

## Research Paper

# "Investigation of Quantitative and Qualitative (EC) Changes of Underground Water in Rafsanjan Plain"

Saeid Salehian Badi<sup>1</sup>, Rahmatollah Monshi Zadeh<sup>2\*</sup>, Saeid Hasanian Badi<sup>3</sup>, Mostafa Kadkhodaei<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD in Geography and Rural Planning, Shahid Beheshti University, Tehran.

<sup>2</sup> Associate Professor, Geography and Rural Planning, Shahid Beheshti University, Tehran.

<sup>3</sup> Master's Degree in Agricultural Engineering, Agriculture Department, Islamic Azad University, Ardestan Branch

<sup>4</sup> PhD in Geography and Rural Planning, Shahid Beheshti University, Tehran.



10.22125/IWE.2023.416325.1749

Received:  
**November 7, 2023**  
Accepted:  
**May 5, 2024**  
Available online:  
**June 29, 2024**

**Keywords:**  
**Drought - underground water resources - water quality - well depth - Rafsanjan Plain**

## Abstract

Rafsanjan plain in Kerman province, which is located in the arid and semi-arid region of Iran, is one of the oldest regions in the country in the field of economic pistachio cultivation, and the majority of the economy of the residents of these areas is directly dependent on pistachio crop cultivation. Indiscriminate extraction of underground water sources, mainly for the consumption of the agricultural sector and the pistachio crop, has caused a severe decrease in the quantity and quality of water in the region. The quantitative and qualitative reduction of underground water as the only reliable source of water in the region has caused a decrease in the area under cultivation, the amount of production and productivity of the agricultural sector as the main source of the region's economy, and many economic, social and environmental consequences. Considering the vital importance of water in the Rafsanjan Plain, in this research, the quantitative and qualitative changes of water in this area in recent decades have been investigated and studied. Information has been collected through interviews with experts and data analysis in relevant departments. The results of the study show that along with the increase in the drilling and exploitation of wells, the underground water level has decreased, the depth of the wells and the water level have increased, and the water quality has also decreased.

## 1. Introduction

Rafsanjan plain in Kerman province, which is located in the arid and semi-arid region of Iran, is one of the oldest regions in the country in the field of economic pistachio cultivation, and the majority of the economy of the residents of these areas is directly dependent on pistachio crop cultivation. Indiscriminate extraction of underground water resources, mainly for the consumption of the agricultural sector and pistachio crops, has caused a sharp decrease in the

\* **Corresponding Author:** Rahmatollah Monshi Zadeh

**Address:** Shahid Beheshti University

**Email:** [R-monshizadeh@sbu.ac.ir](mailto:R-monshizadeh@sbu.ac.ir)

**Tel:** 09124358631

quantity and quality of underground water in the region. The quantitative and qualitative reduction of underground water as the only reliable source of water in the region has caused a decrease in the area under cultivation, the amount of production and productivity of the agricultural sector as the main source of the region's economy, and many economic, social and environmental consequences. Considering the vital importance of water in the Rafsanjan Plain, in this research, the quantitative and qualitative changes (EC) of water in this area in the last two decades have been investigated and studied. Information has been collected through interviews with experts and analysis of data available in the relevant departments. The results of the study show that along with the increase in the drilling and exploitation of wells, the underground water level has decreased, the depth of the wells and the water level have increased, and the water quality has also decreased. So that with the indiscriminate extraction of water from wells and the reduction of underground water, the amount of extraction is lower than the approved or legalized discharge;

## 2. Materials and Methods

This research is based on the purpose of fundamental-applied studies, based on the nature and approach to the problem of descriptive-analytical type. The research method is based on quantitative and qualitative research methods. The collection of information has been done by library and field methods. In the initial investigation, interviews with relevant experts were used to understand the scope and how to collect and analyze information. In order to conclude the quantitative and qualitative changes of water, the statistics of related organizations, including the regional water department of Kerman province and Rafsanjan city, as well as the basic studies of Kerman water, have been used. The number of wells, the volume of water exploitation and the amount of water harvesting in different regions of Rafsanjan Plain have been analyzed by the type of consumption and in different villages. In order to investigate the quantitative changes, the average water level of the wells and the depth of the wells in the last 20 years have been compared. The quantitative and qualitative characteristics of water at the level of the range are shown by the map. Data analysis is mainly used in Excell software and drawing maps and some analysis through Arc GIS software.

## 3. Results

The total number of wells in Rafsanjan plain is 1439, of which 1236 are for agricultural use. In terms of depth distribution, most of the wells (83% of the wells) are dug at a depth of 100-300 meters and about half of the wells in Rafsanjan plain (57% of the total) have a depth of 150-250 meters. The highest density of water exploitation wells is scattered in the area around Rafsanjan city and between Islamia, Razmavaran and Qasim Abad villages and in the north-east of the plain in Ferdous and Rizwan villages. The amount of total underground water extraction in Rafsanjan Plain is less than 500 million cubic meters (491 million and 500 thousand cubic meters) annually, of which 453 million and five hundred thousand cubic meters (about 92% of the total) is the annual consumption of the agricultural sector. Meanwhile, the total amount of legal withdrawal of water from the plain was 505 million and five hundred thousand cubic meters, which means that due to the reduction of underground water resources, the withdrawal amount is less than the approved discharge amount. The average water level in the Rafsanjan plain was about 63 meters above the ground level in the 2002 census, and due to the excessive harvesting above the plain's capacity, the water level decreased by one meter every year until it reached 76 meters above the ground level in 2019. it is arrived. Of course, this drop in the water level or water level of the underground table and the wells that are dug in the area collect water at a depth of several hundred meters, and the higher layers either do not have water or have very little water to collect. The process of reducing the underground water of Rafsanjan plain has been uniform for 20 years, and the statistics of the decrease of one

meter of water in the plain show an inappropriate and destructive situation, which shows that it is taken excessively and much higher than the water entering the underground water table.

#### **4. Discussion and Conclusion**

Due to excessive exploitation of underground water tables and unbalanced agricultural development in Rafsanjan plain, the level of underground water table and aquifer water reserves of the plain has decreased. Although after a few years of drilling the wells, the area under agricultural cultivation, mainly pistachio orchards, and the income from it increased, but over time, the water reserves decreased, and in recent years, the water supply of many wells decreased or dried up, as well. Water quality has also decreased. Considering that most of the economy of Rafsanjan Plain is dependent on water and agriculture, if this situation continues, the ecological-environmental and economic-social situation of the area will face serious risks.

#### **5. Six important references**

1) Anderson, M. P., Woessner, W. W., & Hunt, R. J. (2015). Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport. Academic press.

2) Bahir, M., Ouhamdouch, S., Ouazar, D., El Moçayd, N., (2020). Climate change effect on groundwater characteristics within semi-arid zones from western Morocco, *Groundwater for Sustainable Development*, Volume 11, 100380.

3) Gonzalez Dugo, V., J.L. Durand & F. Gastal, (2010). "Water Deficit and Nitrogen Nutrition of Crops", *A Review Agronomy for Sustainable Development*, No. 30, Pp. 529- 54, 2010.

4) Hellegers, P. (2002). Treating water in irrigated agriculture as an economic good. Presented on the conference of Irrigation Water Policies, June, Agadir, Morocco.

5) Sarreshtedar, A., Sharghi, E., Afkhaminia, A., Nourani, V., Ng, A., (2022). Investigation of quantitative and qualitative changes in groundwater of Ardebil plain using ensemble artificial intelligence-based modeling. *Water Supply*, 22 (9). pp. 7140-7157. ISSN 1606-9749.

6) Valipour, H., Sayari, M., Bayat, N., Forutan, F., (2014). Qualitative and Quantitative Evaluation of Groundwater in Isfahan Najaf Abad Study Area, *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST)*, ISSN 2305-0225, Issue 16(4), September 2014, pp. 523-530.

#### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

## «بررسی تغییرات کمی و کیفی (EC) آب زیرزمینی در دشت رفسنجان»

سعید صالحیان بادی<sup>۱</sup>، رحمت‌اله منشی‌زاده<sup>۲\*</sup>، سعید حسینیان بادی<sup>۲</sup>، مصطفی کدخدایی<sup>۴</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۸/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶

مقاله پژوهشی

### چکیده

دشت رفسنجان در استان کرمان که در منطقه خشک و نیمه خشک ایران واقع شده، از باسابقه‌ترین مناطق کشور در زمینه کشت اقتصادی پسته بوده و عمده اقتصاد ساکنین این مناطق مستقیماً وابسته به کشت محصول پسته می‌باشد. برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی عمدتاً برای مصرف بخش کشاورزی و محصول پسته موجب کاهش شدید کمی و کیفی آب زیرزمینی منطقه شده است. کاهش کمی و کیفی آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع قابل اتکاء آبی منطقه، موجب کاهش سطح زیرکشت، میزان تولید و بهره‌وری بخش کشاورزی به عنوان منبع اصلی اقتصاد منطقه و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی متعدد شده است. با توجه به اهمیت حیاتی آب در دشت رفسنجان، در این پژوهش تغییرات کمی و کیفی (EC) آب این منطقه در دو دهه اخیر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. گردآوری اطلاعات از طریق مصاحبه با کارشناسان و تحلیل داده‌های موجود در ادارات مربوطه صورت گرفته است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد همراه با افزایش حفر و بهره‌برداری از چاه‌ها، سطح آب زیرزمینی کاهش پیدا کرده، عمق چاه‌ها و سطح ایستابی از زمین افزایش پیدا کرده و کیفیت آب نیز کاهش زیادی پیدا کرده است. به طوریکه با برداشت بی‌رویه آب چاه‌ها و کاهش آب زیرزمینی، میزان برداشت کمتر از تخلیه مصوب یا قانونی شده است؛ همچنین بین سالهای ۹۷-۱۳۸۱ سطح ایستابی از زمین حدود ۱۳ متر افزایش یافته و از ۶۳ متر به ۷۶ متر رسیده و حدود ۱۰۰۰ واحد EC یا سختی و شوری آب افزایش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، منابع آب زیرزمینی، کیفیت آب، عمق چاه، دشت رفسنجان

<sup>۱</sup> دکترای جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه شهید بهشتی تهران ایمیل: saeid.salehian@gmail.com

<sup>۲\*</sup> دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه شهید بهشتی تهران (مسئول) ایمیل: Rahmatollahmonshizadeh@gmail.com

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی گرایش زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان ایمیل: saeedhosseinianbadi@yahoo.com

<sup>۴</sup> دکترای جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه شهید بهشتی تهران ایمیل: m.kadkhodaei57@gmail.com

