The relationship between the quality of underground water in Saveh Plain and the amount of rainfall in 2016-2018

Mohammad Rafei[1], **Zohreh Zare Teymori**[2*]

1- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- MPH Department, School of Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background and Aims: Saveh plain is one of the semi-arid regions of the country. The demand for groundwater resources in this plain is high not only due to extensive agricultural activities but also owing to the placement of the country's largest industrial park. The purpose of this study was to assess the impact of short-term rainfall on the variations in the quality of groundwater throughout this region.

Materials and Methods: This descriptive-analytical study was carried out to evaluate the impact of rainfall on the chemical quality of groundwater in Saveh Plain in the period of 2016-2018. Data was collected from Iran Water Resources Company and the results were used to determine drought and wet years using DIC (Drought Indices Calculator) software. They were also employed to determine the chemical quality of water for agricultural and drinking purposes through the Chemistry software and Wilcox and Shuler charts. Ethical considerations were observed in all stages of the study.

Results: There was a severe drought in the water year of 2017-2018; however, the raining was appreciable in 2018 and 2019. The occurrence of consecutive droughts has caused the water quality of 74% of wells and 43% of aqueducts to be unfavorable for agricultural purposes. About 30% of wells, 53% of aqueducts and 93% of springs are considered good and acceptable for drinking purposes.

Conclusion: The impact of short-term rainfall on the physico-chemical quality of water from springs and aqueducts is more than that of wells. Therefore, it is necessary to manage the consumption of water resources, change the pattern of cultivation and reduce unnecessary harvests in the mentioned plain in order to the optimal management of water resources.

Keywords: Saveh, Ground water, Water quality, Rainfall

Please Cite this article as: Rafei M, Zare Teymori Z. The relationship between the quality of underground water in Saveh Plain and the amount of rainfall in 2016-2018. Journal of Health in the Field 2023; 11(1):23-35.

Corresponding Author: MPH Department, School of Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Email: z.zare057@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.22037/jhf.v11i1.42590
Received: 4 July 2023
Accepted: 23 July 2023

مقاله پژوهشی

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت و ایمنی
دوره ۱۱ شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات ۲۳ تا ۳۵

ارتباط بین کیفیت آب زیرزمینی دشت ساوه با میزان بارندگی در سال‌های ۱۳۹۶تا ۱۳۹۸

محمد رفیعی[۱]، **زهره زارع تیموری**[۲*]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- گروه دوره عالی MPH، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: دشت ساوه یکی از مناطق نیمه خشک کشور می‌باشد. تقاضا برای منابع آب زیرزمینی باتوجه به کشاورزی وسیع و وجود بزرگترین شهرصنعتی کشور زیاد می‌باشد. هدف از این مطالعه تاثیر بارندگی کوتاه مدت در میزان تغییرات کیفیت آبهای زیرزمینی در این منطقه است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی- تحلیلی، برای بررسی ارزیابی تاثیر بارش‌ها برکیفیت شیمیایی آب منابع آب زیرزمینی دشت ساوه در دوره زمانی (۱۳۹۸-۱۳۹۶) می‌باشد. داده‌ها ازشرکت منابع آب ایران جمع‌آوری گردید و نتایج جهت تعیین سالهای خشکسالی و ترسالی با استفاده ازنرم‌افزار Drought Indices Calculator و برای تعیین کیفیت شیمیایی آب برای مصارف کشاورزی و شرب از طریق نرم‌افزار Chemistry و نمودارهای ویلکاکس و شولر استفاده شد. رعایت ملاحظات اخلاقی در تمام مراحل اجرای مطالعه درنظر گرفته شد.

یافته‌ها: این حوزه آبریز درسال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶خشکسالی شدید و در سالهای ۱۳۹۷و۱۳۹۸ بارشهای بیشتری داشته است. وقوع خشکسالی‌های متوالی باعث شده تا آب۷۴٪ چاهها و۴۳٪ قناتها از نظر کیفیت برای مصارف کشاورزی نامطلوب باشد. برای مصارف شرب نیز ۳۰٪ چاهها، ۵۳٪ قناتها و۹۳٪ چشمه‌ها در محدوده خوب و قابل قبول قرار دارند.

نتیجه‌گیری: تاثیر میزان بارندگی‌های کوتاه مدت برکیفیت فیزیک و شیمیایی چشمه‌ها و قناتها بیشتر از چاهها است. بنابراین برای مدیریت بهینه منابع آب نیاز به مدیریت مصرف منابع آبی، تغییر الگوی کشت وکاهش برداشت‌های بی‌رویه در دشت مذکور می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ساوه، آب زیرزمینی، کیفیت آب، بارندگی

* **نویسنده مسئول:** گروه دوره عالی MPH، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Email: z.zare057@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۲/۰۴/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله:۱۴۰۲/۰۵/۰۱

مقدمه

آب یکی از ارکان اصلی حیات بشری است بطوری که حیات بدون آن برای موجوات زنده به هیچ‌وجه قابل تصور نیست [۱]. خشکسالی (drough) و ترسالی(wetpriod) وضعیتی از کمبود یا افزایش بارش از میزان تعریف شده هر اقلیم است که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است، رخ دهد [۲]. مطالعه بارندگی در برخی از نقاط جهان که از ٤٠ سال قبل سابقه اندازه‌گیری بارندگی را دارند نشان می‌دهد که خشکسالی‌ها از چند ماه تا چند سال ممکن است، طول بکشند [۳]. طبق شواهد، خشکسالی‌های سال ۱۹۷٦-۱۹۷۵ در شمال غربی اروپا فقط ٦ ماه طول کشید در حالی که خشکسالی منطقه ساحل آفریقا با شرایط بسیار خشک‌تر از اروپا حدود ١٦سال طول کشید [٤]. تعیین کیفیت آب در مدیریت منابع آب از اهمیت خاصی برخوردار است. امروزه به علت وجود منابع متعدد آلوده‌کننده منابع آب از کیفیت شیمیایی منابع آبی به شدت کاسته شده است.

