



ارزیابی کیفیت و میزان شوری سفره آب زیرزمینی دامغان با استفاده از سونداژنی مقاومت ویژه الکتریکی و ترکیب نتایج با داده‌های هیدروژئوشیمیایی منطقه

سعید، قربانی صحت¹؛ ابوالقاسم، کامکار روحانی²؛ غلام عباس، کاظمی³؛ ایرج، پیروز⁴
¹دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، saead.gh@gmail.com
²دانشیار، دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک
³استادیار، دانشگاه شاهرود، دانشکده علوم زمین
⁴استادیار، دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

چکیده

به منظور بررسی پیشروی آب شور کویر حاج علی‌قلی به سفره آب زیرزمینی روستای حسین‌آباد دولاب شهرستان دامغان و تعیین کیفیت آب این منطقه، از روش سونداژنی مقاومت ویژه الکتریکی به کمک آرایش شلومبرژه استفاده شده است. سونداژ برداشت شده با آزیموت 225 درجه و عمود بر راستایی که بیشترین تغییرات EC چاه‌های منطقه داشت، اجرا شد. تفسیر این سونداژ با استفاده از منحنی‌های استاندارد و نرم‌افزارهای IPI2WIN و IX1D صورت گرفت. به احتمال زیاد یک سفره‌ی آب سطحی یا کم‌عمق در منطقه وجود دارد که سفره اصلی در زیر آن واقع شده است، همچنین زون‌های آب شور با مقاومت ویژه‌ی زیر 1 اهم‌متر در قسمت تحتانی سفره‌ها قرار دارند. پایین بودن مقادیر مقاومت ویژه سفره‌های موجود نشان از کیفیت نامناسب و شوری آب‌های زیرزمینی منطقه دارد. همچنین آزمایش نمونه‌های خاک منطقه با نسبت 1 به 5 خاک به آب، بیانگر شوری متوسط خاک‌های منطقه است. کم عمق بودن سفره آب زیرزمینی و تبخیر آب‌های سطحی، دلیل احتمالی افزایش شوری خاک منطقه تشخیص داده شده است.

کلیدواژه: سونداژنی، مقاومت ویژه الکتریکی، دامغان، کیفیت سفره آب

Evaluation of quality and salinity of Damghan groundwater aquifer using electrical resistivity sounding and combination of the results with hydrogeochemical data

Saeed, Ghorbani Sehat; Abolghasem, Kamkar Rouhani; Gholamabbas, Kazemi; Iraj, Piruz

Abstract

In order to investigate saltwater intrusion into freshwater aquifer and determination water quality in Hosseinabad Doolab village of Damghan city, electrical resistivity sounding using the Schlumberger array has been used. The sounding survey has been performed in the azimuth of 225 degrees, perpendicular to the maximum variations of electrical conductivity (EC) values of water from the wells in the study area. The interpretation of the sounding data has been made using standard curves, IPI2WIN and



IX1D software packages. The interpretation results show two aquifers: shallow aquifer and main aquifer beneath the shallow aquifer in this area. The low resistivity values of the aquifers indicate the salinity and poor quality of aquifers. Soil samples taken from the area have been also tested for their salinity, and the results indicate the moderate salinity of the soil samples in the area. The salinity of the soils in the area has been attributed to the low water table and evaporation in the area.

مقدمه

آب زیرزمینی بزرگ‌ترین منبع آب پاکیزه برای آشامیدن است و از اهمیت خاصی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان برخوردار می‌باشد [1]. مردم این مناطق از آب زیرزمینی برای اهداف کشاورزی، صنعتی و همچنین مصارف خانگی استفاده می‌کنند. یکی از مهم‌ترین عواملی که بر کیفیت آب زیرزمینی اثر می‌گذارد آلودگی سفره‌ی آب زیرزمینی در اثر نفوذ آب شور می‌باشد [2].