## مقدمه

خشکسالی و کمبود آب، یکی از اساسی‌ترین مشکلات سال‌های اخیر در بسیاری از نقاط جهان است. توسعه منابع آب و استفاده روزافزون از آنها، اثرات بسیار زیادی بر سیستم‌های هیدرولوژیکی در مقیاس منطقه‌ای دارد. آب‌های زیرزمینی، یکی از مهمترین منابع آب طبیعی در سرتاسر جهان است که برای اهداف شرب، کشاورزی و صنعت استفاده می‌گردد (Anderson and Woessner, 2015: 34). برداشت‌های مکرر از چاه‌های بهره‌برداری مجاز و غیرمجاز موجب شده که میزان تغذیه سفره آبهای زیرزمینی از راه‌های مختلف نتواند با مقدار برداشت از آن به تعادل برسد و اثرات جبران‌ناپذیری از جمله بیلان منفی آب زیرزمینی و کاهش غیرقابل‌برگشت حجم آبخوان را سبب شود (شیرزادی و صوحی، ۱۳۹۳: ۱۰۷). رشد جمعیت و گسترش سطح زیرکشت آبی در سه دهه اخیر بهره‌برداری از منابع آب در سراسر جهان را افزایش داده و موجب پیشی گرفتن تقاضا بر عرضه جهانی و در نهایت کم‌آبی شده است (هیلگریز، ۲۰۰۲). کشاورزی ایران وابسته به استحصال آب‌های زیرزمینی است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی در چند دهه اخیر منجر به کاهش قابل توجه سطح ایستابی در بیشتر دشت‌های کشور شده است (فتحی و زبایی، ۱۳۸۹). منابع آب دنیا در حال کاهش است و از آنجا که ۸۵ درصد آب شیرین دنیا در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، استفاده از این منابع برای تولیدات کشاورزی در کاهش سریع کمیت و کیفیت آب سهمی چشمگیر دارد (Gonzalez et al., 2010: 529).

امروزه دسترسی به منابع آب شیرین از مسائل بسیار مهم در بیشتر کشورها از جمله منطقه خاورمیانه و کشور ایران می‌باشد. کل آب شیرین تجدیدپذیر کشور و کل آب برگشتی از مصرف به ترتیب ۱۳۰ و ۲۹ میلیارد مترمکعب در سال برآورد شده است با تمام این تدابیر، سالانه فقط ۱۷۰۰ مترمکعب آب تجدیدپذیر برای هر ایرانی وجود دارد که بسیار کمتر از متوسط جهانی (۷۰۰۰ متر مکعب) و فقط کمی بالاتر از متوسط خاورمیانه و شمال آفریقا یعنی (۱۳۰۰ مترمکعب) است. بیش از ۸۲ درصد از مساحت ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته و تنها ۱۷ درصد

از مساحت کشور در منطقه مرطوب، نیمه مرطوب و مدیترانه‌ای قرار گرفته است. افزایش جمعیت، توسعه کشاورزی و محدودیت منابع آب سطحی باعث رشد بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی شده است. این افزایش بهره‌برداری از یک سو و خشکسالی‌های اخیر از سوی دیگر باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. علاوه بر این قسمت عمده‌ای از مساحت کشور ایران با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک می‌باشد به‌طوریکه ۷۴ درصد از سطح کشور دارای بارندگی سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد در صورتی که حدود ۵۵ درصد نیاز آبی کشور از طریق منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. لازم به ذکر است که بسیاری از آبخوان‌های ایران از پدیده فرونشست بر اثر برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی در امان نمانده‌اند. از جمله می‌توان به رفسنجان، سیرجان، زرنده، کرمان، ورامین، شهریار، اشتهارد، مشهد، همدان، سیستان، کاشان و اردکان اشاره نمود (جاودانیان و احمدی، ۱۳۹۵).

منابع آب زیرزمینی در کشورهایی نظیر ایران که در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده و بیشتر بخش‌های آن فاقد منابع آب سطحی قابل‌ملاحظه می‌باشد، از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ بنابراین حفظ و حراست از منابع مذکور و برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و بلندمدت در راستای بهره‌وری بهینه از این منابع ارزشمند ضروری است. به علت عدم اجرای مدیریت صحیح بهره‌برداری، بیشتر آبخوان‌های کشور، به‌خصوص در نواحی خشک با افت سطح ایستابی و کاهش حجم ذخیره مواجه است. با توجه به این امر برنامه‌ریزی‌های مدیریتی باید به سمتی سوق پیدا کند که ضمن تأمین نیازهای آبی، روند افت کمی آبخوان‌ها را کاهش داده و بهبود کیفی آنها را نیز در پی داشته باشد (کریمی و حداد، ۱۳۹۴: ۲۳). وابستگی کشاورزی دشت رفسنجان به آب‌های زیرزمینی، اعمال کردن سیاست‌های مناسب را برای بهره‌برداری پایدار از این منابع به ضرورت تبدیل کرده است. ارزیابی کمی و کیفی وضع موجود منابع آب زیرزمینی دشت، و بررسی تأثیر برداشت‌های بی‌رویه بر آنها اهمیت ویژه‌ای دارد.



آب زیرزمینی دشت نیشابور را که یکی از مهم‌ترین دشت‌های کشاورزی استان خراسان رضوی است بررسی و پیش‌بینی کردند که با ادامه‌ی روند گذشته، تراز آب زیرزمینی دشت در ۵ سال آینده ۴/۰۷ متر افت خواهد کرد. علوی نیا و همکاران (۱۳۹۸) بیان منابع آب زیرزمینی به منظور بررسی تنش واردشده بر آبخوان مناطق خشک را آنالیز کرده و مهمترین منبع تغذیه‌ی آبخوان را پساب ناشی از آبیاری کشاورزی دانسته‌اند. خواجه و همکاران (۱۳۹۳) بررسی کمی و کیفی آب زیرزمینی در دشت پریشان را انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که "طی ۲۳ سال اخیر، تکرار وقوع خشکسالی اقلیمی در دهه اخیر در مقایسه با دو دهه گذشته (از تاریخ نگارش مقاله)، چهار برابر شده است". دهقانی و همکاران (۱۴۰۱) وضعیت کمی و کیفی منابع آب دشت ورامین را مطالعه کرده و راهکارهایی جهت مدیریت پایدار در منطقه ارائه کرده‌اند. ادامه روند اضافه برداشت آب در دشت ورامین موجبات تشدید فرونشست زمین و مسائل اقتصادی-اجتماعی متعدد می‌گردد. برای بهبود وضعیت راهکارهایی چون تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی ارائه شده و در کنار آن مصرف بهینه و استفاده از شیوه‌های نوین مدیریت آب نیز پیشنهاد شده است. جاودانیان و احمدی دارانی (۱۳۹۵) برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه‌ای در شهر دامنه اصفهان را مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج پژوهش نشان می‌دهد افت سطح آب زیرزمینی، اثری مستقیم بر ایجاد و گسترش فرونشست در محدوده‌ی شهر دامنه داشته است. این منطقه یکی از قطب‌های کشاورزی استان بوده و طی بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ به‌طور میانگین ۲۰ متر افت آب داشته است. راهکارهایی چون تغذیه مصنوعی و مهمتر از آن تغییر الگوی کشت برای کمک به احیای مجدد آبخوان آبرفتی پیشنهاد شده است. چراغی و همکاران (۱۳۹۹) روند تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت سروستان استان فارس را بررسی کرده‌اند. نتیجه نشان داد که تراز آب زیرزمینی در درازمدت میانگین  $47 \text{ cm/yr}$  کاهش یافته که اندکی تندتر از روند تغییر تراز آب در پنج سال اخیر ( $39 \text{ cm/yr}$ ) که بیانگر کاهش یافتن نرخ افت کردن تراز آب در این سال‌ها است. پیش‌بینی تراز آب در سال ۱۴۰۱، بر اساس روند تغییر آن در پنج سال

Valipour et al., 2014 ارزیابی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت نجف آباد اصفهان را انجام داده که نشان می‌دهد بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در حوضه منجر به عدم تعادل هیدرولیکی و هیدروشیمیایی شده است. بر اساس داده‌های به دست آمده از ارزیابی کمی ۴۸ حلقه چاه مشاهده‌ای میانگین تراز آب زیرزمینی این دشت از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۱ به میزان ۲۴.۲۵ متر کاهش یافته است. کمترین افت حاشیه زاینده‌رود بوده است. همچنین بررسی فیزیکی-شیمیایی (کیفی) آب ۱۵ ایستگاه هم نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در بیشتر نقاط منطقه در حد متوسط تا حد قابل قبول بوده است.

Bahir et al, 2020 به ارزیابی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه‌ای نیمه‌خشک در مراکش درارتباط با تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند؛ برای بررسی تغییرات آبی تغییرات سطح پیرومتری و تغییرات کیفیت آب در ایستگاه‌ها در ارتباط با تغییرات آب‌وهوایی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد تغییرات آب‌وهوا تاثیر قابل توجهی بر آب زیرزمینی منطقه نداشته در عین حال محدوده مورد مطالعه در برابر تغییرات آب و هوایی بسیار آسیب‌پذیر است.

Sarreshtedar et al, 2022 در مقاله‌ای به بررسی تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از مدل‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی پرداخته‌اند. هدف این مقاله پیش‌بینی تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در طول زمان و ارزیابی کارایی روش‌های مختلف مدل‌سازی عنوان شده است. به عقیده نگارندگان نتایج مطالعه منجر به بهبود کاربردهای هوش مصنوعی در تحقیقات آب‌های زیرزمینی خواهد شد و به نفع طرح‌های توسعه آب‌های زیرزمینی خواهد بود.