فعالیت‌های انسانی عامل اصلی موثر بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. به طوری که از طرق مختلف مانند تخلیه پسآب‌ها، استفاده از آلاینده‌های شیمیایی درکشاورزی و صنعت، کاربری اراضی و فرسایش خاکها بر کیفیت آب اثر می‌گذارد. علاوه بر فعالیت‌های انسانی، عوامل طبیعی و بیولوژیکی خود می‌توانند آب‌هایی با کیفیت نامناسب ایجاد کنند. مشکلات مربوط به آب شرب می‌تواند شامل مواد معدنی سمی، فلزات سنگین، عوامل میکروبی، غلظت بالای نیتروژن و ریزمغذی‌ها و سایر مواد شیمیایی باشد [۵]. بارش یکی از عناصر مهم اقلیمی است که آثار انکارناپذیری بر فعالیتهای مختلف انسانی و فرآیندهای طبیعی، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دارد [٦]. توزیع جریان‌های آبی در سطح جهان نامتعادل است و با توزیع جمعیت تناسب ندارد. با توجه به اینکه تامین آب آشامیدنی سالم یکی از شاخص‌های توسعه جوامع محسوب می‌گردد توجه به کیفیت آن بسیار لازم و ضروری است [۷]. منابع آب موجود در محدوده حوضه‌های آبخیز ارتباط نزدیک با بارش و رواناب حاصل از آن دارد و نزولات جوی وارده با آبخیزاز طریق نفوذ درخاک، جریان سطحی و زیرسطحی به نوبه خود تأمین‌کننده آب مصرفی گیاهان، آب شرب، صنعت وکشاورزی است [۸].

در مناطق خشک ونیمه خشک جهان مانند ایران توسعه اقتصادی و اجتماعی پایدار وابستگی زیادی به دسترسی به آب زیر زمینی با کیفیت خوب دارد. افزایش و تشدید تقاضا برای آب و کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی و همچنین تخریب محیط زیست بر اثر توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن و تغییر در کاربری اراضی ایجاد گردیده و یا شتاب می‌گیرد که این امر منابع آب موجود هر کشور را تحت فشارهای فزاینده قرار می‌دهد [۹]. طی سال‌های اخیر کشور ایران با خشکسالی‌های متعدد روبرو بوده که خسارات گاهی جبران ناپذیر را بر منابع آب سطحی و زیرزمینی وارد نموده است؛ بنابراین لزوم مطالعه و پژوهش در مورد این پدیده از اهمیت بالایی برخوردار است [۱۰].

منابع آب زیرزمینی بعد از یخچال‌ها دومین منبع آب شیرین در جهان می‌باشند. در کشور ما با توجه به نوع اقلیم، منابع آب زیرزمینی بعنوان مهمترین منبع تامین آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب اهمیت زیادی دارد و بخش کشاورزی با اختصاص ۹۵ درصد برداشت کل و بیش از ۸۰ درصد از منابع آب زیرزمینی نقش عمده‌ای در تغییرات کیفی و کمی آبخوان‌های کشور دارد. کیفیت آب زیرزمینی دشت ساوه در قسمت شرقی دشت به علت زهکشی پایین و مجاور بودن با لایه‌های نمکی سازند قم دارای شوری بیشتری می‌باشد. افت سطح آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی ساوه در قبل از احداث شبکه‌های آبیاری (۱۳۷۳-۱۳٦٦) نسبت به دوره بعد از احداث آن (۱۳۷۸-۱۳۷٤) کمتر بوده است. این افت در اثر چند عامل مهم اتفاق افتاده است. اولین و مهمترین آن برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی آبخوان ساوه و دومین دلیل آن منفی‌ترشدن بیلان آبی منطقه به علت احداث سد ساوه و جلوگیری از تغذیه آبخوان و کم شدن میزان نشت از کانال‌ها به علت بتونی‌شدن کانال‌های آب در شبکه آبیاری و زهکشی و سومین دلیل وقوع خشکسالی در منطقه می‌باشد. افت متوسط سالیانه سطح آب زیرزمینی در چند چاه نمونه دارای آمار در منطقه ساوه طی سالهای ۱۳٦٦ تا ۱۳۷۳ معادل ۹۸ سانتیمتر و در طی سال‌های ۱۳۷٤ تا ۱۳۸۷ معادل ١٤٧ سانتی‌متر بدست آمد. متوسط افت سطح آب زیرزمینی در طی ۷ سال در ۵۷ حلقه چاه محدودهٔ دشت اراک برابر با ۳۸/ ۳ متر و در ٦۳ حلقه چاه مورد مطالعه

در آبخوان ساوه برابر ۱۰/۱۹ متر بوده است. این نتیجه بیانگر رشد روزافزون برداشت از منابع آب زیرزمینی منطقه ساوه و تخلیه بیش از حد آب زیرزمینی آبخوان آن می‌باشد. در بررسی اثرات فصول تر و خشک و نیز عمق آب بر کیفیت آب زیرزمینی آبخوان‌های ساوه و اراک مشخص شد که کیفیت آب زیرزمینی در فصول تر نسبت به فصول خشک و در چاه‌هایی با عمق کمتر، نامطلوب‌تر است [۱۱].

مطالعات متعددی بر روی اثرات تغییرات اقلیم بر کیفیت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. تمرکز این مطالعات بیشتر بر روی کیفیت شیمیایی، سطح سفره‌های آب زیرزمینی، پهنه بندی مناطق پرخطر و ارزیابی این گونه آب‌ها جهت مصارف کشاورزی و نیز آشامیدنی، با استفاده از شاخص‌های موجود بوده است. در دشت ساوه مطالعات بر روی تاثیر خشکسالی‌های دوره‌ای بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی صورت پذیرفته؛ ولی تاکنون مقایسه‌ای بین تغییرات صورت پذیرفته در کیفیت آب ناشی از وقوع ترسالی وخشکسالی‌های متناوب صورت نپذیرفته است [۱۱،۱۲]. لذا کاربرد این مطالعه میتواند در تصمیم‌گیری بهتر مدیران در تصمیم‌گیری‌ها با توجه به وقوع بارش‌های مقطعی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه توصیفی- تحلیلی برای بررسی ارزیابی تاثیر بارش‌ها بر کیفیت شیمیایی آب منابع آب زیرزمینی دشت ساوه در دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۹٦ می‌باشد. شهرستان ساوه در موقعیت جغرافیایی ۵۰-۵۱ درجه طول شرقی و ۳۵-۳٤ درجه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۱۱۰متر می‌باشد. وسعت دشت ساوه ۲۵۱۵/۷ کیلومتر مربع است که محدوده مطالعاتی در این پژوهش می‌باشد. در دشت ساوه تعداد ۱۷ حلقه چاه فعال، ۵ قنات دارای آبدهی سالیانه مداوم و ۵ چشمه وجود دارد که برای تامین آب شرب شهر ساوه و روستاهای اطراف و همچنین مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. این چاه‌ها و چشمه‌ها و قنات‌ها در مناطق یل‌آباد، منطقه طراز ناهید، نورعلی بیگ، دشت لویین و محدوده شهر ساوه قرار دارند [۱۳].

