ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت فسارود (شهرستان داراب) برای مصارف کشاورزی و شرب

امیر بهرامی [۱] , زهره دشتبانی [۲] , مهدی بهرامی [۳*]

۱- دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

۳*- دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

* ایمیل نویسنده مسئول: bahrami@fasau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۱/۱۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۱/۲۸

چکیده

در این پژوهش با استفاده از پارامترها و شاخص¬های کیفی، کیفیت آب زیرزمینی دشت فسارود شهرستان داراب بررسی شد. در این راستا از نتایج یک دوره آنالیز شیمیایی مربوط به ۳۱ حلقه چاه در فروردین ۱۳۹۷ استفاده شد. جهت کلاس¬بندی آب برای آبیاری از EC، SAR، SP، MR، CR و PI استفاده گردید. نتایج نشان داد ۳۹ درصد نمونه¬های آب زیرزمینی در محدوده خوب، ۴۸ درصد در محدوده متوسط و ۱۳ درصد در بازه آب¬های نامناسب برای آبیاری قرار گرفتند. مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای کیفی با مقادیر مجاز استانداردهای ایران و WHO نشان داد که متوسط غلظت یون¬های Ca، Mg، Na، SO_4 و Cl در محدوده مجاز برای مصارف شرب قرار دارد، در حالی¬که میانگین پارامترهای K و HCO_3 و NO_3 بیشتر از مقادیر مجاز هر دو استاندارد بود که نشانگر ورود آلاینده¬هایی از طریق فاضلاب¬های کشاورزی و خانگی به آب زیرزمینی این دشت است. مقایسه کیفیت آب هر یک از ۳۱ چاه مورد مطالعه این دشت با محدوده¬های روش شولر نشان داد که آب موجود در ۱۹ چاه برای شرب قابل قبول یا مجاز، ۷ چاه نسبتاً مناسب یا متوسط و ۵ چاه نامناسب می¬باشد. به¬طور کلی نتایج بیانگر این است که آب زیرزمینی در منطقه مورد نظر برای شرب مناسب است و تنها آب ۵ چاه نامناسب می¬باشد. پیشنهاد می¬شود با توجه به پتانسیل¬های موجود آلودگی منابع آب در منطقه از جمله مصرف بی¬رویه کودهای ازته برای حاصلخیزی زمین¬های زراعی در محدوده این منابع، سنجش مستمر بر روی منابع آب شهرستان صورت گیرد.

کلمات کلیدی

"آب زیرزمینی"، "آب شرب"، "کیفیت آب"، "کشاورزی"

۱- مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت، آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تامین آب آشامیدنی و آبیاری در بسیاری از مناطق جهان از جمله ایران به شمار می‌آید. این منابع در نقاط مختلف به صورت طبیعی یا از طریق فعالیت‌های انسانی دچار تغییر کیفیت شده و آلوده می‌شوند (صداقت، ۱۳۸۷). در سال‌های اخیر استفاده از مواد شیمیایی و سموم مختلف در کشاورزی و دامداری در مناطق مختلف باعث تشدید آلودگی آب‌های زیرزمینی شده است (Broers and van der Grift, 2004). محدود بودن این منابع زیرزمینی و استفاده بیش از حد از آن‌ها در ایران مشکلاتی به وجود آورده است. بنابراین تعیین مشخصات کیفی آب زیرزمینی (ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی) که نشان دهنده مناسب بودن برای مصرف مورد نظر خواهد بود، ضروری است (صداقت، ۱۳۸۷). مطالعات مختلفی در زمینه کیفیت آب زیرزمینی و تأثیر عوامل مختلف بر روی آن صورت پذیرفته است. باغوند و همکاران کیفیت آب زیرزمینی را در آبخوان کاشان در کویر مرکزی ایران برای مصارف کشاورزی بررسی نمودند که نتایج نشان داد توزیع مکانی کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همچنین EC به سمت شرق بوده و همه نمونه‌ها به‌دلیل غلظت بالای سولفات، پتاسیم، سدیم و کلر در محدوده مناسبی از نظر شرب قرار ندارند و از نظر کشاورزی نیز همه نمونه‌ها به‌جز چهار نمونه در مرکز محدوده مورد مطالعه، به‌دلیل داشتن EC بالا غیر قابل استفاده بودند. در این پژوهش افزون بر مطالعه کیفی آب از نظر کشاورزی، خاصیت خورندگی و رسوبگذاری آب منطقه با استفاده از شاخص‌های اشباع لانژیلر و پایداری رایزنر بررسی شد (Baghvand et al., 2010). قادری و هزارخانی (۱۳۹۱) در تحقیقی به طبقه‌بندی هیدروشیمیایی آب زیرزمینی دشت چاردولی قروه پرداختند و نقشه توزیع مکانی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و به دنبال آن هدایت الکتریکی(EC) نشان داد که تمرکز یون‌ها در مرکز دشت بیشتر بوده و آب زیرزمینی دشت چهاردولی به علت غلظت بالای یون‌ها در محدوده مناسبی برای شرب قرار نمی گیرد. بدین منظور از شاخص های کربنات سدیم باقی‌مانده و نفوذپذیری و همچنین دیاگرام ویلکوکس استفاده شد. در پژوهشی کیفیت آب زیرزمینی دشت زاهدان برای مصارف شرب و کشاورزی و صنعتی در دوره‌های خشک‌سالی و نرمال ارزیابی شد. بدین منظور داده‌های حاصل از آنالیز شیمیایی ۱۴ حلقه چاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد کیفیت آب چاه‌های مورد مطالعه بر اساس نمودار ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در رده شور و خیلی شور و طبق نمودار شولر برای شرب نامناسب می‌باشد و از لحاظ صنعتی نیز اکثر نمونه‌ها با خاصیت رسوب گذاری نشان داده شده‌اند (Sarhadi et al., 2015). طالبی و همکاران (۱۳۹۶) به-منظور طبقه بندی کیفی آب چشمه‌های منطقه شمال دشت قزوین برای مصارف شرب از روش شاخص کیفی آب (WQI) و برای مصارف کشاورزی از شاخص‌های ویلکوکس، درصد سدیم و کربنات سدیم باقی مانده (RSC) استفاده کردند. علاوه بر تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در بعد مکانی، تحلیل روند زمانی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. تحلیل روند

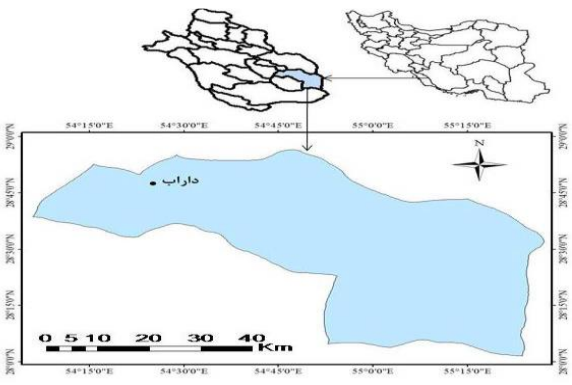
سری داده‌های هیدرولوژیکی معمولاً با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری صورت می‌گیرد. در مطالعه‌ای تغییرات مکانی کیفیت آب-های زیرزمینی برای مصارف آشامیدنی (استانداردهای شولر) و کشاورزی (استانداردهای ویلکاکس) در طی ده سال مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، از اطلاعات ۲۴ حلقه چاه در دشت فسارود برای بررسی تغییر پذیری مکانی پارامترهای کیفی آب با استفاده از تکنیک-های آماری در نرم افزار GIS استفاده شد. آزمون‌های آماری پارامتریک (رگرسیون خطی) و ناپارامتریک (اسپیرمن) برای مدت زمان تعیین شده ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مناطق با کلاس مناسب برای شرب و مصارف کشاورزی با هر دو روش آماری کاهش می‌یابد، درحالی که مناطقی با کلاس نامناسب افزایش یافته است (زارعی و امیری، ۱۳۹۶). در تحقیقی دیگر کیفیت آب زیرزمینی منطقه‌ای در جنوب غرب پنجاب هند برای مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از استانداردهای کشور هند و نسبت جذب سدیم، نسبت منیزیم و نسبت خورندگی ارزیابی گردید (Kaur et al., 2017). در پژوهشی دیگر، کیفیت آب زیرزمینی برای کشاورزی با استفاده از پارامترها و شاخص-های مختلف نظیر pH، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، درصد سدیم محلول، نسبت جذب سدیم، کربنات سدیم باقی مانده، یون کلراید، خطر منیزیم، شاخص نفوذپذیری، نسبت کلی (Kelly's ratio) و درصد اشباع بررسی گردید (Bhat et al., 2018). قره محمودلو و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با استفاده از نتایج یک دوره آنالیز شیمیایی مربوط به ۱۲ حلقه چاه دشت سیدان فاروق در مرودشت ابتدا تیپ و رخساره هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی را تعیین نمودند. سپس عامل‌های کنترل کننده شیمی آب زیرزمینی با استفاده از نمودار گیبس و نمودار $Ca+Mg$ در برابر SO_4+HCO_3 تعیین کردند. به-منظور طبقه بندی آب برای آبیاری از هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم محلول، نسبت منیزیم، نسبت خورندگی و اندیس نفوذپذیری استفاده شد. سپس نقشه پهنه بندی برخی از پارامترهای مهم در بخش آبیاری تهیه شد. برای طبقه بندی آب جهت شرب، برخی از پارامترهای مهم در بخش شرب نظیر کل مواد جامد محلول، سختی کل و غلظت یون کلرید را با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) مقایسه و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان را مورد بحث قرار دادند و نقشه پهنه‌بندی این پارامترها را برای دشت مورد مطالعه تهیه نمودند. در پژوهشی به ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و همچنین مدل سازی و پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه دشت کاشان با استفاده از زمین آمار و مدل‌های قطعی پرداخته شد. پنج پارامتر کیفیت آب جهت تعیین شاخص آبیاری و کیفیت آب آشامیدنی با استفاده از نمودار ویلکاکس تعیین شد. نقشه نهایی نشان داد که کیفیت آب‌های زیرزمینی از شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است (Feizi et al. 2019). فلاحتی و همکاران در مطالعه ای پارامترهای فیزیکوشیمیایی ۲۹ حلقه چاه طی یازده سال در شهرستان ساوه توسط شاخص استاندارد بارندگی (SPI) در دوره خشک سالی ده ساله را بررسی نمودند و کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب (برمبنای روش شولر) و کشاورزی (برمبنای روش ویلکاکس) را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. سپس، از GIS برای پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی استفاده کردند. بر اساس نتایج به دست آمده، تقریبا ۹۰٪ از چاه‌ها در سال 2015 در رده بسیار شور و نامناسب برای کشاورزی بودند. نمودار شولر نشان داد که کیفیت آب از سطح استاندارد ملی ایران فراتر رفته است (Fallahati et al. 2020). با توجه به موارد بیان شده، بررسی کیفی آب‌های سطحی و یا زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، انجام یک مطالعه نسبتاً جامع برای تعیین کاربری آب برای هدف‌های مختلف مانند شرب و کشاورزی می‌تواند داده‌های مفیدی را به محققان، سازمان‌های ذینفع و یا حتی عموم مردم ارائه بدهد. بنابراین اهداف کلی این پژوهش (۱) به‌کارگیری روش‌های هیدروژئوشیمیایی و گرافیکی برای تعیین عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت فسارود (شهرستان داراب)، (۲) استفاده از پارامترها، دیاگرام‌ها و اندیس‌های مختلف مانند هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم محلول، نسبت منیزیم، نسبت خورندگی و اندیس نفوذپذیری برای طبقه‌بندی آب جهت آبیاری و (۳) مقایسه پارامترهای شیمیایی نمونه‌های آب با دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استفاده از دیاگرام شولر برای طبقه‌بندی آب جهت شرب، برای دشت مورد مطالعه بود.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

شهرستان داراب در جنوب شرقی استان فارس و در محدوده ۵۴ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی در فاصله ۲۵۰ کیلومتری از شیراز واقع شده است. مساحت کل منطقه مورد مطالعه ۶۵۰۰ کیلومتر مربع با ارتفاع ۱۱۸۰ متر است. بر اساس شاخص De Martonne، آب و هوای این شهرستان نیمه خشک است، میانگین دمای سالانه حدود ۲۵ درجه سلسیوس، میانگین بارندگی سالانه ۳۵۰ میلی‌متر، میانگین سرعت باد سالانه حدود ۱/۲ متر بر ثانیه، میانگین تبخیر– تعرق پتانسیل سالانه حدود ۱۸۲۱ میلی‌متر است و میانگین آفتاب سالانه حدود ۹/۴ ساعت در روز است (Bahrami et al., 2020).

در این پژوهش از داده‌های کیفی ۳۱ چاه واقع در دشت فسارود اندازه-گیری شده در فروردین ۱۳۹۷ برای ارزیابی و سنجش تناسب آب زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی استفاده شد.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- **طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی**
- **مصارف کشاورزی**

در این تحقیق با توجه به پارامترهای شیمیایی موجود معیارهای مختلفی برای ارزیابی آب در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) یکی از مهم‌ترین پارامترها در تعیین کیفیت آب برای کشاورزی است که می‌تواند بر رشد گیاه، عملکرد و کیفیت محصول‌های زراعی تأثیرگذار باشد (Kumar et al., 2007). بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی، کیفیت آب برای آبیاری به پنج دسته عالی (<۲۵۰µS/cm)، خوب (۲۵۰–۷۵۰ µS/cm)، قابل قبول (۷۵۰–۲۰۰۰ µS/cm)، قابل استفاده با احتیاط (۲۰۰۰ –۳۰۰۰ µS/cm) و غیر قابل قبول (>۳۰۰۰µS/cm) تقسیم بندی می‌شود. نسبت جذب سدیم (SAR) به‌عنوان یک شاخص مؤثر در ارزیابی خطر بالقوه سدیم در محلول در حال تعادل با فاز جامد خاک می‌باشد. همچنین یک معیار مناسب برای ارزیابی خطر قلیایی شدن خاک است (Kaur et al., 2017; Subramani et al., 2005). کلسیم، منیزیم و سدیم کاتیون‌های مهم از نظر آب مصرفی در بخش کشاورزی هستند. یون‌های سدیم و پتاسیم پراکندگی ذرات رس را تسهیل می‌کنند و همچنین موجب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شوند (Kumar et al., 2007). نسبت جذب سدیم برای هر نمونه آب را می توان توسط رابطه زیر محاسبه نمود:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{2}}} \qquad (۱)$$

که در این رابطه غلظت تمام یون‌ها بر حسب میلی اکی‌والان بر لیتر می‌باشد. بر اساس میزان نسبت جذب سدیم آب کشاورزی در چهار رده عالی (<۱۰)، خوب (۱۸–۱۰)، قابل استفاده با احتیاط (۲۶–۱۸) و غیر قابل قبول (>۲۶) تقسیم بندی می‌شود. غلظت یون سدیم در طبقه بندی کیفی آب برای آبیاری بسیار مهم است (Purushothman et al., 2012). زیرا سدیم موجود در آب توسط ذرات باردار رس جذب می‌شود. افزون بر این، یون سدیم بر اساس فرآیند تبادل یونی توانایی جایگزینی یون‌های دو ظرفیتی منیزیم و کلسیم موجود در ذرات خاک را دارد (Kumar et al., 2007). نتیجه این عمل کاهش نفوذپذیری خاک به همراه زهکشی داخلی ضعیف و در پی آن کاهش حرکت آب و هوا در شرایطی است که خاک مرطوب می‌باشد. ولی در شرایطی که خاک خشک است، غلظت بالای یون سدیم باعث سخت شدن خاک می‌شود (Saleh et al., 1999). شاخص مهم دیگر در این مورد، درصد سدیم محلول (Na%) است که از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\%Na = \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^+ + K^+} \times 100 \qquad (۲)$$

به‌طور کلی در بیشتر آب‌های طبیعی غلظت یون‌های Ca و Mg با هم در تعادل هستند. زمانی که میزان منیزیم در آب زیاد می‌شود اثر معکوس بر کیفیت خاک دارد. به‌طوری که سبب قلیایی شدن خاک و در نتیجه کاهش بازدهی محصول‌های کشاورزی می‌شود. براساس نسبت منیزیم (MR) می‌توان آب را برای استفاده در بخش کشاورزی طبقه بندی کرد:

$$MR = \frac{Mg^{2+}}{Mg^{2+}+Ca^{2+}} \times 100 \qquad (۳)$$

در صورتی که نسبت منیزیم کوچک‌تر از ۵۰ درصد باشد آب برای آبیاری مناسب می‌باشد و چنانچه این نسبت بزرگتر از ۵۰ درصد باشد برای آبیاری مناسب نیست. خورندگی یک پروسه الکترولیتی است که در سطح فلزات ایجاد می‌شود و موجب تخریب و سوراخ شدن دیواره های فلزی می‌گردد. این مشکل بیشتر به سبب شوری و پوسته گذاری ایجاد می‌شود. در مورد آب‌های کشاورزی این عامل بوسیله پارامتر نسبت خورندگی (CR) برای بررسی کیفیت آب در لوله‌های انتقال به مزرعه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این نسبت را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$CR = \left[\frac{Cl^-}{35.5} + 2\left(\frac{SO_4^{2-}}{96}\right)\right] / \left[2\left(\frac{HCO_3^- + CO_3^{2-}}{100}\right)\right] \qquad (۴)$$

اگر میزان CR در آب‌های زیرزمینی کمتر از یک باشد از هر نوع لوله ای می‌توان برای انتقال آب استفاده کرد. در صورتی که میزان CR بیش از یک باشد می‌توان از لوله‌های فلزی برای انتقال آب استفاده نمود (Tripathi et al., 2012). نفوذپذیری خاک تحت تأثیر ترکیب و غلظت برخی از یون‌ها نظیر Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^+ و HCO_3^- موجود در آب آبیاری می‌باشد. از این رو استفاده طولانی مدت از آب با شوری و میزان بالای سدیم سبب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. شاخص نفوذپذیری (PI) را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد (Doneen, 1964):

$$PI = (Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}) \times 100/(Na^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}) \qquad (۵)$$

در صورتی که میزان PI بزرگتر از ۷۵ درصد باشد (کلاس I) نشان از کیفیت عالی آب برای آبیاری دارد. اگر مقدار PI بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد (کلاس II) کیفیت آب برای آبیاری خوب می‌باشد و در صورتی که میزان PI کمتر از ۲۵ درصد باشد (کلاس III) کیفیت آب برای آبیاری نامناسب ارزیابی می‌شود. یکی از متداول ترین روش‌های طبقه بندی کیفیت آب آبیاری، استفاده از استاندارد آزمایشگاه شوری آمریکا در قالب دیاگرام ویل کاکس است که بر اساس شوری و سدیم، آب آبیاری را به چهار کلاس طبقه بندی می‌کند:

۱. کلاس C1S1 آب‌های خیلی خوب،

۲. کلاس‌های C1S2، C2S2، C2S1 آب‌های خوب،

۳. کلاس‌های C1S3، C2S3، C3S1، C3S2 آب‌های متوسط،

۴. کلاس‌های C1S4، C2S4، C3S4، C4S4، C4S1، C4S2، C4S3 آب‌های نامناسب برای آبیاری.

- **مصارف شرب**

آب مورد استفاده در بخش شرب باید بدون رنگ، کدورت و میکروارگانیسم باشد. استانداردهای آب آشامیدنی، پارامترهای لازم برای ارزیابی کیفیت آب شرب می‌باشند. از این رو، بسیاری از کشورهای پیشرفته برای ارزیابی کیفی آب شرب خود استانداردهایی تهیه کرده اند. سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای آن دسته از کشورهایی که استاندارد داخلی ندارند یک راهنما و دستورالعمل برای بررسی کیفیت آب در بخش شرب تهیه کرده است که به‌عنوان معیاری برای کیفیت آب آشامیدنی محسوب می‌شود. در این پژوهش، افزون بر استفاده از استاندارد ۱۰۵۳ ملی ایران از استاندارد WHO نیز برای

تعیین تناسب آب زیرزمینی دشت فساروند شهرستان داراب جهت مصارف شرب بهره گرفته شد. یکی دیگر از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌ها برای بررسی کیفیت آب از نظر شرب روش شولر می‌باشد. این روش بر پایه غلظت یون‌های اصلی سدیم، کلر، سولفات، کلسیم و منیزیم استوار است. بر اساس روش شولر آب‌ها از نظر شرب به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملا نامناسب و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند (جدول ۱).

جدول ۱- کلاس‌های آب شرب بر اساس روش شولر (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)

پارامترها	خوب	قابل قبول	متوسط	نامناسب	کاملا نامناسب	غیر قابل شرب
Ca	> ۱۰۰	۱۹۸>	> ۳۸٤	> ۷۷۰	۲۵۰۰>	۲۵۰۰<
Mg	۲۵>	٤۹>	۹۵>	> ۱۹٤	۳۸۷>	۳۸۷<
Na	> ۱۲۰	۲۳۸>	> ٤۵٦	> ۹۲۸	۱۸۸٦>	۱۸۸٦<
TDS	> ۵۲۲	> ۱۰۰۳	> ۱۹۹٦	> ٤۰۵۰	۸۱۰۰>	۸۱۰۰<
TH	> ۲٦۲	۵۱۷>	> ۹۹٦	> ۲۰۱۰	٤۰۱۰>	٤۰۱۰<
Cl	> ۱۸٤	۳٦۲>	> ۷۰۰	> ۱٤۲۰	۲۸۳۰>	۲۸۳۰<
SO_4	> ۱٤۵	۲۸۸>	> ۵۹۰	> ۱۱۹۸	۲۳۸۵>	۲۳۸۵<
HCO_3	> ۱۸۲	۳۵۸>	> ۷۳۷	> ۱٤۹۵	۲۹۹۵>	۲۹۹۵<

تعیین سختی آب نیز یک شاخص بسیار ارزشمند برای ارزیابی کیفیت آب جهت استفاده در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد (Sheikhy Narany et al., 2014). بطور کلی آب سخت سبب بروز سنگ کلیه آنانسفالی، مرگ و میر، شیوع برخی از انواع سرطان و اختلالات قلبی و عروقی می‌شود (Durvey et al., 1991). آب-های سخت همچنین می‌توانند سبب تشکیل رسوب و پوسته در آبگرمکن‌ها، لوله‌های انتقال آب، پمپ های چاه‌ها، دیگ‌های بخار و وسایل پخت و پز شوند. از آنجائی که غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم در آب‌های طبیعی بیش از یون‌های دیگر است سختی آب براساس غلظت این دو یون محاسبه می‌شود. این دو کاتیون ممکن است با تشکیل ترکیبات کربناته و غیرکربناته سبب ایجاد سختی در آب شوند. سختی کل (TH، بر حسب میلی‌گرم بر لیتر معادل $CaCO_3$) نمونه-های آب را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد (Bhat et al., 2018; Bahrami et al. 2022):

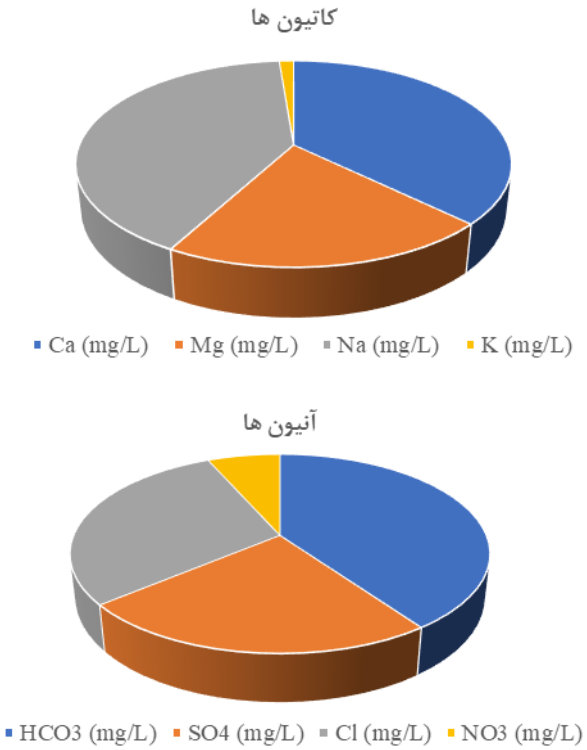
$$TH = 2.5[Ca^{2+}] + 4.1[Mg^{2+}] \quad (۶)$$

غلظت یون‌ها در این رابطه بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۳- نتایج

هیدروشیمی آب

با توجه به مقدار متوسط آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در شکل ۲، سدیم و بی‌کربنات به‌ترتیب آنیون و کاتیون غالب آب زیرزمینی در این دشت می‌باشند. میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در آب زیرزمینی به جنس سنگ‌ها، میزان انحلال کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها، سرعت و مسیر حرکت آب‌های زیرزمینی بستگی دارد. بالا بودن متوسط غلظت بی‌کربنات و کلسیم می‌تواند نشانگر وجود سنگ‌های آهکی باشد. از طرفی بالا بودن متوسط غلظت کاتیون منیزیم احتمالاً به دلیل انحلال سنگ‌های آهکی دولومیتی موجود در مسیر حرکت آب زیرزمینی می‌باشد. نسبت سدیم به کلر (Na/Cl) اطلاعات مفیدی را در رابطه با منشأ یون کلر و سدیم می‌دهد (عزیزی و همکاران ۱۳۹۶). در بیشتر نمونه‌های آب، غلظت یون سدیم کوچکتر از کلر (Na<Cl) می‌باشد. این امر نشان دهنده غالب بودن فرآیند عکس تبادل یونی در آبخوان است. در ۸ چاه این نسبت بزرگتر از یک می‌باشد که بیانگر منشاء سدیم غیر از کانی هالیت و احتمالا از آلبیت یا تبادل یونی طبیعی می‌باشد (قره محمودلو و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۲- میزان کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی در نمونه‌ها

طبقه‌بندی آب برای آبیاری

قابلیت هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، نسبت منیزیم و نسبت خوردگی برای طبقه بندی آب در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. کمترین میزان هدایت الکتریکی برابر با ۳۹۴ میکروموس بر سانتی‌متر در چاه شماره ۲۲ و بیشترین میزان برابر با ۵۵۴۴ میکروموس بر سانتی‌متر در چاه شماره ۲۴ مشاهده گردید. هدایت الکتریکی در ۱۲ چاه در دسته خوب، ۱۵ چاه در دسته قابل قبول، ۱ چاه در کلاس استفاده با احتیاط و ۳ چاه در دسته غیر قابل قبول قرار دارد. کیفیت آب در بیشتر نمونه‌ها به‌لحاظ خطر شوری، خوب و قابل قبول برای کشاورزی می‌باشد و نیازی به اصلاح خاک بعد از مصرف آن ندارد. قابلیت هدایت الکتریکی

یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی آب در بخش کشاورزی است. آبیاری خاک با میزان هدایت الکتریکی بالا می‌تواند غلظت نمک‌های خاک را افزایش دهد و به‌دلیل خاصیت تجمعی آن در خاک، به زمین‌های زراعی و محصولات کشاورزی آسیب می‌رساند. به دلیل محدودیت منابع آب شیرین در کشور و همچنین تشدید بحران کم آبی، استفاده از گیاهان شورزی (هالوفیت) اهمیت فراوانی دارد. گیاهان هالوفیت می‌توانند به عنوان منابع جدید تولید علوفه جهت تغذیه دام و طیور به طور غیرمستقیم در مرتفع ساختن نیاز پروتئینی رو به رشد کشور اثرگذار باشند. در یک سطح شوری مشخص، میزان رشد و تولید گیاهان شورزی از عملکرد دیگر گیاهان زراعی به مراتب بیشتر است. باغانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز با بررسی اثر آب شور و لب شور بر محصول خربزه دیررس سبزوار نشان دادند که شوری آب باعث کاهش عملکرد کل، عملکرد بازارپسند و کارآیی مصرف آب آبیاری شد اما تفاوت بین عملکردهای تیمارهای آب شور و لب شور معنی دار نبودند. از نظر درصد سدیم ۵ چاه در دسته عالی، ۱۸ چاه در دسته خوب، ۶ چاه در دسته قابل قبول و ۲ چاه در دسته استفاده با احتیاط قرار دارد. همچنین از نظر نسبت جذب سدیم ۲۰ چاه در دسته عالی، ۷ چاه در دسته خوب، ۱ چاه در دسته استفاده با احتیاط و ۳ چاه در دسته غیر قابل قبول قرار دارند. بنابراین استفاده از این منبع آب برای آبیاری خطر زیادی مبنی بر قلیایی شدن خاک ایجاد نخواهد کرد. سدیم زیاد در آب، به علت تغییر خواص خاک، ضمن کاهش نفوذپذیری آب در خاک، بر اراضی کشاورزی و محصولات حساس مانند درختان میوه اثر نامطلوبی وارد می‌کند (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۵). از نظر طبقه‌بندی ویل کاکس نیز آب ۱۲ چاه در وضعیت خوب (C2S1)، ۱۵ چاه در وضعیت متوسط (C3S1) و ۴ چاه در وضعیت نامناسب (C4S1، C4S2 و C4S3) برای آبیاری قرار دارند. از آب‌های خیلی شور فقط در صورتی می‌توان برای آبیاری استفاده کرد که خاک دارای بافت سبک با قابلیت نفوذ زیاد و شرایط زهکشی مناسب باشد و در دوره رشد اولیه گیاه آب شیرین کافی از طریق بارندگی و سیلاب‌ها به منطقه برسد (صالحی کاه‌کش و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به بالا بودن مقدار بی‌کربنات در آب، احتمال دارد با کاهش رطوبت خاک در اثر تبخیر- تعرق، بی‌کربنات کلسیم موجود در محلول خاک تجزیه شده و با خارج شدن دی‌اکسیدکربن از آن، کربنات کلسیم غیرمحلول به‌جای گذاشته شود. بنابراین با خشک شدن خاک، بخش زیادی از یون بی‌کربنات موجود در محلول خاک به‌صورت کربنات رسوب می‌کند. به‌طوری‌که به‌تدریج کلسیم از ذرات رس جدا می‌گردد حال آن‌که سدیم در جای خود باقی می‌ماند. به‌عبارت دیگر آبیاری با آبی که حاوی بی‌کربنات است موجب می‌گردد خاک‌هایی که به لحاظ کلسیم غنی هستند به‌تدریج تبدیل به خاک سدیمی (Sodic) شوند. با افزایش میزان شوری، میزان نسبت جذب سدیم نیز افزایش می‌یابد. میزان SAR در ۲۷ چاه مناسب و در ۴ چاه دیگر نامناسب می‌باشد. در نتیجه آب بیشتر این نمونه‌ها برای آبیاری مناسب می‌باشد.

نسبت خوردگی یکی از پارامترهای مهم در بررسی کیفیت آب لوله‌های استفاده شده در مزرعه‌ها می‌باشد. با توجه به جدول ۲، برای انتقال آب ۱۰ چاه باید از لوله‌های فلزی استفاده شود و برای انتقال آب مابقی چاه‌ها از هر نوع لوله‌ای می‌توان استفاده نمود، چون نسبت خوردگی این نمونه‌ها بیش از یک (CR>۱) می‌باشد. افزون بر این، استفاده درازمدت از آب این چاه‌ها می‌تواند سبب خوردگی تجهیزات فلزی چاه‌ها به‌ویژه پمپ‌ها شود (Tripathi et al., 2012). همچنین مدیریت خاصیت قلیایی و کلسیم به کنترل خوردگی آب کمک می‌کند. عدم کنترل خوردگی باعث آلودگی آب شرب و تاثیرات سوء بر روی طعم و ظاهر آب می‌شود (ترابیان و شاهوی، ۱۳۹۵).

بر اساس شاخص نفوذپذیری، نمونه‌های برداشت شده از هر ۳۱ چاه مورد بررسی در کلاس ۲ قرار دارند و از نظر نفوذ پذیری خوب می‌باشند. میزان شاخص نفوذپذیری بین ۲۵ درصد تا ۷۵ درصد می‌باشد که بیانگر کیفیت خوب آب این چاه‌ها برای آبیاری می‌باشد.

شاخص سختی آب در ۳۰ چاه کمتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (نرم) است و تنها سختی آب یک چاه بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (نسبتاً سخت) می‌باشد. لذا استفاده از آب زیرزمینی مورد مطالعه در آبیاری موضعی مشکلی از نظر رسوب کربنات‌های کلسیم و منیزیم و گرفتگی گسیلنده‌ها ایجاد نمی‌کند.

جدول ۲- کلاس‌بندی کیفیت آب چاه‌های مورد بررسی برای آبیاری

شماره چاه																
کلاس	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦
عالی	MR	SAR %Na		SAR MR	SAR MR	SAR MR	MR	MR	MR	MR	MR		SAR MR	SAR MR	SAR MR	SAR MR
خوب	SAR PI	PI	SAR PI	EC PI %Na	EC PI %Na	EC PI %Na	SAR PI	SAR PI %Na	PI	PI	SAR PI %Na	SAR PI	%Na PI	%Na PI	%Na PI	%Na PI
قابل قبول	EC %Na	EC					EC %Na		%Na	EC %Na		EC %Na	EC	EC	EC	EC
استفاده با احتیاط			EC %Na					EC		SAR						
غیر قابل قبول		MR	MR						EC SAR		EC	MR				

شماره چاه															
کلاس	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲٤	۲٥	۲٦	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱
عالی	SAR %Na MR	MR	SAR MR	SAR %Na MR	SAR MR	SAR	SAR MR	MR	SAR %Na MR	SAR MR	SAR MR	MR	SAR %Na MR	SAR MR	SAR MR
خوب	EC PI	PI	EC PI %Na	EC PI	%Na PI	EC PI %Na	%Na PI	PI	EC PI	EC PI %Na	%Na PI	SAR PI %Na	EC PI	EC PI %Na	EC PI %Na
قابل قبول		EC			EC		EC				EC	EC			
استفاده با احتیاط		%Na						%Na							
غیر قابل قبول		SAR				MR		EC SAR							

ارزیابی کیفیت آب برای شرب

در مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت فسارود با مقادیر مجاز استانداردهای ۱۰۵۳ ایران و سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2011) در جدول ۳ مشاهده می‌شود که متوسط غلظت یون‌های Ca، Mg، Na، SO_4 و Cl در محدوده مجاز برای مصارف شرب قرار دارد. در همه آب‌هایی که از صخره‌ها نشأت می‌گیرند کلسیم و منیزیم وجود دارند ولی معمولاً مقدار منیزیم در مقایسه با کلسیم در آب کمتر بوده که می‌تواند به‌دلیل کمتر بودن عنصر منیزیم نسبت به کلسیم در پوسته زمین باشد. غلظت بالای سدیم و کلر نیز باعث ایجاد طعم در آب شرب می‌گردد (نعمت‌اللهی و نوذری، ۱۴۰۰). با توجه به این‌که بین یون‌های منیزیم و سولفات از نظر تغییر طعم و امکان اختلال در جهاز هاضمه رابطه وجود دارد، از این‌رو در شرایطی که مقدار منیزیم از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد (احتشامی و ابراهیمی، ۱۳۹۴). غلظت‌های بالای کلراید باعث ایجاد طعم شوری در آب می‌شود. وجود یون کلراید در منابع آب زیرزمینی می‌تواند ناشی از منابع مختلفی از قبیل هوادیدگی، نشت رسوبات خاک‌ها و سنگ‌ها به داخل منابع آب و پساب‌های شهری و صنعتی باشد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Logeshkumaran et

al. 2015). آستانه مزه برای یون کلراید به کاتیون مربوطه بستگی دارد و برای سدیم، پتاسیم و کلسیم کلراید در بازه ۳۰۰–۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مزه در غلظت‌های بیشتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به طور فزاینده‌ای بیشتر قابل تشخیص است .همچنین غلظت‌های بالای کلراید خوردگی فلزات را در شبکه توزیع افزایش می‌دهد (ترابیان و شاهوی، ۱۳۹۵). میانگین پارامترهای K و HCO_3 بسیار بیشتر از مقادیر مجاز هر دو استاندارد است و میانگین NO_3 نیز اندکی بیش از مقدار مجاز (۵۰ mg/L) می‌باشد. یکی از منشاءهای HCO_3 در آب زیرزمینی می‌تواند ناشی از عبور آب از سازندهای آهکی باشد، سنگ آهک (کربنات کلسیم) در طبیعت با دی اکسید کربن و آب واکنش داده و باعث تولید کلسیم بی کربنات می شود:

$$CaCO_3+H_2O+CO_2\rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

همچنین وجود نیترات و پتاسیم موجود در آب زیرزمینی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی سولفات پتاسیم و نیترات پتاسیم است که به وفور توسط کشاورزان در منطقه مورد مطالعه استفاده می‌شود. این نتایج بیانگر آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت مورد مطالعه در اثر ورود زهاب کشاورزی حاوی کودهای نیتراته و پتاس می‌باشد. آب برگشتی کشاورزی تأثیر زیادی در تخریب کیفیت آب زیرزمینی دارد که اثر آن در مناطق گرم و خشک بیشتر می‌باشد. تبخیر از آب‌های برگشتی کشاورزی که می‌تواند حاوی املاح حل شده کودهای حل‌شده نیز باشد باعث می‌شود که املاح موجود در آنها افزایش یابد و این املاح در حین نفوذ به زمین در قشر بالایی خاک به جا گذاشته می‌شوند. با آبیاری بعدی یا بارندگی این املاح به آب زیرزمینی انتقال می‌یابند و باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که دلیل عمده افزایش غلظت نیترات در آب زیرزمینی می‌تواند آب برگشتی کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی در چاه‌های جذبی باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳). غلظت کربنات‌ها در آب‌های طبیعی بیشتر وابسته به میزان دی اکسیدکربن محلول، درجه حرارت، pH، کاتیون‌ها و بعضی نمک‌های محلول می‌باشد و معمولاً غلظت آن‌ها در آب‌های زیرزمینی بیشتر از آب‌های سطحی می‌باشد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Logeshkumaran et al. 2015). همچنین مقایسه کیفیت آب هر یک از ۳۱ چاه مورد مطالعه این دشت با محدوده‌های جدول شولر نشان می‌دهد که آب موجود در ۱۹ چاه برای شرب قابل قبول یا مجاز، ۷ چاه نسبتاً مناسب یا متوسط و ۵ چاه نامناسب می‌باشد. به‌طور کلی نتایج بیانگر این است که آب موجود در بیشتر چاه‌ها در منطقه مورد نظر برای شرب مناسب است و تنها آب ۵ چاه نامناسب می‌باشد.

جدول ۳- تعیین حد مجاز پارامترهای کیفی بر اساس استانداردهای ایران و WHO

پارامتر	کمینه (mg/L)	بیشینه (mg/L)	میانگین (mg/L)	استاندارد ۱۰۵۳ ایران (mg/L)	استاندارد WHO (۲۰۱۱) (mg/L)
Ca	۲۰	۱۲۸	۷٤	۲۰۰	۲۰۰
Mg	۱۲/۲	۱۰۹/۸	٦۱	۱۵۰	۱۵۰
Na	۱۱	۱۷۹/٤	۹۵/۲	٤۰۰	۲۰۰
K	۱	۳۵/۱	۱۸/۱	-	۱۲
HCO_3	۱۷۰/۸	٤۷۵/۸	۳۲۳/۳	-	۳۰۰
SO_4	۲/۵	۲۳۲/۳	۱۱۷/٤	٤۰۰	٤۰۰
Cl	۱۷/۵	٤۷۹/۲	۲٤۸/۳	٤۰۰	٦۰۰
NO_3	۷/٤	۹۵/۵	۵۱/۵	۵۰	۵۰

آلودگی منابع آب زیرزمینی و سطح نیترات یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی و کشاورزی در حال حاضر است. در چند دهه اخیر مصرف و مدیریت نادرست کودهای نیتروژن دار باعث افزایش آلودگی محیط زیست شده است. کودهای نیتروژن دار به صورت یون‌های نیترات، نیتریت و آمونیوم در محیط ظاهر می‌شوند. نیترات به خودی خود نسبتاً غیر سمی است، اما احیاء آن به صورت نیتریت توسط باکتری‌های معده، سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد و باعث بروز سرطان و تشدید بیماری‌های قلبی و عروقی و بیماری مت‌هموگلوبین و پرغذایی می‌شود (Bahrami and Amiri, 2022). پیشنهاد می-شود با توجه به پتانسیل‌های موجود آلودگی منابع آب در منطقه از جمله مصرف بی‌رویه کودهای ازته برای حاصلخیزی زمین‌های زراعی در محدوده این منابع، سنجش مستمر بر روی منابع آب شهرستان صورت گیرد.

٤- نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور بررسی کیفی آب زیرزمینی دشت فسارود داراب برای مصارف کشاورزی و شرب انجام شد. بر اساس مطالعات هیدروژئوشیمیایی، سدیم و بی‌کربنات به‌ترتیب کاتیون و آنیون غالب آب زیرزمینی در دشت مورد مطالعه می‌باشند. نتایج حاصل از بیشتر شاخص‌های طبقه‌بندی آب در بخش کشاورزی نشان داد که از ۳۱ چاه مورد بررسی، ۵۸ درصد نمونه‌ها در محدوده‌های عالی، خوب و قابل قبول برای کشاورزی هستند و در سایر چاه‌ها حداقل یکی از شاخص‌ها در کلاس‌های غیر قابل قبول و یا استفاده با احتیاط قرار می‌گیرد. همچنین از نظر طبقه بندی شولر، آب ۲۶ چاه قابل استفاده برای شرب می‌باشد و سختی ۳۰ چاه کمتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. با توجه به تجاوز بعضی عناصر از محدوده مجاز استاندارد ملی و WHO در این دشت، دلایل آن را می‌توان ورود زهاب کشاورزی به سفره‌های آب زیرزمینی، عبور آب از سازندهای مختلف و واکنش‌های هیدروژئوشیمیایی، نشت شیرابه فاضلاب‌های انسانی و صنعتی ذکر کرد. با افزایش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی و افت تدریجی کیفیت این آب‌ها، باید تغییرات زمانی این منابع نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- احتشامی، م.، ابراهیمی، م.، ۱۳۹۴. راهبرد بهبود استاندارد کیفیت آب شرب در کشورهای درحال توسعه، فصلنامه راهبرد، سال ۲۴، شماره ۷۴، ص ۱۳۳-۱۵۴.
- اسلامی، ه.، تاجیک، ر.، اسمعیلی، م.، اسماعیلی، ع.، مبینی، م.، ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷: یک مطالعه توصیفی، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، سال ۱۸، شماره ۱۰، ص ۹۸۵-۹۹۶
- باغانی، ج.، عزیزی، م.، کریمی، م.، ۱۳۹۳. کاربرد و مدیریت آب شور و لب شور در خربزه دیررس سبزوار، نشریه مدیریت آب در کشاورزی، سال ۱، شماره ۲، ص ۱۱-۱۸
- ترابیان، ع.، شاهوی، ش.، ۱۳۹۵. بررسی استانداردهای کیفی آب شرب ایران و ارائه راهکار برای ارتقاء آنها، کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، دوره اول، دانشگاه تهران.
- زارعی، ع. ر.، امیری، م. ج.، ۱۳۹۶. ارزیابی تنوع مکانی و نقشه برداری کیفیت آب شرب و کشاورزی با استفاده از تکنیک های زمین شناسی و GIS، مجله هیدرولوژی ایران، شماره ۳۷۹، ص ۵۰۵-۵۱۶
- صالحی کاه‌کش، س.، اسلامی، ح.، رزاز، م.، ۱۳۹). ارزیابی تناسب کیفیت آب زیرزمینی دشت گلگیر برای استفاده در کشاورزی، فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، سال ۵، شماره ۳، ۱۹۸-۲۰۱
- صداقت، م.، ۱۳۸۷. زمین و منابع آب (آب های زیرزمینی)، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- طالبی، ب.، سجادی، ن.، شارمد، ت.، ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی و کشاورزی در چشمه‌های منطقه شمال دشت قزوین.،پژوهش‌های علوم و فنون دریایی، سال ۱۶، شماره ۱، ص ۱-۱۶.
- عزیزی، ف.، اصغری مقدم، ا.، ناظمی، ا.، ۱۳۹۶. ارزیابی شوری آب زیرزمینی و تبیین منشأ یونها در آبخوان ساحلی دشت ملکان با استفاده از نسبت‌های یونی، محیط شناسی، سال ۴۳، شماره ۳، ۴۳۷-۴۵۴.
- قادری، ز.، هزارخانی، ا.، ۱۳۹۱. طبقه بندی هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه. پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)، سال ۲۶، شماره ۴، ۴۱۵-۴۲۳.
- قره محمودلو، م.، حشمت پور، ع.، جندقی، ن.، زارع، ع.، مهرابی، ح.، ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت سیدان- فاروق برای اهداف آبیاری و شرب، فصلنامه علوم محیطی، سال۱۷، شماره ۳، ص ۸۹-۱۰۶.
- محمدیاری، ف.، توکلی، م.، اقدر، ح.، ۱۳۹۵. ارزیابی و پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی مناطق مهران و دهلران از لحاظ کشاورزی با روش‌های زمین آمار، علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی- پژوهشی)، سال ۳۹، شماره۴، ص ۷۱-۸۳
- ملکی، ا.، دارایی، ه.، امینی، ح.، بهمنی، پ.، ۱۳۹۳. بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستاهای شهرستان دیواندره با تاکید بر غلظت نیترات، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، شماره ۱۹، ص ۵۷-۶۷
- نعمت اللهی، ن.، نوذری، ه.، ۱۴۰۰. بررسی خصوصیات کیفی منابع آب‌های زیر زمینی تامین کننده آب شرب شهر آباده، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۶، ص ۲۳-۳۳
- Baghvand, A., et al. 2010. Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert, Desalination, Vol. 260(1), P. 264-275.
- Bahrami, M., Amiri, M. J. 2022. Nitrate removal from contaminated waters using modified rice husk ash by Hexadecyltrimethylammonium bromide surfactant, Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis. P. 1-20.
- Bahrami, M., et al. 2022. Groundwater quality evaluation for potable and irrigation uses in the semi-arid region of southern Iran, Irrigation and Drainage. https://doi.org/10.1002/ird.2671
- Bahrami, M., et al. 2020. Temporal and spatial assessment of groundwater contamination with nitrate by nitrate pollution index (NPI) and GIS (case study: Fasarud Plain, southern Iran), Environmental Geochemistry and Health, Vol. 42(10), P. 3119-3130.
- Bhat, M.A., et al. 2018. An overview of the assessment of groundwater quality for irrigation, Journal of Agricultural Science and Food Research, Vol. 9(1), P. 1-9.
- Broers, H.P., van der Grift, B. 2004. Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality, Journal of Hydrology, Vol. 296, P. 192-220.
- Doneen, L. D. 1964. Water Quality for Agriculture. Department of Irrigation, University of California, Davis, USA, p. 48.
- Durvey, V.S., et al. 1991. Handbook on the Methodology of Water Quality Assessment. Rajasthan Agriculture University, India.
- Fallahati, A., et al. 2020. Impacts of drought phenomenon on the chemical quality of groundwater resources in the central part of Iran application of GIS technique, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 192(1), P. 64.

- Feizi, Z., et al. 2019. Using geostatistical and deterministic modelling to identify spatial variability of groundwater quality, International Desert Research Center, Vol. 24(1), P. 143-151.
- Kaur, T., et al. 2017. Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation purposes using hydrochemical studies in Malwa region, southwestern part of Punjab, India, Applied Water Science, Vol. 7(6), P. 3301–3316.
- Kumar, M., et al. 2007. A comparative evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in two intensively cultivated districts of Punjab, India, Journal of Environmental Geology, Vol. 53, P. 553–574.
- Logeshkumaran, A., et al. 2015. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India, Applied Water Sciences, Vol. 5(4), P. 335-343.
- Purushothman, P., et al. 2012. Drinking and irrigation water quality in Jalandhar and Kapurthala Districts, Punjab, India: using hydrochemistry, International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol. 5(6), P. 1599–1608.
- Saleh, A., et al. 1999. Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait, Journal of Arid Environments, Vol. 42, P. 195–209.
- Sarhadi, M., et al. 2015. Assessment Groundwater quality of Zahedan plain for drinking, agricultural and industrial use during drought and normal periods, Proceedings of the first National Conference on Water Quality and Sustainable Development, Arak.
- Sheikhy Narany, T., et al. 2014. Identification of the hydrogeochemical processes in groundwater using classic integrated geochemical methods and geostatistical techniques, in Amol-Babol Plain, Iran, The Scientific World Journal, Vol. 2014, P. 1-15
- Subramani, T., et al. 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India, Journal of Environmental Geology, Vol. 47, P. 1099–1110.
- Tripathi, A.K., et al. 2012. Studies of hydrogeochemical in groundwater quality around Chakghat Area, Rewa District, Madhya Pradesh, India, International Journal of Modern Engineering and Research Technology, Vol. 2(6), P. 4051–4059.
- Wilcox, L.V. 1955. Classification and Use of Irrigation Waters. U.S. Department of Agriculture. Circ, Washington, DC. USA.

Assessment of groundwater quality in Fasarud Plain (Darab County) for agricultural and potable purposes

Amir Bahrami[1]; Zohreh Dashtbani[2]; Mehdi Bahrami[3*]

1- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- MSc., Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran

[*]3- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran

[*]Email Address : bahrami@fasau.ac.ir

Abstract

Introduction

In recent years, the indiscriminate withdrawal of water from aquifers in the south of Iran and the unprincipled disposal of municipal sewage and agricultural wastewater in receiving water bodies have caused a decrease in the quality of groundwater in most of these plains. The limited nature of these underground resources and their excessive use has created problems in Iran. Therefore, it is necessary to determine the chemical, physical, and biological qualitative characteristics of groundwater to specify the appropriateness of water for the intended use (Sedaghat, 2008). Various studies have been conducted in the field of groundwater quality and the effect of different factors on it. In a research, the evaluation, modeling, and zoning of groundwater quality in the Kashan Plain region were conducted using geostatistics and deterministic models. Five water quality parameters to determine the irrigation index and drinking water quality were determined using the Wilcox diagram. The final map showed that the groundwater quality increased from north to south of the studied area (Feizi et al. 2019). According to the research conducted in Saveh county, Kashan aquifer, and Zahedan plain using different groundwater quality indices, the high concentration of ions and high EC values indicates the unsuitability or problematic use of groundwater resources. Therefore, the main objectives of this research include (1) the use of hydrogeochemical and graphical methods to determine the factors affecting the groundwater quality in Fasarud plain (Darab county), (2) the use of different parameters, diagrams, and indices such as electrical conductivity, sodium adsorption ratio, soluble sodium percentage, magnesium ratio, corrosiveness ratio, and permeability index for classifying water for irrigation, and (3) comparing the chemical parameters of water samples with the guidelines of the World Health Organization (WHO) and the use of Schoeller's diagram for the classification of drinking water for the study area.

Methodology

This research investigated the groundwater quality in the Fasarud plain of Darab County, where wells are mainly used for irrigation and in some places for drinking, using quality parameters and indices. Darab County is located in the southeast of Fars province and a has range of 54^{o} $11^{'}$ to 54^{o} $47^{'}$ east longitude and 28^{o} $33^{'}$ to 28^{o} $49^{'}$ north latitude at a distance of 250 km from Shiraz. The total area of the studied area is 6500 km^2 with an altitude of 1180 m. According to the De Martonne index, the climate of this county is semi-arid, the average annual temperature is about 25 C^{o}, the average annual rainfall is 350 mm, the average annual wind speed is about 1.2 m/s, the average annual potential evapotranspiration is about 1821 mm, and the average annual sunshine is about 9.4 hours per day (Bahrami et al., 2020). In this regard, the results of a period of chemical analysis related to 31 wells in March 2018 were used. Electrical conductivity, sodium absorption ratio, sodium percentage, magnesium ratio, corrosion ratio, and permeability index were used to classify water for irrigation.

Results and Discussion

A relatively wide range of changes in electrical conductivity was observed in the studied area with the lowest amount (394 µmho/cm) in well No. 22 and the highest amount (5544 µmho/cm) in well No. 24. The electrical conductivity in most of the wells is in the good and acceptable category, one well is in the cautious use class, and three wells are in the unacceptable category. Irrigation of soil with high electrical conductivity can increase the concentration of soil salts, and due to its cumulative property in the soil, it damages agricultural lands and agricultural products. Considering that the water quality in most samples is good and acceptable for agriculture in terms of salinity hazards, there is no need to amend the soil after using the water. The results showed that 39% of the groundwater samples were in

the good range, 48% in the average range, and 13% in the unsuitable water range for irrigation. A comparison of the average values of qualitative parameters with the permissible values of standards 1053 of Iran and the World Health Organization showed that the average concentration of Ca, Mg, Na, SO_4, and Cl ions are within the permissible range for drinking purposes, while the mean of K, HCO_3, and NO_3 was more than the allowed values of both standards, which indicates the entry of pollutants into the unground water of this plain through agricultural runoff and domestic sewage. Agricultural runoff has a great effect on degrading the groundwater quality, which is more effective in hot and dry areas. Also, evaporation from these solute-containing wastewater causes the solutes to be left in the upper layer of the soil during infiltration into the ground and transferred to the groundwater with subsequent irrigation or rainfall. The concentration of carbonates in natural waters is more dependent on the amount of dissolved carbon dioxide, temperature, pH, cations, and some soluble salts, which are more concentrated in groundwaters than in surface waters. Also, the comparison of each of the 31 wells' water quality studied in this plain with the Schoeller's standards showed that the water in 19 wells is acceptable or permissible for drinking, seven wells are relatively suitable, five wells are unsuitable, and the hardness in 30 wells are less than 50 mg/L. In general, the results reveal that the water in most of the wells in the study area is suitable for drinking and only the water of five wells is unsuitable due to the higher amount of some elements compared to the permissible limit of the national standard and WHO, which the contaminant has entered groundwater through agricultural wastewater.

Conclusion

The results showed that 58 percent of the samples are in the excellent, good, and acceptable ranges for agriculture, and in other wells, at least one of the indices is in unacceptable or cautious use classes. Also, the water of 26 wells can be used for drinking and the hardness of 30 wells is less than 50 mg/L. It is suggested to continuously monitor the groundwater resources in the study area, taking into account the existing potential of water resource pollution, including the excessive use of nitrogen fertilizers for the fertility of agricultural lands within the limits of these resources.

Keywords

Groundwater; Potable Water; Water Quality; Agriculture