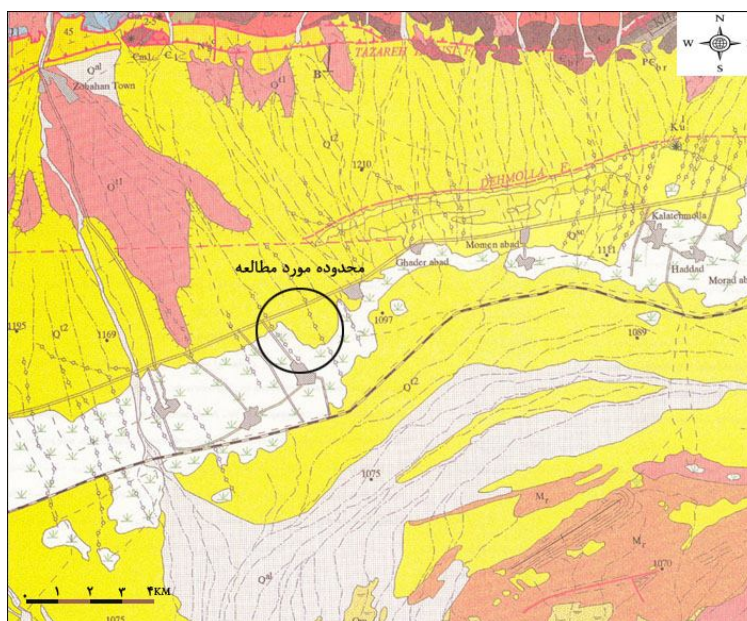
در کلیه‌ی نقاطی که سفره‌ی آب‌های زیرزمینی شور و شیرین در تماس با یکدیگر هستند، به‌طور طبیعی، آب‌های شیرین، به سمت آب‌های شور جریان دارد، و در این جهت تخلیه می‌شود. بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب شیرین بر گرادیان هیدرولیکی اثر گذاشته و باعث برهم خوردن تعادل میان آب‌های شور و شیرین می‌گردد؛ بنابراین جریان مخالفی ایجاد شده و آب شور به سمت سفره آب شیرین پیشروی می‌کند. در نتیجه مناطق با املاح مختلف آلوده شده و کیفیت آب رو به زوال خواهد گذاشت. این پدیده بیشتر در مناطق ساحلی و همچنین مناطق مجاور کویرها اتفاق می‌افتد. و به دلیل اینکه جمعیت زیادی از مردم جهان در این مناطق زندگی می‌کنند؛ مطالعه‌ی آب‌های زیرزمینی، بررسی کیفیت آب و همچنین پدیده‌ی نفوذ آب شور برای مدیریت این منابع لازم و ضروری است [3]. آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر نفوذ آب شور می‌تواند اثرات جبران ناپذیری داشته باشد که تنها با صرف هزینه‌های بسیار می‌توان زیان‌های ناشی از آن را کاهش داد. از این رو ساده‌ترین و مهم‌ترین راه مقابله با آن جلوگیری از پیشروی آن می‌باشد.

روش‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، هیدرودینامیکی و ابزارهای مدل‌سازی برای مطالعه‌ی تداخل آب شور و شیرین مورد استفاده قرار می‌گیرند [4]. روش‌های ژئوفیزیکی با توجه به سرعت بالا، هزینه‌ی پایین و همچنین موفقیت آن‌ها در تعیین کیفیت آب و مرز آب شور و شیرین، روش‌های رایج و مفیدی جهت بررسی این‌گونه مسائل هستند. ثابت شده است، که روش مقاومت ویژه الکتریکی به علت خاصیت ذاتی که در نمایان ساختن تغییرات در هدایت الکتریکی آب خلل و فرج دارد، می‌تواند به علت وجود کنتراست بالای مقاومت ویژه بین آب شور و شیرین مرز این دو را از هم تشخیص دهد. روش سونداژزنی مقاومت ویژه، تغییرات مقاومت ویژه لایه‌ها را در جهت قائم مورد بررسی قرار می‌دهد. در این روش نقطه‌ی مرکز الکترودها را ثابت در نظر گرفته و مقاومت ویژه به‌دست‌آمده را به این نقطه نسبت می‌دهند. با افزایش فاصله‌ی بین الکترودها به‌طور منظم و با

قاعده‌ی خاصی از یکدیگر، جریان الکتریکی به عمق بیشتری نفوذ می‌کند و تغییرات مقاوم ویژه نسبت به عمق بررسی می‌گردد [5].

