

Investigation of the Effect of Salt Domes on the Quality of Groundwater Resources in Ravar Plain (North of Kerman Province)

Ali Mehrabi¹, Sadegh Karimi², Fatemeh Naghdi³

1. Associate Professor of Geography and Urban Planning, University of Kerman, Kerman, Iran

E-mail: Mehrabi@uk.ac.ir

2. Associate Professor of Geography and Urban Planning, University of Kerman, Kerman, Iran

E-mail: Karimi@uk.ac.ir

3. M. Sc Student of Environmental Hazard, University of Kerman, Kerman, Iran

E-mail: fateme.na074@gmail.com



How to Cite: Mehrabi, A; Karimi, S; & Naghdi, F. (2022). Investigation of the Effect of Salt Domes on the Quality of Groundwater Resources in Ravar Plain (North of Kerman Province). *Geography and Development*, 20 (68), 1-20.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2022.6999>

Received:

15 August 2021

Received in revised form:

9 April 2021

Accepted:

6 April 2022

Published online:

25 August 2022

ABSTRACT

Salt domes are one of the most important factors in the destruction of nearby water resources. Based on this and considering the outcrop of 17 salt domes in Ravar region of Kerman province, the probability of Ravar plain aquifer being affected by these salt structures is high. Therefore, in this research, an attempt has been made to investigate the aquifer feeding paths and its relationship with the adjacent salt domes by analyzing hydrological and hydrogeochemical data. In this regard, the information of 15 observation wells was used. So that, the path and direction of groundwater flow was determined. In addition, by sampling well water, its hydrogeochemical parameters include pH and electrical conductivity (EC), concentration of bicarbonate ions (HCO₃), calcium (Ca), chlorine (Cl), magnesium (Mg) sodium. (Na) and sulfate ion concentration (SO₄) were measured. According to the piper diagram, 40% of the samples have chloride and sulfate facies, 30% have carbonate facies and the rest have composite facies. Drawing maps of spatial distribution of hydrogeochemical parameters shows the difference in the quality of groundwater resources in different parts of the plain. By combining the location map of salt domes, rivers and geological map in GIS environment and according to the feeding routes of Ravar aquifer, and water sampling of related rivers, salt domes affect the quality of resources Groundwater was identified. Considering the identification of the main factors and ways to reduce the quality of water resources in Ravar plain, the necessary plans can be made to reduce its adverse effects.

Keywords:

Salt domes,
Hydrogeochemical
properties,
Groundwater resources,
GIS, Ravar plain.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

Today, due to the lack of surface reserves, the use of groundwater in different parts of the world, especially in our country, has been widely developed and is used for various purposes of drinking, industrial, agricultural, etc. For this reason,

groundwater resources in each area should be carefully studied and evaluated qualitatively and quantitatively in order to make optimal use of them. Factors such as improper use of groundwater resources, the presence of natural factors such as salt domes and polluting geological structures,

sometimes reduce the water quality of wells and groundwater aquifers. Since salt domes have high solubility and can have destructive effects on nearby water sources, their study is very important, especially in residential and agricultural areas. In the Central Iran Basin, there are several saline dome outcrops that have received less attention compared to the salt domes of the Zagros Basin. One of these basins is Ravar. Given the many water shortage problems that the Ravar region is facing, the importance of protecting the region's freshwater resources seems essential. In this regard, knowing the location of the exposed salt domes of Ravar and the network of rivers that are polluted by these sources, as well as measuring the impact of these formations on water quality and identifying critical areas in this regard can be very important and be vital. Therefore, the main purpose of this study, while investigating and geochemical analysis of groundwater resources in Ravar plain, is to identify and investigate the possible impact of salt domes on it.

2. Methods and Material

Map of salt domes in Ravar region has been prepared using satellite image processing and field studies that were used in this research (Figure 2). In order to evaluate the hydrogeochemistry of groundwater resources in Ravar plain, 15 water samples were taken from semi-deep and deep wells in the plain. The position of the selected wells is shown in Figure 1 by mentioning the well number. Water samples were collected according to the instructions of the Institute of Standards and Industrial Research of Iran and transferred to the soil and water laboratory of Bahonar University of Kerman. And based on standard methods of pH and electrical conductivity (EC) with pH meter and electrical conductivity measuring device, concentration of bicarbonate ions (HCO_3), calcium (Ca), chlorine (Cl) and magnesium (Mg) by titration method The concentration of sodium ion (Na) was measured by flame photometry and the concentration of sulfate ion (SO_4) was measured by

gravimetric method (Table 1). Also, samples were taken from the water of two seasonal rivers that fed the plain, and the results of the experiments of these samples can be seen in Table 1. Digital elevation model (DEM) map of Ravar catchment was drawn using SRTM30 data in GIS environment.

3. Results and Discussion

Using hydrological data related to the studied wells, level and deep groundwater maps of Ravar plain were drawn (Figures 5 and 6). The level map (Figure 5) shows the main directions of groundwater flow from east to west and from southwest to northeast. Therefore, the western and southern parts are the plain feeding areas and the northern and eastern parts are the plain discharge areas. Based on the all-depth map (Figure 6), it can be seen that the western parts of the plain have the highest water depth. And the level of contact with water decreases towards the center of the plain. The results of the analysis of chemical properties of water samples taken from wells are presented in Table 2. According to this table, the pH in water samples varies from 7.05 to 7.90. In addition, about half of the samples have a relatively high electrical conductivity. The highest salinity is related to well number 14 at 20300 microsiemens per centimeter and the lowest salinity is related to well number 7 at 2320 microsiemens per centimeter. Total soluble solids (TDS) due to the fact that it always has a positive correlation with electrical conductivity and salinity. In order to better study and analyze the distribution and how to change the hydrogeochemical parameters, spatial distribution maps of different parameters were prepared. The mentioned results and maps are presented in Figures 7 to 9. In these maps, high values are marked in red and low values are marked in blue, and in general, all maps are divided into 9 categories in terms of the values of the desired variable. Figure 7 shows the changes in EC and sodium ion concentration. According to the obtained maps, the salinity and

concentration of sodium ions in water are high in the southwestern and southeastern parts of the plain and these values have a decreasing trend to the north of the plain. Figure 8 shows the spatial distribution of chlorine and calcium ion concentrations. As can be seen in this figure, changes in chlorine ion concentration from the northern parts of the plain to the southern areas are increasing.

4. Conclusions

In this study, 15 wells were sampled to investigate the quality of groundwater resources in Ravar plain and the impact of adjacent salt domes. The results of hydrogeochemical analysis of the samples show different quality of groundwater resources in different parts of Ravar plain. The piper diagram of the samples showed that the facies of 40% of the samples were chlorinated and sulfated, 30% of the samples had bicarbonate facies and the rest of the samples had a composite type. In order to analyze

the spatial relationship between the qualitative changes of groundwater resources and the surrounding salt domes, in the GIS environment, a map of the spatial distribution of hydrogeochemical parameters of water samples was drawn. The results of combining the above maps with the map of rivers and the map of salt domes, led to the identification of rivers and salt domes that affect the salinity of groundwater resources. The results of the analysis of samples taken from river water before colliding with the salt dome and after crossing it confirm their destructive effects on reducing the quality of groundwater resources in the Ravar plain. Therefore, according to the identification of effective salt domes, it is possible to prevent the feeding of Ravar plain from rivers affected by salt domes by implementing measures such as creating diversion dams.

Keywords: Salt domes, Hydrogeochemical properties, Groundwater resources, GIS, Ravar plain.

5. References

- Abdolahi, M., Qishlaqi, A., Abasnejad, A. (2015). Environmental hydrogeochemistry of groundwater resources of the Ravar plain, Northern Kerman province, Iran. *Journal of Environmental Studies*, 41(1):81-95. <https://doi.org/10.22059/jes.2015.53902>.
- Arfania, R., Safaie, H. (2005). Salt diapirism in Klut basin (northeast of Ardakan). *Geosciences*, 14(56): 16-25. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=40799>.
- Bagheri, R., Bagheri, F., Eggenkamp, H.G.M. (2017). Origin of groundwater salinity in the Fasa Plain, southern Iran, hydrogeochemical and isotopic approaches. *Environ Earth Sci* 76, 662. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6998-6>.
- Bahrani, M., Mazed, H., Zarei, H., Sadeghi, A. (2009). Investigation of the effect of Gachsaran Formation on the water quality of Zohreh River in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad. 8th International River Engineering Seminar. <https://civilica.com/doc/86357>.
- Bayat, M., Maroufi, S., Zare, H., Ghasemi, A. (2010). Investigation of water quality status of Qarachai watershed in Hamedan. The second national conference on the effects of drought and its management strategies, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, 8. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=192689>.
- Boustani, S., Kompani, M., Noshadi, M. (2008). Investigation of the effect of salt domes on water resources in Dahram region of Fars province. *Journal of Forests and Rangelands*, 78. <https://frw.ir/UploadedFiles/XFiles/frwsite/publication/majalleh/78.pdf>.
- Engelen, J., Essink, G., Kooi, H., Bierkens, M. (2018). On the origins of hypersaline groundwater in the Nile Delta aquifer, *Journal of Hydrology* Volume 560, May 2018, 301-317. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.029>.

- Feiznia, S. (1997). Desertification due to the geological characteristics of Iran. *Desert*, 2(1): 47-57. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=38685>.
- Gholamdokht Bandari, M., Rezaee, P., Gholamdokht Bandari, Z. (2018). Assessment of the hydrogeochemical quality of underground in the Siahoo region, northeast of Bandar Abbas. *Iranian Journal of Health and Environment*, 11 (1): 97-110. <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5957-fa.html>.
- Hojjati, H. (2000). Petrology and geochemistry of igneous rocks of Dashtak diapers. Master Thesis, Department of Geology, University of Isfahan. <http://www.iranlibs.ir/dL/search/default.aspx?Term=204815&Field=0&DTC=34>.
- Karami, F., Rostamzadeh, H. (2006). An Analysis of the Contribution of Morphogenetic Factors in Salinity of Lands in Sarab Plain. *Iranian J. Nat. Res.* 59(2): 315-329. https://journals.ut.ac.ir/article_27509.html.
- Khazaei, M., Padyab, M., Feiznia, S. (2013). Investigating the Effect of Diapers on Salinization of Water and Soil Resources Case: Shoor Drainage Basin, Kakan, Yasuj. *Geography and development Iranian Journal*, 11(32): 32-38. <https://doi.org/10.22111/gdij.2013.1161>.
- Khosroshahi, M. (2007). Important indicators of desertification from a water perspective. *Journal of Forests and Rangelands*, 74. <https://frw.ir/UploadedFiles/XFiles/frwsite/publication/majalleh/74.pdf>.
- Lotfi, A., Sharifi, A., Raeisi, M.S., Ahmadi, A.A. (2017). The effect of construction of Ravar Kerman underground dam on water quality in the region. *Journal of New Engineering Sciences*, 2(5): 63-76. <https://www.magiran.com/paper/1727759>.
- Mehrabi, A., Karimi, S., Naghdi, F. (2020). Identification of salt domes in Ravar region, Kerman province by using the radar Polarimetry technique of Palsar images and analyzing Sentinel-2 and Aster multispectral images. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(2): 86-105. http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_674657.html.
- Moaieri, M. Ahmadinejad, Y. (2007). The phenomenon of diapirism and its effect on the pollution of the Dehram salt river. *Geographical research*. 38(1): 33-45. https://journals.ut.ac.ir/article_17792.html.
- Nekouei, E., Zarei, M., Raeisi, E. (2016). The influence of diapir brine on groundwater quality of surrounding aquifers, Larestan, Iran, *Environ Earth Sci* (2016) 75:571. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-5237-2>
- Rajabi, M., shiri, A. (2009). Salt Tectonic and its Geomorphical Manifestation in Azarbaijan (Case Study: Salt Domes of North-west Tabriz), *Geography and Development Iranian Journal*, 16(7): 47-70. <https://doi.org/10.22111/gdij.2009.1175>.
- Sadeghi, M., Mohamadlou, M., Jandeghi, N., Ferasati, M., Tahmasbi, A. (2019). The role of salt domes in the salinity of Firoozabad River. the second national conference on natural resource management with a focus on water, floods and the environment, Gonbad Kavous. <https://civilica.com/doc/962450>.
- Servati, M. R. (2001). Salt diapirs of Iran as a geomorphological unit, *Journal of Desert (biaban)*, 6(1): 87-106. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=47385>.
- Tahmasbi, A. (2000). Investigating the effective factors in salinization of soil and water and desertification in the basin of the river Eshtehard. Master Thesis in Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. <http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18800911>.
- Vincent, J., Bagavathi, C.L., Vijaya, B., Lakshmi, G. (2020). Physico-Chemical analysis of groundwater quality near the salt-pans of Thoothukudi Districts, Tamilnadu, India, *International Journal of ChemTech Research*, 2020,13(3): 107-110. <http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2019.130306>.
- Zarei, M., Raeisi, E., Mahmoudi, K. (2014). The impact of salt diapirs on the quality of carbonate karst waters, Bastak, Iran. *Environ Earth Sci* 71:3893-3906. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2775-3>.
- Zarei, M., Mahdizade, R. (2018). The effect of Jahani salt dome on the quality of adjacent water resources, Firoozabad Fars. *Earth knowledge research*, 9(34): 1-14. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=466420>.



بررسی تأثیر گنبد‌های نمکی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت راور (شمال استان کرمان)

دکتر علی مهرابی^{۱*}، دکتر صادق کریمی^۲، فاطمه نقدی^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

گنبد‌های نمکی یکی از عوامل مهم در تخریب منابع آبی مجاور خود محسوب می‌شوند. بر این اساس و با توجه به رخنمون داشتن ۱۷ گنبد نمکی در منطقه راور استان کرمان، احتمال تأثیرپذیری آبخوان دشت راور از این ساختارهای نمکی زیاد است؛ بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروژئوشیمی، بررسی راه‌های تغذیه آبخوان و ارتباط آن با گنبد‌های نمکی مجاور، به بررسی موضوع پرداخته شود. در این راستا از اطلاعات ۱۵ چاه بهره‌برداری استفاده شد؛ به طوری که با ترسیم نقشه‌های هم‌عمق و هم‌تراز آب زیرزمینی، مسیر و جهت جریان آب زیرزمینی تعیین شد. علاوه بر این با نمونه‌برداری از آب چاه‌ها، پارامترهای هیدروژئوشیمی آن شامل PH و هدایت الکتریکی (EC)، غلظت یون‌های بی‌کربنات (HCO_3)، کلسیم (Ca)، کلر (Cl)، منیزیم (Mg) سدیم (Na) و غلظت یون سولفات (SO_4) اندازه‌گیری شد. براساس نمودار پایپر ترسیم‌شده، ۴۰ درصد نمونه‌ها دارای رخساره کلروره و سولفات، ۳۰ درصد رخساره کربناته و بقیه رخساره ترکیبی هستند. ترسیم نقشه‌های توزیع مکانی پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، نشان از تفاوت در کیفیت منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف دشت دارد. با تلفیق نقشه موقعیت گنبد‌های نمکی، نقشه رودخانه‌ها و نقشه زمین‌شناسی در محیط GIS و با توجه به مسیرهای تغذیه آبخوان راور و نمونه‌برداری از آب رودخانه‌های مرتبط، گنبد‌های نمکی تأثیرگذار بر کیفیت منابع آب زیرزمینی شناسایی شدند. با توجه به شناسایی عوامل و مسیرهای اصلی کاهش کیفیت منابع آبی دشت راور می‌توان برای کاهش اثرات نامطلوب آن، برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام داد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۸، پاییز ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷
صفحات: ۱-۲۰



واژه‌های کلیدی:

گنبد‌های نمکی، خصوصیات هیدروژئوشیمیایی، منابع آب زیرزمینی، GIS، دشت راور.

مقدمه

آب زیرزمینی، وجود عوامل طبیعی همچون گنبد‌های نمکی و سازندهای زمین‌شناسی آلاینده نیز گاهی موجب کاهش کیفیت آب چاه‌ها و سفره‌های زیرزمینی می‌شوند (Servati, 2001: 87). از آنجایی که گنبد‌های نمکی خاصیت انحلال‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند تأثیرات مخربی بر منابع آب نزدیک خود بگذارند، بررسی و مطالعه آن‌ها به خصوص در مناطق مسکونی و کشاورزی بسیار اهمیت دارد (Zarei et al, 2014: 389). این عناصر می‌توانند به شکل‌های مختلفی در شور

امروزه به دلیل کم‌بودن ذخائر سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی در نقاط مختلف دنیا به خصوص در کشور ما توسعه زیادی یافته است و برای مصارف مختلف شرب، صنعتی، کشاورزی و... مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ به همین دلیل می‌بایست که منابع آب زیرزمینی در هر ناحیه مورد مطالعه دقیق و بررسی کیفی و کمی قرار گیرند تا بتوان از آن‌ها استفاده بهینه کرد. عواملی چون بهره‌برداری نادرست از منابع

۱. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران (نویسنده مسئول) Mehrabi@uk.ac.ir
۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران Karimi@uk.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران fateme.na074@gmail.com

تسلط آب و هوای نیمه‌خشک ذکر می‌کنند. معیری و احمدی‌نژاد (۱۳۸۶: ۳۳) با بررسی پدیده دی‌پیریسم و تأثیر آن را بر آلودگی رودخانه شور دهرم به این نتیجه رسیدند که چشمه‌های شوری که از خود گنبد‌های نمکی سرچشمه می‌گیرند، باعث تخریب و شور شدن آب رودخانه شده‌اند. بوستانی و همکاران (۱۳۸۷: ۸۴) با بررسی تأثیر گنبد‌های نمکی بر منابع آب منطقه دهرم استان فارس به این نتیجه رسیدند که میزان هدایت الکتریکی در فصول تر کاهش می‌یابد. بهرامی و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر سازند شور گچساران بر کیفیت آب رودخانه زهره در کهگیلویه و بویراحمد را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شوری آب این رودخانه به علت کاهش دبی رودخانه در فصول خشک و جریان چشمه‌های شور ناشی از سازند گچساران است.

خزایی و همکاران (۱۳۹۲: ۱۵)، با بررسی تأثیر گنبد‌های نمکی کاکان یاسوج بر منابع آب و خاک مجاور آن، به این نتیجه رسیدند که دی‌پیریسم موجود در این حوضه هر چند از وسعت زیادی برخوردار نیستند و طول کمی از رودخانه از حاشیه آن می‌گذرد؛ ولی تنها عامل شوری آب، رودخانه شور کاکان هستند که با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی و هیدرولوژیکی میزان تأثیر آن متفاوت است.

زارعی و مهدی‌زاده (۱۳۹۷: ۱۴)، تأثیر گنبد نمکی جهانی بر کیفیت منابع آبی مجاور آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشانگر این است که این گنبد در تخریب کیفیت آب رودخانه فیروزآباد تأثیر قابل توجهی دارد؛ به طوری که هدایت هیدرولیکی رودخانه را از ۷۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ۱۳۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش می‌دهد.

شدن و کاهش کیفیت منابع آب اطراف خود تأثیرگذار باشند؛ به طوری که معمولاً عبور روان‌آب‌ها از میان گنبد‌های نمکی و سازندهای شور و جریان یافتن آن‌ها از بالادست به سمت مناطق پایین‌دست و تغذیه آبخوان‌ها می‌تواند باعث افت کیفیت منابع آب زیرزمینی شود (فیض‌نیا، ۱۳۷۶: ۵۷). گنبد‌های نمکی در اقلیم‌های مختلف و مناطق با توپوگرافی متفاوت می‌تواند وجود داشته باشد؛ ولی در این بین، وجود این ساختارهای نمکی در مناطق کوهستانی و بالادست، به دلیل بارندگی‌های بیشتر و وجود رودخانه‌ها و در نتیجه امکان حمل نمک‌ها می‌تواند بسیار بحرانی‌تر از سایر مناطق باشد (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۷۱).

تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر گنبد‌های نمکی و سازندهای شور در کاهش کیفیت منابع آب و خاک مجاور آن انجام گرفته است که در ادامه می‌توان به یک سری از این پژوهش‌ها اشاره کرد. طهماسبی (۱۳۷۷: ۶۷) با بررسی عوامل مؤثر در شور شدن منبع آب در حوضه رودخانه اشتهارد و با نمونه‌برداری آب از پایین‌دست و بالادست آن، به این نتیجه رسید که عامل اصلی در تخریب و کاهش کیفیت آب‌های سطحی، گنبد‌های نمکی موجود در منطقه مورد مطالعه هستند. فیض‌نیا (۱۳۷۶: ۵۷) تغییر کیفیت آب در سرشاخه‌های مختلف رودهای غرب حوضه مرکزی (قم-کاشان) را مورد بررسی قرار داده و علل زمین‌شناسی مؤثر در این امر را مورد کنکاش قرار می‌دهد، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از مهم‌ترین عوامل مؤثر در شوری آب رودخانه‌های این حوضه، رسوبات تبخیری و گنبد‌های نمکی هستند. کرمی و رستم‌زاده (۱۳۸۵: ۳۱۵) علل شور شدن و گسترش زمین‌های نمکی اراضی دشت سراب را علاوه بر منشأ زمین‌شناسی عواملی چون جریان آب‌های سطحی شور، تبخیر زیاد و

نمکی، تأثیرپذیری منابع آب زیرزمینی از توده‌های نمکی را به اثبات رساندند.

در حوضه ایران مرکزی، گنبد‌های نمکی متعددی رخنمون دارند که در مقایسه با گنبد‌های نمکی حوضه زاگرس کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از این حوضه‌ها راور است. حوضه راور مثال خوبی برای رسوب‌گذاری دوره‌ای و طولانی‌مدت تبخیری‌ها در تمام طول فانونوئیک است. نمک و ژپس در وندین ظاهر می‌شود و در کامبرین زیرین، دونین، تریاس زیرین، تریاس پایانی، ژوراسیک بالایی، کرتاسه زیرین، کرتاسه پایانی و در اواخر ترشیاری نیز تکرار می‌شود. با توجه به مشکلات کم‌آبی فراوانی که منطقه راور با آن روبه‌روست، اهمیت حفاظت از منابع آب شیرین منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد. در همین راستا، آگاهی از محل و موقعیت گنبد‌های نمکی رخنمون‌یافته راور و شبکه رودخانه‌هایی که با این منابع، آلوده می‌شود و نیز سنجش میزان تأثیر این سازندها بر کیفیت آب و مشخص شدن مناطق بحرانی از این نظر می‌تواند بسیار مهم و حیاتی باشد؛ بنابراین هدف اصلی این پژوهش ضمن بررسی و آنالیز ژئوشیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت راور، شناسایی و بررسی تأثیر احتمالی گنبد‌های نمکی بر روی آن است.

منطقه مورد مطالعه

دشت راور با مختصات جغرافیایی 36° و 56° تا 53° و 56° طول شرقی و 10° و 31° تا 21° و 31° عرض شمالی در شمال استان کرمان و حاشیه کویر لوت قرار دارد (شکل ۱). مساحت محدوده مورد مطالعه حدود ۸۵۰ کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۷۰ متر است. از نظر اقلیمی دارای آب و هوای بیابانی نسبتاً گرم و خشک است. حداکثر درجه حرارت در تابستان حدود ۴۲ درجه

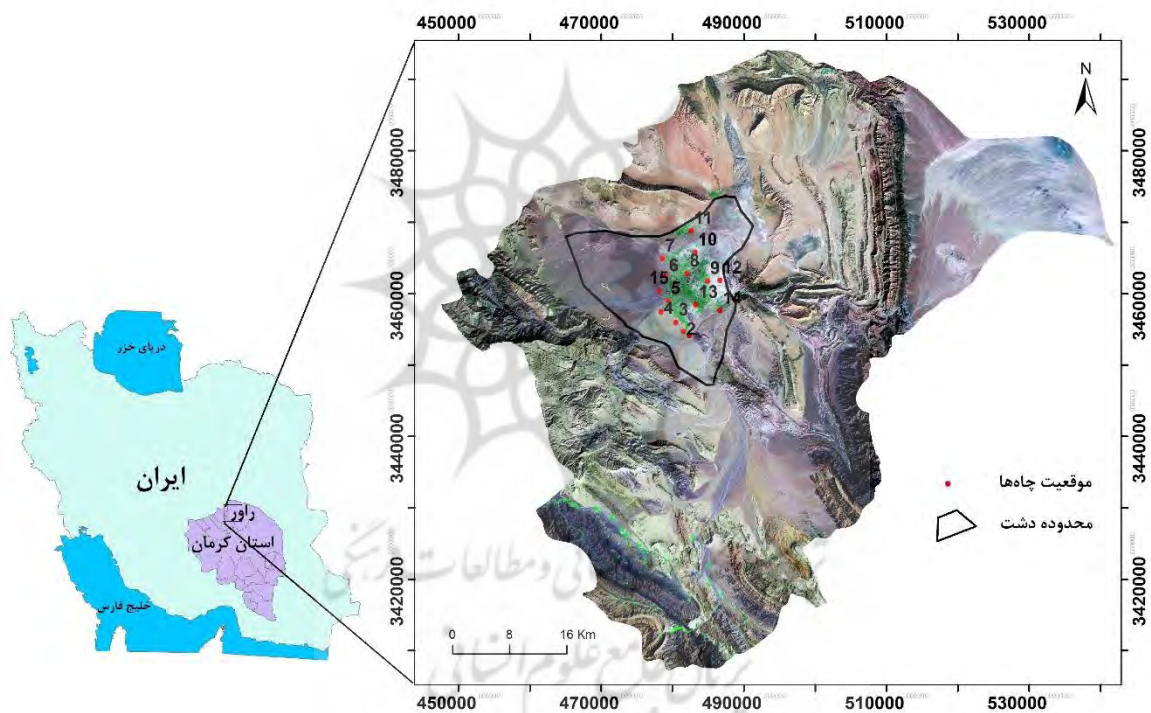
غلامدخت‌بندری و همکاران (۱۳۹۷: ۹۷) در تحقیقی با عنوان «ارزیابی کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه سیاهو، شمال شرق شهر بندرعباس»، به نقش مهم گنبد‌های نمکی در کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی حوزه سیاهو اشاره می‌کنند. صادقی و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی علل شوری رودخانه فیروزآباد فارس به این نتیجه رسیدند که این رودخانه در مسیر عبور از گنبد‌های نمکی، نمک‌های مختلف را در خود حل می‌کند و کیفیت آن کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، نقش چشمه‌های شور نیز در این امر بسیار پررنگ است. نکویی و همکاران^۱ (۲۰۱۶: ۳۴) تأثیر شورابه‌های خروجی از گنبدنمکی خارموستاج لارستان را بر روی آبخوان مجاور آن مورد بررسی قرار دادند. ایشان با استفاده از داده‌های هیدروژئوشیمیایی به‌دست‌آمده از چشمه‌های مجاور گنبد و ترسیم نمودار پایپر، ارتباط بین گنبد نمکی با شورشدن آبخوان مجاور را به اثبات رساندند. باقری و همکاران^۲ (۲۰۱۷: ۶۶۲) منشأ شوری آب زیرزمینی دشت فسا را مورد بررسی قرار دادند. ایشان با استفاده از تحلیل ورودی‌های تغذیه دشت و ارتباط آن با گنبد‌های نمکی به این نتیجه رسیدند که گنبد‌های نمکی منطقه، عامل اصلی شورشدن منابع آب زیرزمینی دشت فسا است.

انگن و همکاران^۳ (۲۰۱۸: ۳۰۱)، در تحقیقی به بررسی عامل اصلی شوری آبخوان دلتای نیل در مصر پرداخته‌اند. آن‌ها تغذیه دلتای نیل از رودخانه‌های عبورکرده از سازندهای نمکدار مجاور را عامل اصلی شوری معرفی کرده‌اند. وینسنت و همکاران^۴ (۲۰۲۰: ۱۰۷) در منطقه تامیلنادر هندوستان با آنالیز هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی مجاور گنبد‌های

1. Nekouei et al
2. Bagheri et al
3. Engelen et al
4. Vincent et al

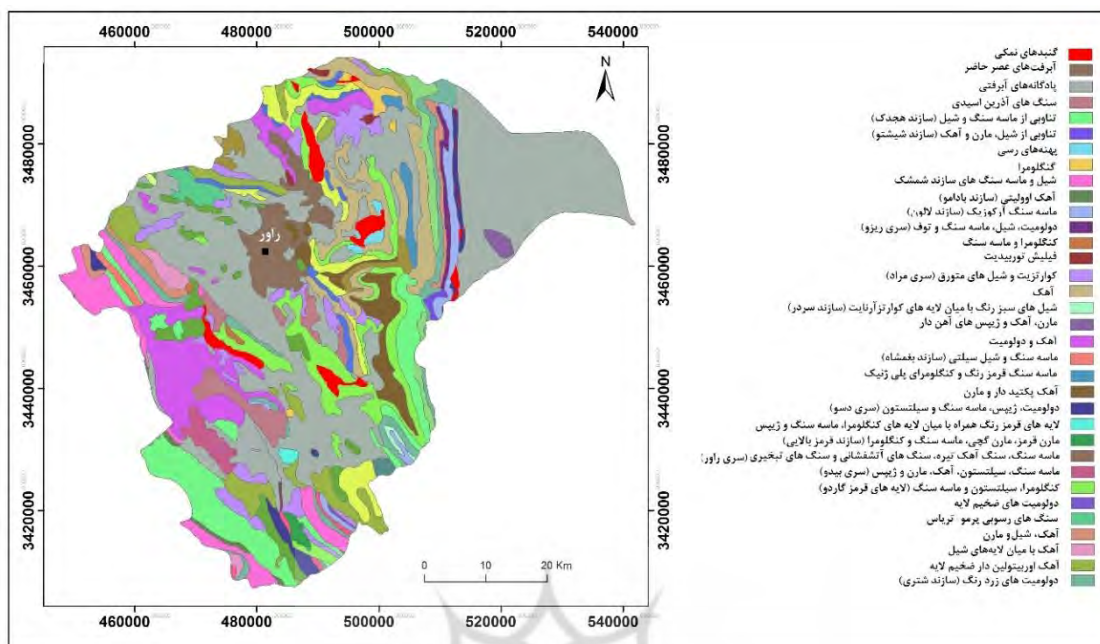
و کانی‌های تبخیری، سری راور با آمیزه‌ای از ماسه‌سنگ سرخ‌رنگ، سنگ‌های آتشفشانی بازیک، سنگ آهک‌های تیره و سنگ‌های تبخیری است (شکل ۲). اندازه ذرات رسوبات در دشت راور درشت‌دانه در غرب و مرکز دشت و ریزدانه در پلایای شرق دشت است (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۹: ۹۰). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

سانتی‌گراد بالای صفر و در زمستان به ۱۰ درجه زیر صفر می‌رسد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۴: ۹۰). منطقه مورد مطالعه از نظر ساختاری در حوضه ایران مرکزی قرار دارد. این منطقه در دو ورقه زمین‌شناسی ۲۵۰۰۰۰ راور و لکرکوه قرار گرفته است. بیشتر سازندهای زمین‌شناسی رخنمون‌یافته در منطقه شامل سازند بیدو با ترکیب ماسه‌سنگ، شیل و مارن‌های ژینس‌دار، سازند دسو با ترکیب ژینس، دولومیت، آهک



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان کرمان و موقعیت دشت راور درون حوضه آبریز آن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز راور و موقعیت گنبد‌های نمکی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

سولفات (SO_4) با استفاده از روش گراویمتری اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین از آب دو رودخانه فصلی که منبع تغذیه دشت بودند نیز نمونه‌برداری شد که نتایج آزمایش این نمونه‌ها نیز در جدول ۱ قابل مشاهده است. نقشه مدل ارتفاع رقومی (DEM) حوضه آبریز راور با استفاده از داده‌های SRTM30 در محیط GIS ترسیم شد (شکل ۳). از نقشه زمین‌شناسی ۲۵۰۰۰۰ راور برای بررسی سازندها و سنگ‌های موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شد (شکل ۲). برای تهیه نقشه رودخانه‌ها از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ استفاده شد، موقعیت رودخانه‌ها در محیط GIS استخراج و رقومی شد. به منظور بررسی توزیع مکانی کیفیت منابع آبی آبخوان راور و تعیین ارتباط آن با گنبد‌های نمکی موجود در منطقه، به‌ویژه برای تهیه نقشه‌های توزیع مکانی پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، از توابع تحلیل مکانی^۲ نظیر تابع درون‌یابی نوع کریجینگ موجود در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. از آنجایی که رخساره‌های

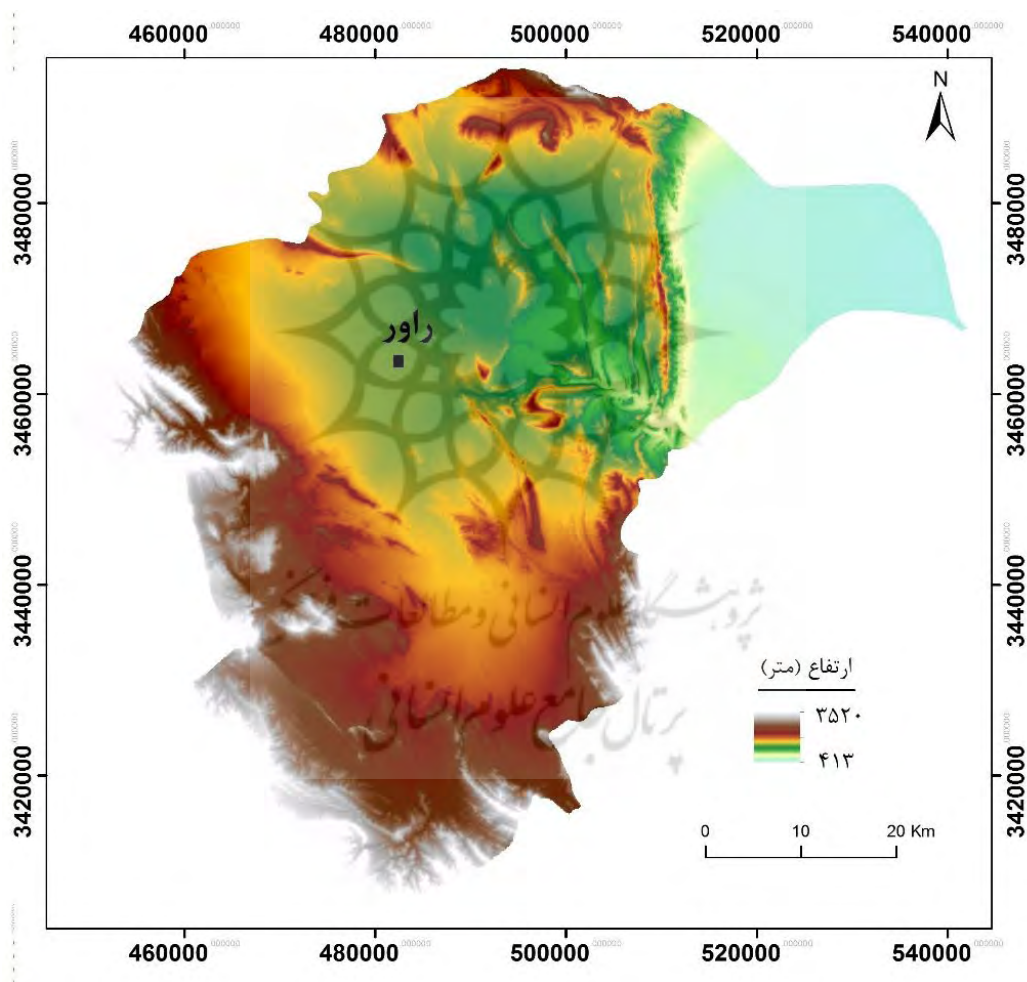
مواد و روش‌ها

نقشه گنبد‌های نمکی منطقه راور با استفاده پردازش تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات میدانی تهیه شده است (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۹: ۹۳) که در این پژوهش از آن استفاده شد (شکل ۲).

به‌منظور ارزیابی هیدروژئوشیمی منابع آب زیرزمینی دشت راور، تعداد ۱۵ نمونه آب از چاه‌های نیمه‌عمیق و عمیق دشت برداشت شد. موقعیت چاه‌های انتخابی در شکل ۱ با ذکر شماره چاه مشاهده می‌شود. نمونه‌های آب براساس دستورالعمل‌های مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، برداشت و به آزمایشگاه آب و خاک دانشگاه باهنر کرمان منتقل شدند و براساس روش‌های استاندارد PH و هدایت الکتریکی (EC) با دستگاه PH متر و دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های بی‌کربنات (HCO_3)، کلسیم (Ca)، کلر (Cl) و منیزیم (Mg) به روش تیتراسیون، غلظت یون سدیم (Na) به روش فلیم فوتومتری^۱ و غلظت یون

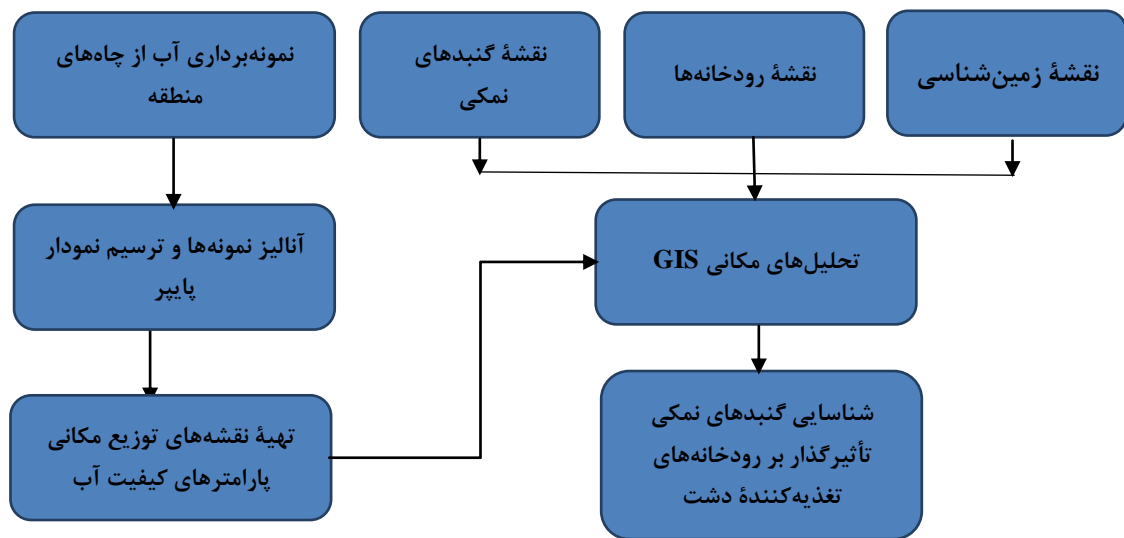
یکی از روش‌های متداول در تعیین رخساره و تیپ آبی با ماهیت ژئوشیمیایی متفاوت است. می‌توان از آن در توصیف تفاوت‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. رخساره‌ها همواره تابعی از سنگ‌شناسی، پویایی محلول‌ها و الگوی جریان آب در آبخوان هستند. اساس طبقه‌بندی رخساره‌ها مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های عمده آب زیرزمینی است (Rajabi & Shiri, 2009: 47).

