

واژه‌های کلیدی: آبخوان یزدکان، روش‌های ترسیمی، شاخص‌های کیفی آب، کیفیت آبخوان، قره‌سو.

ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان

مریم سادات جعفرزاده^۱، علیرضا مقدم‌نیا^{۲*}، عطاءاله جودوی^۳، آزاده احمدی^۴
 تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

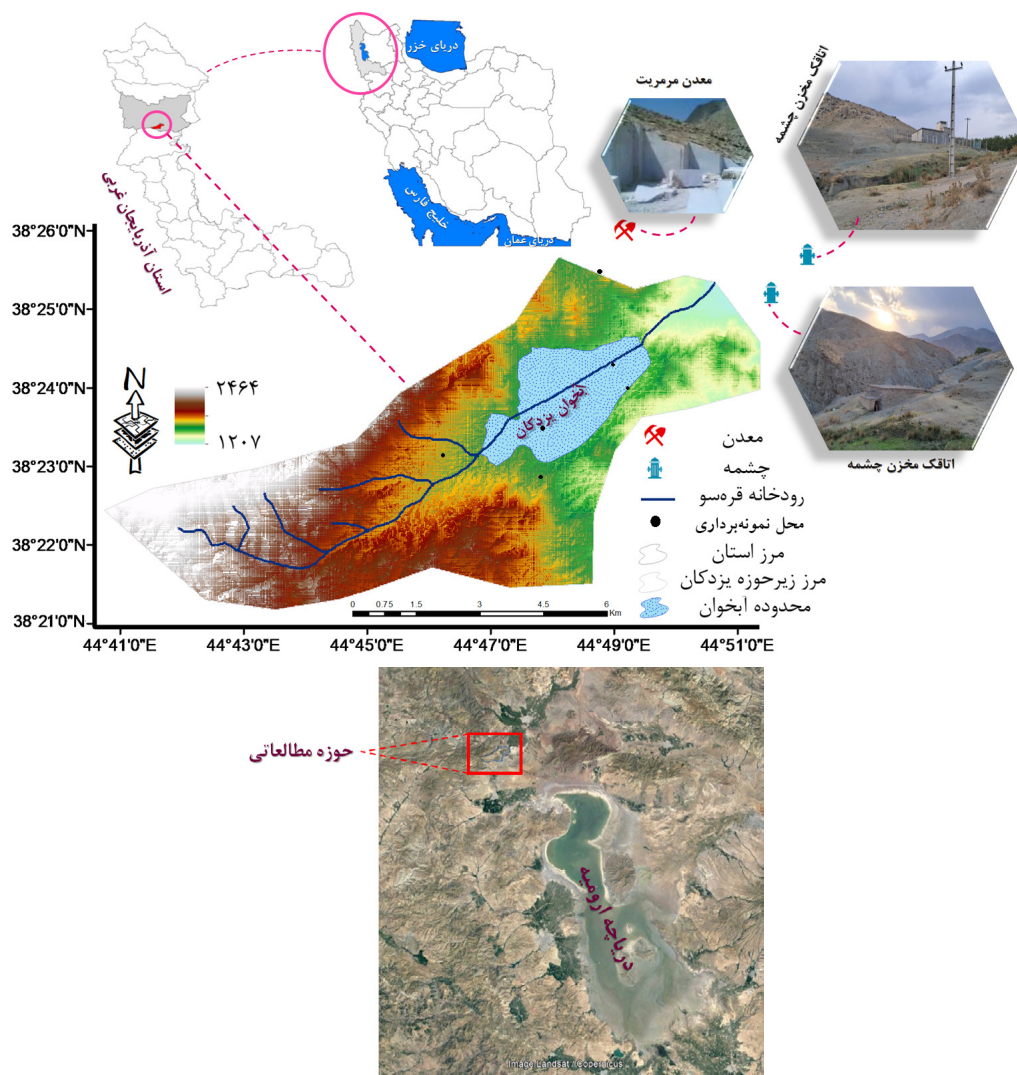
مقدمه

آب‌های زیرزمینی از عوامل حیاتی تأمین آب لازم برای شرب، کشت و صنعت در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی هستند که نقش بسیار مهمی در حفظ و سلامت بوم‌سازگان و تأمین جریان پایه رودخانه‌ها دارند. ترکیب شیمیایی این منابع به‌طور دوره‌ای تحت تأثیر فرآیندهای زمین‌ساخت^۱ و همچنین نفوذ پساب‌های منابع متعدد نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای (انسانی) است که سبب تشدید سطح آلودگی می‌شوند [۲۹، ۱۸]. بنابراین، هنگامی که آلاینده‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌کنند، حفظ کیفیتی که ممکن است عدم تعادل اکولوژیک را ایجاد کند دشوار می‌شود و مسائل اجتماعی-اقتصادی بسیاری به وجود می‌آیند [۲۸]. تعیین کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب برای ارزیابی مناسب بودن آن برای اهداف مختلف ضروری است. به‌طور کلی، کیفیت آب زیرزمینی به ترکیب منبع تغذیه‌کننده آن، برهمکنش آب‌وخاک، ویژگی‌های سنگی که با آن در ناحیه غیراشباع در تماس است، زمان ماند، واکنش‌هایی که در داخل آبخوان انجام می‌شود و فعالیت‌های انسانی (فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی)، بستگی دارد [۶، ۱۶، ۲۷]. وجود غلظتی از عناصر در آب، نه تنها مضر نیست بلکه برای سلامتی لازم نیز می‌باشد، اما چنانچه از مقدار مجاز بیش‌تر شوند، تبدیل به تهدیدی برای سلامتی خواهند شد. آلودگی آب‌های زیرزمینی، به‌عنوان یک تغییر نامطلوب در کیفیت این منابع ناشی از فعالیت‌های انسانی، تعریف می‌شود [۷]. عملکرد آلودگی آب‌های زیرزمینی با آلودگی آب‌های سطحی، به‌رغم وجود منابع آلاینده مشترک (ازجمله کودها، آفت‌کش‌ها و فضولات حیوانی)، متفاوت است. مطالعات بسیاری در زمینه ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌های مختلف از ایران و جهان انجام شده است [۳، ۴، ۱، ۱۷، ۱۰]. در این مطالعات از روش‌های ترسیمی یا برخی شاخص‌های ارزیابی کیفی استفاده شده و نتایج رضایت‌بخشی نیز به‌دست آمده است. استخراج شاخص‌های کیفی در جهت ارزیابی پایداری آب‌های زیرزمینی، اولین گام در توسعه شاخص‌های منابع نسل بعدی است [۲]. از شاخص برای بیان تغییرات کمی و کیفی پدیده مورد ارزیابی استفاده می‌شود. شاخص نشان‌دهنده نسبت چیزی به چیز دیگر برای بیان یک مقدار یا کمیت

چکیده

منابع آب ناسالم و باکیفیت پایین با تأثیر بر روی سلامتی انسان، ممکن است منجر به بسیاری از بیماری‌های حاد و خطرناک شود. بنابراین مدیریت منابع آب خصوصاً آب‌های زیرزمینی که از منابع اصلی آب مصرفی در شهرها و روستاها می‌باشد، بسیار حائز اهمیت و توجه است. در مطالعه حاضر، داده‌های کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان جهت بررسی کیفیت حاضر آب‌های زیرزمینی در منطقه مطالعاتی، برای دوره دو دهه اخیر (۱۴۰۰-۱۳۸۰) جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از روش‌های ترسیمی و شاخص‌های ارزیابی کیفی استفاده شد. طبق نتایج، کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت یزدکان، با تیپ کلی بی‌کربنات منیزیم، از نظر TDS، در طبقه متوسط یا نامناسب برای شرب (بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) ارزیابی شد. بر اساس نمودار پایپر، خطر شوری زیاد مشاهده شد. بر اساس نمودار شولر نیز این آبخوان در کلاس "نامناسب و با طعم نامطبوع" قرار گرفته است. مقادیر شاخص‌های نفوذپذیری، کلی، خطر منیزیم، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم و باقیمانده کربنات سدیم نیز به ترتیب ۴۸/۱، ۰/۵، ۷۷/۷، ۱۰-۳-۹۹۲×، ۲۸/۶ و ۳ محاسبه شدند که نشان‌دهنده خطر بالای منیزیم و باقیمانده کربنات سدیم بوده ولی از نظر شاخص‌های نفوذپذیری، کلی^۵ و درصد سدیم، در کلاس مناسب مشاهده گردید. با نظر به وضعیت نه‌چندان مناسب کیفیت آب‌های زیرزمینی این آبخوان، نیازمند برنامه‌ریزی دقیق در جهت پیشگیری از بدتر شدن وضعیت موجود و در مرحله بعدی ارائه راهکارهایی در جهت اصلاح کیفیت این آبخوان می‌باشد.

- ۱- پژوهشگر پسا دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران.
- ۲- هیئت علمی گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، (نویسنده مسئول)
Email: a.moghaddamnia@ut.ac.ir
- ۳- هیئت علمی هیدروانفورماتیک، مرکز پژوهشی آب و محیط زیست شرق.
- ۴- هیئت علمی گروه مهندسی عمران آب، دانشکده فنی، دانشگاه اصفهان.
5. Kelly's index (Kelly's ratio)



شکل ۱: محدوده مطالعاتی یزدکان و موقیعت آبخوان و سایر عوارض آن

در این محدوده، این پژوهش باهدف ارزیابی وضعیت موجود آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی موردنظر براساس داده‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان انجام شد که آمار و اطلاعات موردنیاز برای دو دهه اخیر، از شرکت آب منطقه‌ای کل استان آذربایجان غربی دریافت شد و موردبررسی قرار گرفت. این نمونه‌ها از چاه‌های عمیق و چشمه‌های واقع در محدوده مورد مطالعه برداشت شده‌اند.

مواد و روش‌ها محدوده مطالعاتی

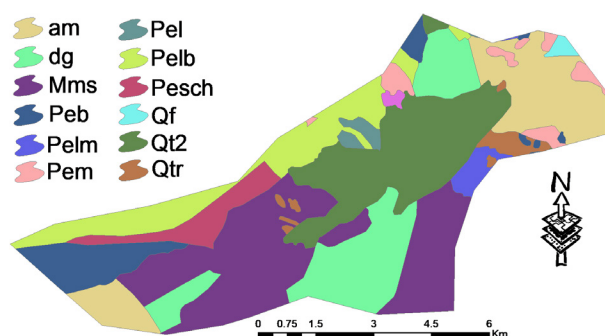
محدوده مطالعاتی دشت یزدکان، در زیر حوزه آبخیز خوی می‌باشد که با وسعت ۵۹/۱۱ کیلومترمربع، در محدوده بخش مرکزی شهرستان خوی قرارگرفته است. آبخوان یزدکان نیز با مساحت ۶/۷۵ کیلومترمربع در محدوده مطالعاتی دشت یزدکان در بخش جنوب‌غربی آبخوان خوی واقع شده است. ارتفاع متوسط این محدوده، ۱۸۳۵/۵ متر از سطح دریا برآورد گردید. آبخوان یزدکان در مسیر جریان رودخانه قره‌سو و سرشاخه‌های آن واقع شده است. موقعیت قرارگیری این آبخوان نسبت به آبخوان خوی، در ارتفاعات

بوده و نشان‌دهنده واقعیت یا نتیجه‌ای خاص می‌باشند. شاخص‌ها داده‌های دریافتی را به مجموعه‌ای از اطلاعات قابل مدیریت تبدیل می‌کنند به‌طوری‌که پژوهش‌گر یا تحلیل‌گر را قادر می‌سازد بر مبنای این اطلاعات ارزیابی صحیح و دقیق‌تری از پدیده موردبررسی ارائه دهد [۲۴]. برای بررسی اساس روش‌های ترسیمی و همچنین پرهیز از ذکر جزئیات بیش‌تر توصیه می‌شود به مطالعات پیشین [۸، ۱۵، ۹، ۲۲، ۲۰، ۲۱] مراجعه گردد. در برخی از مطالعات، از شاخص‌هایی چون نسبت جذب سدیم [۲۰]، شاخص خطر منیزیم [۲۲، ۱۲]، باقیمانده کربنات سدیم [۲۰، ۲۳]، شاخص درصد سدیم [۲۲، ۱۲]، شاخص نفوذپذیری [۵، ۲۲] و شاخص یا نسبت کلی [۱۱، ۵، ۲۲] نیز برای ارزیابی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده شده است که در این مطالعه برای جزئیات بیش‌تر، توصیه می‌شود به مطالعات معرفی شده مراجعه گردد. با توجه به بررسی‌های محلی و میدانی از مردم این محدوده که تلخ شدن و تغییر طعم آب‌های آن (خصوصاً آب چشمه‌ها) را مطرح کردند و هم‌چنین نزدیکی معدن مرمریت به آبخوان موجود

1. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/index>

جدول ۱: مشخصات لایه سنگ‌شناسی حوزه آبخیز یزدکان

واحد زمین‌شناسی	سن	توضیحات	سطح (Km ²)
am	کرتاسه پسین - مزوزوئیک	آمفیولیت با پروتولیت دیوریتی	۷/۶
dg	کرتاسه پسین - مزوزوئیک	متادیوریت و متاگابرو	۸/۹
Mms	ترشیاری - سنوزوئیک	سنگ گچ و مارن گچی	۱۴/۹
Peb	ترشیاری - سنوزوئیک	گدازه‌های بازالتی با مقداری شیل و سنگ آهک	۳/۸
Pel	ترشیاری - سنوزوئیک	سنگ آهک بستر ضخیم خاکستری.	۰/۶
Pelb	ترشیاری - سنوزوئیک	جایگزینی متادیاباس، بازالت و لیم پلاژیک	۶/۵
Pelm	ترشیاری - سنوزوئیک	سنگ آهک پلاژیک	۰/۹
Pem	ترشیاری - سنوزوئیک	سنگ آهک متبلور	۱/۵
Pesch	ترشیاری - سنوزوئیک	شیست سبز با مقداری سنگ آهک و دولومیت	۲/۵
Qf	کواترنری - سنوزوئیک	رسوبات مخروط افکنه‌ای	۰/۳
Qt2	کواترنری - سنوزوئیک	تراس‌های جوان (آبرفت)	۱۰/۴
Qtr	کواترنری - سنوزوئیک	تراورتن	۱/۲



شکل ۳: نقشه سنگ‌شناسی حوزه آبخیز یزدکان



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی موجود در حوزه آبخیز یزدکان

سطح مراتع برخی گیاهان مرتعی با خاصیت دارویی نیز به صورت خودرو و طبیعی وجود دارند (از جمله قازیاغی^۱، چلبر یا تره کوهی^۲، ترشک^۳ پونه کوهی^۴ و...) که تصاویری از آن‌ها تهیه و بر روی نقشه کاربری اراضی حوزه نشان داده شده است.

با توجه به نقشه سنگ‌شناسی حوزه (شکل ۳) و نیز جدول ۱، سنگ‌های گچ و مارنی همراه با نهشته‌های آبرفتی (تراس‌های جوان)، بیش‌ترین سطح سنگ‌شناسی حوزه را تشکیل می‌دهند. رسوبات مخروط افکنه‌ای نیز حداقل سطح سنگ‌شناسی را در بر گرفته‌اند.

ماتریس همبستگی پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه‌های برداشتی نیز در نرم‌افزار اکسل (Excel 2013) محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به ماتریس همبستگی عناصر، TDS بیش‌ترین همبستگی را با EC (۱) و سپس بی‌کربنات (۰/۹۲) و با pH فاقد همبستگی بود (۰/۰۴). pH با هیچ یک از عناصر و پارامترهای موردبررسی، همبستگی معنی‌داری نداشت و کم‌ترین و

نسبتاً بالاتری قرار گرفته است. موقعیت آبخوان یزدکان نسبت به سطح استان و کشور، همراه با شبکه هیدروگرافی آن با پس‌زمینه پستی و بلندی حوضه به‌منظور ارائه دید بهتر، در شکل ۱ نشان داده شده است. موقعیت معدن و چشمه‌های نزدیک نیز با تصاویری از این عوارض، در شکل ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

برخی لایه‌های اطلاعاتی دیگر حوزه آبخیز یزدکان نیز از جمله نقشه شیب، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی منطقه، تهیه شدند. با توجه به نقشه کاربری اراضی (شکل ۲)، که با استفاده از تصاویر لندست ۸ تهیه شد (سال ۲۰۲۲)، بیش‌ترین سطح کاربری اراضی را مراتع با پوشش گیاهی فقیر (۴۵/۳۳ کیلومترمربع) در بر می‌گیرند. زراعت، کاربری دیگر این زیر حوزه است که عمدتاً به صورت دیم (۱/۰۲ کیلومترمربع) بوده و پایین‌دست حوزه که تقریباً منطبق با محدوده آبخوان نیز می‌باشد، به کشت کاربری باغ (۵/۷ کیلومترمربع) اختصاص یافته است. البته در سال‌های اخیر علاوه بر باغ، از این اراضی برای کشت گندم و یونجه نیز استفاده می‌شود. هم‌چنین بخش جنوب غربی منطقه مورد مطالعه را مراتع با پوشش گیاهی نسبتاً مناسب (مراتع متوسط) تشکیل می‌دهند (۷/۴۶ کیلومترمربع) که در

1. Falcaria vulgaris
2. Allium ampeloprasum Var Iranicum
3. Rumex acetosa
4. Origanum Vulgare

بیشترین همبستگی آن به ترتیب با منیزیم (۰/۰۰۴) و کلسیم (۰/۳۸) مشاهده شد. میزان سختی کل نیز با بی کربنات (۰/۸۷) بالاترین و با درصد سدیم (۰/۱۶) و سولفات (۰/۱۸) عدم همبستگی را نشان داد. در مورد نسبت جذب سدیم (SAR)، بیشترین مقدار همبستگی با درصد سدیم و سدیم (به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۹۴) و کمترین همبستگی با کلسیم (۰/۰۰۲) آشکار گردید. سولفات نیز با کربنات و کلسیم به ترتیب با مقادیر ۰/۷۹ و ۰/۰۱ بیشترین و کمترین همبستگی را داشت. بی کربنات حداکثر همبستگی را با منیزیم (۰/۷۹) و حداقل همبستگی را با کلسیم به مقدار ۰/۲۵ نشان داد. کربنات نیز با سدیم بیشترین همبستگی (۰/۷۳) و با کلسیم (۰/۳) کمترین همبستگی را داشت. در مورد درصد سدیم دور از انتظار نبود که بیشترین همبستگی را پس از SAR، با سدیم داشته باشد (۰/۸۵). این در حالی است که این پارامتر با کلسیم کمترین میزان همبستگی را نشان داد (۰/۰۷). در مورد سدیم نیز حداکثر و حداقل همبستگی به ترتیب با کلراید (۰/۸۴) و کلسیم (۰/۰۰۱) مشاهده شد. کلراید نیز با منیزیم بیشترین همبستگی (۰/۸) و با کلسیم، کمترین همبستگی (۰/۰۲)

را آشکار کرد. پتاسیم نیز به عنوان یکی دیگر از عناصر مورد بررسی، حداقل و حداکثر همبستگی را به ترتیب با منیزیم (۰/۵۳) و کلسیم (۰/۰۴) نشان داد.

شاخص های آماری پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه های تهیه شده از چاه های دشت یزدکان نیز محاسبه شدند که در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳، مقادیر متوسط و حداکثر TDS، TH و EC در مقایسه با مقادیر مجاز تعیین شده در استاندارد WHO (۲۰۱۷) و استاندارد ملی، بسیار بالا می باشد. آنیون ها و کاتیون ها نیز به طور متوسط، مقادیر کمتر از استانداردهای داخلی و خارجی داشتند، صرفاً منیزیم در حالت حداکثر، بالاتر از حد مجاز معین در استانداردها مشاهده شد. کلراید نیز در حداکثر مقدار خود، بالاتر از حد مجاز استاندارد WHO بود درحالی که در مقایسه با استاندارد ملی، کمتر از حد مجاز به دست آمد. درصد سدیم، سولفات و بی کربنات نیز هم به طور متوسط و هم در مقدار بیشینه، نسبت به مقادیر مجاز مشخص شده استانداردهای ملی و بین المللی، بسیار کمتر بودند.

جدول ۲: ماتریس همبستگی پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه های آب های زیرزمینی تهیه شده از دشت یزدکان

	TDS	pH	EC	TH	SAR	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	Na%	Na	Cl	K	Ca	Mg
TDS	۱													
pH	۰/۰۴	۱												
EC	۱	۰/۰۴	۱											
TH	۰/۸۱	۰/۱۷	۰/۸۱	۱										
SAR	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۶۱	۰/۲۳	۱									
So ₄	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۴۴	۱								
Hco ₃	۰/۹۲	۰/۱	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۵	۰/۲۳	۱							
Co ₃	۰/۶۲	۰/۲۱	۰/۶۲	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۵۲	۱						
Na%	۰/۵۱	۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۱۶	۰/۹۵	۰/۴	۰/۳۹	۰/۵۹	۱					
Na	۰/۷۸	۰/۰۱	۰/۷۸	۰/۴۱	۰/۹۴	۰/۴۳	۰/۷	۰/۷۳	۰/۸۵	۱				
Cl	۰/۸۱	۰/۰۱	۰/۸۱	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۴	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۸۴	۱			
K	۰/۵۹	۰/۰۲	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۴۱	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/۶۴	۱		
Ca	۰/۱۵	۰/۳۸	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۳	۰/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۱	
Mg	۰/۸۷	۰/۰۰۴	۰/۸۷	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۲۸	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۷۵	۰/۸	۰/۵۳	۰/۰۳	۱

جدول ۳: شاخص های آماری پارامترهای هیدروشیمیایی نمونه های آب زیرزمینی تهیه شده از چاه های دشت یزدکان

	Mg	Ca	K	Cl	Na	%Na	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	SAR	TH	EC	pH	TDS	
حداکثر	۱۹/۱	۱۵/۴	۱	۱۰/۳	۲۴/۲	۶۲/۷	۶/۶	۴۲/۹	۶/۵	۹/۲	۱۶۴۵	۴۴۹۰	۹	۲۹۱۹	
حداقل	۱/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۹	۰/۲	۲	۰/۲	۰/۳	۱۳۵	۲۴۰	۶	۱۵۶	
متوسط	۹/۷	۸	۰/۴	۴/۸	۸/۹	۲۸/۶	۲/۸	۲۰/۳	۱/۹	۲/۹	۸۸۳/۹	۲۴۸۹	۷/۰۳	۱۶۱۸	
انحراف معیار	۵/۲	۴/۲	۰/۲	۲/۷	۶/۶	۱۴/۲	۲/۳	۱۰	۱	۲/۱	۳۵۵/۱	۱۱۲۷	۰/۷	۷۳۲/۳	
استاندارد WHO	۱۲	۵۰	۷۵	۱۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۰	۵۰۰	۴۰۰		۵۰۰	۵۰۰	۸/۵	۶۰۰	
استاندارد ملی	۱۲	۵۰	۲۰۰	۱۲	۲۰۰	۶۰۰	۱۰	۵۰۰	۴۰۰		۵۰۰	۵۰۰	۹	۲۰۰۰	

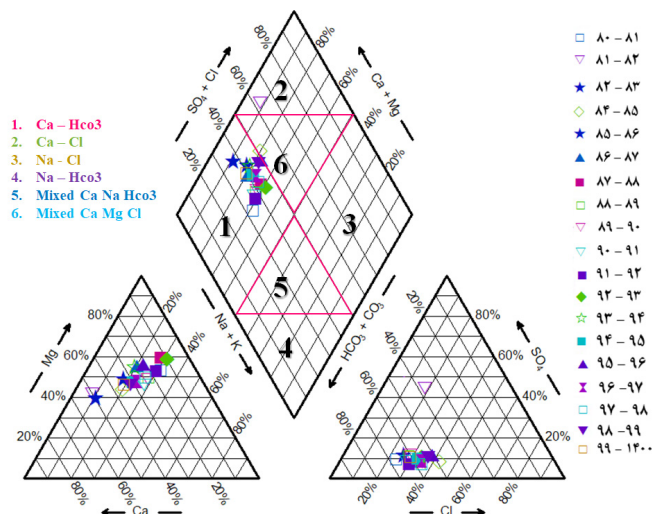
جدول ۵: شاخص‌های بررسی کیفیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان

KI	PI	Na%	RSC	MH	SAR
۰/۵	۴۸/۱	۲۸/۶	۳	۷۷/۷	۴۹۲×۱۰

بررسی نتایج، خطر بالای شوری و وضعیت نامناسب منابع آب زیرزمینی این محدوده را از لحاظ خطر منیزیم آشکار نمود. بر اساس شاخص Na، کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان در رتبه دوم (کلاس خوب) قرار گرفته و با توجه به شاخص‌های KI و PI کیفیت آن در وضعیت مناسب می‌باشد. طبق شاخص RSC نیز کیفیت آب این آبخوان در وضعیت مناسب ارزیابی شد ($1/25 <$).

کیفیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان بر اساس روش ترسیمی پایپر

تیپ هیدروشیمیایی آبخوان یزدکان با استفاده از نمودار پایپر در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به این نمودار، کیفیت آب‌های زیرزمینی محدوده مورد بررسی، در محدوده قلیائی‌های خاکی و اسیدهای ضعیف قرار گرفته و میزان سختی کربناته آن‌ها معمولاً بیش‌تر از ۵۰ درصد می‌باشد. آب‌های زیرزمینی محدوده دشت یزدکان در تیپ بی‌کربنات و منیزیم واقع شده و خطر شوری آن زیاد و قابل توجه است.



شکل ۴: نمودار پایپر برای نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۴۰۰ - ۱۳۸۰)

کیفیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان بر اساس روش ترسیمی شولر

از نمودار شولر برای طبقه‌بندی آبخوان از نظر شرب استفاده می‌شود که در این مطالعه نیز برای طبقه‌بندی قابلیت شرب آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان، از این نمودار استفاده گردید. با توجه به شکل ۵، مقدار TDS در این محدوده، صرفاً در سال‌های ۱۳۸۰ تا

برای مطالعه حاضر از شاخص‌های تعیین پایداری کیفی آبخوان‌ها در قالب نمودار، از جمله نمودار پایپر، نمودار شولر، نمودارهای استیف و نمودار دوروف استفاده شد. برای بررسی روند تغییرات آنیون‌ها و کاتیون‌های این منطقه نیز از نمودارهای سری زمانی هر یک از عناصر استفاده گردید. این شاخص‌ها بر اساس آمار و داده‌های دریافتی از دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی در دو دهه اخیر (سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰) شامل ۸۰ نمونه محاسبه گردید. آمار و داده‌های دریافتی، بعد از بررسی، در نرم‌افزار Excel 2013 برای هر شاخص وارد شده و از طریق فرمول‌نویسی، محاسبه شدند. برای تهیه نمودارها نیز از نرم‌افزار Aq.QA (نسخه ۱,۱,۵,۱) استفاده شد.

شاخص‌های کیفی

در پژوهش حاضر از برخی روش‌های ترسیمی (نمودار پایپر، نمودار شولر، نمودار دوروف، نمودارهای استیف و سری‌های زمانی هرکدام از آنیون‌ها و کاتیون‌ها) و همچنین چند شاخص ارزیابی به‌صورت روابط محاسباتی (شاخص‌های نسبت جذب سدیم، شاخص خطر منیزیم، باقیمانده کربنات سدیم، شاخص سدیم، شاخص نفوذپذیری و شاخص کلی) استفاده شدند که روابط محاسبه هر یک در روابط ۱ تا ۶ (جدول ۴) ارائه شده است و برای جزئیات بیش‌تر در زمینه هر شاخص و کلاسه‌بندی‌ها و تفاسیر مربوطه، توصیه می‌شود به منابع مراجعه شود.

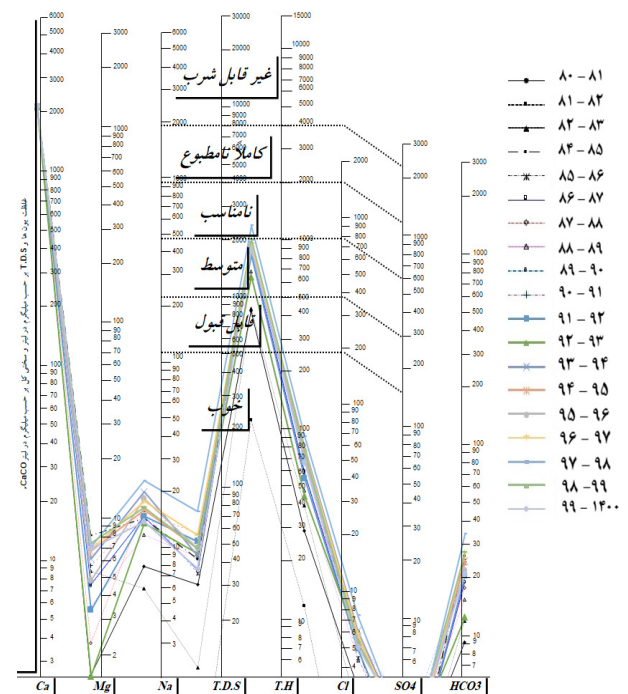
جدول ۴: روابط محاسباتی هر یک از شاخص‌ها

ردیف	شاخص	فرمول محاسباتی
رابطه ۱	نسبت جذب سدیم	$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^2 + Mg^2)}}$
رابطه ۲	شاخص خطر منیزیم	$MH = \frac{Mg}{Ca + Mg} * 100$
رابطه ۳	باقیمانده کربنات سدیم	$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$
رابطه ۴	درصد سدیم شاخص	$\%Na = \frac{(Na + K) * 100}{(Ca + Mg + Na + K)}$
رابطه ۵	شاخص نفوذپذیری	$PI = \frac{Na + \sqrt{HCO_3}}{Ca + Mg + Na + K} * 100$
رابطه ۶	شاخص کلی	$KI = \frac{Na}{Ca + Mg}$

نتایج

وضعیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان بر اساس شاخص‌های ارزیابی کیفی محاسبات مربوط به ارزیابی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان با توجه به آمار و اطلاعات موجود انجام شد و نتایج حاصله در جدول ۵، ارائه شده است.

۱۳۸۲ از نظر شرب قابل قبول و دارای کمی طعم بوده، اما در سایر سال‌ها در طبقه متوسط یا نامناسب برای شرب قرار گرفته است. این در حالی است که آنیون‌ها و کاتیون‌های این آبخوان کم‌تر از مقادیر مجاز بوده و وضعیت خطرناکی مشاهده نشد. مقدار TH نیز در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ از نظر شرب قابل قبول و دارای کمی طعم و سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، به جز سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵، متوسط یا نامناسب برای شرب ارزیابی گردید. اما در سایر سال‌های دوره مورد بررسی، در طبقه نامناسب و با طعم نامطبوع قرار گرفت. در کل قابلیت شرب آبخوان یزدکان بر اساس نمودار شولر، از وضعیت متوسط یا نامناسب برای شرب به کلاس "نامناسب و با طعم نامطبوع" تغییر یافت.



شکل ۵: نمودار شولر برای نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۰ - ۱۴۰۰)

کیفیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان بر اساس نمودارهای استیف

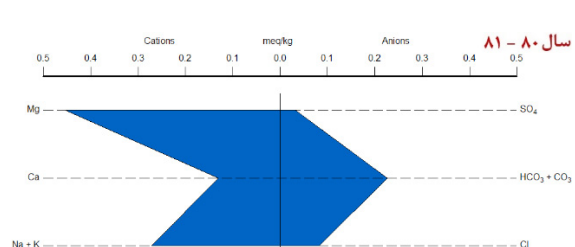
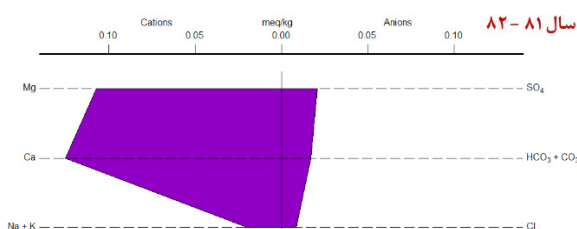
بررسی تغییرات هیدروشیمیایی آبخوان یزدکان با استفاده از نمودارهای استیف (شکل ۶) نشان داد که در سال ۱۳۸۰ مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها زیاد نبودند. در این سال کاتیون‌ها بیش‌تر از

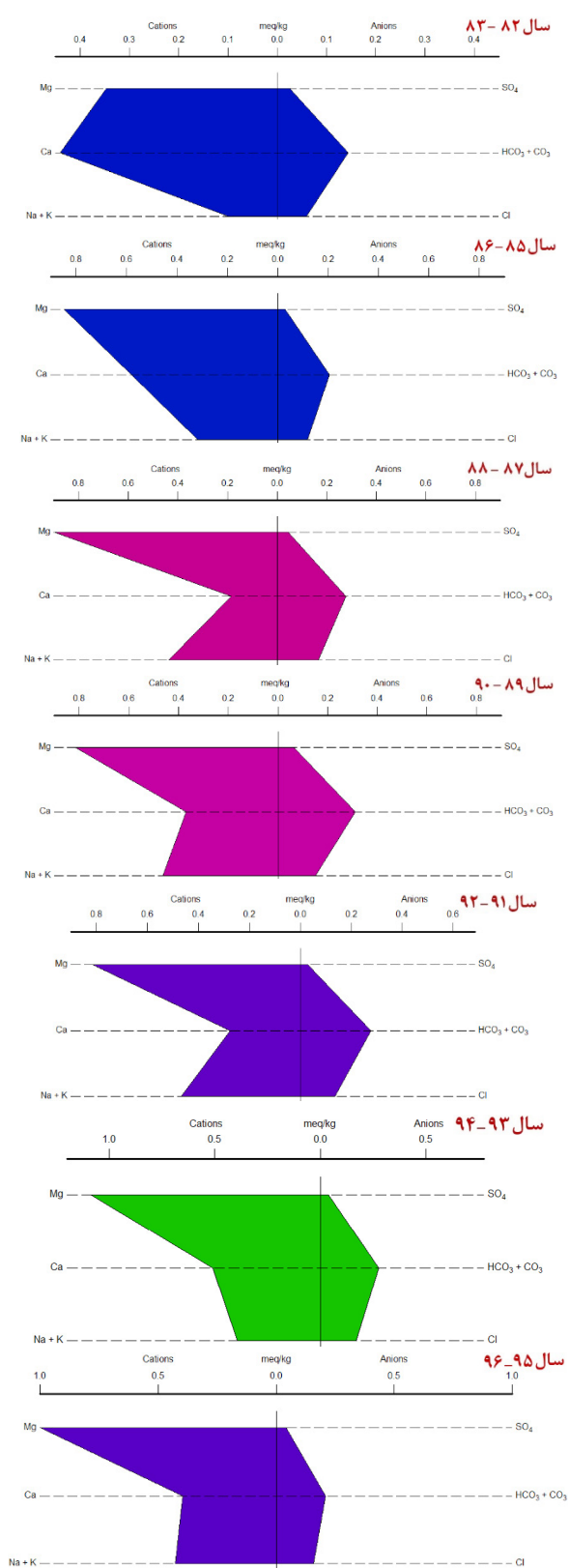
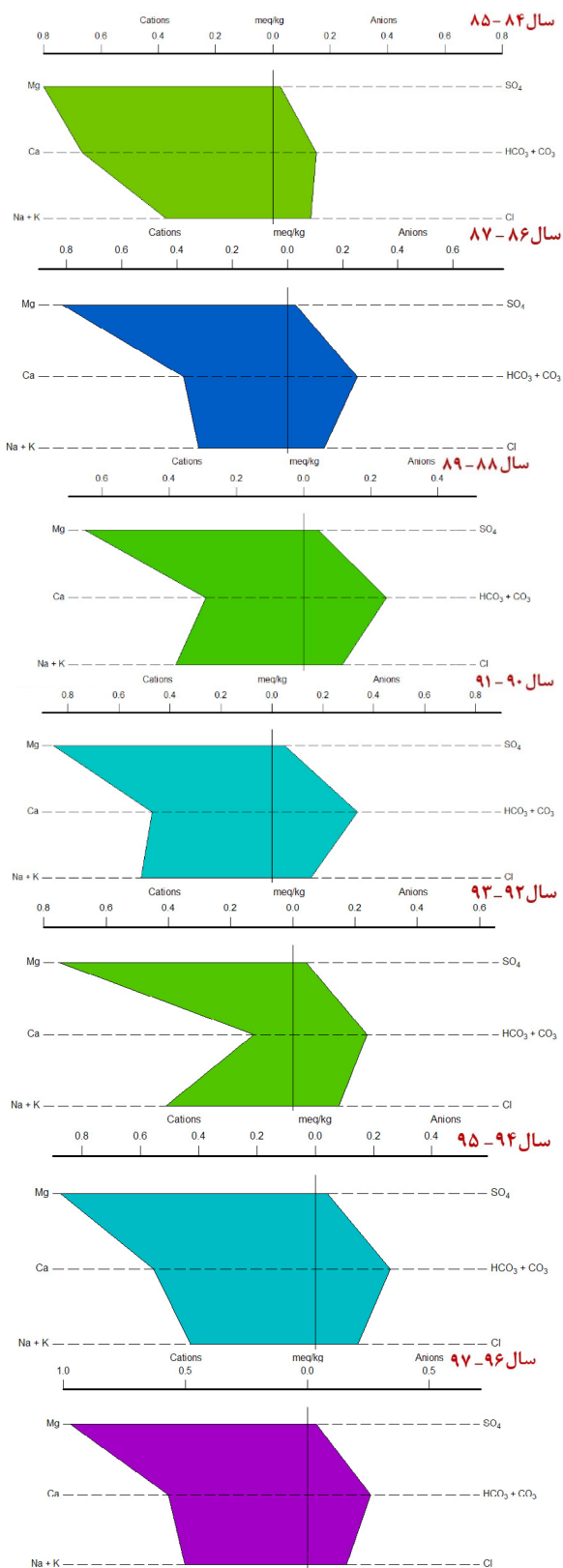
آنیون‌ها بوده و مقدار منیزیم نسبت به مقادیر کلسیم و مجموع سدیم و پتاسیم بیش‌تر بود. در سال ۱۳۸۱ تمام عناصر به‌جز کلسیم و سولفات کاهش یافتند. در سال ۱۳۸۲ تمام کاتیون‌ها و آنیون‌ها به‌غیر از سولفات، دچار افزایش شدند و در سال ۱۳۸۴ نیز همین روند افزایشی ادامه داشت ولی در مورد سولفات همچنان تغییری مشاهده نشد (آمار و داده‌های سال ۱۳۸۳ برای این آبخوان وجود نداشت). مقدار کلسیم و همچنین مجموع مقادیر سدیم و پتاسیم در سال ۱۳۸۵ به مقدار کمی کاهش یافتند و این روند کاهشی در کلسیم در سال بعدی نیز ادامه یافت ولی مقادیر کربنات و بی‌کربنات در این سال (۱۳۸۶) کمی افزایش یافت. در سال ۱۳۸۷ کاهش و افزایش در کلسیم و مجموع کربنات و بی‌کربنات ادامه داشت و مقدار کلراید نیز به مقدار جزئی افزایش یافت. در سال ۱۳۸۸ مقدار منیزیم کمی کاهش یافت اما افزایش نسبتاً کمی در کلسیم مشاهده گردید. در سال ۱۳۸۹ با افزایش کاتیون‌ها، وضعیت آنیون‌ها تقریباً ثابت بود اما در سال بعدی کربنات و بی‌کربنات و نیز کلراید و کلسیم کمی بیش‌تر شدند و سولفات به مقدار جزئی کاهش یافت. در سال ۱۳۹۱ کاتیون‌ها و سولفات روند نزولی یافتند و این روند در کاتیون‌ها در سال بعدی نیز ادامه داشت اما در سولفات برعکس، کمی برخلاف سال قبلی افزایش مشاهده گردید. در سال ۱۳۹۳ کاتیون‌ها به‌جز مجموع سدیم و پتاسیم و آنیون‌ها به‌جز سولفات، افزایش پیدا کردند اما در سال بعدی مقدار منیزیم کاهش و مجموع سدیم و پتاسیم افزایش یافتند. این در حالی است که در سال ۱۳۹۵، کاهش منیزیم با مقداری افزایش، جبران شد ولی کلسیم کمی کاهش یافت.

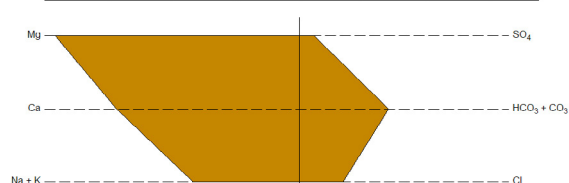
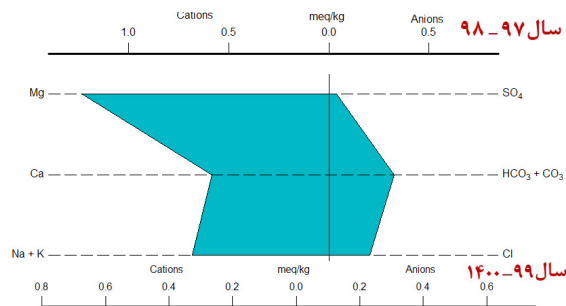
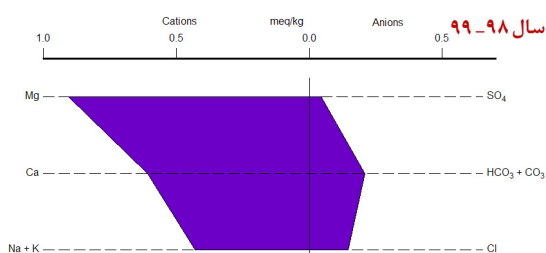
در سال ۱۳۹۶ مقدار کلسیم و مجموع پتاسیم و سدیم بیش‌تر شدند ولی منیزیم به مقدار بسیار جزئی کاهش پیدا کرد، آنیون‌ها نیز ثابت بودند و تغییری خاصی نسبت به سال قبل مشاهده نگردید. در سال ۱۳۹۷ همه عناصر به‌غیر از سولفات بیش‌تر شدند ولی در سال ۱۳۹۸، برعکس، در همه کاتیون‌ها و آنیون‌ها کاهش مشاهده شد، به‌جز کلسیم که تقریباً ثابت بود. روند کاهشی کاتیون‌ها در سال بعدی نیز ادامه داشت و آنیون‌ها به‌غیر از مجموع کربنات و بی‌کربنات که افزایش کمی پیدا کردند، تقریباً تغییری نداشتند.

کیفیت نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان بر اساس ترسیمی دوروف

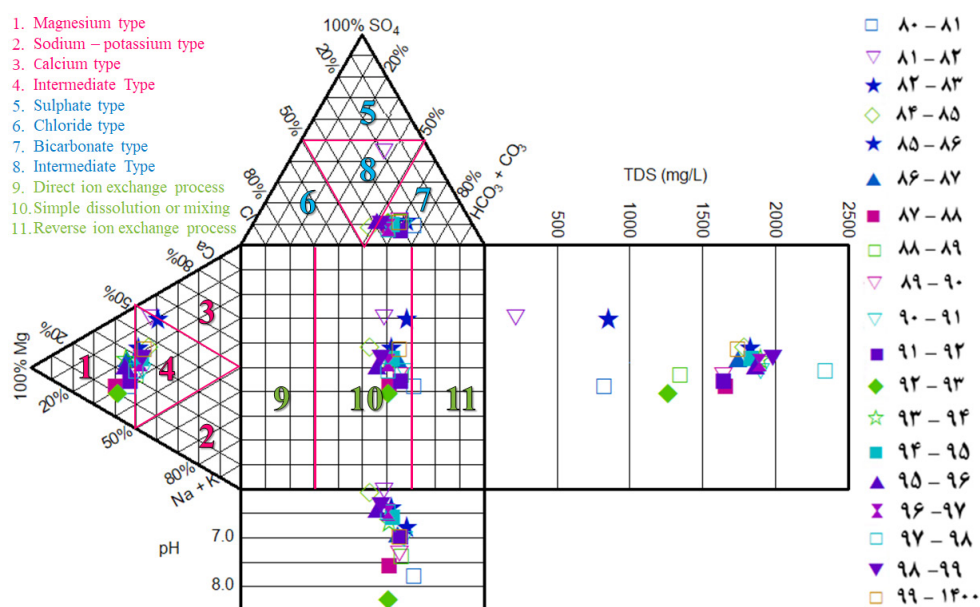
با توجه به نمودار دوروف حاصل از نمونه‌های آب زیرزمینی برداشتی از چاه‌های دشت یزدکان (شکل ۷)، بهای این محدوده از نظر pH عمدتاً (در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ و ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸)





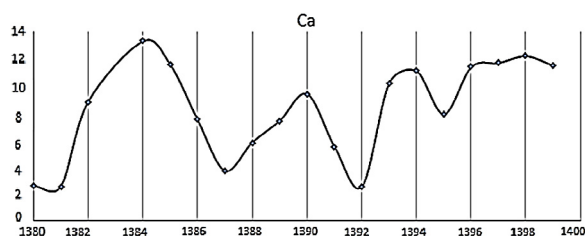


شکل ۶: نمودارهای استیف برای نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۰ - ۱۴۰۰)



شکل ۷: نمودار دوروف برای نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۰ - ۱۴۰۰)

است. بر اساس نمودار شکل ۸ (ب)، منیزیم نیز در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۷ به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر را داشت و از سال ۱۳۹۷ به بعد دچار افت شد. برای این عنصر نیز همانند کلسیم، حداکثر نوسان در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ مشاهده شده است.



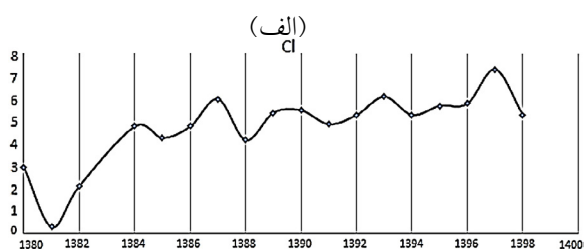
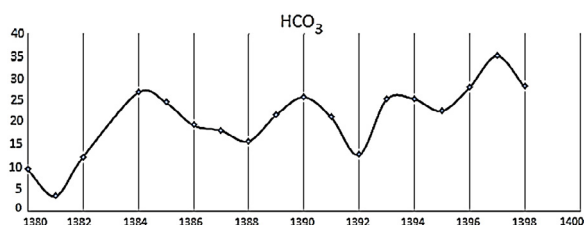
(الف)

اسیدی بوده (کم‌تر از ۷) که نشان‌دهنده کم بودن غلظت یون هیدروژن می‌باشد. در دیگر سال‌های دوره آماری مورد بررسی، مقدار این پارامتر بین ۷ تا ۸ در نوسان بوده و صرفاً در سال ۱۳۹۲ کمی خاصیت قلیایی داشته و به بالای ۸ رسیده است. بر اساس بررسی آنیون‌ها و کاتیون‌ها، وضعیت آب چاه‌های دشت یزدکان طی دوره مورد نظر، به ترتیب عمدتاً در منیزیم و کلراید با انحلال ساده قرار گرفته است.

نمودارهای سری زمانی نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان

نمودار سری زمانی نیز برای هر یک از آنیون‌ها و کاتیون‌ها محدوده مورد نظر به‌طور جداگانه تهیه شد. با توجه شکل ۸ (الف)، در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار را داشت و بیش‌ترین تغییرات برای این عنصر در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ مشاهده شد. از سال ۱۳۹۸ به بعد کلسیم روند نزولی پیدا کرده

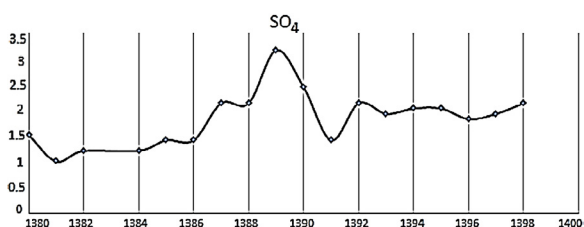
تا ۱۳۸۴، بیش‌ترین افزایش را پیدا کرد. بی‌کربنات پس از تغییرات کاهشی و افزایشی، در سال ۱۳۹۷ به بیش‌ترین مقدار خود رسید و از این سال به بعد نیز روند کاهشی یافت. تغییرات کلراید (شکل ۱۰-ب) نیز عیناً مانند بی‌کربنات بوده با این تفاوت که میزان تغییرات آن نسبت به بی‌کربنات، بسیار ملایم‌تر بود.



(ب)

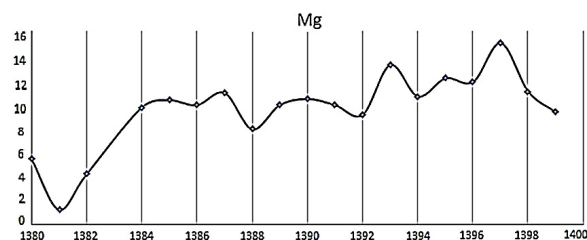
شکل ۱۰: روند تغییرات (الف) بی‌کربنات و (ب) کلراید نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۰ - ۱۴۰۰)

بررسی سولفات موجود در نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان نیز نشان داد که برای این آنیون در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۹ به ترتیب حداقل و حداکثر مقادیر ثبت شده و از سال ۱۳۹۶ به بعد، سولفات افزایش پیدا کرده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: روند تغییرات سولفات نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۳۸۰ - ۱۴۰۰)

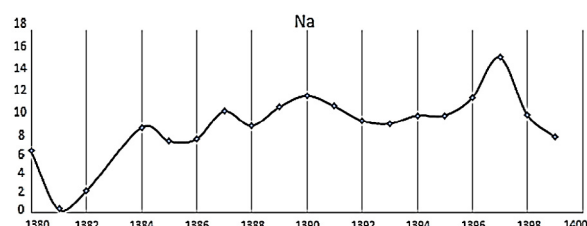
در مورد کربنات آمار و اطلاعات کافی در اختیار نبود و روند این آنیون به دلیل نواقص آماری و نبود آمار و اطلاعات لازم، به‌طور واضح و دقیق مشخص نیست. در حالت کلی، با توجه به داده‌های موجود، برای این آنیون حداقل مقدار در سال ۱۳۸۸ و حداکثر مقدار در سال ۱۳۸۰ ثبت شده است.



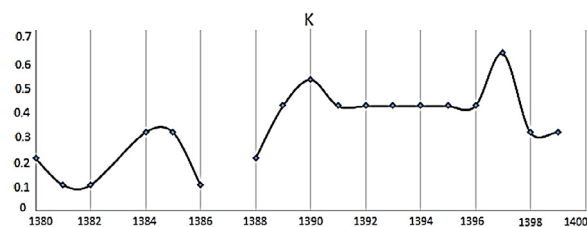
(ب)

شکل ۸: روند تغییرات (الف) کلسیم و (ب) منیزیم نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۴۰۰ - ۱۳۸۰)

روند نوسان سدیم نیز (شکل ۹-الف) در دوره آماری ۱۳۸۰-۱۴۰۰، بسیار مشابه منیزیم بوده و حداقل و حداکثر مقادیر را به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۷ داشت و از سال ۹۷ به بعد دچار کاهش شده است. روند تغییرات عنصر پتاسیم (شکل ۹-ب) در مقایسه با دیگر کاتیون‌ها، تقریباً نامحسوس بوده اما در بررسی این عنصر، مقادیر بیشینه و کمینه آن به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۸۱ (تا ۸۲) مشاهده گردید. حداکثر تغییرات پتاسیم در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ مشاهده شده است.



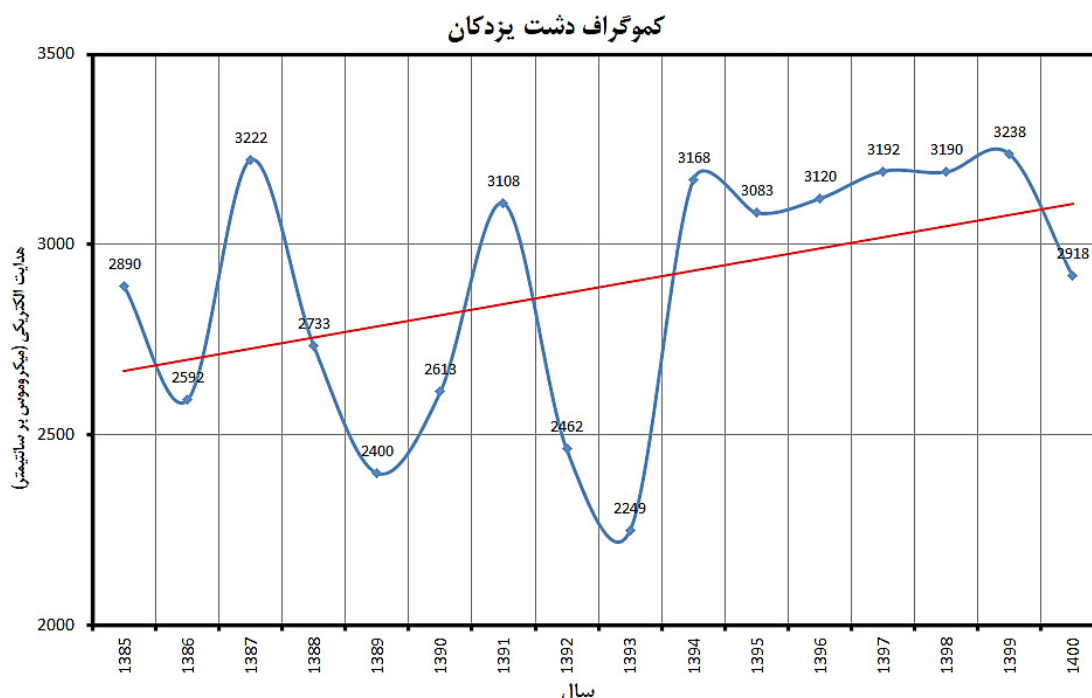
(الف)



(ب)

شکل ۹: روند تغییرات (الف) سدیم و (ب) پتاسیم نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان (بر اساس آمار سال‌های ۱۴۰۰ - ۱۳۸۰)

بررسی آنیون‌های نمونه‌های برداشتی از چاه‌های دشت موردنظر نشان داد که بی‌کربنات بالاترین میزان تغییرات یا نوسان را در مقایسه با سایر آنیون‌ها داشت (شکل ۱۰-الف). این پارامتر از ابتدای دوره آماری موردبررسی (سال ۱۳۸۰) تقریباً روند افزایشی یافته است. در سال ۱۳۸۱ کم‌ترین مقدار بی‌کربنات مشاهده شد و از همین سال



شکل ۱۲: نمودار کموگراف نمونه‌های آب چاه‌های دشت یزدکان

همبستگی را داشتند (بیش‌تر از ۰/۹) که با مطالعات سایکریشنا و همکاران [۲۵]، کورشی و همکاران [۱۹] و محمود و همکاران [۱۳] مطابقت دارد. در مورد TH نیز حداکثر و حداقل همبستگی به ترتیب با بی‌کربنات و %Na مشاهده شد که برعکس نتایج مطالعه سایکریشنا و همکاران [۲۵] بود. SAR نیز با %Na و %Na، بیش‌ترین همبستگی داشت که با پژوهش سرکار و همکاران [۲۶] و محمد و همکاران [۱۴] هم‌خوانی دارد. رسم غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی با استفاده از نمودارهای مختلف، در درک ماهیت شیمیایی کلی آب‌های زیرزمینی و تغییرات رخساره‌های هیدروشیمیایی بسیار مؤثر است. از این‌رو، روند آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست‌آمده، روند افزایشی این عناصر را آشکار نمود، گرچه مقادیر تمام این عوامل، بر اساس استانداردهای ملی و جهانی، کم‌تر از حد مجاز معین بودند. بیش‌ترین مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سال ۱۳۹۷ - ۱۳۹۸ ثبت‌شده است. بنابراین کیفیت منابع آب زیرزمینی محدوده آبخوان یزدکان از نظر غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها، شرایط بحرانی ندارد. کیفیت شیمیایی طبیعی آب‌های زیرزمینی به‌طور کلی خوب است، اما غلظت بالای تعدادی از اجزای تشکیل‌دهنده می‌تواند مشکلاتی را برای استفاده از آب ایجاد کند. از جمله این اجزاء، اسیدیته و TDS آب‌های این دشت است که با توجه به نتایج بررسی‌ها، بیش از نیمی از سال‌های مطالعاتی، این آبخوان خاصیت اسیدی داشته و میزان TDS نیز در طبقه متوسط یا نامناسب برای شرب قرار گرفته است. در حالت کلی، آبخوان یزدکان در تیپ بی‌کربنات و منیزیم قرار گرفته و خطر شوری آن زیاد است. شوری از مشکلات اصلی است که باعث محدود شدن رشد و عملکرد گیاه می‌شود. استفاده از کودها و آب باکیفیت نامناسب و

بررسی نمودار کموگراف نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان

بررسی وضعیت شوری نمونه‌های آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان بر اساس نمودار کموگراف نشان داد (شکل ۱۲) از نظر شوری آب‌های این محدوده به‌طور کلی دارای روند صعودی بوده و در سال ۱۳۹۳، با مقدار ۲۲۴۹ میکروموس بر سانتی‌متر و در سال ۱۳۸۷ با مقدار ۳۲۲۲ میکروموس بر سانتی‌متر، به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار شوری در آن اتفاق افتاده است. از سال ۱۳۹۹ نیز میزان شوری آب چاه‌های این دشت روند نزولی پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی در حوزه آبخیز یزدکان بررسی شد. برای این منظور، داده‌های لازم از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه گردید. بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان پس از تهیه برخی نقشه‌های پایه (مدل رقومی ارتفاع، شیب، کاربری اراضی، شبکه آبراهه‌ای، معادن و سنگ‌شناسی)، با استفاده از روش‌های ترسیمی (نمودارهای پایپر، شولر، استیف، دوروف و سری‌های زمانی آنیون‌ها و کاتیون‌ها) در نرم‌افزار Aq.QA انجام شد. هم‌چنین برخی از پارامترهای بررسی وضعیت کیفی نیز با استفاده از فرمول‌نویسی در نرم‌افزار اکسل به دست آمدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده شد که بخشی از این اراضی، اراضی دیم و بیش‌تر، مرتعی می‌باشند و اطراف محدوده دشت را سنگ‌های گچ و مارنی همراه با نهشته‌های تراس‌های جوان دوره‌های ترشباری و کوآترنری تشکیل می‌دهد. بررسی همبستگی بین عناصر نشان داد که TDS با EC و بی‌کربنات بیش‌ترین مقدار

investigation of the aquifer of Serow plain in West Azarbaijan province. National Congress of Irrigation and Drainage of Iran.

4. Asgharai Moghaddam, A., Nadiri, A. A., & Sadeghi Aghdam, F. 2020. Investigation of hydrogeochemical characteristics of groundwater of Naqadeh plain aquifer and heavy metal pollution index (HPI). Scientific Quarterly Journal of Geosciences, 29(115), 97-110.

5. Doneen, L. D. 1964. Notes on water quality in agriculture. Department of Water Science and Engineering, University of California, Davis.

6. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. 1979. Ground water contamination. Groundwater. Ontario. Canada, 383-456.

7. Harter, T. 2003. Groundwater quality and groundwater pollution.

8. Hosseini, A., & pourmohammad, P. 2018. Investigation of Groundwater Quality in the Area of Irrigation and Drainage Networks for Agricultural and Drinking Purposes (Case Study: Dashtebas). Iran-Watershed Management Science & Engineering, 12 (40), 51- 59.

9. Jaafarzadeh, M. S., Moghadamnia, A., Joodvi, A. and Ahmadi, A. 2023. Hydrogeochemical processes and assessment of groundwater quality in Valdian aquifer. The first crisis management event of strong Iran, Ministry of Energy, Tehran, Conference Center of National Museum of Islamic Revolution, 019371460IDME.

10. Jalees, M. I., Farooq, M. U., Anis, M., Hussain, G., Iqbal, A., & Saleem, S. 2021. Hydrochemistry modelling: evaluation of groundwater quality deterioration due to anthropogenic activities in Lahore, Pakistan. Environment, Development and Sustainability, 23(3), 3062-3076.

11. Kelley, W. P. 1940. Permissible composition and concentration of irrigation water. In Proceedings of the American society of civil engineers (Vol. 66, pp. 607-613).

12. Madene, E., Boufekane, A., Meddi, M., Busico, G., & Zghibi, A. 2022. Spatial analysis and mapping of the groundwater quality index for drinking and irrigation purpose in the alluvial aquifers of upper

شور ممکن است باعث افزایش این پارامتر شود که متعاقباً با تجمع املاح در ناحیه ریشه نیز، توانایی گیاهان برای جذب آب کاهش می‌یابد و این به‌نوبه خود، سبب کاهش محصول می‌شود. منطق بودن کاربری باغات حوزه با محدوده آبخوان و متعاقباً استفاده از برخی مواد و سموم برای درختان میوه (که عمدتاً سیب، زردآلو، گیلاس و آلبالو هستند)، می‌تواند بر افزایش مقادیر TDS و خطر شوری اثرگذار باشد. اگر کیفیت آب زیرزمینی مناسب باشد، می‌تواند محصولات باکیفیت بهتری را تحت شیوه‌های مدیریت خوب خاک و آب تولید کرد. خطر منیزیم نیز در نمونه‌های برداشتی، به مقدار بالایی به دست آمد که استفاده از این منابع آب در چنین وضعیتی، طی طولانی مدت، ممکن است به مشکلاتی چون نارسایی کلیوی منجر شود. هم‌چنین بالا بودن مقدار منیزیم می‌تواند کلوخه شدن و شکنندگی ذرات خاک را در پی داشته باشد. بر اساس نمودار شولر نیز، کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزدکان، در کلاس "نامناسب و با طعم نامطبوع" ارزیابی شد که دلیل اصلی آن به نظر می‌رسد بالا بودن مقادیر TH و TDS، باشد. بررسی لایه‌های اطلاعاتی دیگر ازجمله لایه معادن به‌عنوان پارامتر احتمالی تأثیرگذار بر کیفیت آب آبخوان، نشان داد معادن مرمریت که در محدوده روستای خاندیزج شهرستان خوی می‌باشد و فاصله بسیار کمی با محدوده یزدکان دارند، می‌تواند به‌عنوان لایه تأثیرگذار بر غلظت عناصر محسوب شوند. اما اطمینان از این موضوع نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر و بیش‌تری دارد که در این تحقیق به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دقیق و لازم، امکان بررسی اثر معدن، میسر نگردید. با توجه به وضعیت نه‌چندان مناسب آب‌های زیرزمینی این آبخوان، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق در جهت پیشگیری از وخیم‌تر شدن وضعیت موجود و در مرحله بعدی ارائه راهکارهایی در جهت اصلاح کیفیت این آبخوان می‌باشد. به‌طورکلی، مصرف آب‌های زیرزمینی باکیفیت پایین با روش‌های تصفیه نامناسب، اثرات خوردگی یا پوسته‌پوسته شدن را افزایش داده و تأمین آب آشامیدنی سالم را تهدید می‌کند. ازاین‌رو بررسی‌های مرتبط با درک ویژگی‌های هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی و نیز فرایندهای ژئوشیمیایی دخیل، به استفاده مؤثر، حفاظت و پیش‌بینی تغییرات در محیط این منابع ارزشمند، کمک می‌کند.

منابع

1. Ali, S. A., & Ali, U. 2018. Hadrochemical characteristics and spatial analysis of groundwater quality in parts of Bundelkhand Massif, India. Applied water science, 8(1), 1-15.

2. Anbazhagan, S., & Jothibas, A. 2016. Groundwater sustainability indicators in parts of Tiruppur and Coimbatore districts, Tamil Nadu. Journal of the Geological Society of India, 87, 161-168.

3. Ansari, V. and Kerami, G. 2014. Hydrogeochemical

22. Ravikumar, P., Somashekar, R. K., & Angami, M. 2011. Hydrochemistry and evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in the Markandeya River basin, Belgaum District, Karnataka State, India. *Environmental monitoring and assessment*, 173(1), 459-487.
23. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils (U.S. Salinity Laboratory). U.S. Department of Agriculture, Hand Book, p 60
24. Sabbaghzadeh, H., Khalki, M., Kavehkar, S., Yari, R., Zare, F., Javadi, S. 2018. Introduction of underground water indicators in determining the development and sustainability of water resources. The second national conference of applied research on water resources of Iran, Zanjan Province Regional Water Company, 10-1.
25. Saikrishna, K., Purushotham, D., Sunitha, V., Reddy, Y. S., Linga, D., & Kumar, B. K. (2020). Data for the evaluation of groundwater quality using water quality index and regression analysis in parts of Nalgonda district, Telangana, Southern India. *Data in brief*, 32, 106235.
26. Sarkar, M., Pal, S. C., & Islam, A. R. M. T. 2022. Groundwater quality assessment for safe drinking water and irrigation purposes in Malda district, Eastern India. *Environmental Earth Sciences*, 81(2), 52.
27. Selvakumar, S., Ramkumar, K., Chandrasekar, N., Magesh, N. S., & Kaliraj, S. 2017. Groundwater quality and its suitability for drinking and irrigational use in the Southern Tiruchirappalli district, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 7, 411-420.
28. Singh, U. V., Abhishek, A., Singh, K. P., Dhakate, R., & Singh, N. P. 2014. Groundwater quality appraisal and its hydrochemical characterization in Ghaziabad (a region of indo-gangetic plain), Uttar Pradesh, India. *Applied Water Science*, 4, 145-157.
29. Tyagi, S., & Sarma, K. 2020. Qualitative assessment, geochemical characterization and corrosion-scaling potential of groundwater resources in Ghaziabad district of Uttar Pradesh, India. *Groundwater for sustainable development*, 10, 100370.
- and middle Cheliff basin (north-west Algeria). *Water Supply*, 22(4), 4422-4444.
13. Mahmoud, N., Zayed, O., & Petrusevski, B. 2022. Groundwater Quality of Drinking Water Wells in the West Bank, Palestine. *Water*, 14(3), 377.
14. Mohammed, M. A., Szabó, N. P., & Szűcs, P. 2022. Multivariate statistical and hydrochemical approaches for evaluation of groundwater quality in north Bahri city-Sudan. *Heliyon*, 8(11), e11308.
15. Naderi, K., Nadiri, A. A., Asghari Moghaddam, A., & