

Research Article

Assessment of hydrodynamic coefficients by using resistivity and pumping test in Chenaneh plain: a case study

Akram Baramohamadi^{1*}, Seyed Yahya Mirzaee Arjenaki¹

1- Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Keywords: *Geoelectric sounding, Transmissivity, Transverse resistance, Pumping test, Specific yield.*

1-Introduction

Chananeh Plain, with an area of 636 Km² is located 25 km southwest of Dezful and 120 km west of Ahvaz. In this area, geological formations related to the Cenozoic period and mainly the Tertiary period can be observed. According to the available evidence and previous studies, the aquifer of the study area is unconfined. Based on the general results and evidence, the constituents of the aquifer are a mixture of coarse-grained sediments of sand, gravel silt, and clay materials. The percentage of fine-grained sediments is low in some areas, but in some parts, it is higher. Therefore, this area has the minimum specific resistance values. This study applied the geoelectric findings to estimate the specific yield parameter and aquifer transmissivity. Then, the information related to the pumping test of several piezometers and well logs of exploitation wells was applied to calculate the hydrodynamic parameters of the study area. These values are compared with those obtained at the sounding points adjacent to these monitoring wells. In this area, where there is no pumping test information, the transverse resistance is a quantity whose rate of change is proportional to the permeability of the aquifer (Samadi and Nakhaei, 2012).

2-Material and methods

Numerous analytical models in the aquifer have predicted the flow. When a well pumps an unconfined aquifer, the horizontal and vertical components of the flow are formed in the aquifer, and the dropped cone expands (Mohamadi and Nasimi, 2012).

This study used the Newman method to analyze the pumping test results (Neuman, 1972). Neuman (1972), assuming that the amount of drop in the aquifer is small compared to the saturation thickness of the aquifer and the specific yield is much greater than the storage coefficient, presented changes in free water level as the upper boundary condition in the two-dimensional differential equation and hydraulic analytical relationships of wells in the unconfined aquifer (Walton, 1988).

By using the geoelectric method, which includes the electrical resistance of the water in the void spaces (ρ_w) and total electrical resistance in the saturated (ρ_{sat}) and unsaturated zones (ρ_{unsat}) of the aquifer, the specific yield can be obtained by the Archi equation (equation 1). The m and n factors are related to the degree of cementation of the grains that make up the aquifer.

$$S_y = \left(\frac{\rho_w}{\rho_{sat}}\right)^{\frac{1}{m}} * \left[1 - \left(\frac{\rho_{sat}}{\rho_{unsat}}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \quad \text{(Equation 1)}$$

* Corresponding author: baramohamady@yahoo.com

DOI: 10.22055/AAG.2024.43026.2344

Received: 2023-02-15

Accepted: 2024-03-17

The electrical resistance of water in void spaces can be measuring the amount of electrical conductivity ($\mu\text{mohs} / \text{cm}$) and calculated using the following equation (Frohlich and Kelly, 1988).

$$\rho_w = \frac{10^4}{EC} \quad (\text{Equation 2})$$

3-Results and discussion

The analytical relationship obtained by Niwas and Singhal (1981) between the aquifer transmissivity and the transverse resistance using Ohm and Darcy's law is the basis of geoelectric work.

To calculate the transmissivity values at the location of each sounding, the transverse resistance (RT) diagram of these points was drawn in comparison with the transmissivity parameter (T) calculated by the pumping test method at the corresponding points, and the relationship between these two parameters was extracted ($T=0.9742RT-8.0342$). Finally, using this relation, the transmissivity values at the location of each point have been calculated. Changes in this parameter from $30 \text{ m}^2/\text{day}$ to $670 \text{ m}^2/\text{day}$ in the adjacent Bakhtiari and Lahbari formations are evident. Geoelectric methods have also recorded specific yield changes (calculated using the Archie equation) from 0.02 to 0.18. These values were validated using the pumping test, and well log results, and the final results showed good correspondence (Tables 1 and 2).

Table 1. Comparison of specific yield calculated by pumping test and geoelectric methods at piezometers adjacent to exploratory wells

Location	Pumping test results				Sounding number	Geoelectric results			
	utm _x	utm _y	Sy	T		utm _x	utm _y	Sy	T
Doselgh	212134	3568989	0.006	548	58	214077	3566819	0.06	537.5
Saabiyeh	214935	3555210	0.06	420	47	215262	3553918	0.08	376.32
Raghiveh	218556	3563057	0.14	627	51	218929	3562780	0.13	558.7
Mahareb	221011	3544708	0.011	411	64	221673	3543769	0.04	367.03
Ankoosh	232155	3562080	0.16	550	66	234894	3560436	0.16	508.2

Table 2. Transmissivity values calculated using the log wells of Chenaneh plain at some geoelectric soundings

exploitation wells	Borehole logs			Sounding number	transmissivity
	thickness	Permeability coefficient	transmissivity		
L9	20	20	400	66	508.2
L12	35	8.5	297.5	31	374
L28	25	10	250	55	287
L37	10	4	40	26	22

4-Conclusion

In the present study, 66 vertical electrical soundings (VES) were carried out using the Schlumberger electrode array to determine the status of Chananeh Plain, located in Khuzestan province. The relationship between the transverse resistance calculated at the location of each sounding and the transmissivity obtained from the pumping test results is linear. It shows a 94% coefficient of correlation. Therefore, by extracting the equation

between these two parameters, it is possible to calculate the transmissivity at the location of each sounding. Aquifer transmissivity varies from 30 m²/day for sections containing sandy and fine-grained materials to 670 m²/day for sections adjacent to the Karkheh River deposits northeast of the plain, gravel, and sand. Specific yield changes according to VES results and their validation by the pumping test results vary from 0.02 in the western and northwestern parts to 0.18 in the northern and northeastern parts. Therefore, according to the calculated hydrodynamic coefficients, the northern and northeastern regions of Chananeh Plain are in better condition because the sediments result from more erosion of Bakhtiari (Conglomerate) formation in this area.

According to Table 1, the specific yield calculated from the two methods differs in some areas, probably due to the considerable distance between the two regions being compared. In addition, according to Table 2, the amount of transmissivity calculated from the two methods is slightly different, which can be ignored due to the lower accuracy of good logs of exploration wells. According to this study and other research, the VES method is more effective for estimating hydrodynamic parameters in areas of the aquifer that do not have pumping tests.

References

- Archie, G.E., 1942. The electrical resistivity logs as an aid in determining some reservoir characteristics Petroleum technology. Technical Report 1422 American Instrument of Mining and Metallurgical Engineering 146, 54-62. <https://doi.org/10.2118/942054-G>
- Frohlich, R.K., Kelly, W.E., 1988. Estimates of specific yield with the geoelectrical resistivity method in glacial Aquifers. *Journal of Hydrology*. 97, 33-44. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(88\)90064-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90064-9)
- Mohamadi, Z., Nasimi, A., 2012. Investigation of differences between different methods of pumping test analysis in estimating free aquifer hydrodynamic coefficients. *Journal of Advanced Applied Geology* 2, 9-10.
- Niwas, S., Singhal, D.C., 1985. Aquifer transmissivity of porous media from resistivity data. *Journal of Hydrology* 82, 143-153. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(85\)90050-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(85)90050-2)
- Neuman, S.P., 1972. Theory of flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response of the water table. *Water Resources Research* 4, 1031-1045. <https://doi.org/10.1029/WR008i004p01031>
- Samadi, L., Nakhaei, M., 2012. Determination of groundwater characteristics of Shirin Ab plain in southwestern Iran by electrical resistance method. *Iranian Journal of Geology* 21, 44-46.
- Walton, W.C., 1988, Practical aspects of ground water modeling, Third edition, National Water Well Association, P. 368.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Baramohamadi, A., Mirzaee Arjenaki, S.Y., 2024. Assessment of hydrodynamic coefficients by using resistivity and pumping test in Chenaneh plain: A case study. *Adv. Appl. Geol.* 14(2): 390 – 409.

DOI: 10.22055/AAG.2024.43026.2344

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_19062.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

ارزیابی پارامترهای هیدرودینامیکی با استفاده از روش مقاومت ویژه الکتریکی و آزمایش پمپاژ: مطالعه موردی دشت چنانه

اکرم برا محمدی*

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

سید یحیی میرزایی ارجنکی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

* baramohamady@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده

در این پژوهش جهت به دست آوردن پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان از نتایج حاصل از روش ژئوالکتریک به روش مقاومت ویژه الکتریکی استفاده شده است. از سوی دیگر از اطلاعات مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای و بهره‌برداری در مجاورت سونداژهای موجود، جهت صحت‌سنجی و مقایسه نتایج نهایی بهره گرفته شد. در مطالعه حاضر، ۶۶ سونداژ الکتریکی قائم با آرایش شلومبرژه به منظور تعیین وضعیت دشت چنانه واقع در استان خوزستان برداشت گردید. رابطه مقاومت عرضی محاسبه شده در محل هر سونداژ و قابلیت انتقال حاصله از نتایج تست پمپاژ، رابطه‌ای خطی می‌باشد و ۹۴ درصد همبستگی نشان می‌دهند. بنابراین با استخراج معادله بین این دو پارامتر، محاسبه قابلیت انتقال در محل هر سونداژ امکان پذیر می‌باشد. مقادیر قابلیت انتقال آبخوان، از ۳۰ مترمربع در روز مربوط به بخش‌های حاوی مواد ماسه‌ای و ریزدانه تا ۷۰۰ مترمربع در روز مربوط به بخش‌هایی در مجاورت نهشته‌های رودخانه کرخه در شمال شرق دشت و مواد گراول و ماسه‌ای حاصل از فرسایش کنگلومرای بختیاری در مناطق شمالی، متغیر می‌باشد. تغییرات آبدی ویژه بر اساس مطالعات ژئوالکتریک و صحت‌سنجی آنها بوسیله نتایج آزمون پمپاژ از ۰/۰۲ در بخش غربی الی ۰/۱۸ در بخش شمالی متفاوت می‌باشند. بنابراین با توجه به پارامترهای هیدرودینامیکی محاسبه شده، مناطق شمالی و شمال شرقی دشت چنانه پتانسیل بهتری از نظر آب زیرزمینی دارند.