هیدروشیمیایی آب زیرزمینی تعیین‌کننده توده‌های آبی با ماهیت ژئوشیمیایی متفاوت است. می‌توان از آن در توصیف تفاوت‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. رخساره‌ها همواره تابعی از سنگ‌شناسی، پویایی محلول‌ها و الگوی جریان آب در آبخوان هستند. اساس طبقه‌بندی رخساره‌ها مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های عمده آب زیرزمینی است (Rajabi & Shiri, 2009: 47).



شکل ۳: نقشه مدل ارتفاع رقومی (DEM) حوضه آبریز راور

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹



شکل ۴: فلوجارت روش تحقیق تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

نتایج و بحث

ارزیابی هیدروژئوشیمیایی نمونه‌های آب

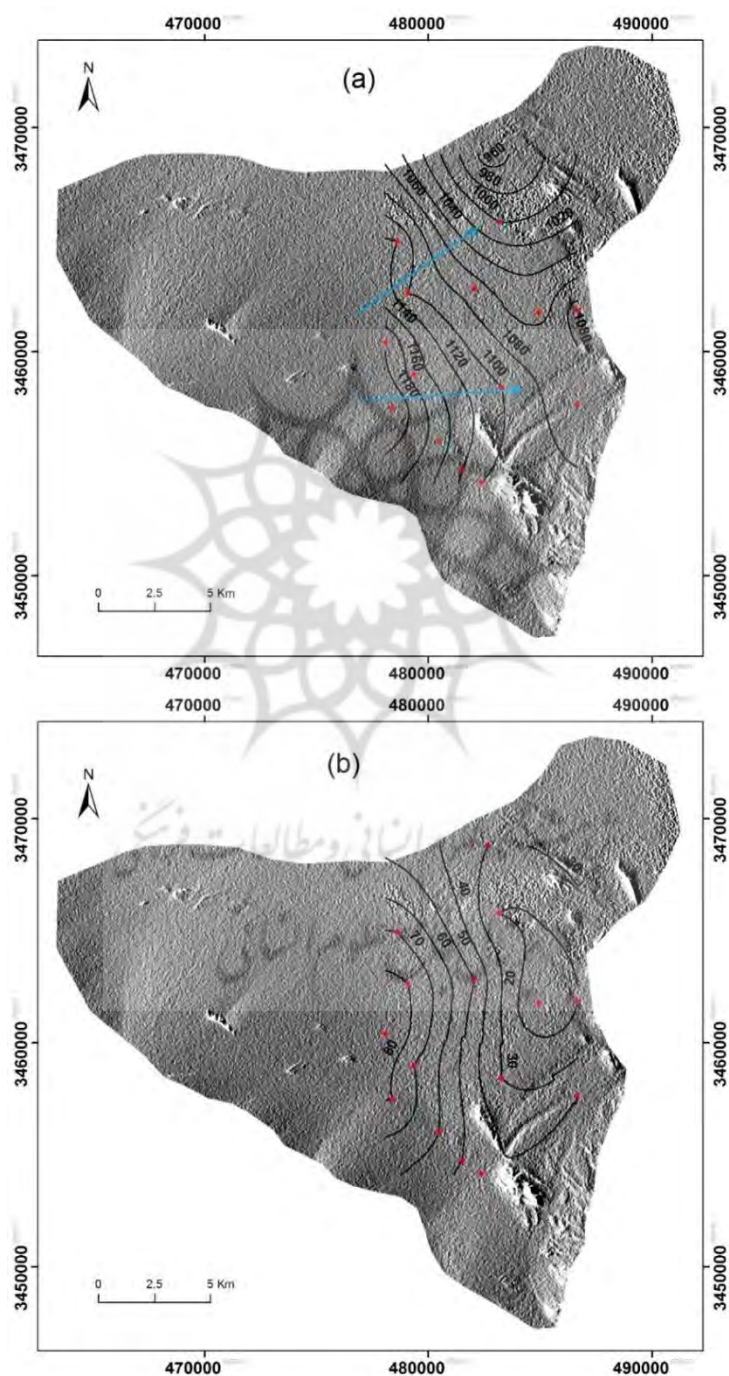
با استفاده از داده‌های هیدرولوژی مربوط به چاه‌های مورد مطالعه، نقشه‌های هم‌تراز و هم‌عمق آب زیرزمینی دشت راور ترسیم شد (اشکال ۵ و ۶). براساس نقشه هم‌تراز (شکل ۵) مشخص شد که جهت‌های اصلی جریان آب زیرزمینی از شرق به غرب و از جنوب غرب به شمال شرق است؛ بنابراین بخش‌های غربی و جنوبی، مناطق تغذیه دشت و بخش‌های شمالی و شرقی مناطق تخلیه دشت به شمار می‌آیند. براساس نقشه هم‌عمق (شکل ۶) نیز مشاهده می‌شود که بخش‌های غربی دشت بیشترین عمق آب را دارند و سطح برخورد به آب، به سمت مرکز دشت کاهش می‌یابد.

نتایج آنالیز خصوصیات شیمیایی نمونه‌های آب برداشت‌شده از چاه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول میزان PH در نمونه‌های آب از ۷/۰۵ تا ۷/۹۰ تغییر می‌کند، علت این بازه کم تغییرات، در بالابودن درصد املاح محلول و خاصیت بافری آب‌های زیرزمینی دشت دانست. علاوه بر این که حدود نیمی از نمونه‌ها دارای میزان هدایت

الکتریکی نسبتاً بالایی هستند. بیشترین شوری مربوط به چاه شماره ۱۴ به میزان ۲۰۳۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین شوری مربوط به چاه شماره ۷ به میزان ۲۳۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. مقدار کل مواد جامد محلول (TDS) با توجه به اینکه همواره همبستگی مثبتی با هدایت الکتریکی و شوری دارد، با افزایش EC غلظت آن نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که بیشترین مقدار مربوط به چاه شماره ۱۴ به میزان ۱۴۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین مقدار مربوط به چاه شماره ۷ به میزان ۸۸۰ میلی‌گرم بر لیتر است. برای ارزیابی و تعیین تیپ و رخساره نمونه‌های آب از نمودار پایپر استفاده شد. براساس این نمودار ۴۰ درصد نمونه‌ها کلروره و سولفات هستند، این‌ها نمونه‌های به‌دست‌آمده از چاه‌های قرار گرفته در قسمت‌های جنوب غربی و جنوب شرقی دشت هستند. همچنین ۳۰ درصد نمونه‌ها دارای رخساره بی‌کربناته و بقیه نمونه‌ها تیپ ترکیبی دارند. غالب نمونه‌های دارای تیپ بی‌کربناته مربوط به چاه‌های شمال غرب دشت راور است. از نظر کاتیونی ۴۰ درصد نمونه‌ها سدیک بوده که اکثراً مربوط به چاه‌های جنوب غربی و جنوب شرقی دشت هستند و بقیه نمونه‌ها مرکب از

آب زیرزمینی و ارتباط آن با عوامل زمین‌شناسی و هیدرولوژی استفاده شد.

کلسیک و منیزیک هستند. در ادامه به‌منظور بررسی و تحلیل علت و دلایل وجود تیپ‌های مختلف و متفاوت آبی در آبخوان راور از تحلیل‌های مکانی کیفیت منابع



شکل ۵: نقشه‌های هم‌تراز (a) و هم‌عمق (b) منابع آب زیرزمینی دشت راور

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

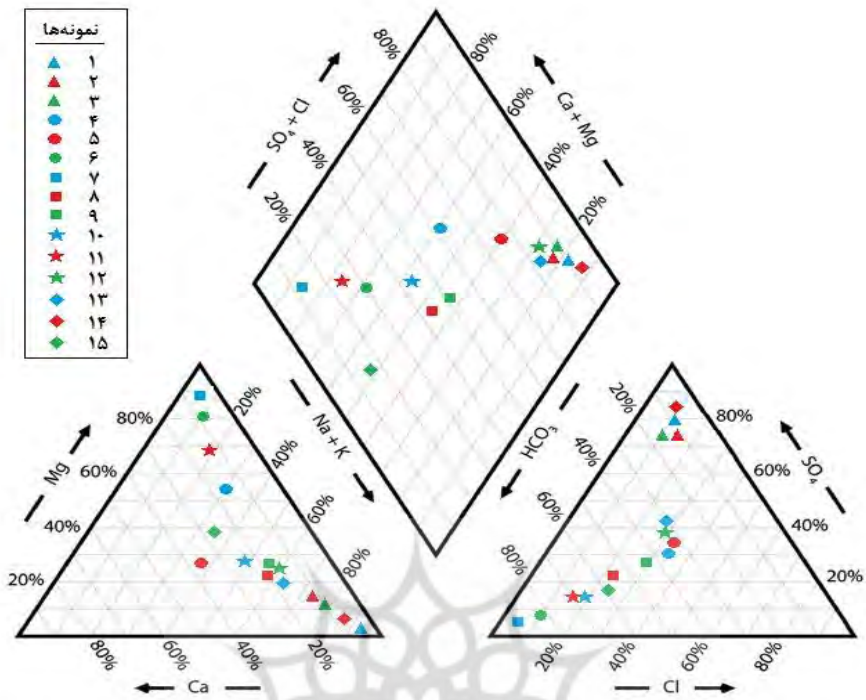
جدول ۱: نتایج آنالیز پارامترهای هیدروژئوشیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت راور

