده است که آب در اعماق حدود ۲۱۳ الی ۲۱۶ متری از سازند وارد چاه شده سپس در طول ستون چاه بالا آمده و از طریق معبرهایی که در اعماق کمتر از ۱۷۵ متری قرار دارند مجدداً وارد سازند می‌شود. مقدار این



شکل ۴. مدل حرکت آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (زمانی و حسینی رچی، ۱۹۹۵).

تشکر و قدردانی

از آقایان مهندس احمد افراسیابیان رئیس مرکز ملی پژوهشهای کارست وزارت نیرو و مهندس هاشم کاظمی کارشناس این مرکز به خاطر همکاریهای صمیمانه در انجام این پروژه سپاسگزاری می‌شود. از معاونت پژوهشی دانشگاه

متر بیشتر از مرز بالایی اش می‌باشد. بنابراین حرکت آب در چاه، که به عنوان معبری عمودی است، رو به بالا خواهد بود. این در حالی است که آب زیرزمینی در سفره بالایی در عمق ۲۶۳ متری از سطح زمین قرار دارد. شکل ۴ مدل حرکت آبهای زیرزمینی این آبخانه‌ها را نشان می‌دهد.

- Doveton. J. H., 1994, Geologic log analysis using computer methods: The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.
- Jardine, D., and Wilshart J. W., 1987, Carbonate reservoir description: The society of economic Paleontologists and Mineralogists, **57**, 129-152.
- Water Resource Investigation and Planning Burea, 1993, Comprehensive study and research in water resources of the MAHARLU Karst Basin (Fars), progress report No. 6.
- Water Resource Investigation and Planning Burea, 1994, Comprehensive study and research in water resources of the MAHARLU Karst Basin (Fars), Vol. III, Part I.
- Zamani, A., and Hosseini Rachi, A., 1995, "The use of well logging for the study of karstic water resources in MAHARLU Basin": proceeding of the International Symposium on Karst Waters and Environmental Impacts, Antalya, Turkey.
- شیراز نیز به خاطر فراهم آوردن بخشی از امکانات مورد استفاده در این پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.
- منابع**
- حسینی رچی، ا.، ۱۳۷۳، استفاده از لاگهای ژئوفیزیکی در مطالعه برخی عوامل هیدروژئولوژیکی سازندهای کارستی حوضه مهارلو، پایان نامه فوق لیسانس، بخش زمین شناسی دانشکده علوم، دانشکده شیراز.
- مطیمی، ه.، ۱۳۷۲، زمین شناسی ایران - چینه شناسی زاگرس، سازمان زمین شناسی کشور.
- Bidox, P., and Drogue, C., 1993, Calculation of low range flow velocities in fractured carbonate media from borehole hydrochemical data-comparison data with thermometric results: G.W., **31**, 19-26.
- Bremer, M. H., Meinzer, O., and Lee, F., 1992, Lithology fracture response of common wireline logs in crystalline rocks, geological application of wireline log. II: Geological Society.
- Davis S. N. and De Wiest, R. J. M., 1966, Hydrogeology, John Wiley. Inc. New York.