در این تحقیق تاثیر کوتاه مدت بارش‌ها درسال‌های کم بارش و پر بارش مورد بررسی ومقایسه قرارگرفته و با انجام طبقه‌بندی منابع تامین آب دشت ساوه میزان روند تغییرات کیفیت شیمیایی آنها مورد مطالعه قرار گرفته است.

جهت انجام پژوهش پس از اخذ معرفی‌نامه و هماهنگی‌های لازم با مراجعه به سایت سازمان هواشناسی کشور داده‌های هواشناسی سال‌های مورد مطالعه دریافت و از شرکت مادر تخصصی منابع آب ایران اطلاعات مربوط به داده‌های فیزیک و شیمیایی منابع آب زیرزمینی ونتایج آزمایشات تعیین پارامترهای کیفی آب منابع مذکور در طول دوره آماری ۱۳۹۸-۱۳۹٦ اخذ گردید. سپس کلیه داده‌ها مرتب‌سازی و درنرم‌افزار Excel ثبت شد. داده‌های آماری بلند مدت به منظور توزیع یکنواخت وپوشش کامل انتخاب و از نرم‌افزار DIC(Drought Indices Calculator) جهت تعیین سال‌های خشکسالی و ترسالی با استفاده از شاخص استاندارد بارش (Standardized Precipitation Index: SPI) استفاده شد. همچنین ازنرم‌افزار Chemistry برای تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب و از نمودارهای شولر و ویلکاکس برای تعیین کیفیت آب مصارف کشاورزی استفاده گردید. با توجه به فرمول (۱) شاخص SPI محاسبه گردید.

$$SPI=\frac{Pi-P}{\delta} \quad (۱)$$

Pi: مقدار بارش برای دوره مورد نظر

P: میانگین درازمدت بارش برای دوره مدنظر

δ: انحراف‌معیار مقدار بارش

مقادیر شاخص SPI که از داده‌های بلند مدت بارش برای یک دوره زمانی مورد نظر بدست می‌آید از یک توزیع نرمال تبعیت کرده که دارای میانگین صفر و انحراف معیار۱ است و این خاصیت باعث می‌گردد که بتوان اقلیم‌های خشک ومرطوب را با یک روش بررسی نمود جهت محاسبه این نمایه از توزیع گاما برای برازش داده‌های بلند مدت بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبات لازم و تعیین پارامترهای مربوطه نمایه SPI محاسبه می‌گردد [۱۳]. موقعیت جغرافیایی قرارگیری شهرستان ساوه در استان مرکزی و در کشور ایران در شکل (۱) نشان داده شده است.

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی قرارگیری شهرستان ساوه در استان مرکزی و در ایران

Figure 1- Geographical location of Saveh city in Central province and in Iran

تعیین کیفیت آب برای مصارف کشاورزی

یکی از روش‌های تعیین وضعیت کیفیت آب به منظور استفاده در کشاورزی نمودار ویلکاکس می‌باشد. در سال ۱۹٤۸ این شاخص توسط ویلکاکس ارائه و سپس در سال ۱۹۵۱ توسط تورن تکمیل گردید. این شاخص با درنظر گرفتن دو فاکتور EC و SAR(Sodium adsorption ratio) محاسبه می‌شود. مقدار SAR با استفاده از فرمول شماره (۲) که در آن غلظت عناصر یونهای سدیم(Na) و منیزیم(Mg) و کلسیم(Ca) براساس میلی اکی‌والان در لیتر می‌باشد محاسبه می‌شود:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \qquad (۲)$$

درجدول شماره ۱ رده‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی با استفاده از نمودار ویلکاکس و در جدول شماره ۲ کلاس‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس آمده است. در این طبقه‌بندی S نماینده SAR یا نسبت جذب سدیم و C نماینده مقدار قابلیت هدایت الکتریکی (Conductivity) آب می‌باشد.

جدول۱- رده‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی با استفاده از دیاگرام ویلکاکس

Table 1- Classification of water for agricultural purposes using Wilcox diagram

طبقه	تفسیر	حدود S.A.R	طبقه	تفسیر	حدود EC
S_1	عالی	۱۰-۰	C_1	عالی	۲۵۰-۰
S_2	خوب	۱۸-۱۱	C_2	خوب	۷۵۰-۲۵۰
S_3	متوسط	۲٦-۱۸	C_3	متوسط	۲۲۵۰-۷۵۰
S_4	نامناسب	۳۲-۲٦	C_4	نامناسب	۵۰۰۰-۲۲۵۰

جدول ۲- کلاس‌بندی آب جهت مصارف کشاورزی براساس طبقه بندی ویلکاکس

Table 2– Classification of water for agricultural purposes based on Wilcox classification

کلاس‌بندی آب مطابق طبقه بندی ویلکاکس	نوع کیفیت آب برای مصارف کشاورزی
C_1S_1	شیرین و برای کشاورزی کاملا بی‌ضرر
C_2S_1 ,C_2S_2,C_1S_2	کمی شور و برای کشاورزی تقریبا مناسب
C_3S_3,C_3S_2,C_3S_1, C_2S_3,C_1S_3	شور و برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم
C_4S_4,C_4S_3,C_4S_2,C_4S_1,C_3S_4,C_2S_4,C_1S_4	خیلی شور و مضر برای کشاورزی

تعیین کیفیت آب برای مصارف شرب

به منظور طبقه‌بندی و بررسی کیفیت منابع آب جهت مصارف شرب از دیاگرام شولر استفاده گردید. بطور معمول ترسیم و تحلیل این نمودار در گزارشات هیدرولوژیکی برای طبقه‌بندی آب آشامیدنی کاربرد دارد. کیفیت منابع آب بر اساس این نمودار در شش گروه اصلی خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، نامطبوع وغیر قابل شرب رده‌بندی می‌شود [۱۳]. استاندارد رده‌بندی کیفیت آب آشامیدنی بر اساس دیاگرام شولر مطابق با جدول شماره ۳ می‌باشد.