بحث

شهرستان دامغان در ناحیه‌ی خشک و نیمه خشک کشور قرار گرفته، از این رو از دیرباز با مشکل کمبود آب مواجه بوده است. همچنین به علت قرارگیری این شهرستان در مجاورت کویر حاج علی‌قلی، نفوذ آب شور سفره آب زیرزمینی این منطقه را تهدید می‌کند. افزایش جمعیت و نیاز به آب برای مصارف مختلف، باعث بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و در نتیجه پیشروی آب شور کویر و از بین رفتن کیفیت آب در قسمت‌های مختلفی از این شهرستان شده است.



شکل ۱: موقعیت محدوده مطالعاتی بر روی قسمتی از نقشه یکصد هزار شاهرود

منطقه مورد بررسی روستای حسین‌آباد دولاب از روستاهای شهرستان دامغان می‌باشد که در برگه 1:100000 منطقه شاهرود در محدوده 54 درجه و 35 دقیقه تا 54 درجه و 37 دقیقه‌ی طول خاوری و 36 درجه و 13 دقیقه تا 36 درجه و 15 دقیقه‌ی عرض شمالی واقع شده است. محدود مورد مطالعه شامل پادگانه آبرفتی جوان و رسوبات آبرفتی می‌باشد.

نمونه‌برداری از چاه‌های مختلف نشان می‌دهد که EC آب‌های زیرزمینی منطقه از $2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ تا $11900 \mu\text{s}/\text{cm}$ تغییر می‌کند. بنابراین به منظور بررسی احتمال نفوذ آب شور در منطقه یک سونداژنی مقاوم ویژه



الکتریکی تا AB/2، 300 و با آزمون 225 درجه در منطقه مورد نظر با استفاده از دستگاه SAS 1000 ساخت شرکت ABEM کشور سوئد انجام گرفت.



شکل 2: موقعیت محدوده مطالعاتی و سونداژ در نقشه گوگل ارث

برای تفسیر سونداژ، ابتدا داده‌ها بر روی یک منحنی با مختصات لگاریتمی رسم گردید و سپس با استفاده از تطابق با منحنی‌های استاندارد دو لایه‌ای یک مدل اولیه به دست آمد. به منظور تفسیر بهتر و دستیابی به مدل منطبق با واقعیت، مدل اولیه با استفاده از دو نرم‌افزار IX1D و IPI2WIN وارون سازی شده و با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از ساختارهای زمین شناسی منطقه و عمق چاه‌های موجود، نتایج کالیبره شدند. نتایج تفسیر سونداژ در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1: نتایج تفسیر سونداژ

تفسیر با نرم‌افزار IPI2WIN RMS Error(6.02%)		تفسیر با نرم‌افزار IX1D RMS Error(8.63%)		تفسیر با منحنی‌های استاندارد		مشخصات
t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	t(m)	$\rho(\Omega.m)$	
3.95	3.08	4.46	3.44	3.2	3.2	لایه اول
9.17	11.9	9.98	17.5	4.8	5.6	لایه دوم
16.6	24.6	13.16	25	16	11.5	لایه سوم
11.1	19.9	9.52	14.05	16	14	لایه چهارم
4.73	0.8	4.65	1.08	4	9.5	لایه پنجم
70.3	16.7	72.5	17.5	54	15	لایه ششم
	0.27		0.20		2	لایه هفتم



مقادیر پایین مقاومت ویژه سطح زمین نشان از شوری خاک منطقه و دانه‌ریز بودن آن دارد. سفره‌ی آب زیرزمینی حدوداً از عمق 15 متری شروع می‌شود. با افزایش عمق تا حدود 30 متری بر کیفیت آب افزوده می‌شود. از عمق 30 تا 45 متری به نظر می‌رسد با افزایش عمق شوری آب افزایش می‌یابد و یک زون شور با ضخامت کم از عمق 37 متری تا 41 متری وجود دارد. احتمالاً از عمق 15 تا 45 متری یک آبخوان سطحی یا کم عمق با مقاومت ویژه‌ی 15 تا 25 اهم‌متر و با سنگ بستر رسی و سیلتی با نفوذپذیری کم داریم. سفره‌ی آب دیگری با مقاومت ویژه‌ی 17 اهم‌متری و با کیفیت پایین در زیر این سفره سطحی یا کم عمق وجود دارد. به احتمال زیاد زون آب شور دیگری با مقاومت ویژه 0,2 در عمق 115 متری قرار دارد.

به منظور بررسی صحت نتایج حاصل از تفسیر داده‌ها، ما EC نمونه‌هایی از خاک منطقه را با نسبت 5 به 1 آب به خاک به دست آوردیم. این نمونه‌ها از سطح و عمق 60 سانتی‌متری منطقه تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد که EC خاک منطقه از $2500 \mu\text{s/cm}$ تا $9400 \mu\text{s/cm}$ تغییر می‌کند. میانگین EC خاک در عمق 60 سانتی‌متری $5700 \mu\text{s/cm}$ و در سطح زمین $5300 \mu\text{s/cm}$ است. بنابراین نتایج حاصل شده نشان از شوری متوسط خاک منطقه دارد. همچنین مقدار EC خاک در مناطقی که دانه‌بندی خاک درشت‌تر است کمتر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی میزان EC خاک به خوبی نتایج تفسیر داده‌های مقاومت ویژه در سطح زمین را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

عمق سطح آب‌های زیرزمینی منطقه در حدود 15 متری است. از این‌رو تبخیر آب‌های سطحی باعث شوری خاک، افزایش املاح آب و در نتیجه کاهش کیفیت آب‌های سطحی شده است. نتایج تفسیر سونداژ وجود دو سفره در منطقه را نشان می‌دهد. احتمالاً یک زون آب شور با ضخامت کم در عمق 37 متری و یک زون دیگر با ضخامت بیشتر در عمق 115 متری وجود دارند. EC بالاتر چاه‌های عمیق منطقه (120 تا 150 متری) نسبت به چاه‌های نیمه عمیق (30 تا 40 متری) نشانی از وجود یک زون شورتر و ضخیم‌تر در اعماق می‌باشند. روش سونداژزنی مقاومت ویژه، وجود زون‌های شور در منطقه را نشان می‌دهد. این زون‌ها بیانگر پیشروی آب شور کویر به سمت این مناطق می‌باشند. افت سطح ایستابی در اثر وجود چاه‌های فراوان در منطقه و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی دلایل این پیشروی هستند.

منابع

- [۱] G. Gupta, S. Maiti, V. C. Erram, and K. Highway, "Analysis of electrical resistivity data in resolving the saline and freshwater aquifers in west coast Maharashtra," *Journal of the Geological Society of India*, vol. 84, pp. 555-568, 2014.
- [۲] K. Choudhury, D. K. Saha, and P. Chakraborty, "Geophysical study for saline water intrusion in a coastal alluvial terrain," *Journal of Applied Geophysics*, vol. 46, pp. 189-200, 2001.
- [۳] Y. Srinivas, D. H. Oliver, A. S. Raj, and N. Chandrasekar, "Delineation of groundwater potential zones along the coastal parts of Kanyakumari district, Tamilnadu," *J. Ind. Geophys. Union (July 2014)*, vol. 18, pp. 356-362, 2014.
- [۴] A. El-Naqa, "Study of salt water intrusion in the Upper Aquifer in Azraq Basin," *IUCN-International Union for Conservation of Nature*, 2010.
- [۵] H. M. Mooney, "Handbook of engineering geophysics".

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه دامغان

هفتمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۸ و ۱۹ شهریورماه ۱۳۹۴ دانشگاه دامغان
www.siseg7.du.ac.ir