نتایج مرتضوی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که اندازه‌ی برداشت سالانه‌ی آب در رفسنجان حدود ۷۵۰ میلیون مترمکعب است که حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب آن اضافه برداشت است. این اضافه برداشت که تراز آب زیرزمینی را سالانه بیش از ۸۰ سانتی متر پایین می‌برد عامل اصلی نشست خاک، از بین رفتن زمین‌های زراعی و خراب شدن خانه‌ها شده است. نادیان‌فر و همکاران (۲۰۰۹) نوسان‌های

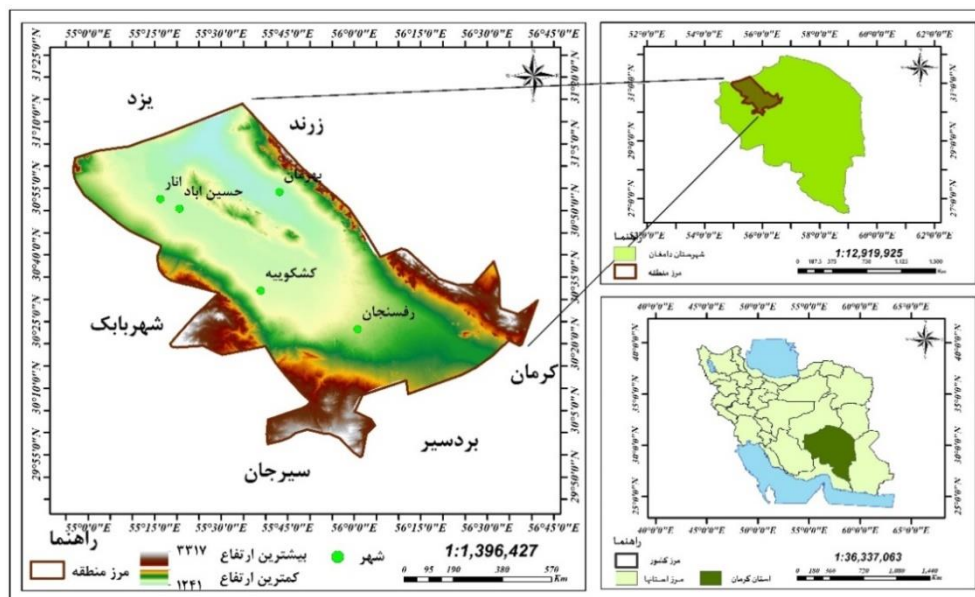
### منطقه مورد مطالعه

دشت رفسنجان از مناطق خشک و نیمه خشک کشور بوده که با وسعت ۶۳۲۴ کیلومتر مربع و وسعت آبخوان ۴۳۰۱ کیلومتر مربع در شمال استان کرمان و در ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۳۴۴۳ متر از سطح دریا واقع شده است (آب منطقه‌ای استان کرمان، ۱۴۰۰). از نظر اداری-سیاسی دو شهرستان رفسنجان و انار و ۵ بخش انار، مرکزی، نوق، فردوس و کشکویه در این محدوده قرار دارند. دشت رفسنجان در جنوب شرقی کشور و در شمال غربی استان کرمان و از لحاظ ارتباطی شهری در سر راه دو شهر کرمان و یزد واقع است. شهرستان رفسنجان با وسعتی حدود ۷۶۷۸ کیلومتر مربع و حدود ۵ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است. شهرستان انار در سال ۱۳۸۸ از رفسنجان منفک و مستقل گردیده است. دشت رفسنجان از شمال به شهرستان بافق در استان یزد از جنوب به شهرستان‌های سیرجان و بردسیر از غرب به انار، شهربابک و از شرق به کرمان و از شمال شرق به شهرستان زرنند محدود می‌شود (شکل ۱). طبق آماربرداری سال ۱۳۹۵ جمعیت محدوده رفسنجان ۳۱۱۲۱۴ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

گذشته نشان داد که در جاهایی نظیر کوهنجان، ده نو و شمال سروستان افت عمق آب زیاد خواهد شد و به بیش از ۸۰ متر خواهد رسید. متوسط نرخ شورشدن آب‌های دشت در این مدت ۱۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر در سال بود. مقایسه‌ی متوسط روند تغییر تراز آب زیرزمینی و روند شوری در کل دشت نشان می‌دهد که با افزایش یافتن عمق آب زیرزمینی شوری آب نیز افزایش یافت، لیکن افت تراز آن در همه‌ی جاها لزوماً با افزایش شوری همراه نبود.

در مورد دشت رفسنجان، جمالی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) بیان می‌کنند که تغییرات سطح آبخوان دشت رفسنجان از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۴۰۲ با توجه به برآورد بارش حاصل از مدل ARIMA نشان می‌دهد که سالانه به طور متوسط یک متر افت آبخوان در این دشت رخ خواهد داد. طبیبیان (۱۳۹۰) نیز در مقاله‌ای مختصراً تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت رفسنجان را مورد بررسی قرار داده است.

با توجه به اهمیت اقتصاد کشاورزی در دشت رفسنجان و وابستگی آن به آب زیرزمینی و نیز ناپایداری آبی محدوده، در این پژوهش تغییرات کمی و برخی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی این منطقه در دو دهه اخیر مورد بررسی قرار گرفته است.



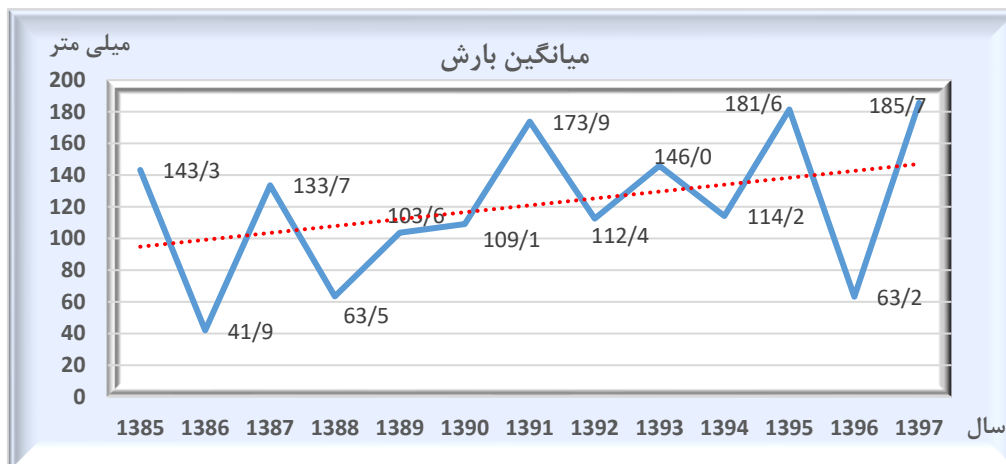
شکل (۱): موقعیت جغرافیایی دشت رفسنجان در استان و کشور



میانگین بارش در ایستگاه‌ها دارای نوسان بوده و به‌طور نسبی با شیب ملایمی رو به کاهش بوده است؛ کمترین بارش دشت رفسنجان در سال‌های ۱۳۸۶ با ۴۲ میلی‌متر، سال ۱۳۸۸ با ۶۳/۵ میلی‌متر و سال ۱۳۹۶ با ۶۳/۲ میلی‌متر بوده و بیشترین بارش به‌طور نسبی در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷ بوده که بارش بیش از ۱۵۰ میلی‌متر را ثبت کرده است (شکل ۲). میانگین تبخیر ایستگاه‌های تبخیرسنجی در دوره ۹۷-۱۳۸۵ دشت رفسنجان ۳۱۳۸ میلیمتر بوده که بیشینه آن در سال ۱۳۸۶ و کمینه آن در سال ۱۳۹۴ به ترتیب ۳۲۹۲ و ۲۷۹۲ میلیمتر می‌باشد (آب‌منطقه‌ای استان کرمان، ۱۴۰۰).

دشت رفسنجان از باسابقه‌ترین مناطق ایران در زمینه‌ی کشت اقتصادی پسته می‌باشد (عبداللهی، ۱۳۸۷) و عمده اقتصاد ساکنین این مناطق مستقیماً وابسته به تک محصول پسته می‌باشد. سطح زیرکشت محصول پسته در کل دشت رفسنجان حدود ۱۰۰ هزار هکتار بوده و میزان تولید پسته نیز از ۳۰ هزار تا ۱۰۰ هزار تن در سال متغیر می‌باشد (جهاد کشاورزی رفسنجان، ۱۴۰۰).

میزان بارش در کلیه ایستگاه‌های دشت رفسنجان در دوره (۱۳۸۵-۱۳۹۷) اخذ شده که تنها در این سالها داده‌های اقلیمی همه ایستگاه‌ها به‌طور کامل موجود است، کخ میانگین حدود ۱۲۱ میلی‌متر به‌دست آمده است. روند کلی



شکل ۲(۲): میانگین بارش در ایستگاه‌های دشت رفسنجان طی دوره (۱۳۸۵-۱۳۹۷)

توصیفی-تحلیلی می‌باشد. روش انجام پژوهش مبتنی بر روش تحقیق کمی و کیفی است. گردآوری اطلاعات نیز به شیوه‌های کتابخانه‌ای و میدانی صورت پذیرفته است. در بررسی اولیه برای شناخت محدوده و چگونگی برداشت و تحلیل اطلاعات از مصاحبه با کارشناسان مربوطه بهره‌گیری شده است. برای نتیجه‌گیری تغییرات کمی و کیفی آب از آمارهای سازمان‌های مرتبط از جمله شرکت آب منطقه‌ای استان کرمان و شهرستان رفسنجان و نیز مطالعات پایه آب کرمان استفاده شده است. تعداد چاه‌ها، حجم بهره‌برداری از آب و میزان برداشت آب در مناطق مختلف دشت رفسنجان به تفکیک نوع مصرف و در دهستان‌های مختلف تحلیل شده است. برای بررسی تغییرات کمی، میانگین سطح ایستابی چاه‌ها و عمق چاه‌ها در ۲۰ سال اخیر مورد مقایسه قرار

منبع اصلی آب کشاورزی محدوده آب زیرزمینی بوده که عمدتاً از طریق چاه‌ها بهره‌برداری می‌شود. تعداد چاه‌های دشت رفسنجان ۱۴۳۹ حلقه بوده که از این تعداد ۱۲۳۶ حلقه چاه مصرف کشاورزی، ۱۱۰ حلقه چاه مصرف صنعت و خدمات و ۹۰ چاه به مصرف شرب می‌رسد. میزان برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی دشت رفسنجان حدود ۵۰۰ میلیون متر مکعب بوده که به دلیل خشکی و کم شدن آبدهی برخی چاه‌ها، این رقم در سال‌های اخیر در حال کاهش بوده است (آب منطقه‌ای رفسنجان، ۱۴۰۰).

### روش تحقیق

این پژوهش بر اساس هدف از نوع مطالعات بنیادی-کاربردی، بر اساس ماهیت و شیوه نگرش به مسئله از نوع



۲۰ ساله مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفته است. در قسمت بعد نیز کیفیت آب کل ایستگاه‌های محدوده در ۲۰ سال اخیر به‌طور سالانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

**پراکندگی تعداد و عمق چاه‌ها به تفکیک نوع مصرف**  
تعداد کل چاه‌های دشت رفسنجان ۱۴۳۹ حلقه چاه بوده که از این تعداد ۱۲۳۶ حلقه چاه به مصرف کشاورزی رسیده، ۱۱۰ حلقه چاه مصرف صنعتی - خدماتی داشته و ۹۳ حلقه چاه نیز مصرف آب شرب دارد. از نظر پراکندگی عمق چاه‌ها عمده چاه‌ها (۸۳٪ چاه‌ها) در عمق ۳۰۰-۱۰۰ متری حفر شده و آبدهی دارند و حدود نیمی از کل چاه‌های دشت رفسنجان (۵۷٪ کل) عمقی بین ۲۵۰-۱۵۰ متری دارند. تعداد محدودی چاه (۳۶ حلقه) نیز سطحی زیر ۵۰ متری و ۶۶ چاه نیز در عمق بیش از ۳۰۰ متر حفر شده‌اند (جدول ۱).