جدول ۳- استاندارد رده بندی کیفیت آب آشامیدنی براساس دیاگرام شولر (mg/l)

Table 3- Drinking water quality classification standard based on Schuler diagram (mg/l)

کیفیت	Na	Cl	SO4	TDS	TH
خوب	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱٤٥	<۵۰۰	<۵۰۰
قابل قبول	۱۱۵-۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱٤٥-۲۸۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
متوسط	۲۳۰-٤٦۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰
نامناسب	٤٦۰-۹۲۰	۷۰۰-۱٤۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰	۲۰۰۰-٤۰۰۰	۲۰۰۰-٤۰۰۰
کاملا نامطلوب	۹۲۰-۱۸٤۰	۱٤۰۰-۲۸۰۰	۱۱۵۰-۲۲٤۰	٤۰۰۰-۸۰۰۰	٤۰۰۰-۸۰۰۰
غیرقابل شرب	>۱۸٤۰	>۲۸۰۰	>۲۲٤۰	>۸۰۰۰	>۸۰۰۰

تعیین میزان بارش‌ها

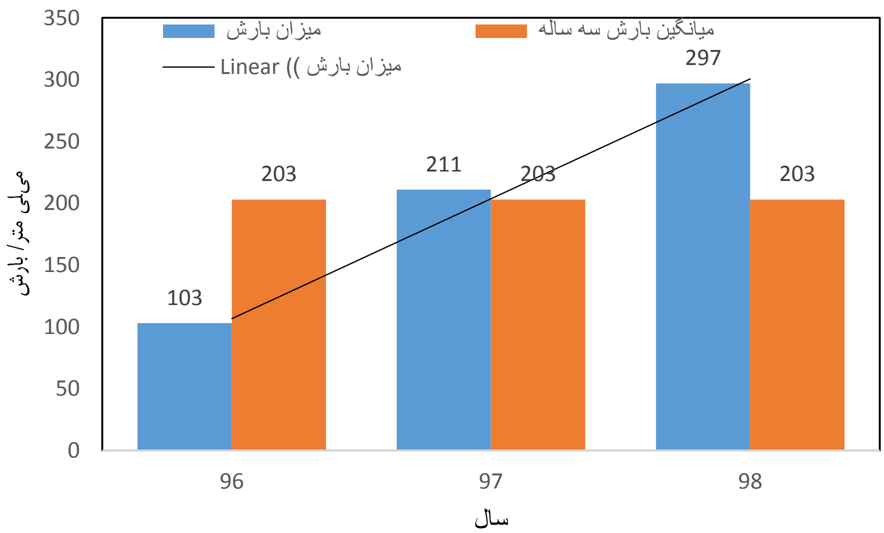
برای محاسبه شاخص استاندارد بارش(SPI) فقط از متغیر هیدرولوژیکی میزان بارش استفاده می‌شود. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد شاخص استاندارد بارش(SPI) قابلیت استفاده از آن برای سری‌های مختلف زمانی(سال و ماه) است. در نتیجه این مزیت باعث شده است که بتوان از این شاخص جهت نظارت بر انواع مختلف منابع آب مثل منابع کوتاه مدت(رطوبت موجود در خاکهای کشاورزی) و درازمدت (آب‌های سطحی و زیرزمینی) استفاده کرد [۱٤].

در این پژوهش به منظور محاسبه شاخصSPI از نرم‌افزار DIC استفاده گردید. میانگین سالیانه بارش از سال ۱۳۹٦ لغایت شهریور ۱۳۹۹(پایان سال آبی ۱۳۹۸) را که از ایستگاههای هواشناسی و باران‌سنجی ساوه در یافت گردیده بود بعنوان اطلاعات ورودی در نرم‌افزار مذکور استفاده گردید.

یافته‌ها

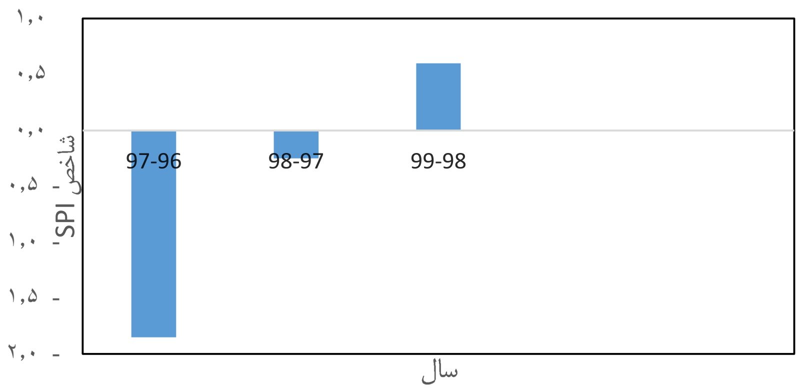
با توجه به بررسی میزان بارش‌های بلندمدت ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان ساوه، این شهرستان در سال ۱۳۹۸ با میانگین بارندگی ۲۹۷ میلیمتر دارای بیشترین مقدار و در سال ۱۳۹٦ با میانگین بارندگی ۱۰۳ میلیمتر با کمترین مقدار بارش مواجه بوده است. میانگین بارش سالیانه شهر ساوه، در دوره مورد مطالعه در شکل شماره ۱ و وضعیت خشکسالی دشت ساوه از سال ۱۳۹٦ تا پایان سال آبی ۱۳۹۸(شهریور ۱۳۹۹) در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. بررسی این شکل‌ها نشان می‌دهد که در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹٦ خشکسالی شدید بر حوزه آبریز دشت ساوه حاکم بوده و در سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و سال ۱۳۹۸ سال آبی نرمال محسوب می‌گردد.

کمترین مقدار SPI در سال ۱۳۹٦ با ۱/۸۵- و بیشترین آن مربوط به سال ۱۳۹۸ با ۰/٦۰+ بوده است .همچنین دو سال متوالی در دوره مطالعه میزان بارندگی‌ها کمتر از نرمال بوده که با توجه به وقوع خشکسالی‌های قبلی و به دلیل عدم جبران افت کمی و کیفی آب باعث گردیده است تا در تغییر کیفیت شیمیایی آب چاه‌ها موثر باشد. تغییرات کیفی آب زیرزمینی مناطق مورد مطالعه از نظر میزان شوری و نسبت جذب سدیم جهت مصارف کشاورزی طی سال‌های ۱۳۹٦ تا ۱۳۹۸ بررسی شدند.