شماره نمونه	عمق (متر)	سطح (تراز متر)	PH	EC (ss cm)	TDS (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)
۱	۴۳	۱۱۰۳	۷/۱۵	۱۹۰۰	۱۴۱۲	۸۹۴/۴	۱۰۴۵/۹	۳۹/۳۷	۶۵/۰۷	۱۴۳/۰۸	۴۹۷۱/۸
۲	۵۵	۱۱۲۷	۷/۱۸	۱۸۷۰۰	۱۳۵۹	۸۱۹/۹	۹۸۲/۴	۸۷/۴۱	۹۵/۹۴	۱۵۱/۳۴	۴۷۵۴/۳
۳	۶۷	۱۱۵۵	۷/۲۵	۱۶۵۰۰	۱۲۲۸	۷۵۹/۵	۸۹۴/۷	۱۴۹/۳۸	۸۷/۲۵	۲۱۵/۹۲	۴۷۱۵/۲
۴	۸۱	۱۲۰۰	۷/۴۳	۹۰۰	۹۲۱	۳۸۱/۷	۴۶۹/۶	۴۰۸/۱۴	۳۵۹/۸۸	۲۶۷/۴۹	۲۸۹۰/۹
۵	۷۸	۱۱۵۰	۷/۴۷	۱۰۴۰۰	۹۴۷	۴۲۵/۳	۵۶۲/۸	۳۱۰/۱۹	۲۶۴/۵۷	۱۹۵/۲۴	۲۷۰۵/۵
۶	۸۹	۱۱۰۳	۷/۹۰	۲۸۰۰	۸۸۶	۲۰۳/۸	۱۹۹/۳	۴۸۱/۴۶	۶۰۴/۷۴	۳۷۱/۱۹	۴۵۹/۴
۷	۷۶	۱۱۲۰	۷/۸۷	۲۳۲۰	۸۸۰	۱۳۵/۷	۱۳۴/۴	۶۶۷/۲۳	۷۲۵/۶۳	۴۲۳/۳۰	۳۵۷/۷
۸	۵۳	۱۰۷۲	۷/۷۲	۶۹۰۰	۹۸۳	۳۴۰/۳	۳۵۸/۲	۲۸۹/۱۱	۱۹۹/۴۴	۲۳۹/۵۷	۱۲۰۵/۷
۹	۱۲	۱۰۵۹	۷/۴۱	۱۱۳۰۰	۱۰۰۳	۳۹۵/۶	۴۰۵/۵	۱۸۷/۶۵	۲۰۳/۰۹	۱۸۴/۸۱	۱۹۷۸/۲
۱۰	۲۴	۱۰۰۰	۷/۵۹	۷۰۰۰	۸۹۷	۲۸۰/۱	۲۷۵/۹	۲۶۴/۱۶	۲۴۴/۵۰	۲۴۵/۴۴	۲۷۹۱/۸
۱۱	۳۸	۹۵۲	۷/۸۸	۳۷۰۰	۸۸۶	۱۹۴/۱	۲۰۸/۱	۳۲۳/۳۳	۳۷۴/۶۱	۳۸۲/۰۹	۶۳۸/۴
۱۲	۲۵	۱۰۹۶	۷/۳۴	۱۳۸۰۰	۹۹۶	۶۰۹/۴	۵۷۷/۳	۱۱۹/۳۵	۱۹۵/۷۵	۲۰۷/۱۷	۳۷۵۲/۶
۱۳	۳۳	۱۱۰۰	۷/۳۵	۱۴۰۰۰	۱۱۰۷	۶۸۴/۶	۶۴۹/۷	۷۹/۸۴	۱۰۷/۶۳	۱۸۶/۳۰	۳۹۲۱/۵
۱۴	۴۱	۱۰۷۰	۷/۰۵	۲۰۳۰۰	۱۴۲۰	۹۳۷/۶	۱۱۲۰/۵	۵۶/۶۸	۷۱/۰۹	۱۲۱/۰۹	۵۲۱۸/۳
۱۵	۹۲	۱۱۸۴	۷/۹۰	۶۲۰۰	۹۰۲	۲۶۰/۵	۳۰۹/۶	۲۳۹/۷۷	۳۴۱/۳۵	۳۲۱/۵۸	۳۵۱۱/۹
۱۶	-	-	۷/۸۰	۱۷۰۰	۴۷۰	۶۸/۹	۷۹/۷	۱۲۹/۱۲	۳۶۷/۳۸	۱۵۵/۶۵	۴۹۸/۸
۱۷	-	-	۷/۹۵	۱۸۳۰	۴۱۰	۸۷/۴	۵۴/۳	۱۸۲/۵۲	۳۹۸/۴۴	۱۷۳/۷۲	۵۲۳/۶
۱۸	-	-	۷/۰۲	۵۵۷۰۰	۲۳۰۰	۱۷۴۰/۱	۲۰۳۴/۴	۳۱۱/۵۷	۴۲۱/۸۵	۲۱۱/۳۸	۷۴۹۵/۷
۱۹	-	-	۷/۱۲	۴۷۰۰۰	۳۱۲۰	۱۸۱۹/۷	۲۳۱۴/۵	۲۸۷/۶۷	۴۷۲/۹۳	۱۹۹/۵۹	۸۱۰۵/۴

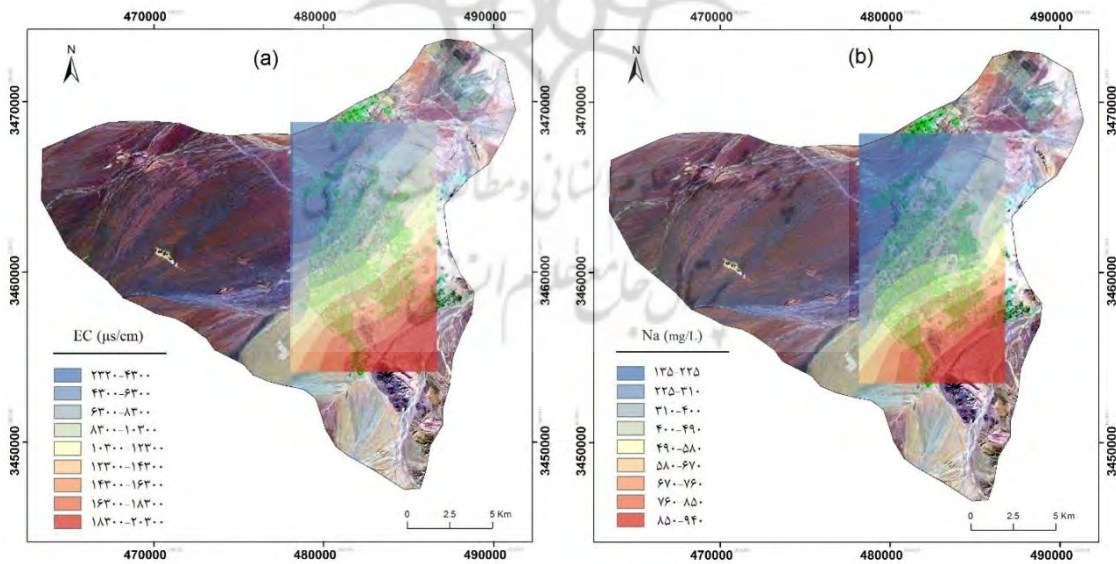
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۹

مطلب در مورد غلظت یون کلسیم صادق است و توزیع مکانی غلظت آنیون‌های بی‌کربنات و سولفات در شکل ۹ مشخص شده است. براساس این شکل، غلظت آنیون سولفات در بخش‌های جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی دشت زیاد است و این مقادیر به سمت شمال دشت روندی کاهشی دارند. همچنین غلظت آنیون بی‌کربنات در بخش‌های شمالی دشت افزایش نشان می‌دهد. در کل آنچه از نقشه‌های مذکور به دست می‌آید، تفاوت در پارامترهای هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی در قسمت‌های مختلف دشت راور و نبود پیوستگی و یکپارچگی در آن است که این موضوع مطمئناً با توجه به اثبات تأثیرپذیری منابع آب زیرزمینی از سازندهای مختلف زمین‌شناسی (صادقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Vincent et al, 2020: 107) و احتمال تأثیرپذیری آن از سازندهای شور، بایستی مورد بررسی قرار گیرد که در ادامه به این موضوع پرداخته می‌شود.

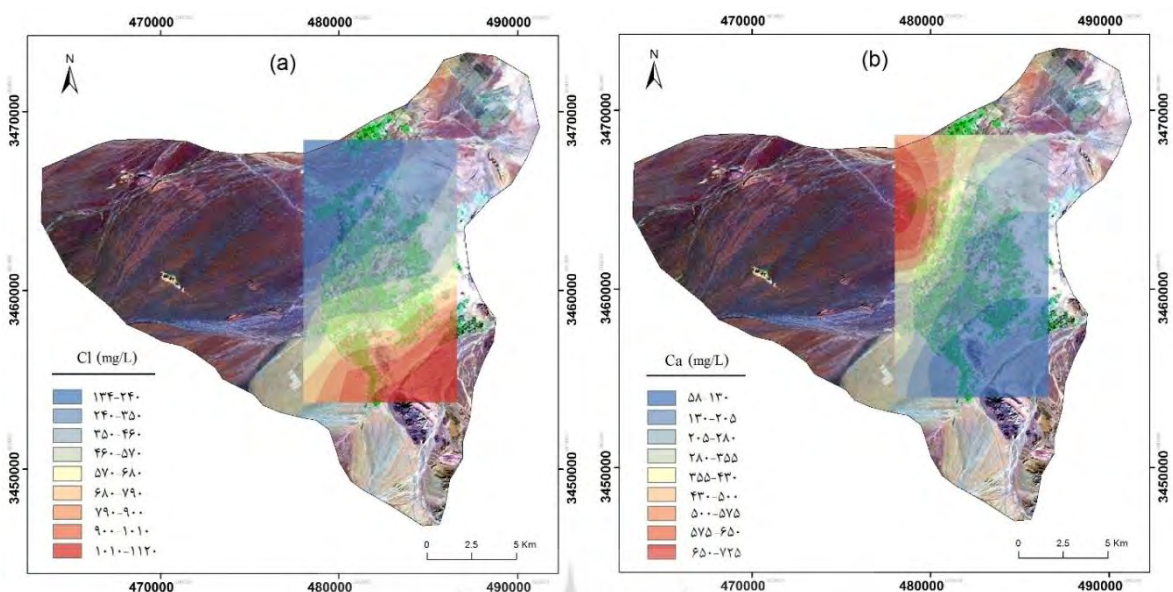
به‌منظور بررسی و تحلیل بهتر توزیع و نحوه تغییر پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، اقدام به تهیه نقشه‌های توزیع مکانی پارامترهای مختلف شد. نتایج و نقشه‌های مذکور در اشکال شماره ۷ تا ۹ ارائه شده است. در این نقشه‌ها مقادیر بالا با رنگ‌های قرمز و مقادیر کم با رنگ‌های آبی مشخص شده‌اند و به‌طور کلی همه نقشه‌ها به ۹ طبقه به لحاظ مقادیر متغیر موردنظر تقسیم می‌شوند. شکل ۷ تغییرات EC و غلظت یون سدیم را نشان می‌دهد. براساس نقشه‌های به دست آمده میزان شوری و غلظت یون سدیم آب در بخش‌های جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی دشت زیاد است و این مقادیر به سمت شمال دشت روندی کاهشی دارند. در شکل ۸ توزیع مکانی غلظت یون‌های کلر و کلسیم ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، تغییرات غلظت یون کلر از از بخش‌های شمالی دشت به سمت نواحی جنوبی روند افزایشی دارد و عکس این



شکل ۶: نمودار پایپر نقاط نمونه برداری تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

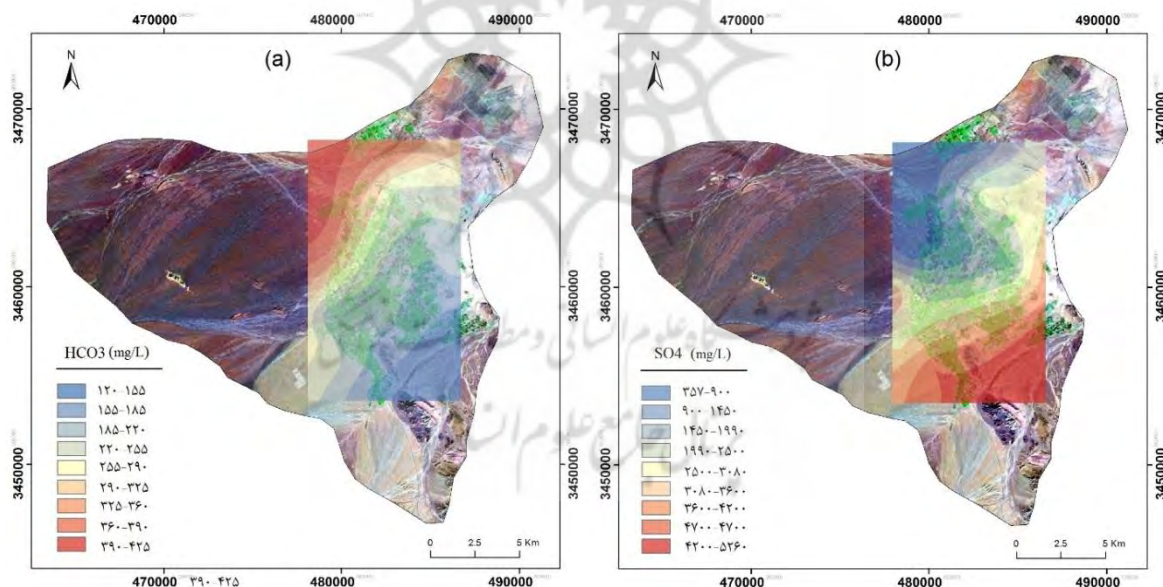


شکل ۷: نقشه توزیع مکانی پارامترهای هدایت الکتریکی آب (a) و کاتیون سدیم (b) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹



شکل ۸: نقشه توزیع مکانی آنیون کلر (a) و کاتیون کلسیم (b)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹



شکل ۹: نقشه توزیع مکانی آنیون بی کربنات (a) و آنیون سولفات (b)

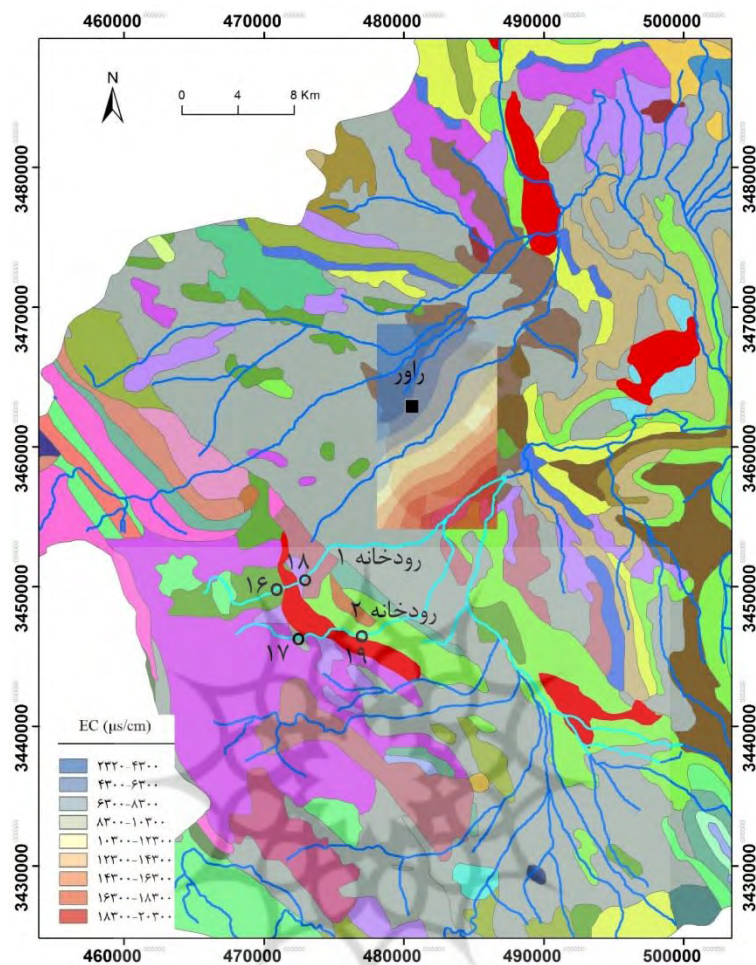
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

امر، رودخانه‌های فصلی موجود در محدوده حوضه آبریز مشخص شد (شکل ۱۰). علاوه بر آن نقشه رقومی زمین‌شناسی و موقعیت گنبد‌های نمکی رخنمون‌یافته در محدوده حوضه نیز در محیط GIS بر روی هم قرار گرفتند و در نهایت نقشه ۱۰ شکل گرفت. در این نقشه

از آنجایی که همواره یکی از عوامل اصلی در تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی رودخانه‌های تغذیه‌کننده آبخوان به‌شمار می‌آید (کرمی و رستم‌زاده ۱۳۸۵؛ خزایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ۳۲؛ زارعی و همکاران، ۱۳۹۷؛ ۱) و به‌منظور تعیین ارتباط بین عناصر دیگر مؤثر در این

از گنبد نمکی تهیه شده است. موقعیت نمونه‌های آب شماره ۱۶ تا ۲۰ در شکل ۱۰ مشخص است. نتایج آنالیز هیدروژئوشیمیایی این نمونه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، میزان شوری و غلظت یون‌های سدیم و کلر در نمونه‌های شماره ۱۶ و ۱۷ که از آب رودخانه‌ها قبل از برخورد به گنبد نمکی برداشت شده است، بسیار پایین‌تر از نمونه‌های شماره ۱۸ و ۲۰ است که بعد از عبور از میان گنبد نمکی، برداشت شده است. از آنجایی که لیتولوژی غالب این گنبد نمکی، نمک، ژپس، مارن و انیدریت است (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۹: ۸۶). در نتیجه می‌توان گنبد نمکی مذکور را به‌عنوان عامل اصلی کاهش کیفیت شیمیایی آب رودخانه تلقی کرد. علاوه بر این به‌دلیل تغذیه دشت راور توسط این رودخانه، کیفیت آب چاه‌های حفر شده در نواحی جنوب‌غربی و جنوب‌شرقی دشت نیز تحت تأثیر قرار گرفته است.

علاوه بر لایه‌های ذکر شده، نقشه توزیع مکانی هدایت الکتریکی نیز اضافه شد. با بررسی اولیه نقشه مذکور می‌توان ارتباط بین تغییرات توزیع مکانی EC با بعضی از رودخانه‌ها را به‌خوبی مشاهده کرد؛ به‌طوری‌که رودخانه‌هایی که از ارتفاعات جنوبی و جنوب‌غربی منتهی به دشت سرچشمه می‌گیرند. در نهایت از محدوده‌های با شوری بالا عبور کرده و عامل اصلی تغذیه این قسمت از دشت هستند. رودخانه‌های مذکور در شکل ۱۰ به‌صورت آبی کم‌رنگ از دیگر رودخانه‌ها جدا شده‌اند. نکته مهم دیگری که در این شکل مشخص است، این رودخانه‌ها در مسیر حرکت خود از مناطق بالادست از بین گنبدهای نمکی عبور کرده و این گنبدها را قطع می‌کنند؛ از این‌رو احتمال تأثیرپذیری آن‌ها از این گنبدهای نمکی بسیار زیاد است. به‌منظور بررسی بیشتر این مسئله از رودخانه‌های شماره ۱ و ۲ مشخص شده در شکل ۱۰، تعداد ۴ نمونه آب برداشت شد. یک نمونه از محل رودخانه قبل از برخورد به گنبد نمکی و نمونه دوم بعد از عبور



شکل ۱۰: نقشه تلفیقی از لایه رودخانه‌ها، گنبد‌های نمکی و زمین‌شناسی، محل نمونه‌برداری با دوایر کوچک مشخص شده است. راهنمای واحدهای سنگی زمین‌شناسی در شکل ۲ آمده است. (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹)

حوضه آبریز راور می‌توان دلیل این نوع ترکیب شیمیایی برای آب‌های زیرزمینی شمال دشت را توجیه کرد. بازدیدهای میدانی انجام‌گرفته بر روی گنبد نمکی‌های جنوب دشت راور به‌خوبی روند کاهش کیفیت آب رودخانه‌های عبورکننده از آن‌ها را به تصویر می‌کشد. شکل ۱۱ عکس‌هایی از یکی از گنبد‌های نمکی و عبور رودخانه از بین آن را نشان می‌دهد. البته نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات مشابه در دیگر مناطق (بوستانی و همکاران، ۱۷؛ غلام دخت‌بندری و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۷؛ Engelen et al, 2018: 301; Vincent et al, 2020: 107 همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که همواره گنبد‌های نمکی باعث تخریب

بنا بر نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دو گنبد نمکی واقع در بخش جنوبی دشت راور را به عنوان عوامل اصلی کاهش کیفیت منابع آبی بخش‌های جنوبی دشت راور قلمداد کرد. موضوع دیگری که می‌توان از شکل ۱۰ برداشت کرد این است که بخش‌های شمالی دشت که دارای کیفیت بهتری از نظر شوری هستند، احتمالاً بایستی که از رودخانه‌های غربی متأثر شده باشند. با مرور نقشه‌های توزیع مکانی تهیه‌شده در این پژوهش، مشخص می‌شود که آب چاه‌های شمال و شمال‌غربی دشت دارای درصد بالایی از کاتیون‌های کلسیم و بیکربنات هستند و با بررسی نقشه زمین‌شناسی (شکل ۲) و مشخص شدن نوع لیتولوژی آهکی ارتفاعات غربی

رودخانه‌های متأثر از گنبد نمکی و حتی ایجاد عایق طبیعی به‌منظور کاهش اثرپذیری رودخانه‌ها از گنبد‌های نمکی در نظر گرفت.

منابع آبی مجاور خود شده‌اند. به‌منظور کاهش اثرات مخرب گنبد‌های نمکی بر منابع آب زیرزمینی دشت راور می‌توان تمهیداتی نظیر ایجاد سد انحرافی در مسیر



شکل ۱۱: عکس‌هایی از گنبدنمکی جنوب دشت راور و رودخانه عبوری از بین آن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۹

هیدروژئوشیمیایی نمونه‌های آب ترسیم شد. نتایج تلفیق نقشه‌های مذکور با نقشه رودخانه‌ها و نقشه گنبد‌های نمکی، موجب شناسایی رودخانه‌ها و گنبد‌های نمکی تأثیرگذار در امر شوری منابع آب زیرزمینی شد. نتایج آنالیز نمونه‌های برداشته‌شده از آب رودخانه‌ها قبل از برخورد به گنبد نمکی و بعد از عبور از آن تأییدکننده تأثیرات مخرب آن‌ها در کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت راور است؛ بنابراین با توجه به شناسایی گنبد‌های نمکی تأثیرگذار می‌توان با اجرای تمهیداتی نظیر ایجاد سدهای انحرافی، مانع تغذیه دشت راور از رودخانه‌های تأثیرپذیرفته از گنبد‌های نمکی شد.

نتیجه

در این تحقیق به‌منظور بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت راور و تأثیر گنبد‌های نمکی مجاور آن، از ۱۵ چاه بهره‌برداری نمونه‌برداری شد. نتایج تجزیه هیدروژئوشیمیایی نمونه‌ها، نشانگر متفاوت بودن کیفیت منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف دشت راور است. ترسیم نمودار پایپر مربوط به نمونه‌ها نشان داد که رخساره ۴۰ درصد نمونه‌ها کلروره و سولفات، ۳۰ درصد نمونه‌ها دارای رخساره بی‌کربناته و بقیه نمونه‌ها تیپ ترکیبی دارند. به‌منظور تحلیل ارتباط مکانی بین تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی و گنبد‌های نمکی پیرامونی، در محیط GIS نقشه توزیع مکانی پارامترهای

منابع

بوستانی، سعید؛ میرزا کمپانی‌زارع؛ مسعود نوشادی (۱۳۸۷). بررسی اثر گنبدهای نمکی روی منابع آب در منطقه دهرم استان فارس، مجله جنگل و مرتع. شماره ۷۸.

<https://frw.ir/UploadedFiles/XFiles/frwsite/publication/majalleh/78.pdf>

بهرامی، مهدی؛ هادی معاضد؛ حیدر زارعی؛ عدنان صادقی‌لاری (۱۳۸۸). بررسی تأثیر سازند گچساران بر کیفیت آب رودخانه زهره در کهگیلویه و بویراحمد، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. صفحات ۱۸۵-۱۷۱.

<https://civilica.com/doc/86357>

خزایی، مجید؛ محسن پادیاب؛ سادات فیض‌نیا (۱۳۹۲). بررسی تأثیر دیابیرها بر شورشدن منابع آب و خاک (مورد: دیابیر حوضه رودخانه شور کاکان یاسوج)، جغرافیا و توسعه، دوره ۱۱. شماره ۳۲. صفحات ۳۸-۳۲.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2013.1161>

زارعی، مهدی؛ راضیه مهدی‌زاده (۱۳۹۷). تأثیر گنبد نمکی جهانی بر کیفیت منابع آبی مجاور، فیروزآباد فارس، پژوهش‌های دانش زمین، سال نهم. شماره ۳۴. صفحات ۱۴-۱.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=466420>

صادقی، مهناز؛ مجتبی قره‌محمدلو؛ نادر جندقی؛ معصومه فراستی؛ ابوالفضل طهماسبی (۱۳۹۸). نقش گنبدهای نمکی در شوری آب رودخانه فیروزآباد، دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی با محوریت آب، سیل و محیط زیست، گنبد کاووس.

<https://civilica.com/doc/962450>

طهماسبی، اصغر (۱۳۷۷). بررسی عوامل مؤثر در شورشدن آب و خاک و گسترش بیابان در حوضه رودخانه شور اشتهارد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

<http://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18800911>

عبداللهی، مرجان؛ افشین قشلاقی؛ احمد عباس‌نژاد (۱۳۹۴). هیدروژئوشیمی زیست‌محیطی منابع آب زیرزمینی دشت راور (شمال استان کرمان)، محیط‌شناسی. دوره ۴۱. شماره ۱. صفحات ۹۵-۸۱.

<https://doi.org/10.22059/jes.2015.53902>

غلام‌دخت بندری، مهدی؛ پیمان رضائی؛ زهرا غلام دخت‌بندری (۱۳۹۷). ارزیابی کیفیت هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه سیاهو، شمال شرق شهر بندرعباس، مجله سلامت و محیط زیست. شماره ۱۱. پی‌پی ۱-۹۷.

<http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5957-fa.html>

فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۶). بیابان‌زایی ناشی از ویژگی زمین‌شناسی ایران (مطالعه موردی: گنبدهای نمکی)، مجله بیابان. سال دوم. شماره ۱. صفحات ۴۷-۵۷.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=38685>

کرمی، فریبا؛ هاشم رستم‌زاده (۱۳۸۵). بررسی عوامل مؤثر در شورشدن دشت سراب، مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۵۹. پی‌پی ۲. صفحات ۳۲۹-۳۱۵.

https://journals.ut.ac.ir/article_27509.html

معیری، مسعود؛ یعقوب احمدی‌نژاد (۱۳۸۶). پدیده دیابیریسیم و تأثیر آن بر آلودگی رودخانه شور دهرم، پژوهش‌های جغرافیایی. دوره ۳۸، شماره ۱. صفحات ۳۳-۴۵.

https://journals.ut.ac.ir/article_17792.html

مهرابی، علی؛ صادق کریمی؛ فاطمه نقدی (۱۳۹۹). شناسایی گنبد‌های نمکی منطقه راور، استان کرمان با استفاده از روش پلاریمتری راداری تصاویر Palsar و تحلیل تصاویر چندطیفی Sentinel 2 و Aster، سال یازدهم، شماره ۲. صفحات ۸۶-۱۰۵.

http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_674657.html

References

Bagheri, R., Bagheri, F. Eggenkamp, H. G. M (2017). Origin of groundwater salinity in the Fasa Plain, southern Iran, hydrogeochemical and isotopic approaches. *Environ Earth Sci* 76, 662.

<https://doi.org/10.1007/s12665-017-6998-6>.

Engelen, J., Essink, G., Kooi, H., Bierkens, M (2018). On the origins of hypersaline groundwater in the Nile Delta aquifer, *Journal of Hydrology* Volume 560, May 2018, Pages 301-317.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.029>.

Nekouei, E., Zarei, M., Raeisi, E (2016). The influence of diapir brine on groundwater quality of surrounding aquifers, Larestan, Iran, *Environ Earth Sci* (2016) 75:571.

<https://doi.org/10.1007/s12665-015-5237-2>

Rajabi, M., Shiri, A (2009). Salt Tectonic and its Geomorphical Manifestation in Azarbaijan (Case Study: Salt Domes of North-west Tabriz), *Geography and Development Iranian Journal*, 16 (7): 47-70.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2009.1175>.

Servati, M. R (2001). Salt diapirs of Iran as a geomorphological unit, *Journal of Desert (biaban)*, 6 (1): 87-106.

<https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=47385>.

Vincent, J., Bagavathi, C.L., Vijaya, B., Lakshmi, G (2020). Physico-Chemical analysis of groundwater quality near the salt-pans of Thoothukudi Districts, Tamilnadu, India, *International Journal of ChemTech Research*, 2020, 13(3): 107-110.

<http://dx.doi.org/10.20902/IJCTR.2019.130306>.

Zarei, M., Raeisi, E., Mahmoudi, K (2014). The impact of salt diapirs on the quality of carbonate karst waters, Bastak, Iran. *Environ Earth Sci* 71:3893-3906.

<https://doi.org/10.1007/s12665-013-2775-3>.