گرفته است. برای بررسی کیفیت آب از واحد EC (Electrical Conductivity) استفاده می‌شود؛ EC هدایت الکتریکی یا میزان شوری آب) مقدار املاح موجود در آب را نشان می‌دهد. واحد سنجش آن نیز میکروموس بر سانتیمتر است. برای بررسی کیفیت آب میزان EC یا درصد املاح موجود در آب زیرزمینی ایستگاه‌های سنجش کیفیت آب در سراسر دشت رفسنجان تحلیل شده و میانگین کیفیت آب به‌طور سالانه در ۲۰ سال اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است. ویژگی‌های کمی و کیفی آب در سطح محدوده با نقشه نشان داده شده است. تحلیل اطلاعات عمدتاً در نرم افزار Excel و ترسیم نقشه‌ها و برخی تحلیل‌ها از طریق نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است.

### یافته‌های پژوهش

در این قسمت تغییرات تعداد چاه‌ها، میزان برداشت آب از چاه‌ها در محدوده دشت رفسنجان عمدتاً در سری زمانی

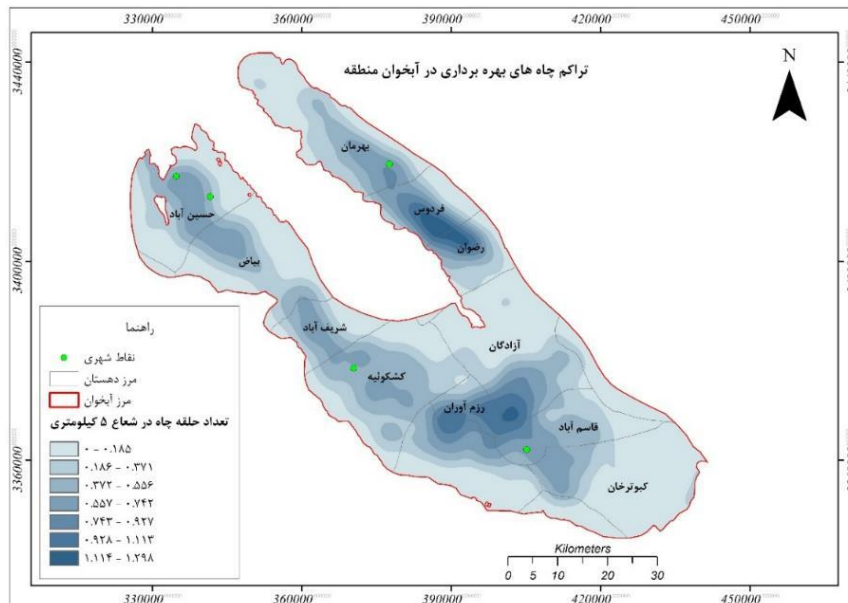
جدول (۱): تعداد کل چاه‌ها و به تفکیک مصارف مختلف در دشت رفسنجان (به تفکیک عمق چاه)

عمق (متر)	کشاورزی شرب صنعت - خدمات تعداد کل				درصد کل
۰-۵۰	۲۹	۳	۴	۳۶	۲/۵
۵۰-۱۰۰	۱۲۲	۵	۲۵	۱۵۲	۱۰/۶
۱۰۰-۱۵۰	۲۰۳	۲	۴۶	۲۵۱	۴۱/۷
۱۵۰-۲۰۰	۲۸۶	۳۳	۲۸	۳۴۷	۲۴/۱
۲۰۰-۲۵۰	۳۱۴	۳۴	۶	۳۵۴	۲۴/۶
۲۵۰-۳۰۰	۲۱۷	۱۵	۱	۲۳۳	۱۶/۲
+۳۰۰	۶۵	۱	۰	۶۶	۴/۶
جمع	۱۲۳۶	۹۳	۱۱۰	۱۴۳۹	۱۰۰

منبع: آب منطقه‌ای رفسنجان (۱۴۰۰)، تحلیل نگارنده

رزم‌آوران و قاسم آباد و نیز در شمال شرق دشت در دهستان‌های فردوس و رضوان پراکنده شده است (شکل ۳).

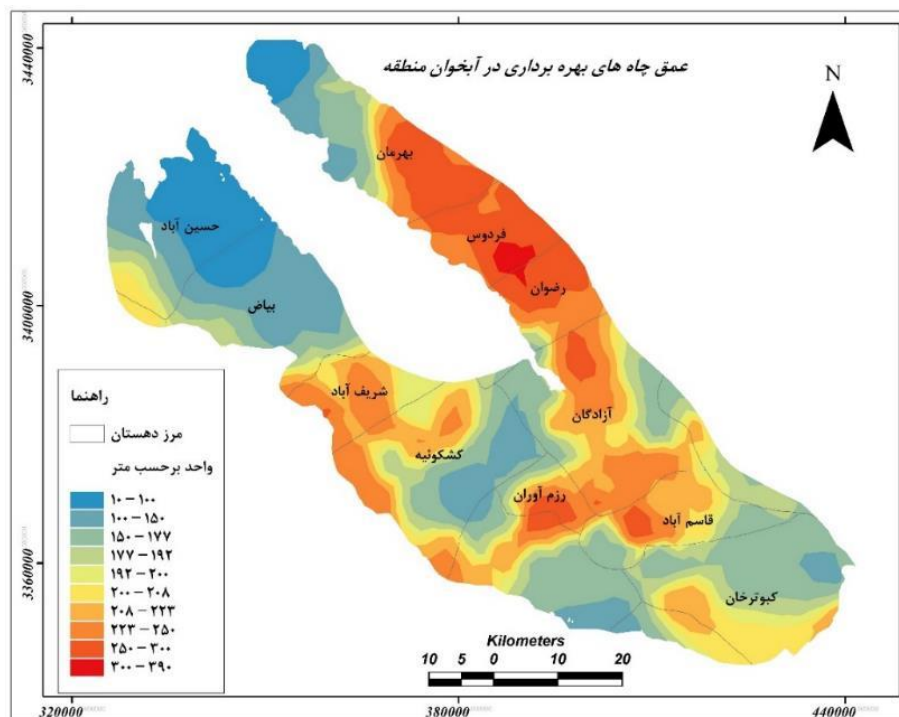
نقشه پراکندگی تعداد چاه‌ها در دشت رفسنجان نشان می‌دهد بیشترین تراکم تعداد چاه‌های بهره‌برداری آب در محدوده اطراف شهر رفسنجان و بین دهستان‌های اسلامی،



شکل (۳): تراکم تعداد چاه‌های بهره‌برداری در دشت رفسنجان

آزادگان و سایر قسمت‌های رضوان و فردوس نیز در عمق بیشتر از ۲۰۰ متر به آب می‌رسند. در قسمت‌های شمالی دشت، حسین‌آباد و بیاض و بخش‌هایی از کشکویه و سرچشمه و کبوترخان نسبتاً در اعماق بالاتری، کمتر از ۱۷۰-۱۵۰ متری نیز چاه‌ها به آب می‌رسند و نسبتاً چاه‌های کم‌عمق‌تری حفر شده است.

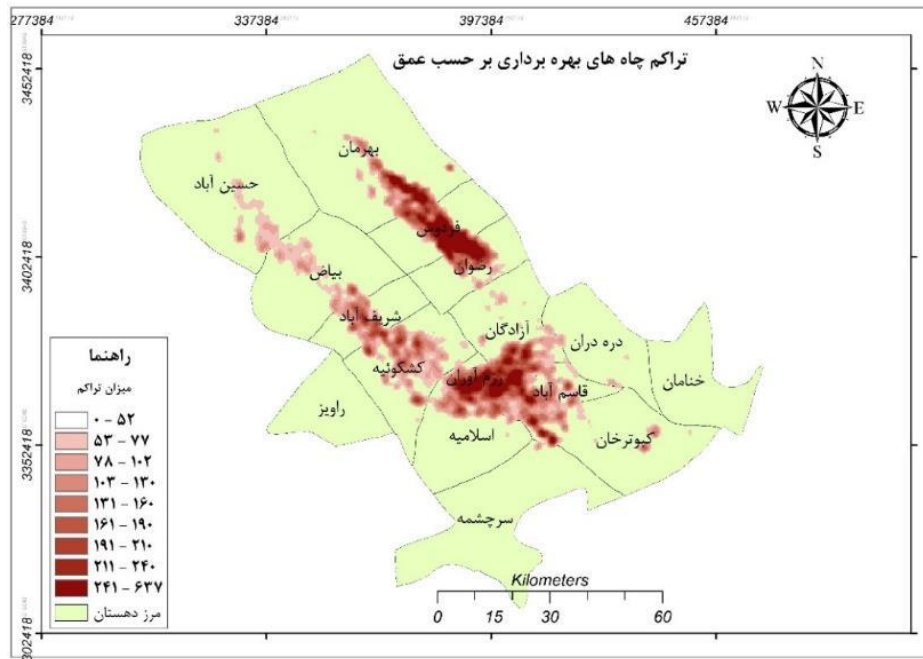
شکل ۴ پراکندگی چاه‌ها بر حسب عمق در دشت رفسنجان را نشان می‌دهد؛ محدوده بین رضوان و فردوس در شمال شرق محدوده که بیشترین تراکم تعداد چاه‌ها را نیز دارد، بیشترین عمق چاه‌ها را نیز دارا می‌باشد، به‌طوری‌که چاه‌های این منطقه در عمق بیش از ۳۰۰ متر به آب می‌رسد. دهستان‌های بهرمان، رزم‌آوران، شریف‌آباد، قاسم‌آباد،



شکل (۴): عمق چاه‌های بهره‌برداری آب در دشت رفسنجان (ترسیم: نگارندگان)

اسلامیه، قاسم‌آباد و رزم‌آوران و همچنین محدوده رضوان و فردوس دارا می‌باشد.

شکل ۵ پراکندگی چاه‌ها بر حسب عمق را بصورت تدریجی نمایش داده است. مشخص است که بیشترین عمق چاه‌ها را محدوده اطراف شهر رفسنجان بین دهستان‌های



شکل (۵): تراکم چاه‌های بهره‌برداری در دشت رفسنجان بر حسب عمق

میزان برداشت کمتر از میزان تخلیه مصوب و قانونی رسیده است. از نظر بخشی، میزان تخلیه مصوب بخش کشاورزی حدود ۴۷۰ میلیون متر مکعب بوده که عملاً ۴۵۳ میلیون و پانصد هزار متر مکعب آن مورد بهره‌برداری قرار گرفته و در واقع ذخایر آبی به طور مشخصی رو به کاهش بوده است؛ ولی در بخش شرب و صنعت این امر حاکم نیست و عملاً برداشت آب بیش از میزان مصوب آن است. در بخش شرب میزان تخلیه حفاظت یا قانونی ۲۸ میلیون و ۷۰۰ هزار متر مکعب بوده که اکنون ۲۹ میلیون و ۴۰۰ هزار متر مکعب برداشت یعنی ۷۰۰ هزار متر مکعب بیش از حد تخلیه حفاظت صورت می‌گیرد؛ در بخش صنعت میزان تخلیه حفاظت ۷ میلیون و ۶۵۰ هزار متر مکعب بوده که عملاً ۸ میلیون و ۶۴۰ هزار متر مکعب برداشت یعنی حدود یک میلیون متر مکعب بیشتر صورت می‌گیرد (جدول ۲).

#### برداشت از آب زیرزمینی (تغییرات کمی)

میزان برداشت کل آب در دشت رفسنجان بطور سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیون متر مکعب (۴۹۱ میلیون و ۵۰۰ هزار متر مکعب) می‌باشد. از این میزان ۴۵۳ میلیون و پانصد هزار متر مکعب (حدود ۹۲ درصد کل) مصرف سالانه بخش کشاورزی بوده، حدود ۳۰ میلیون متر مکعب مصرف سالانه آب شرب (حدود ۶ درصد) و کمتر از ۹ میلیون متر مکعب (کمتر از ۲ درصد کل) با مصرف صنعتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

این در حالی است که میزان کل برداشت قانونی یا مصوب آب از دشت که تحت عنوان تخلیه حفاظت از آن یاد می‌شود، ۵۰۵ میلیون و پانصد هزار متر مکعب بوده است، بدین معنی که به دلیل کاهش منابع آب زیرزمینی،



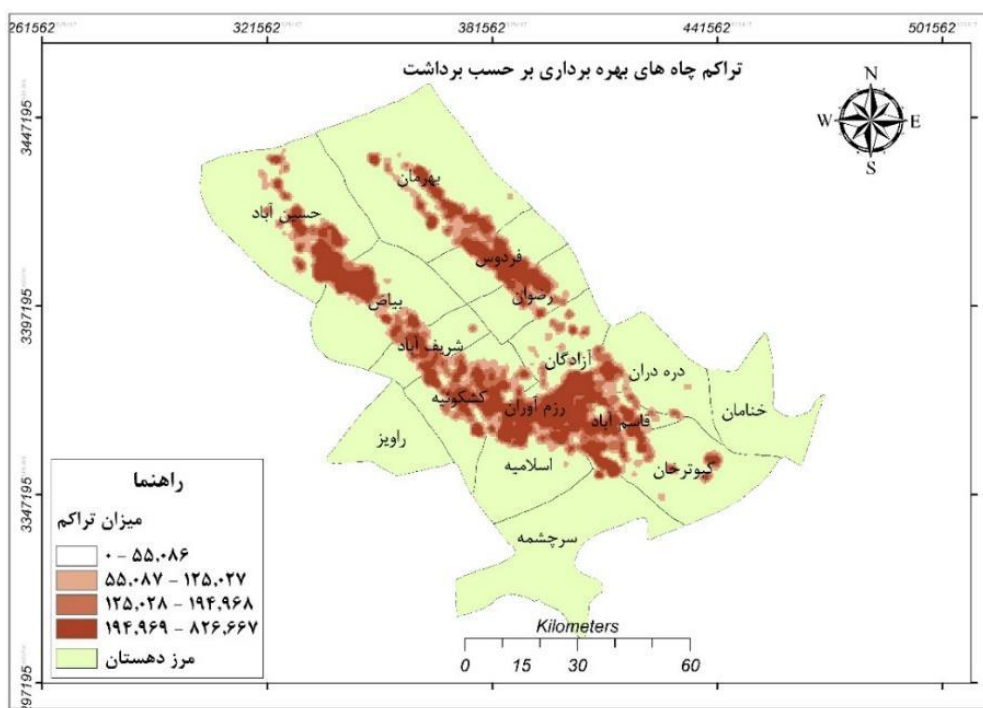
جدول (۲): میزان کل برداشت قانونی و فعلی آب در دشت رفسنجان به تفکیک نوع مصرف (به میلیون متر مکعب)

مصرف	میزان تخلیه آب فعلی	درصد	میزان تخلیه حفاظت و مصوب
کشاورزی	۴۵۳۴۹۵۰۲۴	۹۲	۴۶۹۱۸۲۸۸۲/۹
شرب	۲۹۳۹۷۶۰۰	۶	۲۸۷۱۸۰۰۶
صنعت	۸۶۳۶۹۲۲	۲	۷۶۴۵۰۷۲
مجموع	۴۹۱۵۲۹۴۶	۱۰۰	۵۰۵۵۴۵۹۶۰/۹

منبع: آب منطقه‌ای رفسنجان، تحلیل نگارنده

بیشترین تراکم برداشت آب در محدوده فردوس- رضوان،  
بین بیاض- حسین‌آباد و محدوده مرکزی بین رزم‌آوران-  
کشکویه- اسلامیه می‌باشد.

شکل ۶ تراکم برداشت آب از چاه‌ها را در محدوده مورد  
مطالعه نشان می‌دهد. بیشترین تراکم برداشت آب زیرزمینی  
نیز تقریباً مطابق با تراکم چاه‌ها و افزایش عمق آن است؛

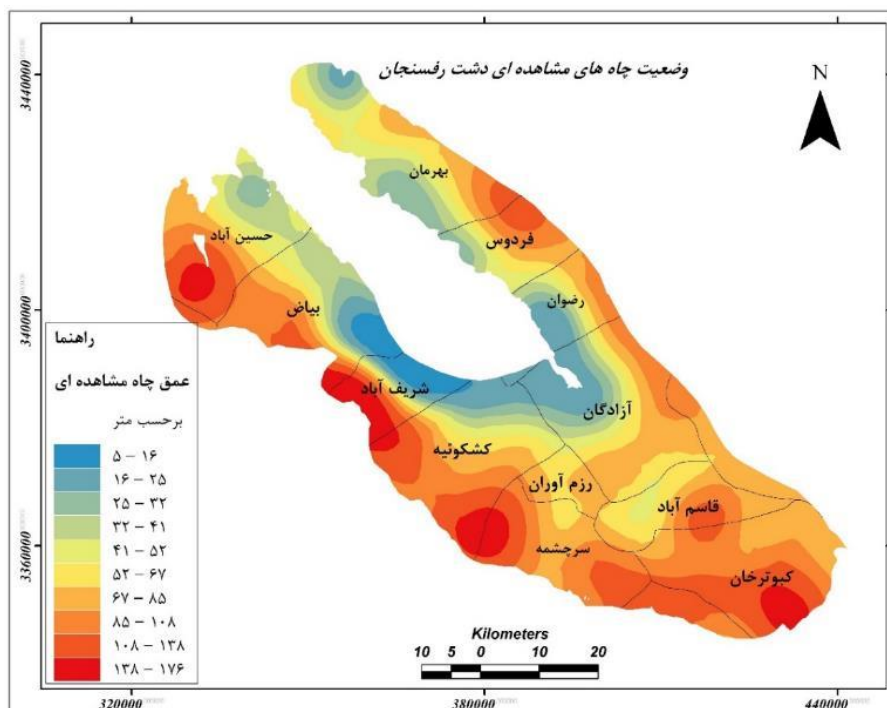


شکل (۶): تراکم چاه‌های بهره‌برداری در دشت رفسنجان بر حسب میزان برداشت

چاه‌های مشاهده‌ای (عمق چاه‌ها) در دشت رفسنجان را  
نشان می‌دهد؛ طبق این نقشه وسط دشت و اطراف منطقه  
کوهستانی بدبخت‌کوه، عمق چاه‌های پیژومتری کم بوده و  
تقریباً کمتر از ۳۰ متر است، ولی هر چه به سمت اطراف  
دشت می‌رویم بر عمق چاه‌ها پیژومتری افزوده می‌شود؛ در  
بخشی از حسین‌آباد انار، شریف‌آباد، منطقه‌ای بین  
سرچشمه و کشکویه و محدوده‌ای از کبوترخان و فردوس،  
عمق چاه‌های پیژومتری که تقریباً نشان‌دهنده سطح ایستابی  
محدوده است، به بیش از ۱۳۰ متر می‌رسد.

#### سطح آب زیرزمینی (سطح ایستابی یا پیژومتر)

کل چاه‌های پیژومتر منطقه مورد مطالعه ۱۴۰۴ حلقه  
چاه بوده که بالاترین چاه‌ها در دهستان کشکویه با ۱۷۳  
چاه پیژومتر و دهستان خانمان و راوز به دلیل ماهیت  
کوهستانی چاه‌های پیژومتر کمی وجود داشته، در راوز تنها  
یک حلقه چاه پیژومتر وجود داشته و در خانمان هیچ چاه  
پیژومتری وجود ندارد. در دهستان‌های دیگر تعداد بیشتری  
چاه پیژومتر وجود دارد. شکل ۷ وضعیت سطح ایستابی



شکل (۷): سطح ایستابی چاه‌های مشاهده‌ای (عمق چاه) در دشت رفسنجان - ترسیم نگارندگان

می‌باشد و چاه‌هایی که در منطقه حفر می‌شود در اعماق چندصدمتری آب برداشت می‌کنند و لایه‌های بالاتر یا آبدار نبوده یا آب بسیار کمی برای برداشت دارد روند کاهش آب زیرزمینی دشت رفسنجان طی آمار ۲۰ ساله یکنواخت بوده و آمار کاهش یک متر آب دشت وضعیت نامناسب و مخرب را نمایش داده که نشان از برداشت بی‌رویه و بسیار بالاتر از ورود آب به سفره آب زیرزمینی دارد.

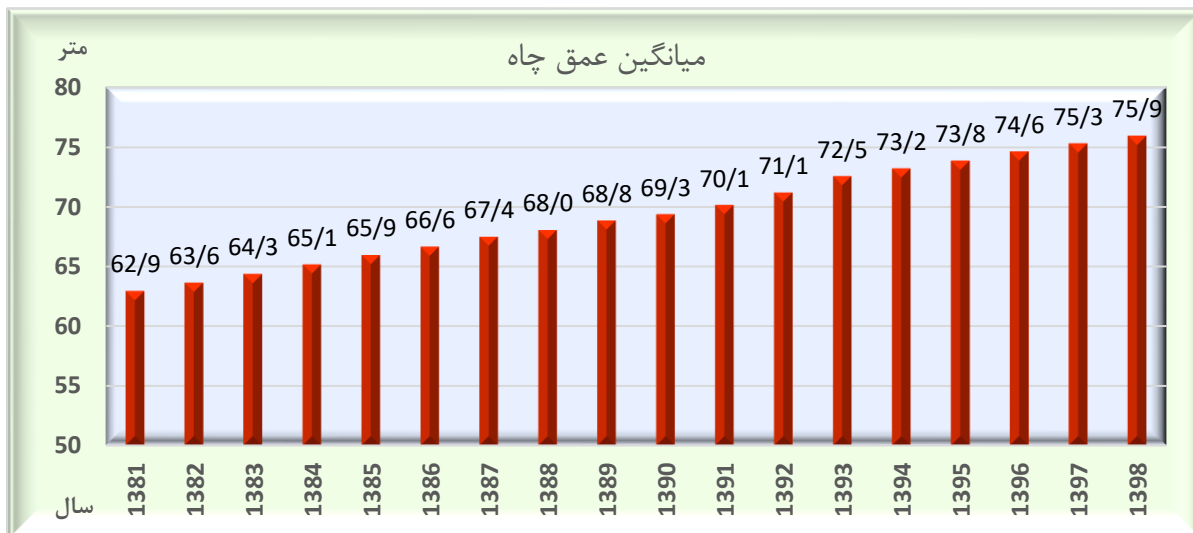
### میانگین عمق چاه‌های پیژومتر

طبق جدول ۳ و شکل ۸ میانگین سطح ایستابی آب در دشت رفسنجان در آماربرداری سال ۱۳۸۱ حدود ۶۳ متر از سطح زمین بوده و با توجه به برداشت بی‌رویه و بالاتر از ظرفیت دشت، تقریباً سالانه یک متر آب کاهش یافته تا در سال ۱۳۹۸ به حدود ۷۶ متر از سطح زمین رسیده است. البته این افت سطح ایستابی یا سطح آبدار سفره زیرزمینی

جدول (۳): تغییرات میانگین سطح پیزومتر (عمق چاه مشاهده‌ای) در دهستان‌های دشت رفسنجان (۱۳۹۸-۱۳۸۱) - متر

دهستان	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
فردوس	۶۷/۱	۶۷/۵	۶۷/۹	۶۸/۱	۶۷/۹	۶۸/۱	۶۸/۱	۶۸/۲	۶۸/۷
سرچشمه	۱۲۱	۱۲۲	۱۲۲	۱۲۳	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۵	۱۲۵	۱۲۶
حسین آباد انار	۶۲/۳	۶۳/۳	۶۴/۲	۶۵/۰	۶۶/۰	۶۷/۲	۶۸/۲	۶۹/۱	۶۹/۸
شریف آباد	۵۳/۹	۵۴/۲	۵۵/۲	۵۶/۲	۵۷/۰	۵۸/۰	۵۹/۳	۵۹/۹	۶۲/۰
کشکوئیه	۵۲/۴	۵۳/۷	۵۵/۰	۵۶/۱	۵۷/۷	۵۹/۱	۶۰/۵	۶۱/۹	۶۳/۱
بهرمان	۳۱/۵	۳۱/۹	۳۲/۲	۳۲/۳	۳۲/۸	۳۳/۲	۳۳/۵	۳۳/۸	۳۴/۵
رزم آوران	۵۱/۳	۵۱/۸	۵۲/۴	۵۳/۲	۵۴/۵	۵۵/۷	۵۷/۱	۵۷/۹	۵۸/۵
بیاض	۳۷/۴	۳۷/۹	۳۸/۵	۳۹/۰	۳۹/۵	۴۰/۶	۴۱/۱	۴۱/۶	۴۲/۲
رضوان	۴۰/۷	۴۱/۰	۴۱/۵	۴۱/۸	۴۱/۶	۴۱/۹	۴۲/۲	۴۲/۴	۴۲/۸
کبوترخان	۱۰۵/۲	۱۰۵/۳	۱۰۵/۶	۱۰۶/۱	۱۰۶/۳	۱۰۷	۱۰۷/۵	۱۰۸	۱۰۸/۶
آزادگان	۳۶/۱	۳۶/۷	۳۷/۴	۳۷/۹	۳۸/۸	۳۹/۵	۴۰/۵	۴۰/۳	۴۱/۱
اسلامیه	۸۱/۷	۸۳	۸۳/۹	۸۶/۸	۸۸/۲	۸۷/۳	۸۸/۶	۸۹/۵	۹۰/۴
قاسم آباد	۷۷	۷۹/۲	۸۰/۲	۸۱/۴	۸۳/۳	۸۴/۲	۸۵/۴	۸۶/۴	۸۷/۱
میانگین	۶۲/۹	۶۳/۶	۶۴/۳	۶۵/۱	۶۵/۹	۶۶/۶	۶۷/۴	۶۸	۶۸/۸
<b>دهستان</b>	<b>۱۳۹۰</b>	<b>۱۳۹۱</b>	<b>۱۳۹۲</b>	<b>۱۳۹۳</b>	<b>۱۳۹۴</b>	<b>۱۳۹۵</b>	<b>۱۳۹۶</b>	<b>۱۳۹۷</b>	<b>۱۳۹۸</b>
فردوس	۶۸/۹	۶۹/۵	۷۰	۷۰/۵	۷۱/۲	۷۱/۶	۷۲	۷۲/۴	۷۲/۶
سرچشمه	۱۲۶	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۸	۱۲۹	۱۲۹	۱۳۰	۱۳۱	۱۳۲
حسین آباد انار	۷۰/۶	۷۱/۵	۷۲	۷۲/۷	۷۳/۳	۷۴	۷۴/۵	۷۵/۱	۷۵/۶
شریف آباد	۶۲/۸	۶۳/۷	۶۴/۴	۶۵/۲	۶۵/۸	۶۶/۵	۶۷/۴	۶۷/۸	۶۸/۱
کشکوئیه	۶۴/۲	۶۵/۶	۶۷/۱	۷۵/۸	۷۷/۲	۷۸/۶	۸۰	۸۱/۴	۸۲/۸
بهرمان	۳۴/۷	۳۵/۳	۳۵/۷	۳۶/۲	۳۶/۷	۳۷/۴	۳۸/۳	۳۸/۸	۳۹/۲
رزم آوران	۵۸/۸	۵۹/۳	۶۰/۳	۶۱/۴	۶۱/۸	۶۲/۵	۶۳/۲	۶۳/۸	۶۴/۲
بیاض	۴۲/۷	۴۳/۳	۴۳/۷	۴۴/۲	۴۴/۳	۴۴/۵	۴۴/۸	۴۵/۲	۴۵/۵
رضوان	۴۳	۴۳/۵	۴۳/۸	۴۴/۳	۴۴/۱	۴۳/۷	۴۴	۴۴/۷	۴۵/۲
کبوترخان	۱۰۹	۱۰۹/۵	۱۱۰	۱۱۰/۷	۱۱۱/۲	۱۱۱/۷	۱۱۲/۵	۱۱۳	۱۱۳/۳
آزادگان	۴۱/۷	۴۲/۴	۴۴/۳	۴۵/۳	۴۶/۱	۴۶/۹	۴۷/۷	۴۸/۴	۴۹/۱
اسلامیه	۹۱/۱	۹۲/۱	۹۶/۲	۹۷/۳	۹۸/۷	۹۹/۹	۱۰۱/۲	۱۰۲/۴	۱۰۳/۶
قاسم آباد	۸۷/۹	۸۸/۹	۸۹/۸	۹۰/۸	۹۱/۸	۹۲/۷	۹۳/۷	۹۴/۷	۹۵/۶
میانگین	۶۹/۳	۷۰/۱	۷۱/۱	۷۲/۵	۷۳/۲	۷۳/۸	۷۴/۶	۷۵/۳	۷۵/۹

منبع: آب منطقه‌ای شهرستان رفسنجان، ۱۴۰۰



شکل (۸): تغییرات میانگین سطح پیزومتر در کل دشت رفسنجان (۱۳۸۱-۱۳۹۸) - متر

عدد در ایستگاه‌های مختلف، متفاوت است. کمترین EC آب مربوط به قنوات لنگرود دهج، خانمان، احمدآباد پایین و احمدآباد دئفه با EC کمتر از ۱۰۰۰ می‌باشد، در حالیکه بالاترین میانگین EC در ۱۷ سال اخیر را ایستگاه‌های شاهم آباد رفیعی و محمد آباد خواجه انار با EC حدود ۱۷۰۰۰ و بالاتر از آن ایستگاه اسحاق آباد با EC بیش از ۲۱۰۰۰ داشته‌اند.

طبق نقشه پراکندگی سختی آب، بهترین کیفیت آب از نظر املاح پایین دشت رفسنجان در قسمت جنوبی و جنوب غربی محدوده وجود دارد که EC پایینتر از ۳۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر داشته و هر چه به قسمت جنوب و جنوب شرق دشت نزدیک می‌شویم، این میزان کمتر و به پایینتر از عدد ۲۰۰۰ و در نقاطی حتی به ۱۰۰۰ نیز می‌رسد. در قسمت شرقی محدوده از جمله دهستان‌های آزادگان، رضوان، فردوس و نیمی از بهرمان و نیز بخش‌هایی از کشکویه و راویز تقریباً به تناسب کل منطقه متوسط بوده و بین ۴۰۰۰-۶۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر است. بی- کیفیت‌ترین آب دشت رفسنجان که دارای میزان EC بالایی است بخش شمال و شمال غرب منطقه به‌ویژه منطقه بیاض و بخش‌هایی از شریف‌آباد، حسین‌آباد و بهرمان را در برمی‌گیرد. میزان EC آب این در مناطق به بیش از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر رسیده و در دهستان بیاض نامناسب‌ترین کیفیت آب وجود داشته که به ۲۰۰۰۰-۱۵۰۰۰ نیز می‌رسد (شکل ۱۰).

### کیفیت آب زیرزمینی (EC آب)

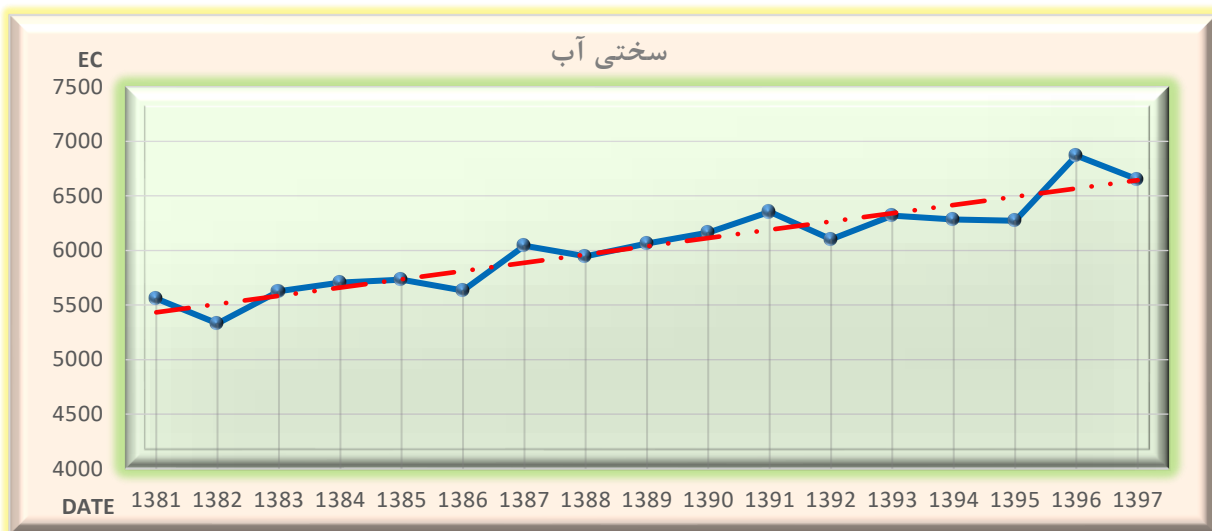
همراه با برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی، آب موجود در آبخوان‌ها کم شده و چاه‌ها آب را در اعماق بیشتری از زمین برداشت می‌کنند؛ همین امر موجب کاهش کیفیت آب و افزایش شوری، تلخی و املاح بیشتر و سختی آب شده است.

برای شناخت وضعیت کیفی آب دشت رفسنجان شاخص میزان هدایت الکتریکی (EC) آب تعداد ۷۳ ایستگاه موجود در دشت رفسنجان (شهرستان‌های رفسنجان و انار) طی دوره ۱۷ ساله مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین ۷۳ ایستگاه کیفیت‌سنجی نشان می‌دهد EC آب دشت رفسنجان بسیار بالاست و به مرور زمان نیز در حال افزایش بوده است؛ میانگین کل ایستگاه‌ها در دوره ۱۷ ساله حدود ۶۰۳۸ می‌باشد. میزان میانگین هدایت الکتریکی آب در دشت رفسنجان سال ۱۳۸۱ به میزان ۵۵۵۷/۵ بوده و در سال ۱۳۸۲ عدد ۵۳۳۰/۵ را نشان می‌دهد، به مرور با افزایش برداشت از چاه‌ها و تخلیه آب زیرزمینی، EC آب افزایش یافته و متعاقباً کیفیت آن کاهش پیدا می‌کرده تا اینکه در سال ۱۳۹۶ به بالاترین میزان دوره ۱۷ ساله خود با عدد ۶۸۶۹ میکروموس بر سانتیمتر رسیده است (شکل ۹).

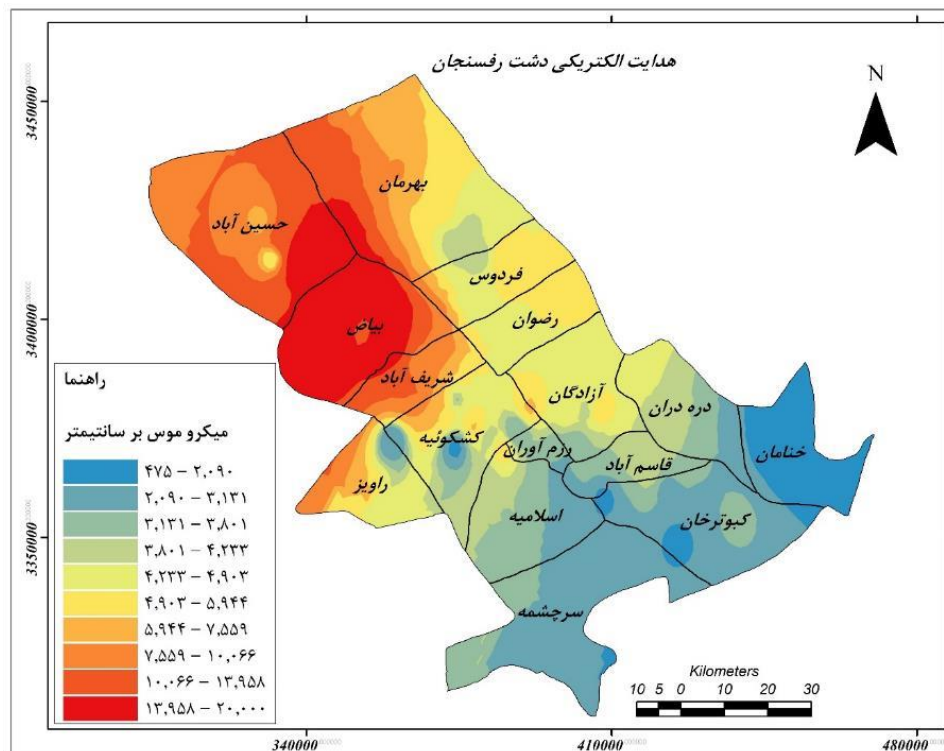
بررسی میانگین کیفیت آب در دشت رفسنجان در دوره ۱۷ ساله، عدد ۶۰۳۸ را نشان می‌دهد (جدول ۴). البته این

جدول (۴): روند میانگین کیفیت آب زیرزمینی در دشت رفسنجان بر حسب EC (۱۳۸۱-۱۳۹۷)

سال	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
میانگین	۵۵۵۷/۵	۵۳۳۰/۵	۵۶۲۶/۲	۷۰۵/۳	۵۷۳۰/۶	۵۶۳۲/۸	۶۰۴۲	۵۹۴۷/۳	۶۰۶۳/۱
سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	میانگین
میانگین	۶۱۶۲/۸	۶۳۵۴/۳	۶۱۰۰/۹	۶۳۱۷/۵	۶۲۸۳/۶	۶۲۷۲/۳	۶۸۶۹	۶۶۵۰/۵	۶۰۳۸/۰۲



شکل (۹): روند میانگین کیفیت آب زیرزمینی در دشت رفسنجان بر حسب EC (۱۳۸۱-۱۳۹۷) - ترسیم: نگارنده



شکل (۱۰): کیفیت آب (EC) در محدوده رفسنجان به تفکیک دهستان (بر حسب میکروموس بر سانتیمتر) ترسیم نگارندگان

آب شرب دارد. از نظر پراکندگی عمق چاه‌ها عمده چاه‌ها (۸۳٪ چاه‌ها) در عمق ۱۰۰-۳۰۰ متری حفر شده و آبدهی دارند و حدود نیمی از کل چاه‌های دشت رفسنجان (۵۷٪ کل) عمقی بین ۱۵۰-۲۵۰ متری دارند. بیشترین تراکم تعداد چاه‌های بهره‌برداری آب در محدوده اطراف شهر رفسنجان و نیز در شمال شرق دشت پراکنده شده است. پراکندگی چاه‌ها بر حسب عمق در دشت رفسنجان نیز نشان می‌دهد محدوده بین رضوان و فردوس در شمال شرق محدوده که بیشترین تراکم تعداد چاه‌ها را نیز دارد، بیشترین عمق چاه‌ها را نیز دارا می‌باشد، به طوریکه چاه‌های این منطقه در عمق بیش از ۳۰۰ متر به آب می‌رسد. دهستان‌های بهرمان، رزم‌آوران، شریف‌آباد، قاسم‌آباد، آزادگان و سایر قسمت‌های رضوان و فردوس نیز در عمق بیشتر از ۲۰۰ متر به آب می‌رسند. در قسمت‌های شمالی دشت، حسین‌آباد و بیاض و بخش‌هایی از کشکویه و سرچشمه و کبوترخان نسبتاً در اعماق بالاتری، زیر ۱۷۰-۱۵۰ متری نیز چاه‌ها به آب می‌رسند و نسبتاً چاه‌های کم-عمق‌تری حفر شده است. بیشترین عمق چاه‌ها را محدوده اطراف شهر رفسنجان بین دهستان‌های اسلامیه، قاسم‌آباد

### نتیجه گیری

دشت رفسنجان در منطقه خشک ایران واقع شده و از گذشته اقتصاد آن مبتنی بر کشاورزی بوده است. در دهه‌های اخیر با افزایش حفر چاه‌ها و کشت غالب پسته، این منطقه به مرکز کاشت و صادرات محصول پسته تبدیل شده و برداشت آب زیرزمینی از چاه‌ها نیز با شدت بیشتری انجام شده است. در چند دهه اخیر روند بهره‌برداری از آب و کشاورزی با روند افزایشی و بالاتر از ظرفیت آبی منطقه صورت گرفته، به طوری که در سال‌های اخیر آب زیرزمینی در کل دشت به طور محسوسی کاهش یافته و تعداد زیادی از چاه‌ها کم آب یا خشک شده اند. با توجه به اثرگذاری اقتصاد کشاورزی در منطقه و ناپایداری منابع آب زیرزمینی به‌عنوان اصلی‌ترین منبع قابل‌اتکاء آبی، در این پژوهش با تحلیل آمارهای موجود، تغییرات آب‌های زیرزمینی محدوده مورد بررسی قرار گرفته است.

تعداد کل چاه‌های دشت رفسنجان ۱۴۳۹ حلقه چاه بوده که از این تعداد ۱۲۳۶ چاه مصرف کشاورزی، ۱۱۰ حلقه چاه مصرف صنعتی- خدماتی و ۹۳ حلقه چاه مصرف



نشان‌دهنده سطح ایستابی محدوده است، به بیش از ۱۳۰ متر می‌رسد.

میانگین سطح ایستابی آب در دشت رفسنجان در آماربرداری سال ۱۳۸۱ حدود ۶۳ متر از سطح زمین بوده و با توجه به برداشت بی‌رویه و بالاتر از ظرفیت دشت، تقریباً سالانه یک متر آب کاهش یافته تا در سال ۱۳۹۸ به حدود ۷۶ متر از سطح زمین رسیده است. البته این افت سطح ایستابی یا سطح آبدار سفره زیرزمینی می‌باشد و چاه‌هایی که در منطقه حفر می‌شود در اعماق چندصدمتری آب برداشت می‌کنند و لایه‌های بالاتر یا آبدار نبوده یا آب بسیار کمی برای برداشت دارد. روند کاهش آب زیرزمینی دشت رفسنجان طی آمار ۲۰ ساله یکنواخت بوده و آمار کاهش یک متر آب دشت وضعیت نامناسب و مخرب را نمایش داده که نشان از برداشت بی‌رویه و بسیار بالاتر از ورود آب به سفره آب زیرزمینی دارد.

بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت رفسنجان (۹۷-۱۳۸۱) نشان می‌دهد که میانگین کیفیت آب در دوره ۱۷ ساله ۶۰۳۸ میکروموس بوده که به مرور با افزایش برداشت آب زیرزمینی، طی دو دهه به مرور کیفیت آب کاهش پیدا کرده و حدود ۱۰۰۰ واحد EC یا سختی و شوری آب افزایش پیدا کرده است.

با بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی و توسعه نامتوازن کشاورزی در دشت رفسنجان، سطح سفره آب زیرزمینی و ذخایر آبی آبخوان دشت کاهش پیدا کرده است. گرچه پس از چند سال از حفر چاه‌ها سطح زیرکشت کشاورزی عمدتاً باغات پسته و درآمد حاصل از آن افزایش یافته ولی به مرور ذخایر آبی رو به کاهش نهاده و در سال‌های اخیر آبدهی بسیاری از چاه‌ها کمتر شده و یا خشک شده، همچنین کیفیت آب نیز کاهش یافته است. با توجه به اینکه عمده اقتصاد دشت رفسنجان به آب و کشاورزی وابسته بوده، در صورت ادامه این وضع، وضعیت زیست-محیطی و اقتصادی-اجتماعی محدوده با مخاطرات جدی روبرو خواهد شد.

و رزم‌آوران و همچنین محدوده رضوان و فردوس دارا می‌باشد.

میزان برداشت کل آب زیرزمینی در دشت رفسنجان بطور سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیون متر مکعب (۴۹۱ میلیون و ۵۰۰ هزار متر مکعب) می‌باشد که از این میزان، ۴۵۳ میلیون و پانصد هزار متر مکعب (حدود ۹۲ درصد کل) مصرف سالانه بخش کشاورزی بوده، حدود ۶ درصد مصرف سالانه آب شرب و کمتر از ۲ درصد کل با مصرف صنعتی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. این در حالی است که میزان کل برداشت قانونی یا مصوب آب از دشت، ۵۰۵ میلیون و پانصد هزار متر مکعب بوده است، بدین معنی که به دلیل کاهش منابع آب زیرزمینی، میزان برداشت کمتر از میزان تخلیه مصوب و قانونی برداشت رسیده است. از نظر بخشی، میزان تخلیه حفاظت بخش کشاورزی حدود ۴۷۰ میلیون متر مکعب بوده که عملاً ۴۵۳ میلیون و پانصد هزار متر مکعب آن مورد بهره‌برداری قرار گرفته و در واقع ذخایر آبی به طور مشخصی رو به کاهش بوده است؛ ولی در بخش شرب و صنعت این امر حاکم نیست و عملاً برداشت آب بیش از میزان مصوب آن است.

بیشترین تراکم برداشت آب زیرزمینی نیز تقریباً مطابق با تراکم چاه‌ها و افزایش عمق آن است؛ بیشترین تراکم برداشت آب در محدوده فردوس-رضوان، بین بیاض-حسین‌آباد و محدوده مرکزی بین رزم‌آوران-کشکویه-اسلامیه می‌باشد.

کل چاه‌های پیژومتر منطقه مورد مطالعه ۱۴۰۴ حلقه چاه بوده که بالاترین چاه‌ها در دهستان کشکویه با ۱۷۳ چاه پیژومتر وجود دارد و در دهستان خانمان و راویز به دلیل ماهیت کوهستانی چاه‌های پیژومتر کمی وجود دارد. میانه دشت و اطراف منطقه کوهستانی بدبخت‌کوه، عمق چاه‌های پیژومتری کم بوده و تقریباً کمتر از ۳۰ متر است، ولی هر چه به سمت اطراف دشت می‌رویم بر عمق چاه‌ها پیژومتری افزوده می‌شود؛ در بخشی از حسین‌آباد انار، شریف‌آباد، منطقه‌ای بین سرچشمه و کشکویه و محدوده‌ای از کبوترخان و فردوس، عمق چاه‌های پیژومتر که تقریباً



## منابع

- آب منطقه‌ای استان کرمان (۱۴۰۰)، مطالعات پایه منابع آب کرمان.
- آب منطقه‌ای شهرستان رفسنجان (۱۴۰۰)
- جاودانیان، ح. و احمدی دارانی، م.، ۱۳۹۵. برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و نشست منطقه ای: مطالعه‌ی موردی شهر دامنه، اصفهان، علوم و مهندسی آب و فاضلاب، سال اول، شماره ۱، صص ۴۹-۶۰.
- جمالی‌زاده، م.، بذرافشان، ا.، مهدوی، ر.، آذره، ع.، رفیعی، ا.، ۱۳۹۹. پیش بینی نوسانات سطح آب زیر زمینی با استفاده از مدل‌های سری زمانی و GMS (مطالعه موردی: دشت رفسنجان)، اکوهیدرولوژی، دوره ۷، شماره ۱، صص ۹۷-۱۰۹.
- جهاد کشاورزی شهرستان رفسنجان (۱۴۰۰). سرشماری محصولات کشاورزی شهرستان رفسنجان و انار.
- چراغی، م. ع.، نجفی، ب.، شجری، ش. و م. جوان (۱۳۹۹). بررسی روند تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی در دشت سروستان استان فارس. پژوهش‌های آبخیزداری. دوره ۳۳، شماره ۲، پیاپی ۱۲۷، صص ۸۲-۹۶.
- خواجه، م.، بذرافشان، ا.، وقارفر، ح. و ی. اسماعیل‌پور. ۱۳۹۳. بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت پریشان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره هجدهم، شماره ۴، صص ۷۱-۹۶.
- دهقانی، ب.، فراهانی، م. و ب. امین نژاد. ۱۴۰۱. بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب دشت ورامین و ارایه راهکار جهت مدیریت پایدار در منطقه. رویکردهای نوین در مهندسی عمران، دوره ششم، شماره دوم، ۱۴۰۱، صص ۷۳-۵۸.
- شیرزادی، س. و م. صبحی صابونی. ۱۳۹۳. بررسی وضعیت پایداری و تعادل سفره آب زیرزمینی در جهت دستیابی به مدیریت پایدار (مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور). تحقیقات اقتصادی کشاورزی، جلد ۶، شماره ۴، صص ۱۲۸-۱۰۷.
- طبیعیان، آ.، ۱۳۹۰. بررسی کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی رفسنجان، همایش ملی اصلاح الگوی تولید و مصرف، کرمان، ایران.
- عبدالهی عزت‌آبادی، م.، ۱۳۸۷. نقش سیاست‌گذاری ناهماهنگ در توسعه ناپایدار کشت پسته با تاکید بر منابع آبی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۶ (۶۳)، صص ۱۱۷-۱۳۷.
- علوی نیا، س. ح.، ساداتی‌نژاد، س. ج.، مکیان، آ. و هدی قاسمیه. ۱۳۹۸. آنالیز وضعیت بیلان منابع آب زیرزمینی به منظور بررسی تنش واردشده بر آبخوان در مناطق خشک، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دوره دهم، شماره ۳۸، صص ۳۶-۲۵.
- فتحی، ف. و زیبایی، م.، ۱۳۸۹. مدیریت آب‌های زیرزمینی در شرایط معمول و کم‌آبی. مجله اقتصاد کشاورزی، ۴ (۴). صص ۶۳-۴۷.
- کریمی، م. و م. ر. حداد. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت مهولات. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال نهم، شماره ۳۱، صص ۳۰-۲۳.
- مرتضوی، س. م.، سلیمانی، ک.، غفاری موفق، ف.، ۱۳۹۰. مدیریت منابع آب و توسعه پایدار، مطالعه موردی: دشت رفسنجان، آب و فاضلاب، شماره ۲، (یادداشت فنی)، صص ۱۳۱-۱۲۶.
- مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵. سرشماری عمومی نفوس و مسکن. استان کرمان.
- نادیان‌فر، م.، انصاری، ح.، دهقان، ه.، سالاری، م.، ۱۳۸۹. پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور با مدل سری‌های زمانی. همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب. تهران، صص ۷۹۴-۷۷۹.
- Anderson, M. P., Woessner, W. W., & Hunt, R. J. (2015). Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport. Academic press.
- Bahir, M., Ouhamdouch, S., Ouazar, D., El Moçayd, N., (2020). Climate change effect on groundwater characteristics within semi-arid zones from western Morocco, Groundwater for Sustainable Development, Volume 11, 100380.
- El Kharraz, J., El-Sadek, A., Ghaffour, N., Mino, E., (2012), Water scarcity and drought in WANA countries, Procedia Engineering, Vol. 33, pp. 14-29, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1172>.



Gonzalez Dugo, V., J.L. Durand & F. Gastal, (2010). "Water Deficit and Nitrogen Nutrition of Crops", A Review Agronomy for Sustainable Development, No. 30, Pp. 529- 54, 2010.

Hellegers, P. 2002. Treating water in irrigated agriculture as an economic good. Presented on the conference of Irrigation Water Policies, June, Agadir, Morocco.

Polemio, M. and Casarano, D. (2008), Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy, Geological Society, London, Special Publications, Volume 288, pp. 39-51 <https://doi.org/10.1144/SP288.4>.

Sarreshtedar, A., Sharghi, E., Afkhaminia, A., Nourani, V. and Ng, A. (2022), Investigation of quantitative and qualitative changes in groundwater of Ardebil plain using ensemble artificial intelligence-based modeling. *Water Supply*, 22 (9). pp. 7140-7157. ISSN 1606-9749.

Satih S. S, Magadum S.R and Yadawe M. S (2015), Quantitative and qualitative bacterial analysis of underground water of Vijayapur, *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(7): 1370-1374, ISSN: 2321-3086.

Valipour, H., Sayari, M., Bayat, N., Forutan, F., (2014), Qualitative and Quantitative Evaluation of Groundwater in Isfahan Najaf Abad Study Area, *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST)*, ISSN 2305-0225, Issue 16 (4), September 2014, pp. 523-530.

Zarei, P. and Moradimakram, S. (2020), A Quantitative and Qualitative Assessment of Groundwater Resources in the Shourdasht Basin of Ghahavand, *Journal of Hydrosociences and Environment*, pp. 25-34, <http://jhe.usb.ac.ir/>.