نمودار ۱- روند تغییرات میزان بارش در دوره سه ساله مطالعه بر اساس آمار ایستگاه‌های هواشناسی ساوه در سال‌های ۱۳۹٦-۱۳۹۸

Figure 1- The trend of changes in rainfall during 3 years based on the statistics of Saveh weather stations in 2013-2015



نمودار ۲- وضعیت خشکسالی دشت ساوه ازسال۱۳۹٦تاپایان شهریور۱۳۹۹

Figure 2- Drought situation in Saveh Plain from 2016 to the end of September 2019

جدول ٤- وضعیت طبقه‌بندی منابع آب زیرزمینی منطقه برای مصارف کشاورزی به تفکیک منبع و درصد آن در هر سال

Table 4- Status of classification of underground water resources of the region for agricultural purposes by source and quantity in each year

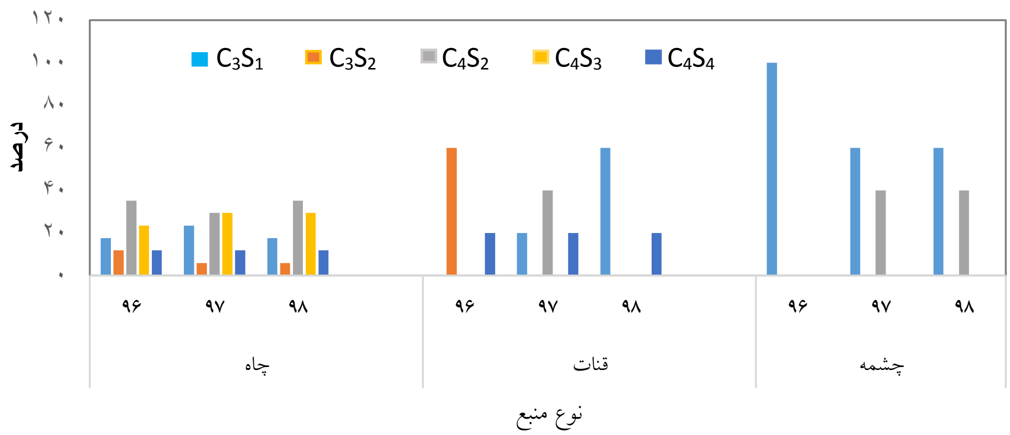
منبع	کلاس / سال	C_2S_1	C_2S_3	C_3S_1	C_3S_2	C_4S_2	C_4S_3	C_4S_4
چاه	۱۳۹٦	–	–	۱۷/٦	۱۱/۸	۳۵/۳	۲۳/۵	۱۱/۸
	۱۳۹۷	–	–	۲۳/۵	۵/۹	۲۹/٤	۲۹/٤	۱۱/۸
	۱۳۹۸	–	–	۱۷/٦	۵/۹	۳۵/۳	۲۹/٤	۱۱/۸
قنات	۱۳۹٦	–	٦۰	–	–	۲۰	۲۰	–
	۱۳۹۷	۲۰	–	٤۰	۲۰	۲۰	–	–
	۱۳۹۸	٦۰	–	–	–	۲۰	۲۰	–
چشمه	۱۳۹٦	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
	۱۳۹۷	٦۰	–	٤۰	–	–	–	–
	۱۳۹۸	٦۰	–	٤۰	–	–	–	–

با توجه به طبقه‌بندی ویلکاکس وضعیت منابع آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه به تفکیک چاه، قنات وچشمه و به تفکیک درصد وسال مطابق با جدول شماره٤ و براساس وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی برای مصارف شرب با توجه به طبقه‌بندی شولر مطابق با جدول شماره ۵ می‌باشد.

جدول ٥ – وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی برای مصارف شرب با توجه به طبقه‌بندی شولر

Table 5- Quality status of underground water resources for drinking purposes according to Shuler's classification

منبع آب زیرزمینی	چاه			قنات			چشمه		
سال / **کیفیت برای شرب (درصد)**	٩٦	٩٧	٩٨	٩٦	٩٧	٩٨	٩٦	٩٧	٩٨
خوب	٥/٨	٥/٨	٦/٨	٦٠	٤٠	٦٠	١٠٠	٨٠	١٠٠
قابل قبول	١٧/٧	٢٣/٥	١٧/٥	–	٢٠	–	–	٢٠	–
متوسط	٤٧/١	٢٩/٥	٣٥/٢	٢٠	٢٠	٢٠	–	–	–
نامناسب	١١/٧	٢٣/٥	٢٩/٢	٢٠	٢٠	٢٠	–	–	–
کاملا نامطلوب	١٧/٧	١٧/٦	١١/٧	–	–	–	–	–	–



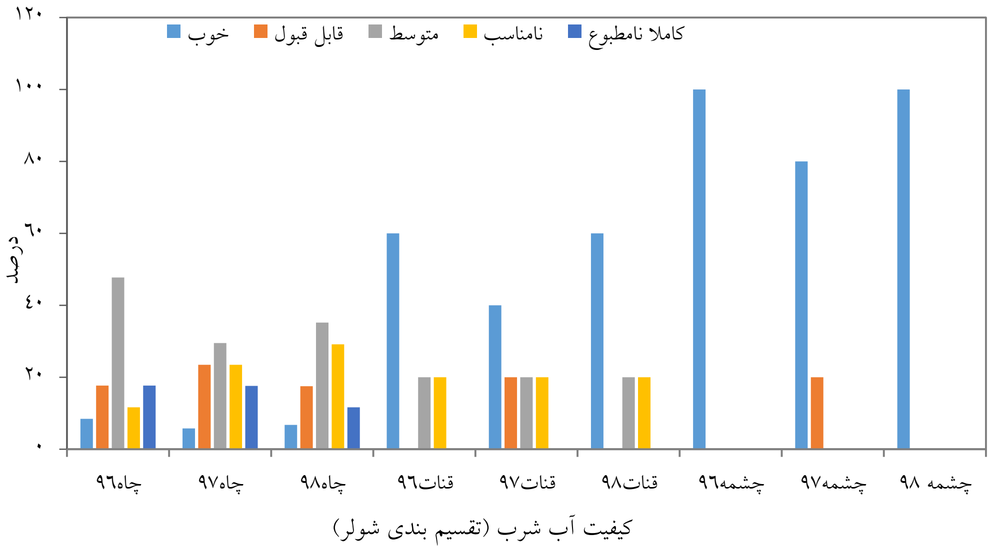
نمودار ٣– طبقه بندی آب چشمه و قنات و چاه براساس ویلکاکس

Figure3 - Classification of spring, aqueduct and well water based on Wilcox

بحث

بررسی میانگین بارش‌ها وشاخص خشکسالی SPI در دوره زمانی مورد مطالعه طبق شکل‌های شماره ۱و ۲ نشان داد که میزان بارش‌ها در دشت ساوه عموما کمتر از میانگین کشوری بوده و تعداد سال‌های خشکسالی متوالی در این دشت بسیار بیشتر از سال‌های ترسالی می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌های مورد مطالعه طبق شکل شماره ۳ نشان می‌دهد که وقوع خشکسالی‌های متوالی به همراه اضافه برداشت‌های صورت پذیرفته ازچاه‌ها باعث گردیده که ٧٤ درصد از چاه‌های دوره مورد مطالعه در محدوده آب‌های مضر برای کشاورزی قرار گرفته و طبق شکل شماره ٤ از نظر

مصارف شرب نیز ۳۰ درصد چاه‌ها دارای کیفیت خوب تامتوسط برای مصارف شرب باشند که متاثر از وقوع خشکسالی‌های مستمر در منطقه می‌باشد؛ به‌طوری که با وقوع خشکسالی و کاهش آبدهی یا خشکی کامل جریانات سطحی، بصورت زهکش عمل کرده و از آب‌های زیرزمینی تغذیه می‌نمایند.



نمودار ٤- وضعیت کیفیت آب شرب بر اساس تقسیم‌بندی شولر

Figure 4 –Drinking water quality status based on Schuler's classification

همچنین سیلاَب‌ها و رودخانه‌های فصلی نیز بدلیل عبور سریع از منطقه در تغذیه آبخوان ها نقش چندانی ندارند. وقوع خشکسالی در دشت ساوه و تغییر الگوی بارش از برف به باران در سال‌های اخیر باعث کاهش پتانسیل تغذیه آبخوان‌ها گردیده که حتی با وجود معدود ترسالی‌های اخیر و با توجه به برداشت‌های صورت پذیرفته نتوانسته است، تغییرمحسوسی در افزایش کیفیت آب چاه‌ها ایجاد نماید؛ بطوری که در سال ۱۳۹۸ که دارای ترسالی بوده است، این عدم افزایش کیفیت علی‌رغم افزایش بارش‌ها کاملا مشهود است که این مورد با مطالعات و تحقیقات اسدزاده وهمکاران که درخصوص تاثیر خشکسالی بر کیفیت و سطح آب زیرزمینی دردشت قروه انجام داده بودند همخوانی دارد [۱۵]. طبق جدول شماره ٤ در پایان سال ۱۳۹۸ آب صددرصد چشمه‌ها وضعیت خوبی از نظر کیفیت برای شرب داشته و مطلوب بوده‌اند ولی طبق شکل شماره ۳ براساس طبقه‌بندی ویلکاکس وضعیت کیفیت آب چاه‌ها جهت بهبود کیفیت برای کشاورزی تغییر چندانی نداشته‌اند که این موضوع را در قنات‌ها نیز تا حدی میتوان مشاهده کرد. با بررسی جدول شماره۳ مشاهده می‌گردد با وجود افزایش بارشها بر کیفیت آب منابع آب زیرزمینی منطقه تاثیر شدید و قابل توجهی رخ نداده است و ارتقای کیفیت چشمگیری حتی با وجود معدود سال‌های ترسالی نظیر سال ۱۳۹۸ مشاهده نمی‌گردد و همچنان خشکسالی وضعیت حاکم برمنطقه می‌باشد که این موضوع با پژوهش محمدی و همکاران که برروی ارتباط مکانی و توزیع خشکسالی‌ها در دشت اراک تحقیق کرده‌اند مشابهت دارد [۱٦]. مقایسه سال‌های مورد مطالعه با سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹٦ نشان می‌دهد که ۷۰/۷ درصد از چاه‌های مورد مطالعه دارای آب خیلی شور و مضر برای کشاورزی بوده وتنها ۲۹/۳درصد از چاه‌ها برای کشاورزی با انجام تمهیدات لازم مناسب می‌باشند. در سال ۱۳۹۸ نیز علی‌رغم افزایش بارشها در دو سال متوالی نیز تغییر محسوسی در افزایش کیفیت آب چاه‌ها مشاهده نگردیده است. مطلوبترین وضعیت در این مطالعه مربوط به چاه‌های منطقه پل آباد می‌باشد که ۲۷/٤ درصد چاه‌ها مناسب و با اعمال تمهیدات برای

کشاورزی قابل قبول هستند و ۷۲/٦ درصد چاه‌ها از نظر مصارف کشاورزی دارای کیفیت خیلی شور و مضر برای این نوع مصارف می‌باشند. کمترین کیفیت آب برای کشاورزی در سال ۱۳۹۸ نیز مربوط به منطقه طراز ناهید است که۱۰۰ درصد چاه‌ها دارای کیفیت آب خیلی شور و مضر برای کشاورزی می‌باشند. علت افت کیفیت آب در چاه‌های منطقه طراز ناهید و شهر ساوه می‌تواند ناشی از تراکم چاه‌های بهره‌برداری به‌ویژه در بخش کشاورزی و پیشروی آب‌های شور دشت قم به سمت دشت ساوه و مجاورت با لایه‌های نمکی سازند قم و تاثیر آن بر روی کیفیت آب چاه‌های این منطقه باشد؛ بطوری که در منطقه طراز ناهید چاه‌ها دارای کیفیت شیمیایی بدتری بوده که با تحقیقات قلعه‌نی و همکاران (۲۰۰۹) مشخص شد که شوری آب در دشت مذکور در مناطق شرقی بیشتر است. با توجه به تداوم خشکسالی‌ها در کشور در حال حاضر کیفیت آب چاه‌های منطقه مرکزی دشت ساوه و طراز ناهید به حدی تنزل یافته است که باتوجه به طبقه‌بندی فائو بسیاری از آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه در محدوده مناسب برای کشاورزی نبوده و استفاده از این آب‌ها در کشاورزی مستلزم وجود محدودیت در انتخاب نوع گیاه مزروعی بوده و برای افزایش تولیدات کشاورزی باید از شیوه‌های مدیریتی و مهندسی خاص استفاده نمود. همچنین برای تامین آب شرب نیز بایستی سیستم‌هایی برای کاهش سختی و شوری آب تعبیه کرد و یا درصورت امکان از منابع جایگزین نظیر آب شیرین‌کن‌های بخش خصوصی استفاده شود [۳،۱۷]. وقوع خشکسالی در کشور، عمیق‌تر شدن چاه‌ها با توجه به بهره‌برداری بیش از توان آبخوان و نزدیک شدن به سنگ مخزن سفره آبخوان، ساختار زمین شناسی منطقه و نزدیکی به محدوده آب‌های شور دشت قم به همراه اضافه برداشت‌های انجام شده بعنوان عوامل موثر در کاهش کیفیت آب چاه‌های شهر ساوه موثر بوده و روند موجود باعث گردیده است که کیفیت چاه‌های ساوه به تدریج به کیفیت نامناسبی تبدیل گردد در منطقه پل‌آباد با توجه به تاثیر سد احداث شده و عدم امکان تغذیه مناسب از رودخانه مزلقان چای به همراه کاهش بارش‌ها و افزایش اضافه برداشت از چاه‌های این منطقه با توجه به عدم تخصیص آب کشاورزی از سد الغدیر در سال‌های کم بارش باعث گردیده تا کیفیت آب به شدت افت کند؛ بطوری که سال‌های پربارش نیز توان احیای آبخوان منطقه مذکور را نداشته است از طرفی جنس زمین‌شناسی منطقه به گونه‌ای است که دارای سنگ کف تشکیلات بختیاری و کنگلومرا بوده که باعث می‌گردد با افزایش عمق و انحلال املاح موجود در آب زیرزمینی کیفیت شیمیایی آب کاهش یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند کاهش کیفیت آب چاه‌های دشت ساوه با تغییرات کوتاه مدت بارندگی‌ها متوقف نشده است و کاهش کیفیت عموما درانتهای خطوط جریان و مناطق دورتراز محدوده تغذیه سفره آب زیرزمینی شدیدتر می‌باشد که این مورد با پژوهش فلاحتی که در سال ۲۰۱۹ درخصوص ارزیابی اثرات خشکسالی بر کیفیت شیمیایی چاه‌های آب شهر ساوه در فاصله زمانی ۱۳۸۳–۱۳۹٤ و نیز با مطالعه لشگری‌پور و اصغری که درخصوص بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت مرند از نظر افت کیفیت چاه‌ها به لحاظ بهره‌برداری بیشتر انجام دادند، مطابقت دارد [٤،۱۸]. البته در دشت ساوه با توجه به اضافه برداشت‌های صورت پذیرفته در سال‌های ترسالی نیز عملا امکان تغذیه آبخوان بصورت محسوس وجود ندارد.

لذا با توجه به مطالعه انجام پذیرفته می‌توان بیان نمود که ارتباط بین دوره‌های ترسالی و خشکسالی کوتاه مدت درمنطقه بیشتر با سطح تراز آب زیرزمینی وآبدهی مرتبط می‌باشد تا با کیفیت آب که این موضوع با مطالعات انصاری و همکاران در مطالعه دشت ممسنی همخوانی دارد [۱۹،۲۰]. بررسی چشمه‌ها وقنات‌های مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که آثار و پیامدهای خشکسالی اقلیمی و هیدرولوژیکی بسته به نوع قنات‌ها از لحاظ قنات‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای همواره با تاخیر زمانی همراه بوده و بستگی به خصوصیات زمین‌شناسی و آبرفتی منطقه دارد. این تاخیر زمانی درچشمه‌ها وقنات‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای کمتر و در قنات‌های دشت بیشتر می‌باشد و این منابع تامین آب زیرزمینی نسبت به چاه‌ها دارای تاثیرپذیری بیشتری نسبت به بارش‌ها بوده و با توجه به افزایش بارش‌ها در سال۹۸ افزایش آب در قنات‌های کوهپایه‌ای بهبود کیفیت مختصری را در این منابع آبی داشته ایم که ناشی از تاثیری‌پذیری سریع‌تر قنات‌ها و چشمه‌ها و همچنین چاه‌های کم‌عمق از تغییرات بارش‌ها می‌باشد که با مطالعات اکرامی و همکاران در دشت اردکان یزد مطابقت

دارد [۲۱]. کرمی و همکاران با پایش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی دشت تبریز در سال‌های شاخص خشکسالی و ترسالی با استفاده از GIS و با اندازه‌گیری شاخص SPI و همچنین نتایج تجزیه شیمیایی آب‌های زیرزمینی بویژه مقدار EC ، SAR و TDS در دوره آماری(۱۳۸٦-۱۳۵۱) و تعیین سال‌های شاخص ترسالی و خشکسالی با رسم نقشه‌های هم ارزش EC و SAR و تطابق آن با نقشه‌های خشکسالی به این نتیجه رسیدند که ترسالی و خشکسالی بر تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت تبریز موثر بوده بطوری که میزان آب‌های زیرزمینی شور و خیلی شور در دشت تبریز در سال‌های خشکسالی۲۸/۲٪ و آب‌های زیرزمینی با قلیائیت بالا ۲۵/۳۵٪ و در ترسالی این مقادیر به ۱۸/۱۵٪ و ٤/۹۲٪ را تشکیل می‌دهد. تاثیرات خشکسالی و ترسالی های کوتاه مدت درتغییر کیفیت منابع آب در دشت ساوه تاثیر چندانی نداشته است، همچنین عواملی مانند ساختار زمین شناسی منطقه و نوع نزولات جوی وموقعیت مکانی در تغییر کیفیت آب زیرزمینی منابع مورد مطالعه موثر می باشد به طوری که کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در ارتفاعات نسبت به دشت و انتهای حوزه آبریز مطلوب‌تر بوده و با تحقیق کرمی و همکارانش در دشت تبریز همخوانی دارد [۲۲]. لذا با توجه به مطالعه مذکور مشاهده می‌شود تاثیر بارش‌ها در تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در چشمه‌ها وقنات‌ها نسبت چاه‌ها بیشتر می‌باشد که ناشی از نحوه تغذیه و وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی آنها دارد. همچنین در قنات‌ها وچشمه‌هایی که در مناطق کوهستانی وکوهپایه می‌باشند نسبت به قنات‌های موجود در دشت‌ها با دوره زمانی کمتری قابل مشاهده است؛ لذا با تغییرات کوتاه مدت بارش‌ها نمیتوان انتظار تغییر محسوسی در ارتقای کیفیت منابع آب زیرزمینی داشت.

نتیجه‌گیری

دشت ساوه با توجه به قرارگرفتن در ناحیه گرم و خشک در کشور دارای نزولات جوی کمی بوده و عدم بارش مناسب و کافی در دشت ساوه در سال‌های اخیر منجر به اضافه برداشت از منابع زیرزمینی این دشت شده و علاوه بر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شاهد کاهش قابل ملاحظه‌ای از کیفیت شیمیایی آب این منابع هستیم. کاهش کیفیت در پارامترهای TDS ، TH، Na، Mg، Cl^- و SO_4 محسوس‌تر بوده است. آب دشت ساوه با توجه به طبقه‌بندی ویلکاکس عموما در محدوده آب‌های خیلی شور و نامناسب برای مصارف کشاورزی و همچنین با عنایت به شکل‌ها عمدتا برای شرب در محدوده متوسط وپایین‌تر و برای مصارف صنعتی در زمره آب‌های سخت قرار گرفته است وعملا تغییرات بارش‌های صورت پذیرفته که بصورت مقطعی و غیرمستمر می‌باشند، نتوانسته است که نسبت به تغذیه مناسب و احیای آبخوان دشت مذکور اقدام کند. لذا برای احیای منابع آب زیر زمینی دشت ساوه علاوه بر افزایش بارش‌ها، نیاز به برنامه‌ریزی مناسب در جهت مدیریت مصرف منابع آبی، تغییر الگوی کشت و کاهش برداشت های بی‌رویه می‌باشد؛ بنابراین تغییر الگوی کشت در کشاورزی این منطقه، استفاده از پساب تصفیه شده جهت آبیاری فضای سبز و استفاده از بازچرخش آب در برخی صنایع در مدیریت بهینه مصرف آب تاثیر قابل توجهی دارد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر حاصل از طرح تحقیقات دانشجویی مصوب دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران با شماره طرح IR.SBMU.PHNS.REC.1399.184 می‌باشد. نویسندگان این مقاله از شرکت مادر تخصصی منابع آب ایران و شرکت آب و فاضلاب ساوه و معاونت بهداشتی دانشکده علوم پزشکی شهرستان ساوه که مارا در انجام این مطالعه یاری دادند قدردانی می‌کند.

تضاد منافع

در این مطالعه نویسندگان هیچگونه تضاد منافعی ندارند.

References

1- Mehri Chrodeh M, Baninaeimeh S. The phenomenon of drought and its effects in the country's water shortage crisis and providing solutions and suggestions. Proceedings of the Second National Conference on Water Crisis 2014 Sep. 9; Tehran, Iran (In Persian).

2- Izadi A, Davari K, Alizadeh A, Ghahreman B. Application of panel data model in predicting groundwater level. Iranian Journal of Irrigation and Drinage 2008; 2(2):133-44 (In Persian).

3- Norouzi A, Mohammadi Z. Survey of hydrological drought and its effects on Lenjan agricultural region. Journal of Spatial Planning 2016; 6(2):97-116 (In Persian).

4- Khaledi Sh. Natural disasters. Tehran: shahid Beheshti University press 2001 (In Persian).

5- Jafari N, Hafezparast M, Farhadi B. Qualitative evaluation of water resources for drinking and agricultural uses (Case study: Gamasiab catchment, Kermanshah province). Journal of Environmental Science Studies 2021; 6(2):3525-32 (In Persian).

6- Fallah Ghalhari GhA, Asadi M, Dadashi Roudbari AA. Spatial analysis of humidity propagation over Iran. Physical Geography Research Quarterly 2015; 47(4):637-50 (In Persian).

7. IWA. Specialist-groups. Available from: https://iwa-network.org/iwa-specialist-groups/. Accessed Jan 12, 2023..

8- Eslamian SS, Nasri M, Rahimi N. Wet and dry periods and its effects on water resources changes in Bouin plain watershed. Geo Graphy Andenvironmental Planing 2018; 1:75-90 (In Persian).

9- Talebi A, Pourmohammadi S, Moradi N. An investigation of the effects of drought on water quality in arid regions: a case study of Bahabad plain, Yazd Province, Iran. International Bulletin of Water Resources and Development 2014; 2(3):112 (In Persian).

10- Saeedinia M, Samadi Samadi Brojeni H, Maleki A, Izadi A. Evaluation of drought effect on the ground water resource and agricultural development in the Beheshtabad basin using weap model. Journal of Water and Soilcanservation 2011; 18(3):17-36 (In Persian).

11- Mohammadi Ghaleni M, Ebrahimi K, Araghinejad Sh. Evaluation impact of drought, extraction and construction of Dam on the groundwater drop-case study Saveh aquifer. Journal of Agricultural Scieces and Natural Resources 2012; 19(4):189-201 (In Persian).

12- Green TR, Taniguchi M, Kooi H, Gurdak JJ, Allen DM, Hiscock KM, et al. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. Journal of Hydrology 2011; 405:532-60.

13- Fallahati A, Soleimani H, Alimohammadi M, Dehghanifard E, Askari M, Eslami F, et al. Impacts of drought phenomenon on the chemical quality of groundwater resources in the central part of Iran—application of GIS technique. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 2020; 192:1-19.

14- Mishra AK, Singh VP. A review of drought concepts. Journal of Hydrology 2010; 391:202-16.

15- Asadzadeh F, Kaki M, Shakiba S, Raei B. Impact of drought on groundwater quality and groundwater level in Qorveh-Chardoli Plain. Journal of Iran-Water Resources Research 2016; 12(3):153-65 (In Persian).

16- Mohammadi M, Moradi HR, Vafakhah M. Local Distribution and relationship between metrologIcal and groundwaterdrought’s in arakplain. Journal of Physical Geography 2012; 15:77-84 (In Persian).

17- Aghababaei N. Evaluation of the physical, chemical and microbial qualities of desalination water provided by the private sector in Saveh. Journal of Sabzevar Universityof Medical Sciences 2016; 23(5):810-17 (In Persian).

18- Lashkaripour GR, Asghari Moghaddam A, Allaf Najib M. The effects of water table decline on the groundwater quality in Marand Plain, Northwest Iran. Iranian International Journal of Science 2005; 6(1):47-60 (In Persian).

19- Ansari M , Fotoohi S .Investigation of wet and drought periods and its effects on groundwater resources in mamasani plain. Journal of Physical Geography Quarterly 2017; 36:73-87 (In Persian).

20- Nazeri Tahrudi M, Khalili K, Ahmadi F. Spatial and regional analysis of precipitation trend over Iran in the last half of century. Journal of Water and Soil 2016; 30(2):643-54 (In Persian).

21- Ekrami M, sharifi Z, MalekNejad H , Ekhtesasi MR . Investigating the Groundwater quality and quantity variations trend case study: Yazd-Ardakan plain, 2000s. Journal of Tolooe Behdasht 2012; 10(2-3):82-91 (In Persian).

22- Karami F, Kazemi H. Spatial monitoring of groundwater salinity in drought and wet periods case study: Tabriz plain. Journal of Geography and Development 2012: 10(28):79-94 (In Persian).