کلمات کلیدی: سونداژ الکتریکی، قابلیت انتقال، آبدی ویژه، آزمایش پمپاژ، مقاومت عرضی

۱- مقدمه

مشخصات هیدرولیکی آبخوان می‌تواند به روش‌های ژئوالکتریکی اشاره کرد اساس این روش مبتنی بر اندازه‌گیری مقاومت لایه-های زیرسطحی و تعیین حدود آبخوان، سنگ کف و مقدار نمک آب زیرزمینی می‌باشد. تلفیق روش‌های اکتشافی و ژئوالکتریکی به شرط در دسترس بودن نتایج دقیقی از آنها، می‌تواند نتایج نسبتاً مطلوبی را جهت تهیه مدل‌های آب زیرزمینی و تصمیمات مدیریتی در حوزه منابع آب در اختیار کارشناسان قرار دهد. محققان متعددی ارتباط بین متغیرهای هیدرولیکی و ژئوالکتریک را مطالعه کرده‌اند. Jones و Buford (۱۹۵۱) فاکتور سازندی و نفوذپذیری برخی از نمونه‌های ماسه را اندازه‌گیری کردند و متوجه شدند هر چقدر اندازه دانه‌ها افزایش می‌یابد به ترتیب فاکتور سازندی و نفوذپذیری ذاتی بیشتر می‌شود.

به منظور مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، کسب دانش در رابطه با پارامترهای هیدرولیکی و توصیف کمی آبخوان امری حیاتی است. روش‌های متعددی جهت محاسبه پارامترهای هیدرودینامیکی از جمله روش‌های آزمون پمپاژ، آزمایشگاهی، ردیابی، ژئوفیزیک و مدلسازی را می‌توان نام برد. رایج‌ترین و دقیق‌ترین روش تعیین پارامترهای هیدرولیکی آبخوان آنالیز داده‌های حاصل از آزمایش پمپاژ می‌باشد. معادلات استفاده شده جهت محاسبه پارامترهای هیدرودینامیکی در این روش می‌بایست با توجه به نوع آبخوان، ماهیت جریان سیال، نرخ پمپاژ و ذخیره چاه تعیین گردند (Todd and Mays 2007). از دیگر روش‌های معمول در تعیین

در دشت ترسیم گردید. در ادامه با استفاده از اطلاعات مربوط به آزمون پمپاژ تعداد محدودی از پیژومترها و لاگ حفاری چاه‌های بهره‌برداری، اقدام به محاسبه پارامترهای هیدرودینامیکی دشت گردیده و مقادیر مورد نظر با اعداد متناظر به دست آمده در نقاط سونداژهای نزدیک به این چاه‌ها مقایسه شده‌اند.

۲- روش پژوهش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت چنانه با وسعتی برابر با ۶۳۶ کیلومترمربع در ۲۵ کیلومتری جنوب غربی شهر دزفول و بین طول جغرافیایی ۵۶° ۴۷' تا ۱۶° ۴۸' شرقی و عرض جغرافیایی ۵۴° ۳۱' تا ۱۴° ۳۲' شمالی قرار گرفته است. موقعیت منطقه در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.

۲-۲- زمین شناسی و چینه‌شناسی منطقه مطالعاتی

در این منطقه سازندهای زمین‌شناسی مربوط به دوران سنوزوئیک و به طور عمده دوره ترشیاری قابل مشاهده می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به سازندهای گروه فارس شامل سازندهای بختیاری، لهبری و آجاجاری اشاره نمود. این سازندها در بیشتر بخش‌های محدوده مطالعاتی به شدت فرسایش یافته‌اند به گونه‌ای که تشخیص آن‌ها بسیار مشکل است. موقعیت و گسترش این سازندها در شکل ۱ نشان داده شده است. در نواحی شمالی، سازندهای بختیاری و لهبری برونزدگی دارند و از فرسایش این سازندها مخلوطی از رسوبات درشت‌دانه و ریزدانه به چشم می‌خورد. بیشترین برونزد سازند آجاجاری در بخش‌های غربی الی جنوب غربی وجود دارد. که از فرسایش آنها رسوبات ریزدانه ماسه‌ای نهشته شده است. این رسوبات گسترش نسبتاً زیادی دارند که در بعضی از مناطق این دشت باعث ایجاد تپه‌های ماسه‌ای وسیع گردیده است.

از دیگر رسوبات موجود در منطقه مطالعاتی می‌توان رسوبات دشت سیلابی را در مجاورت رودخانه کرخه مشاهده کرد. این رودخانه در بخش شرقی دشت جریان دارد و علاوه بر شکل‌گیری رسوبات دشت سیلابی، در جهت جریان آب زیرزمینی و تخلیه آن نقش مهمی ایفاء می‌کند. رسوبات موجود در دشت که آبخوان را تشکیل می‌دهند متأثر از زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و به ویژه واحدهای زمین‌شناسی حاشیه دشت می‌باشند.

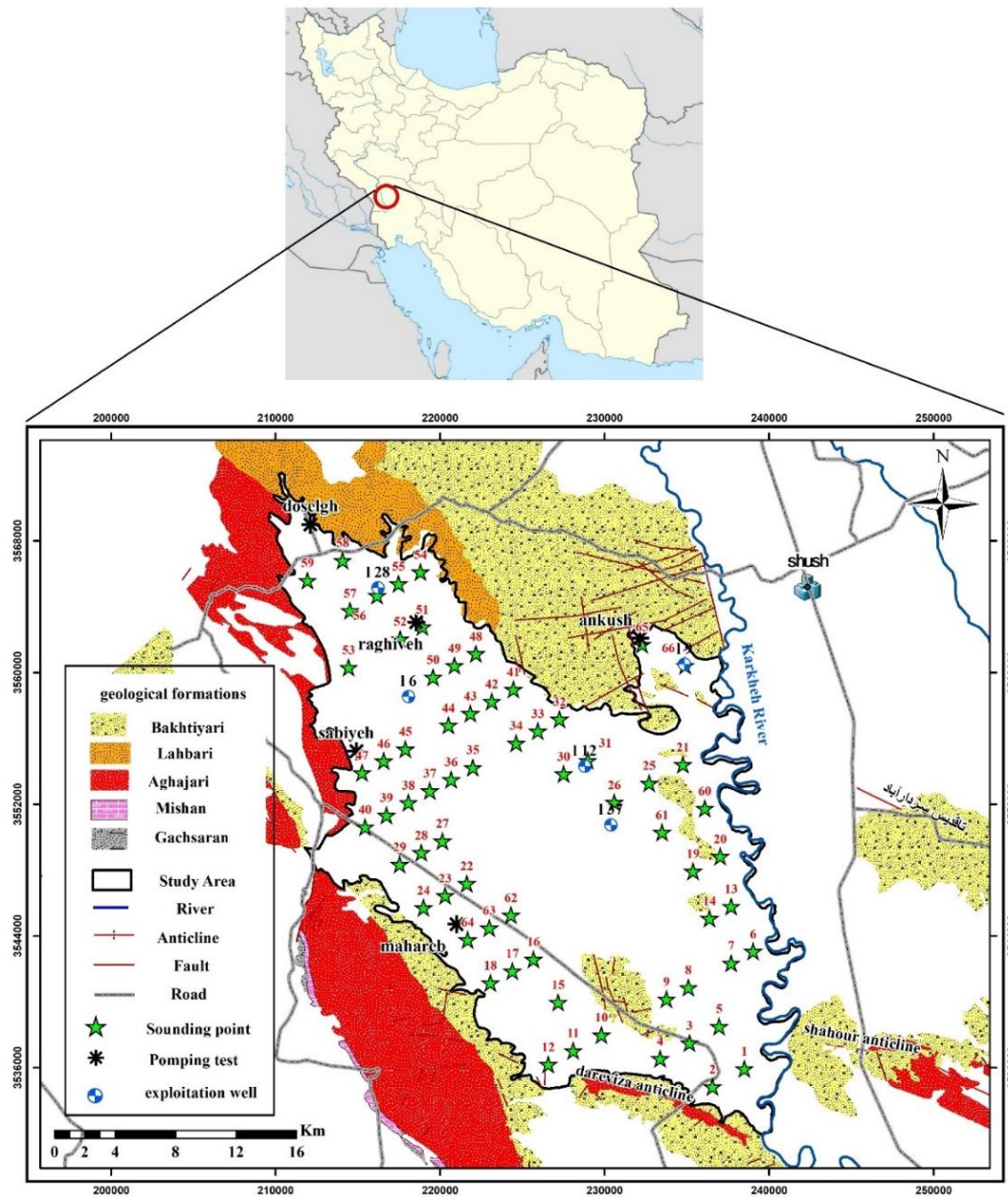
Chandra و همکاران (۲۰۰۸) با قیاس قرار دادن قانون دارسی و قانون اهم برای جریان‌های آب زیرزمینی و الکتریکی، روابط بین آنها را استخراج و جهت تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی ارائه داده‌اند. George و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش‌های ژئوفیزیک به مطالعه ویژگی‌های هیدروژئولوژی در دلتای نیجر پرداخته‌اند. Niwas (۲۰۱۲) با استفاده از روابط تجربی و نتایج حاصل از ژئوالکتریک، مقادیر تخلخل و هدایت هیدرولیکی را در آبخوان رارتال (Ruhrtal) آلمان مورد ارزیابی قرار داده است.

Samadi و Nakhaei (۲۰۱۲) ویژگی‌های آب زیرزمینی در منطقه شیرین آب با روش مقاومت الکتریکی را تعیین و عامل شوری را بعنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر روی مقاومت الکتریکی در دشت معرفی کردند. Khedri و Kalantari (۲۰۱۹) به ارزیابی آبدی و ویژه آبخوان و حجم آب قابل استحصال در منطقه شمال شرق گچساران با استفاده از روش‌های ژئوالکتریک، اکتشافی، مدلسازی و آماری پرداخته‌اند. تغییرات آبدی ویژه این دشت از ۰/۰۷ تا ۰/۰۹، و مقدار آب قابل استحصال را ۷۴ میلیون مترمکعب تخمین زده‌اند. در دشت زوزون ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان توسط Dashti و Rezaei (۲۰۱۹) بوسیله داده‌های سونداژ الکتریکی، برآورد گردیده‌اند. قابلیت انتقال و آبدی ویژه در محل هر سونداژ به وسیله روش‌های تجربی از جمله معادله آرچی (Archie) محاسبه و با مقادیر این پارامترها حاصله از آزمون پمپاژ مقایسه شدند که انطباق قابل قبولی داشتند.

در این تحقیق به منظور تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی که از مهم‌ترین خواص آبخوان می‌باشند اقدام به تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مطالعات ژئوالکتریک و آزمایش پمپاژ شده است. این پارامترها جهت محاسبات و مدلسازی دقیق مربوط به وضعیت آب زیرزمینی، حجم ذخیره و حجم آب قابل برداشت از آبخوان به منظور برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های آینده از ارکان اساسی می‌باشند. در این راستا جهت استخراج پارامترهای آبدی ویژه و قابلیت انتقال آبخوان از نتایج حاصل از یافته‌های ژئوالکتریک، بهره گرفته شد و در محل هر یک از سونداژها این مقادیر استخراج گردید و در نهایت نقشه تغییرات این پارامترها

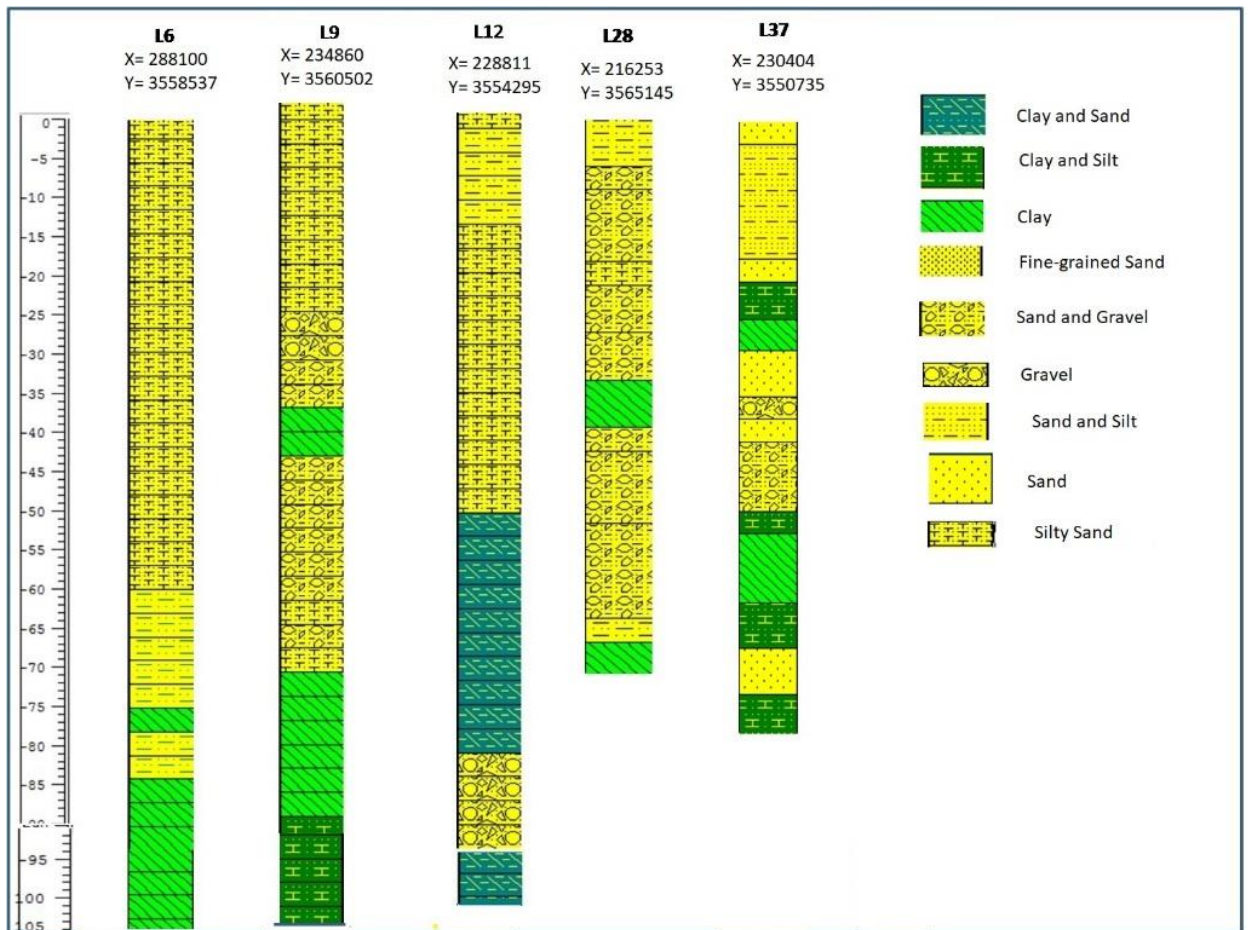
فرسایش سازندهای آغاچاری و بختیاری به همراه ماسه بادی می باشد.

در بخش های شمال غربی سنگ کف آبخوان چنانچه را سازند آغاچاری و بخش لهبری، و در بخش های مرکزی و جنوبی سازند بختیاری تشکیل داده است. بطور کلی بخشی از رسوبات موجود در این آبخوان توسط رودخانه کرخه و بخشی دیگر مربوط به



شکل ۱- نقشه موقعیت و زمین شناسی منطقه مطالعاتی.

Fig. 1. Location map and geology of the study area.



شکل ۲- لاگ حفاری تعدادی از چاههای بهره‌برداری دشت چنانه.
Fig.2. Borehole log of several wells exploited in Chananeh plain

بختیاری حفر گردیده‌اند، ضخامت بیشتری از رسوبات دانه-درشت شن، ماسه و گراول را در توالی خود نشان می‌دهند که منشأ این رسوبات دانه درشت مربوط به بروزندگی و فرسایش کنگلومرای بختیاری است.

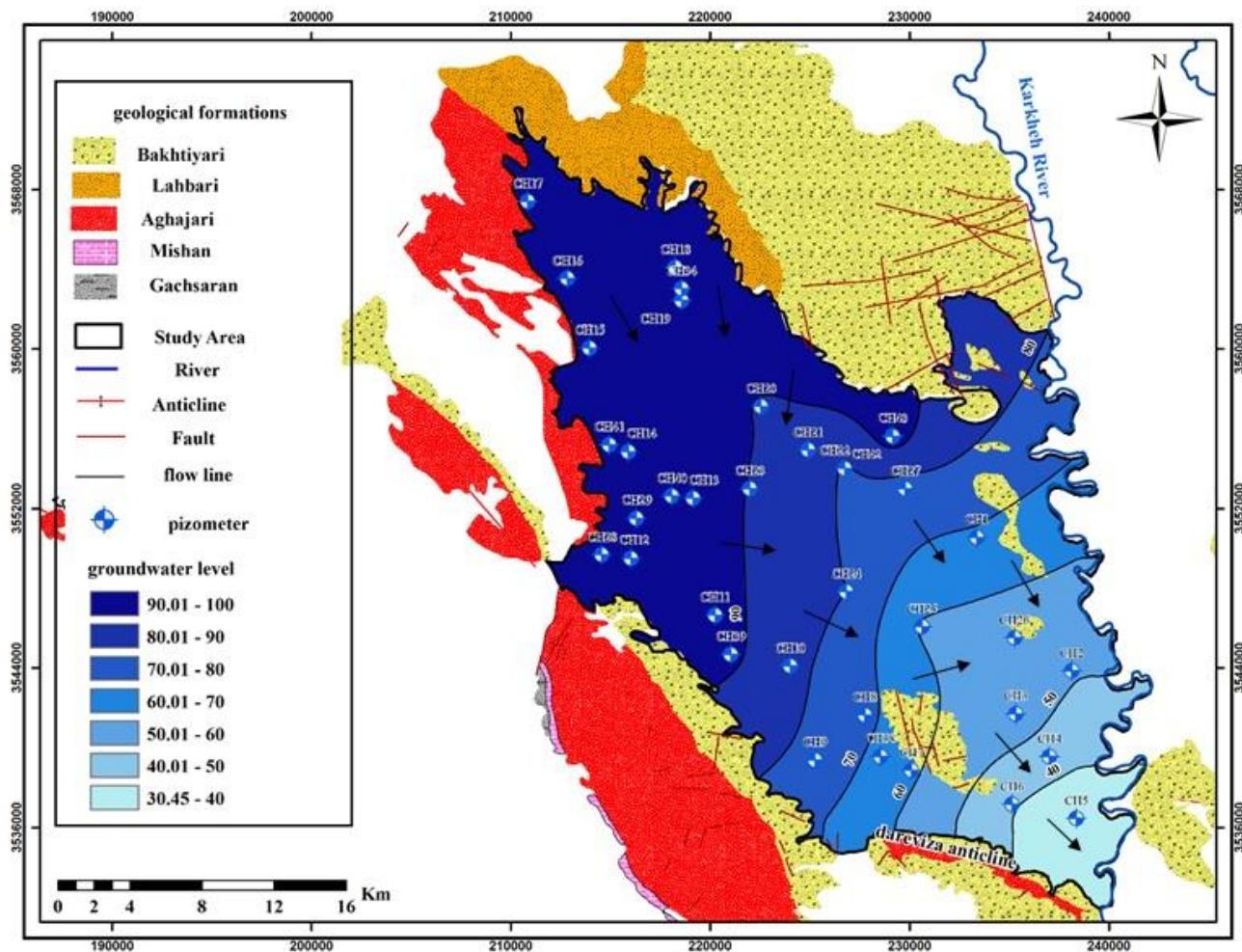
۲-۳- هیدروژئولوژی منطقه مطالعاتی

در دشت چنانه تعداد ۳۶ پیزومتر با پراکندگی مناسب موجود می‌باشد با توجه به اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری سطح آب این پیزومترها، مشاهده گردید که در بخش‌های شرقی و شمال شرقی دارای عمق آب زیرزمینی کمتر و بخش‌های غربی و شمال غرب دارای عمق آب بیشتری می‌باشند. بطوریکه سطح آب آنها از ۲ متر تا ۳۰ متر متغیر می‌باشد. جهت جریان آب زیرزمینی از بخش‌های شمال و شمال غرب

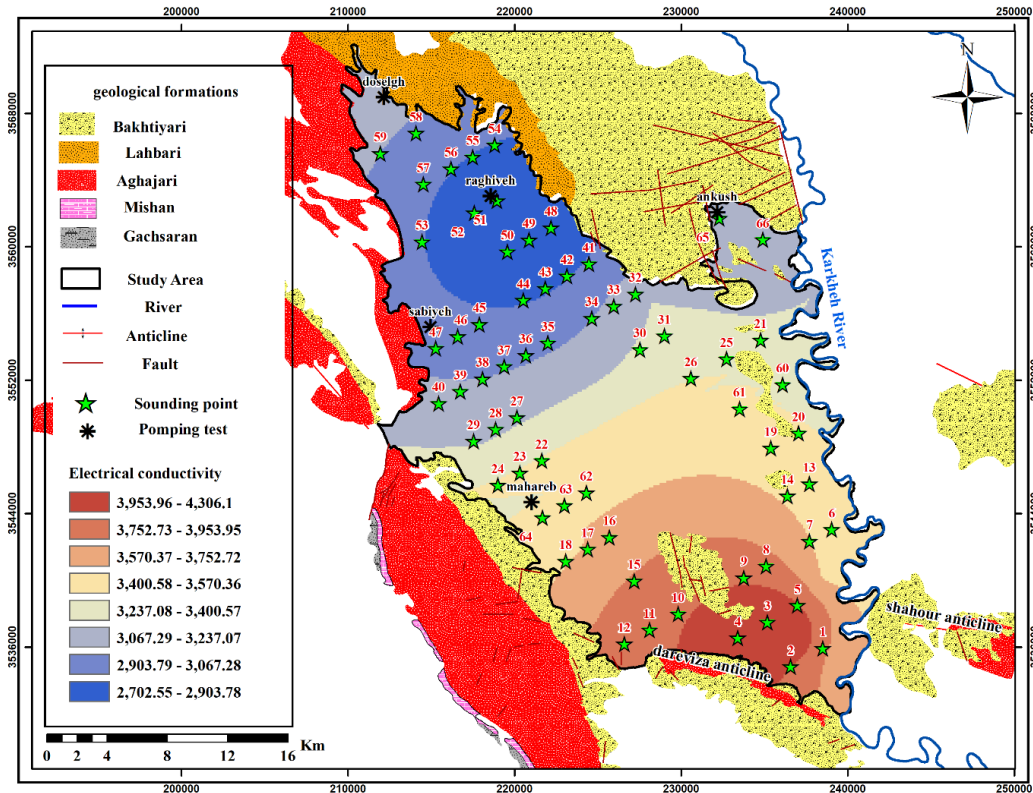
جهت بررسی ساختار زیرسطحی در محدوده مطالعاتی از لاگ تعدادی از چاههای بهره‌برداری موجود در دشت چنانه استفاده شده است (شکل ۲). توالی رسوبی در این ناحیه به دو صورت مشاهده می‌شود: بعضی از لاگ‌ها شامل رسوبات ریزدانه از جمله رس، سیلت و ماسه ریزدانه تا ماسه‌های متوسط می‌باشند. این توالی رسوبی بیشتر در حوالی غرب دشت چنانه که رخنمون سازند آغاچاری وجود دارد، مشاهده می‌گردند. بعضی دیگر از لاگ‌های چاههای بهره‌برداری موجود در این دشت شامل رسوبات درشت‌دانه از شن، ماسه و گراول با میان‌لایه‌هایی از سیلت و رس می‌باشند. از طرفی، چاههای بخش شمال شرقی دشت که در حوالی سازند

بر روی تغییرات مقاومت ویژه و مقاومت عرضی آبخوان، بوسیله یافته‌های ژئوالکتریک در بخش‌های بعدی شرح داده شده است. بر اساس نتایج و شواهد موجود مواد تشکیل دهنده آبخوان مخلوطی از رسوبات درشت‌دانه شن، ماسه و گراول به همراه مواد ریزدانه سیلت و رس می‌باشد که در برخی مناطق درصد رسوبات ریزدانه محدود و در بخش‌هایی درصد مواد ماسه‌ای ریزدانه و سیلت بیشتر می‌باشد بگونه‌ای که با توجه به ضخامت کم این مناطق مقادیر مقاومت ویژه حداقل را به خود اختصاص داده‌اند.

به سمت شرق و جنوب شرق می‌باشد بگونه‌ای که بخشی از آب زیرزمینی این دشت در بخش جنوب شرقی دشت به رودخانه کرخه تخلیه می‌گردد (شکل ۳). در شکل شماره ۴ نقشه تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان ارائه شده است همانگونه که در این نقشه مشاهده می‌شود تغییرات هدایت الکتریکی از ۲۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در بخش‌های شمالی در مجاورت رسوبات درشت دانه و منطقه تغذیه آبخوان در شمال تا ۴۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در بخش‌های جنوبی در مجاورت رسوبات ریزدانه و منتهی به منطقه تخلیه آبخوان متغیر می‌باشد. بررسی تأثیر این پارامتر



شکل ۳- نقشه جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان دشت چنانه.
Fig. 3. Map of aquifer flow line in Chananeh plain aquifer.



شکل ۴- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی آبخوان در آبخوان دشت چنانه.

Fig. 4. Map of changes in aquifer electrical conductivity in Chananeh plain aquifer.

۲-۴- روش ژئوالکتریک

در مطالعات ژئوالکتریک، روش سونداژ الکتریکی قائم (VES) به دلیل سادگی کاربرد فراوانی دارد. در این روش رابطه بین مقاومت الکتریکی مواد با عمق مطالعه می‌شود. مقاومت الکتریکی مواد به عوامل داخلی (ترکیب کانی‌شناسی و ساختمان درونی) و عوامل خارجی (تخلخل، درز و شکاف، میزان شوری، لیتولوژی سفره، درجه حرارت و ...) بستگی دارد (Khemelevskoy and Shevnin, 1994). برای تفسیر داده‌های برداشت شده بوسیله برنامه‌های رایانه‌ای با توجه به ویژگی‌های مقطع و وضعیت زمین‌شناسی منطقه برای هر نقطه سونداژ یک مدل اولیه ترسیم می‌گردد و با مقایسه منحنی صحرایی (عملی) و منحنی مدل (تئوری) بهترین انطباق ایجاد می‌شود این مرحله را حل معکوس می‌گویند. در سونداژهای الکتریکی قائم مقاومت الکتریکی ظاهری، تابع ضخامت و مقاومت

الکتریکی ویژه حقیقی لایه‌هاست (Samadi and Nakhaei, 2012). در این تحقیق نتایج حاصل از برداشت‌های صحرایی در نرم افزار IPI2win (Bobachev, 1994) بر روی نمودارهای نظری و عملی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. رابطه تحلیلی که Niwas and Singhal (۱۹۸۱) بین قابلیت انتقال لایه آبدار و مقاومت عرضی با استفاده از قانون اهم و داریسی به دست آوردند اساس کار ژئوالکتریک می‌باشد. این رابطه در زیر ارائه گردیده است.

$$T=(K\delta)RT \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه فوق T ضریب قابلیت انتقال، δ هدایت الکتریکی، K هدایت هیدرولیکی و RT مقاومت عرضی آبخوان می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد در مناطقی که از زمین‌شناسی و کیفیت آب مشخصی برخوردار می‌باشند کمیت $K\delta$ ثابت بوده و رابطه بین تراوایی و مقاومت عرضی آبخوان خطی است (Niwas and Singhal, 1985; Kosinski and Kelly, 1981). بنابراین در

می‌توان آبدهی ویژه سفره (Sy) را به دست آورد (Archie, 1942).

$$S_y = \left(\frac{\rho_w}{\rho_{sat}} \right)^{\frac{1}{m}} * \left[1 - \left(\frac{\rho_{sat}}{\rho_{unsat}} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این روابط کلیه مقاومت‌ها بر حسب اهم متر و پارامترهای m و n مربوط به درجه سیمانی شدن دانه‌های تشکیل دهنده سفره هستند که مقادیر آنها در جدول ۱ آمده است. مقاومت الکتریکی آب موجود در فضاهای خالی (w_p) را می‌توان با اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی (EC) بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر (mohs/cm) و با استفاده از رابطه ۶ محاسبه نمود (Frohlich and Kelly, 1988).

$$\rho_w = \frac{10^4}{EC} \quad (\text{رابطه ۶})$$

بنابراین نقطه شروع این روش توسط آرچی با ارتباط دادن مقاومت لایه استخراج شده از منحنی ژئوالکتریکی به مقاومت منفذی، تخلخل و سیمانی شدن لایه‌ها بود که توسط فاکتور سازندی توسط رابطه زیر ارائه می‌شود. فاکتور سازندی با میزان تخلخل لایه آبدار رابطه مستقیم دارد (Samadi and Nakhaei, 2012).

$$F = \frac{\rho_{sat}}{\rho_w} \quad (\text{رابطه ۷})$$

مناطق که آزمایش پمپاژ وجود ندارد مقاومت عرضی کمیتی است که روند تغییرات آن با تراوایی آبخوان متناسب است (Samadi and Nakhaei, 2012).

از آنجایی که کیفیت آب زیرزمینی در اندازه‌گیری‌های مقاومت تأثیر بسیار زیادی دارد سینگهال و نیواس در مطالعات بعدی خود تأکید می‌کنند که رابطه ۲ تصحیح گردد. پیشنهاد آنها این است که مقادیر هدایت الکتریکی و مقاومت عرضی از طریق نرمالیزه شدن اصلاح گردد. بدین منظور روابط زیر ارائه کردند.

$$T = (K\delta')R'T \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$K\delta' = \delta \frac{\rho_w}{\rho_w^-} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$R'T = RT \frac{\rho_w^-}{\rho_w} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در روابط فوق T ضریب قابلیت انتقال، δ' هدایت الکتریکی اصلاح شده، K هدایت هیدرولیکی، $R'T$ مقاومت عرضی اصلاح شده، w_p مقاومت آب در یک نقطه لایه آبدار و ρ_w^- میانگین مقاومت آب در لایه آبدار می‌باشد.

از سوی دیگر با داشتن مقاومت الکتریکی آب موجود در فضاهای خالی (w_p) و مقاومت الکتریکی کل در زون‌های اشباع (satp) و غیراشباع (unsatp) آبخوان و با استفاده از معادله ۵

جدول ۱- ضریب سیمان شدگی برای رسوبات مختلف

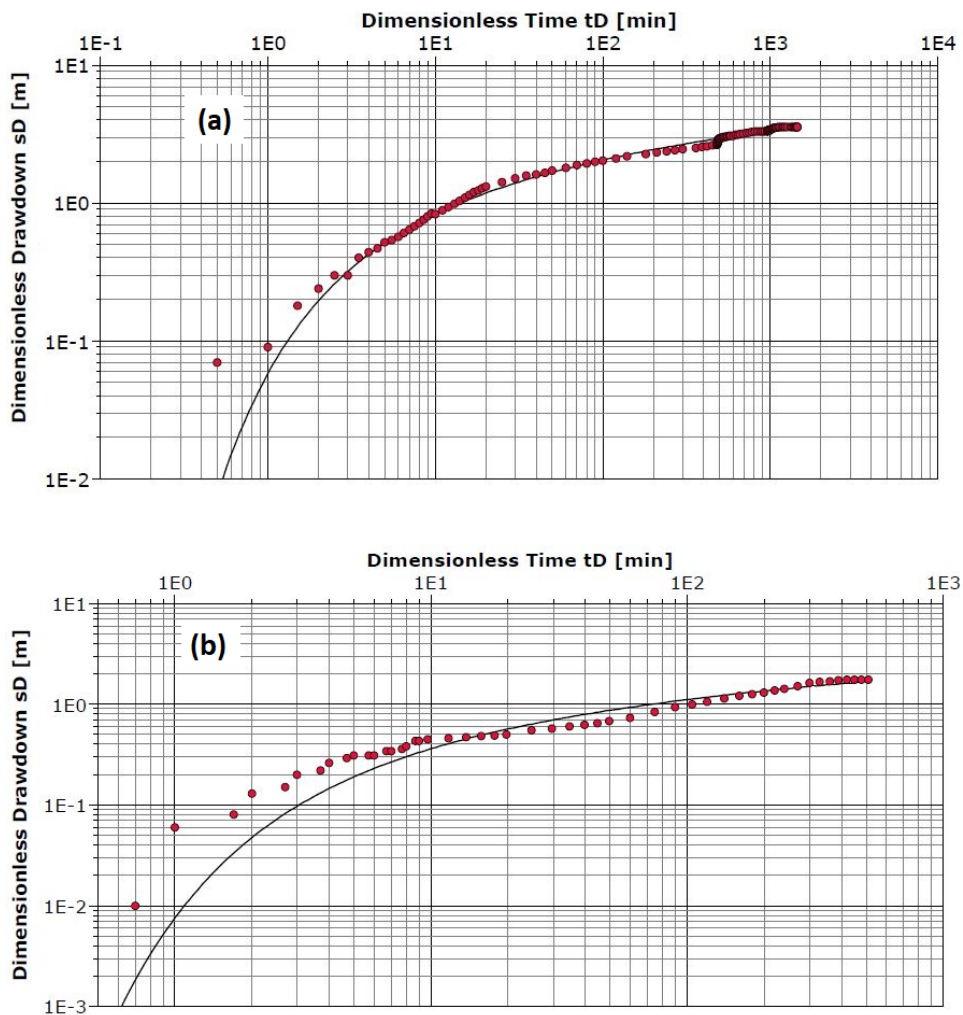
Table 1. Cementation factor for various deposits.

Material of Sediments	M	N	Refrence
Unhardened Sand	1.3-1.5	2	Archie, 1942; Dannowski, 1999; Doveton, 1986
Unhardened Sandstone	1.8-2	2	Atiknas and smith, 1961
Sandstone with low cementation	1.4-1.5		
Sandstone with high cementation	2-2.2		Doveton, 1986
Non-hardened granular material	1.5	2	Frohlich and Park, 1989
Sedimentary rocks without clay and igneous rocks	1.3-4		Chinch, 2000
sandy marine sediments	1.5		
Cohesive marine sediments	2		Taylor, 1971
Quartz and dolomitic sands	1.4-1.6		Windle and wroth, 1975

۲-۵- آزمون پمپاژ در آبخوان آزاد

با توجه به نتایج حاصل از آزمون پمپاژ و لاگ چاه‌های بهره- برداری، نوع آبخوان منطقه مطالعاتی چنانچه از نوع آزاد می‌باشد که درون آن ناهمگنی‌های لیتولوژیک محلی وجود دارد. Neuman (۱۹۷۲) با فرض اینکه مقدار افت ایجاد شده در آبخوان آزاد در مقایسه با ضخامت اشباع آبخوان ناچیز بوده و مقدار آبدهی ویژه خیلی بیشتر از ضریب ذخیره است، تغییرات

سطح آزاد آب را به‌عنوان شرط مرزی فوقانی در معادله دیفرانسیل دو بعدی و روابط تحلیلی هیدرولیک چاه‌ها در آبخوان آزاد ارائه کرد (Walton, 1988). مدل تحلیلی نوین در مقایسه با سایر مدل‌ها دارای کاربرد بیشتری می‌باشد. در این تحقیق نیز جهت استخراج ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان از این روش استفاده گردید. در شکل شماره ۵ نمودار افت- زمان بر روی نمودار نوین برای دو مورد از چاه‌های اکتشافی دشت چنانچه ارائه شده است.



شکل ۵- موقعیت نقاط افت- زمان بر روی نمودار نوین برای چاه‌های مشاهده‌ای (a) سعیه و (b) عنکوش.

Fig. 5. Position of drop-time points on the Neumann diagram for (a) Saabieh and (b) Ankush observation wells.

۳- نتایج حاصل از یافته‌های ژئوالکتریک

در دشت چنانه تعداد ۶۶ سونداژ الکتریکی جهت مطالعات هیدروژئولوژی و شناخت لایه‌های زیرسطحی آبخوان از سوی سازمان آب و برق خوزستان طراحی و با استفاده از روش شلومبرژه برداشت شده است. تفسیر داده‌های صحرایی VES از طریق روش معکوس‌سازی یک بعدی در نرم افزار IPI2win صورت پذیرفت و برای هر نقطه یک مدل اولیه ارائه داده شد. با توجه به برقرار شدن انطباق بین منحنی صحرایی و تئوری، پارامترهای مدل استخراج شدند. در جدول شماره ۲ نتایج حاصل از تفسیر سونداژهای موردنظر که شامل مقاومت بخش اشباع، مقاومت بخش غیراشباع، ضخامت آبخوان و مقاومت عرضی که از حاصلضرب مقاومت بخش اشباع در ضخامت آبخوان به دست می‌آید، ارائه شده است. لازم به ذکر است که مقاومت عرضی ارائه شده بر اساس نتایج هدایت الکتریکی، اصلاح گردید.

مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده (زمان‌های اندازه‌گیری شده همگام با عملیات ژئوالکتریک مربوط به اواسط بهار الی اوایل تابستان سال ۱۳۹۶) در منابع انتخابی مربوط به دشت چنانه در فصول خشک و تر از سازمان آب و برق خوزستان اخذ گردید و با استفاده از تغییرات این پارامتر (۲۷۰۰ تا ۴۳۰۰ میکروموس برسانتی‌متر) در محل هر سونداژ، مقاومت الکتریکی آب در مناطق مختلف محاسبه گردید. مقادیر محاسبه شده آبدهی ویژه با استفاده از معادله آرچی در محل هر سونداژ در جدول ۲ و نقشه تغییرات آن در سراسر دشت در شکل ۹ ارائه شده است.

در شکل ۶ نقشه مقاومت عرضی در آبخوان چنانه نمایش داده شده است. در ادامه، با استفاده از مقادیر محاسبه شده مقاومت عرضی از نتایج ژئوالکتریک و قابلیت انتقال از نتایج آزمون پمپاژ، رابطه بین این دو پارامتر استخراج گردید.

۳-۱- استخراج قابلیت انتقال آبخوان بوسیله

تلفیق نتایج آزمون پمپاژ و ژئوالکتریک

مطمئن‌ترین روش استخراج ضرایب هیدرودینامیکی استفاده از نتایج آزمون پمپاژ چاه‌های مشاهده‌ای در مجاورت چاه‌های اکتشافی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه چنانه این نتایج مربوط به ۵ چاه مشاهده‌ای واقع در بخش‌های شمالی و شرقی منطقه در نواحی دوسلق، رگیوه، سعبیه، محارب و عنکوش است. پس از دریافت و اصلاح مقادیر افت اقدام به استخراج پارامترهای هیدرودینامیکی در محل هر کدام از چاه‌های مشاهده‌ای شده است. در این راستا از نرم افزار Aquifer test جهت محاسبه پارامترهای موردنظر استفاده شده است. مقایسه ضرایب محاسبه شده بوسیله روش تست پمپاژ با نتایج حاصله از روش ژئوالکتریک تطابق نزدیکی را نشان می‌دهد. مطابق با آنچه در مطالعات نیواس و سینگهال مشخص گردید روند تغییرات مقاومت عرضی و قابلیت انتقال متناسب هستند بنابراین جهت به دست آوردن مقادیر قابلیت انتقال در محل هر سونداژ، نمودار مقاومت عرضی (RT) این نقاط در مقابل پارامتر قابلیت انتقال (T) محاسبه شده از روش تست پمپاژ در نقاط متناظر، ترسیم شده است (شکل ۷). با توجه به نمودار مذکور رابطه $T=0/9742RT-8/0342$ بین دو پارامتر مقاومت عرضی و قابلیت انتقال برقرار می‌باشد. در ستون آخر جدول شماره ۲ مقادیر قابلیت انتقال در محل هر سونداژ محاسبه و ارائه گردیده است و در شکل ۸ نقشه تغییرات قابلیت انتقال آبخوان نمایش داده شده است همانگونه که مشاهده می‌گردد تغییرات این پارامتر از ۳۰ مترمربع در روز در بخش‌های مرکزی، جنوبی و شمال غربی دشت تا ۶۷۰ مترمربع در روز در بخش‌های شمالی در مجاورت سازندهای بختیاری و لهربری نمایان می‌باشد.

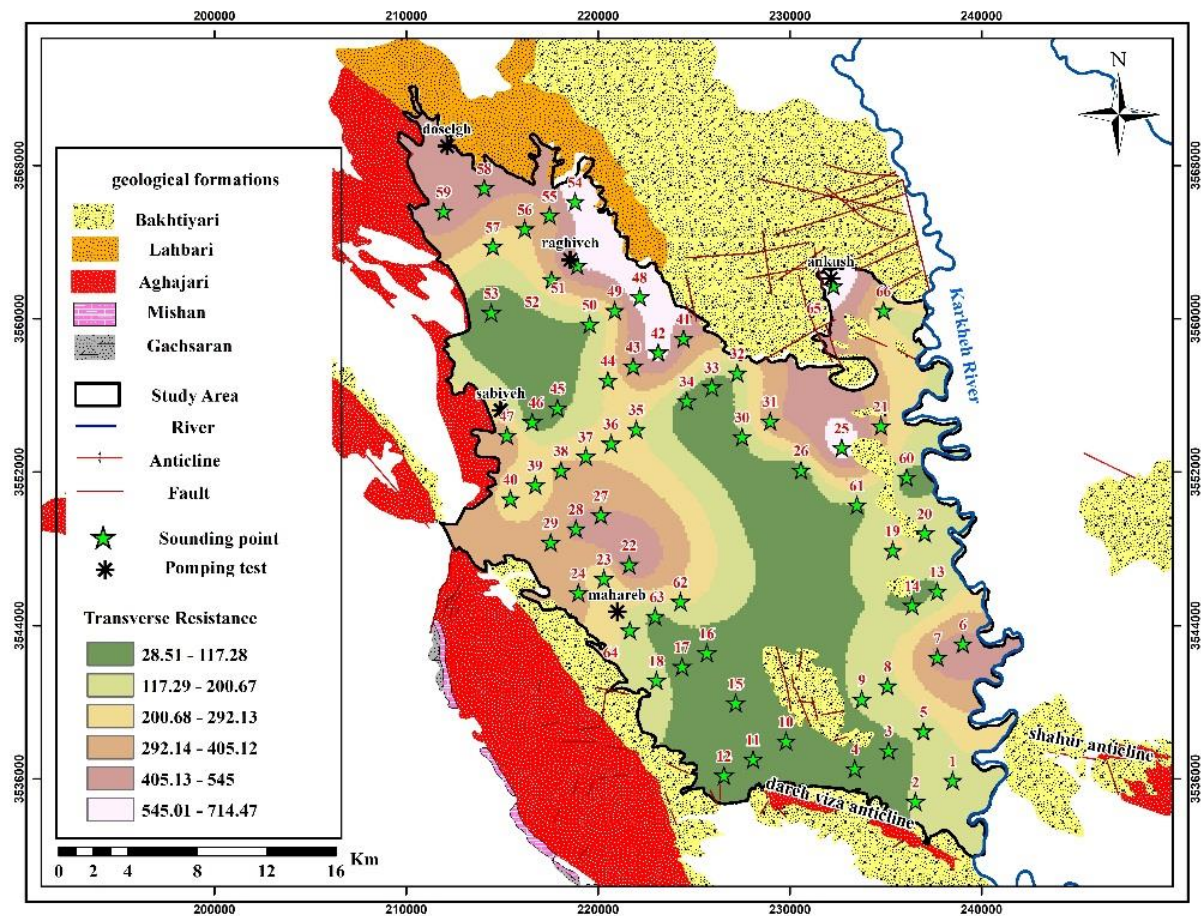
جدول ۲- پارامترهای مقاومت ویژه آب (wp)، مقاومت بخش اشباع (satp) و غیراشباع (unsatp)، ضخامت (thickness)، مقاومت عرضی (RT)، آبدهی ویژه (Sy) و قابلیت انتقال (T) محاسبه شده در محل سونداژهای دشت چنانه.

Table 2. Parameters of Resistivity of groundwater (ρ_w), Resistivity of unsaturated (ρ_{sat}), Resistivity of saturated (ρ_{unsat}), thickness (thickness), transverse resistance (RT), specific yield (Sy) and transmissivity (T) Calculated at the site of Chananeh plain soundings.

Sounding point	X	Y	ρ_w	ρ_{sat}	ρ_{unsat}	thick	RT	Sy	T
1	238491	3535938	5/26	17/1	26/11	9/5	162/45	0/08	150/22
2	236558	3534841	4/76	13/8	23/7	9/3	128/34	0/11	116/99
3	235159	3537495	4/57	7/4	11/6	13/9	102/86	0/14	92/17
4	233385	3536558	4/44	17/4	22/6	2/9	50/46	0/05	41/12
5	236962	3538505	5/43	72	160	1/75	126	0/05	114/72
6	239024	3543063	5/00	53/2	142/6	9	478/8	0/07	458/41
7	237697	3542356	4/31	27	103/7	17/3	467/1	0/13	447/01
8	235101	3540871	4/44	14/5	40	10/8	156/6	0/17	144/53
9	233760	3540164	4/10	60	143	2/3	138	0/05	126/41
12	226577	3536200	5/08	25/36	38/5	1/5	38/04	0/06	29/02
13	237689	3545795	5/59	28/5	64	3/5	99/75	0/10	89/14
14	236376	3545070	5/13	20/3	43/6	4/1	83/23	0/12	73/05
17	224391	3541872	4/88	39/13	68	1/1	43/043	0/06	33/90
18	223060	3541153	5/13	17/53	25/6	10	175/3	0/07	162/74
19	235375	3547936	4/52	14/6	32/11	16/36	238/856	0/14	224/66
20	237036	3548830	4/69	60	389/4	3	180	0/10	167/32
21	234758	3554416	3/85	29	65/6	10/8	313/2	0/08	297/09
22	221635	3547185	3/97	53/4	236	11/02	588/46	0/08	565/25
23	220318	3546450	4/44	17/94	25	6/4	114/81	0/06	103/82
24	218988	3545715	4/17	37/85	98/9	10/2	386/07	0/08	368/08
25	232717	3553285	4/00	48/56	214/8	15	728/4	0/09	701/57
26	230589	3552117	4/00	7/5	11	7	52/5	0/11	43/11
27	220148	3549770	4/76	95	445/4	4/35	413/25	0/06	394/55
28	218855	3549061	3/97	65	199/16	6/9	448/5	0/06	428/89
29	217538	3548351	4/29	30	51/5	11	330	0/06	313/45
30	227514	3553849	4/41	20/2	81/3	5	101	0/17	90/36
31	228984	3554660	3/97	15	50	12	180	0/18	167/32
32	227262	3557173	4/39	30/6	76/3	4/3	131/58	0/09	120/15
33	225948	3556448	4/76	21/3	38/9	2/6	55/38	0/09	45/92
34	224635	3555723	4/26	14/6	30/8	2/6	37/96	0/13	28/95
38	218074	3552093	4/00	85	342/24	4	340	0/06	323/19
39	216739	3551338	4/02	37/6	135	5/2	195/52	0/10	182/44
40	215439	3550618	4/17	42	118/4	6/4	268/8	0/08	253/83
41	224462	3558982	3/83	28/5	165/3	15	427/5	0/14	408/44
42	223147	3558259	3/92	45	270/46	15	675	0/10	649/55
46	216578	3554631	3/57	17/4	22/4	2/1	36/54	0/04	27/56
47	215262	3553918	2/79	38/68	165	10/2	394/53	0/08	376/32
48	222185	3561150	4/65	47/8	355	14/24	680/67	0/12	655/08
49	220873	3560430	3/92	46/5	167/2	5	232/5	0/08	218/47

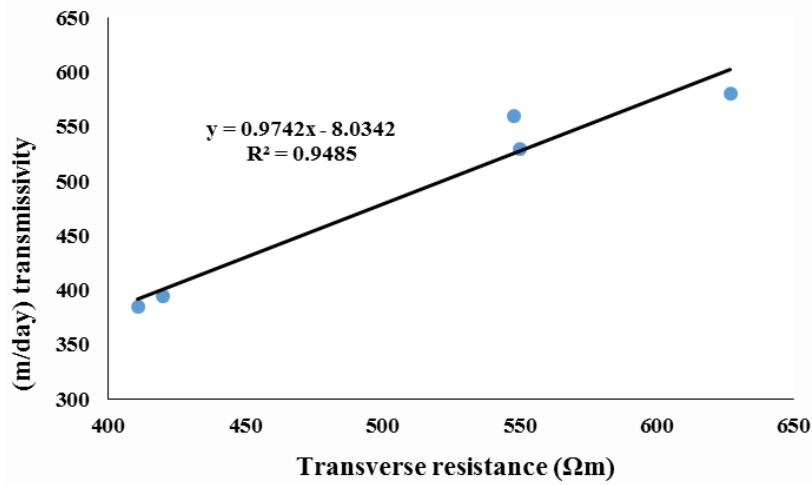
ادامه جدول ۲

50	219572	3559722	3/88	10/5	13/2	9/5	99/75	0/05	89/14
51	218929	3562780	3/32	34/22	369/9	17	581/74	0/13	558/70
53	214446	3560314	4/22	5/8	6/1	2/2	12/76	0/02	4/40
54	218810	3566112	3/70	25/8	72/3	25/1	647/58	0/10	622/84
55	217480	3565395	4/00	15/1	39/8	15	226/5	0/15	212/62
57	214521	3563766	4/76	24/3	43/8	9/3	225/99	0/08	212/13
58	214077	3566819	4/39	35/7	68/12	13	560	0/06	537/5
59	211949	3565610	4/00	53/14	122/9	10	531/4	0/05	509/66
60	236093	3551743	4/50	18/75	64/18	4/3	80/62	0/17	70/51
61	233503	3550299	3/77	13/24	34/21	7/4	97/97	0/15	87/41
62	224309	3545265	3/83	25/5	31/73	9/3	237/15	0/03	223/00
63	222991	3544492	4/27	18/2	24/2	3/8	69/16	0/05	59/34
64	221673	3543769	4/59	12/18	14/4	15	385	0/04	367/03
65	232277	3561713	3/85	39/16	103/26	18	704/88	0/07	678/66
66	234894	3560436	3/70	18	70/91	10	530	0/16	508/2



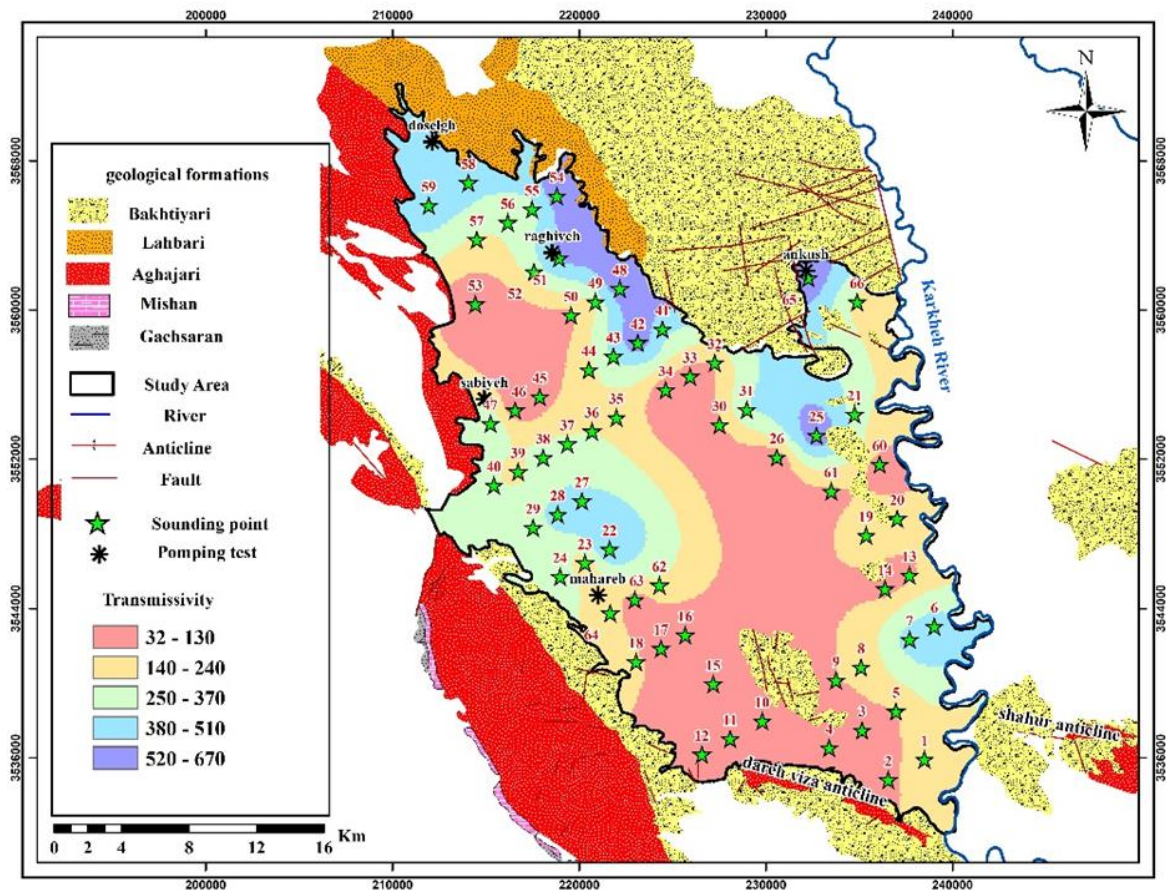
شکل ۶- نقشه تغییرات مقاومت عرضی در آبخوان دشت چنانه.

Fig. 6. Map of changes in aquifer transverse resistance in Chananeh plain aquifer.



شکل ۷- نمودار قابلیت انتقال آبخوان (تست پمپاژ) در مقابل مقاومت عرضی (ژئوالکتریک).

Fig. 7. Diagram of aquifer transmissivity (pumping test) comparison with Transverse resistance (geoelectric).



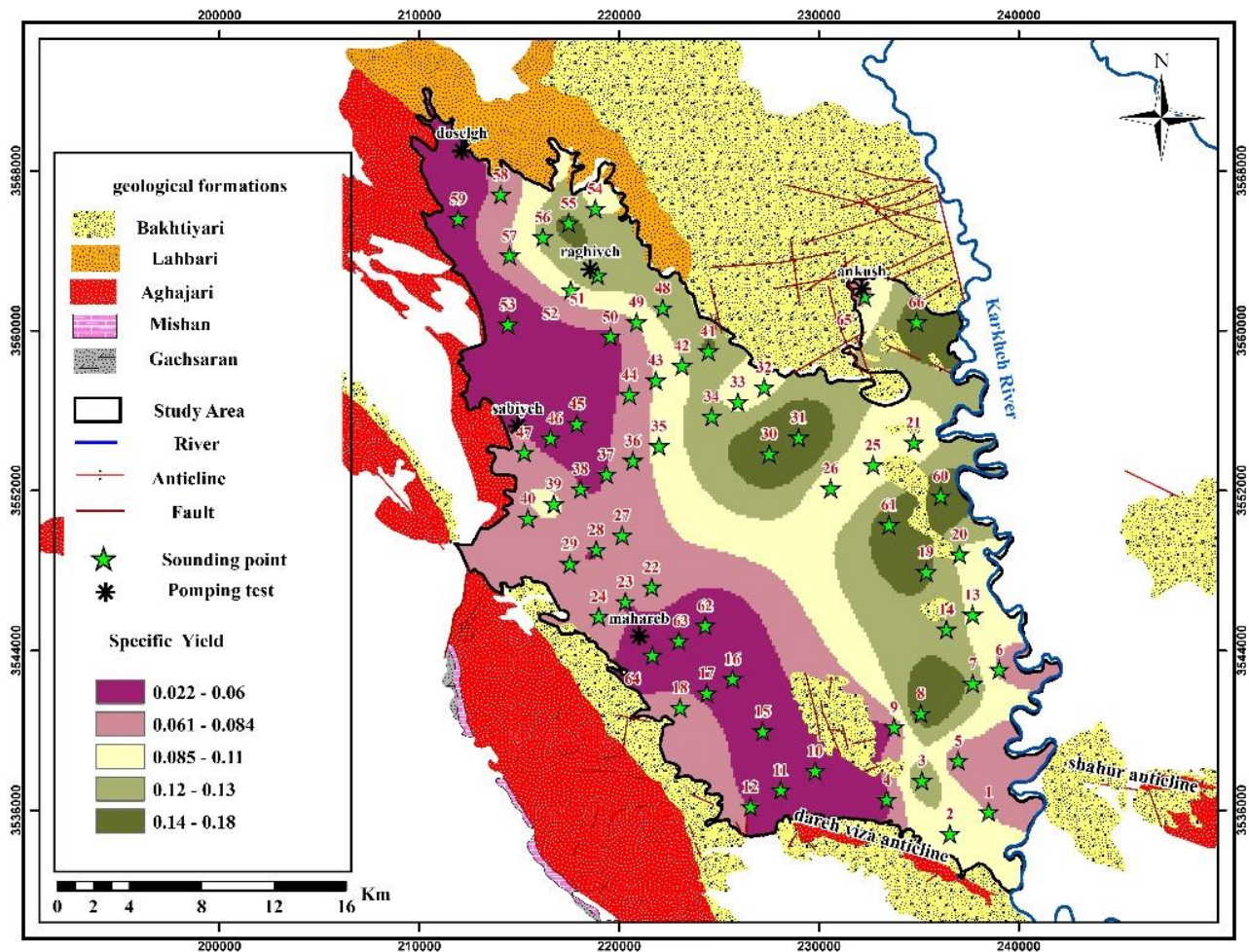
شکل ۸- نقشه تغییرات قابلیت انتقال آبخوان در آبخوان دشت چنانه.

Fig. 8. Map of changes in aquifer transmissivity in Chananeh plain aquifer.

۴- بحث و ارزیابی نتایج

با استفاده از نتایج آزمون پمپاژ ۵ حلقه چاه‌های مشاهده‌ای و لاگ تعدادی از چاه‌های بهره‌برداری، قابلیت انتقال و آبدهی ویژه آنها محاسبه گردید. سپس از این نتایج جهت صحت‌سنجی نتایج ژئوالکتریک، استفاده شده است. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد به جزء چاه دوسلق در سایر مناطق ضرایب حاصل شده، از انطباق قابل قبولی برخوردار می‌باشند در شکل

۹ نقشه تغییرات آبدهی ویژه در آبخوان مورد مطالعه ارائه شده است تغییرات آبدهی ویژه از ۰/۰۲ در بخش‌های غرب و شمال غربی الی ۰/۱۸ در بخش‌های شمال و شمال شرق در مجاورت بخش آبرفتی رسوبات رودخانه‌ای کرخه و نهشته‌های حاصل از فرسایش سازند بختیاری ثبت شده‌اند. مقدار آبدهی ویژه در منطقه دوسلق با مقدار این پارامتر در سونداژ متناظر شماره ۵۸ دارای اختلاف می‌باشند که این مغایرت احتمالاً به دلیل فاصله بیشتر این دو مکان نسبت به سایر مناطق مورد مقایسه می‌باشد.



شکل ۹- نقشه تغییرات آبدهی ویژه آبخوان در آبخوان دشت چنانه.

Fig. 9. Map of aquifer special yield changes in Chananeh plain aquifer.

جدول ۳- مقایسه آبدهی ویژه محاسبه شده بوسیله روشهای آزمون پمپاژ و ژئوالکترونیک در محل پیزومترهای مجاور چاههای اکتشافی.

Table 3. Comparison of specific yield calculated by pumping test and geoelectric methods at piezometers adjacent to exploratory wells.

Location	Pumping test results			Sounding number	Geoelectric results		
	utmx	utmy	Sy		utmx	utmy	Sy
Doselgh	212134	3568989	0.006	58	214077	3566819	0.05
Saabiyeh	214935	3555210	0.06	47	215262	3553918	0.08
Raghiveh	218556	3563057	0.14	51	218929	3562780	0.13
Mahareb	221011	3544708	0.011	64	221673	3543769	0.04
Ankoosh	232155	3562080	0.16	66	234894	3560436	0.16

شد. از سوی دیگر ضخامت لایه آبدار با توجه به ستون چینه-شناسی لاگ‌های موردنظر (شکل ۲) و سایر شواهد موجود، برآورد و در نهایت مقادیر قابلیت انتقال محاسبه گردید. در جدول ۴ پارامتر موردنظر در هر یک از چاه‌ها و سونداژ متناظر آن ارائه شده است. نتایج ثبت شده دارای تطابق نسبتاً خوبی هستند. بخش شمال شرقی دشت دارای بالاترین مقادیر قابلیت انتقال می‌باشد که با وجود این اختلاف با توجه به دقت کمتر لاگ چاه‌های بهره‌برداری، می‌توان آن را در حدود قابل قبولی به شمار آورد.

در شکل ۲ لاگ حفاری تعدادی از چاه‌های بهره‌برداری ارائه شده است که با توجه به ضخامت بخش آبدار و حدود تغییرات ضریب نفوذپذیری در مواد و سازندهای زمین‌شناسی مختلف اقدام به محاسبه قابلیت انتقال این بخش‌ها گردیده و نتایج حاصله با مقادیر بدست آمده این پارامتر در محل نزدیک‌ترین سونداژهایی که در این نقاط واقع می‌باشند مقایسه شده‌اند و در جدول ۴ ارائه گردیده‌اند. با توجه به حدود ارائه شده برای ضریب نفوذپذیری رسوبات و مواد مختلف، این پارامتر در دشت چنانچه دارای حدود ۴ تا ۶ متر در روز برای بخش ماسه و سیلتی و ۱۵ تا ۱۸ متر در روز برای بخش ماسه و گراولی آبخوان در نظر گرفته

جدول ۴- مقادیر قابلیت انتقال محاسبه شده با استفاده از لاگ چاه‌های بهره‌برداری دشت چنانچه در محل برخی از سونداژهای ژئوالکترونیک.

Table 4. Transmissivity values calculated using the log wells of Chananeh plain at some geoelectric soundings.

Borehole logs			Geoelectric		
Exploitation wells	Thickness (m)	Permeability coefficient (m ² /d)	Transmissivity	Sounding number	Transmissivity (m/d)
L9	10	20-100	500	66	508.2
L12	11	12.5	137.5	31	163.32
L28	13	5-100	234	55	212.62
L37	10	5	50	26	43.11

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق از دو روش ژئوالکتریک و نتایج اکتشافی جهت برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان استفاده شده است. هرچند دقیق ترین روش تخمین ضرایب هیدرودینامیکی استفاده از نتایج آزمون پمپاژ و لاگ های اکتشافی می باشد ولی به لحاظ محدود بودن نتایج آزمون پمپاژ از یک سو و موجود نبودن لاگ چاه های اکتشافی از سوی دیگر، با توجه به تعداد و پراکندگی مناسب سونداژهای ژئوالکتریک در دشت، روش ژئوالکتریک جهت تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی و ترسیم نقشه تغییرات این پارامترها از دقت نسبتاً خوبی برخوردار می باشد. از اطلاعات آزمون پمپاژ و لاگ حفاری تعدادی از چاه های بهره برداری، بعنوان صحت سنجی نتایج سونداژهایی که کمترین فاصله را تا این نقاط دارند، استفاده گردید. نتایج بدست آمده در هر سه روش مقادیر نزدیک به هم را نشان داده است.

بر اساس نتایج و شواهد موجود، مواد تشکیل دهنده آبخوان مخلوطی از رسوبات درشت دانه شن، ماسه و گراول به همراه مواد ریزدانه سیلت و رس می باشد که در برخی مناطق درصد رسوبات ریزدانه محدود و در بخش هایی درصد مواد ماسه ای و سیلت بیشتر می باشد. این بخش ها کمترین ضخامت آبخوان را به خود اختصاص می دهند بطوریکه در بخش هایی از غرب و جنوب دشت ضخامت آبخوان به کمتر از ۵ متر می رسد. ضخامت کم و مقاومت ویژه حداقل این نواحی، باعث ثبت کمترین مقادیر مقاومت عرضی در این بخش ها شده است.

با توجه به نتایج و روابط ارائه شده در بخش های پیشین مشاهده می گردد مقادیر قابلیت انتقال به دست آمده از نتایج آزمون پمپاژ و مقاومت عرضی آبخوان حاصله از نتایج عملیات ژئوالکتریک دارای همبستگی ۹۴ درصدی می باشند بطوریکه این پارامترها در بخش های شمالی در مجاورت سازند بختیاری و رسوبات درشت دانه حاصل از فرسایش آن دارای مقادیر بیشینه می باشند و از سوی دیگر مقدار هدایت الکتریکی در این بخش ها حداقل مقادیر را به خود اختصاص داده و در بخش جنوبی دشت در محل تخلیه آب زیرزمینی دارای مقدار حداکثر می باشد.

با توجه به اینکه مقاومت عرضی و قابلیت انتقال در بخش های شمالی، غربی و شرقی دارای مقادیر بیشینه ولی در بخش جنوبی

دارای حداقل مقادیر خود می باشند و از سوی دیگر شاهد افزایش میزان شوری از بخش های شمالی به سمت بخش جنوبی دشت می باشیم، علاوه بر دانه بندی رسوبات می توان عامل شوری را بعنوان یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در تغییرات مقاومت عرضی و قابلیت انتقال آبخوان نام برد.

استفاده از نتایج آزمون پمپاژ چاه های اکتشافی در محاسبه آبدهی ویژه آبخوان دشت چنانچه در بخش های شمالی مربوط به مناطق رگیوه و عنکوش مقادیر ۰/۱۴ و ۰/۱۶ و مناطق دوسلق، محارب و سعیه مربوط به بخش غربی دشت، به ترتیب ۰/۰۶، ۰/۰۱ و ۰/۰۶ را نمایان می سازد بنابراین بخش های درشت دانه شمالی نسبت به بخش های غربی در مجاورت با سازند ماسه ای آغاچاری و رسوبات حاصل از فرسایش آن، مقادیر آبدهی ویژه بیشتری را به خود اختصاص داده اند. از سوی دیگر جهت تخمین این پارامتر بوسیله نتایج ژئوالکتریک و لاگ حفاری چاه های بهره برداری، مقادیر ۰/۱۴ تا ۰/۱۸ را برای بخش های شمالی و شرقی و ۰/۰۲ تا ۰/۰۶ برای بخش های غربی به دست آمد. بنابراین روش تجربی مورد استفاده با بکارگیری نتایج ژئوالکتریک و معادله آرچی جهت تخمین آبدهی ویژه تطابق نسبتاً مناسبی با نتایج حاصله از روش آزمون پمپاژ دارد. بطور کلی رسوبات درشت دانه حاصل از سازندهای بختیاری و لهبری در شمال و شمال شرق دشت و رسوبات ریزدانه حاصل از ماسه سنگ آغاچاری در جنوب و غرب دشت مهم ترین عوامل کنترل کننده پارامتر آبدهی ویژه می باشد.

بطور کلی بخش شمال و شمال شرق چنانچه به لحاظ ذخیره، نسبت به سایر بخش ها دارای شرایط مناسب تری می باشد از این رو بیشتر چاه های بهره برداری در این بخش تمرکز یافته اند. بخش های مرکزی، جنوبی و قسمت هایی از غرب دشت که اغلب از رسوبات ریزدانه تشکیل شده اند دارای مقادیر آبدهی ویژه و قابلیت انتقال حداقل می باشند. در این بخش ها شاهد نهشته های رسوبات ماسه ای بصورت تلماسه هایی هستیم بطوریکه در برخی از سونداژهای اجراء شده در این بخش ها توالی از رسوبات ماسه ای ریزدانه و ذرات رس حاوی رطوبت، با مقامت کمتر از ۵ اهم به ثبت رسیده اند. که در مدل سونداژ آنها شاهد توالی زیادی از این رسوبات تا اعماق زیادی بصورت نموداری مسطح با شیب ملایم هستیم.

مراجع

- Archie, G.E., 1942. The electrical resistivity logs as and aid in determining some reservoir characteristics Petroleum technology. Technical Report 1422 American Instrument of Mining and Metallurgical Engineering 146, 54-62. <https://doi.org/10.2118/942054-G>
- Atkins, E.R., Smith, G.H., 1961. The significance of particle shape in formation factor-porosity relationships. Journal of petroleum technology 13, 285-291. <https://doi.org/10.2118/1560-G-PA>
- Bouwer, H., 1978. groundwater hydrology, international student edition, McGraw-Hill, P. 385.
- Bobachev, C., 2002. A windows software for an automatic interpretation of resistivity sounding data. PhD Thesis, Moscow State University, Russia.
- Chandra, S., Ahmed, SH., Ram, A., Dewandel, B., 2008. Estimation of hard rock aquifers hydraulic conductivity from geoelectrical measurements: A theoretical development with field application. Journal of Hydrology 357, 218-227. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.05.023>
- Chinch, P.D., 2000. Electrical properties of sedimentary rocks having Interconnected water-saturated pore Spaces. Geophysics 65(4), 1093- 1097. <https://doi.org/10.1190/1.1444802>
- Dashti, Z., Rezaei, M., Azadi A., Arjmand Sharif, M., 2019. Estimation of hydrodynamic coefficients of Zozan Plain aquifer using electrical sounding data. Iran-Watershed Management Science & Engineering 44, 39-40. <http://jwmsei.ir/article-1-693-fa.html>
- Dannowski, G., Yaramanci, U., 1999. Estimation of water content and porosity using combined radar and Geoelectrical measurements. European Journal of Environmental and Engineering Geophysics 4, 1-13. DOI: 10.5897/IJPS10.274
- Dovetone, J.H., 1986. Log analysis of subsurface geology. Wiley and Sons., New York, P. 135.
- Ezeh, Ch., 2011. Geoelectrical studies for estimating aquifer hydraulic properties in Enugu State, Nigeria. International Journal of the Physical Sciences 6(14), 3323-3324. DOI: 10.5897/IJPS10.274
- Frohlich, R.K., Kelly, W.E., 1988. Estimates of specific yield with the geoelectrical resistivity method in glacial Aquifers. Journal of Hydrology. 97, 33-44. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(88\)90064-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(88)90064-9)
- Frohlich, R.K., Parke, C.D., 1989. The electrical resistivity of vadose zone – field survey. Groundwater 27 (4), 524-530.
- George, N.J., Emah, J.B., Ekong, U.N., 2015. Geohydrodynamic properties of hydrogeological units in parts of Niger Delta, southern Nigeria. Journal of African Earth Sciences 105, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.02.009>
- Jones, P.H., Buford, T.B., 1951. Electric logging applied to groundwater exploration. Geophysics 16(1), 151-139.
- Khedri, A., Kalantari, N., 2019. Estimation of specific discharge using different methods and estimating the volume of extractable water. Journal of Hydrogeology 2, 96-97.
- Kenneth, S., Okiongbo Ebifuro, O., 2012. Geoelectric sounding for the determination of aquifer transmissivity in Parts of Bayelsa State, South South Nigeria. Journal of Water Resource and Protection 4, 348-349. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2012.46039>
- Khemelevskoy, V.K., Shevnin, V.A., 1994. Resistivity method of exploration. Moscow State University., Russia, P.160.
- Kosinski, W.K., Kelly, E.W., 1981. Geoelectrical sounding for predicting aquifer properties. Ground Water 19, 163-171.
- Mohamadi, Z., Nasimi, A., 2012. Investigation of differences between different methods of pumping test analysis in estimating free aquifer hydrodynamic coefficients. Journal of Advanced Applied Geology 2, 9-10.
- Niwas, a., Celik, m., 2012. Equation estimation of porosity and hydraulic conductivity of Ruhrtal aquifer in Germany using near surface geophysics. Journal of Applied Geophysics. 84, 78-80. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.06.001>

- Niwas, S., Singhal, D.C., 1981. Estimation of aquifer transmissivity from Dar Zarrouk parameters in porous media. *Hydrology* 50, 393-399. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(81\)90082-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(81)90082-2)
- Niwas, S., Singhal, D.C., 1985. Aquifer transmissivity of porous media from resistivity data. *Journal of Hydrology* 82, 143-153. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(85\)90050-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(85)90050-2)
- Neuman, S.P., 1972. Theory of flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response of the water table. *Water Resources Research* 4, 1031-1045. <https://doi.org/10.1029/WR008i004p01031>
- Samadi, L., Nakhaei, M., 2012. Determination of groundwater characteristics of Shirin Ab plain in southwestern Iran by electrical resistance method. *Iranian Journal of Geology* 21, 44-46.
- Turk Qashqai Nejad, S., Chitsazan, M., Mirzaei, Y., 2016. Estimation of hydrodynamic parameters of aquifer Using geoelectric surveys (Case Study: Golgir Aquifer, Khuzestan). *Journal of Hydrogeology* 2, 24-37.
- Taylor, S.D., 1971. Acoustic and electric techniques for sea-floor identification. Washington: Proc, Int .Symp. On engineering properties of sea-floor soils and their geophysical identification, 253- 267.
- Todd, D.K., Mays, L.W., 2007. *Groundwater hydrogeology*, third edition. John wiley and sons., New York, p.321-344.
- Todd, David K., Larry. W., Mays, L.W., 2005. *Groundwater hydrology*, third Edition, Jon Wiley and Sons Publications, P.656.
- Walton, W.C., 1988, *Practical aspects of ground water modeling*, Third edition, National Water Well Association, P. 368.
- Windle, D., Wroth, C.P., 1975. Electrical resistivity method for determining volume changes that occur during a pressurementr test. *Proc. Specialty conferance On In-Situ Measurement of Soil Properties* 1, 497- 510.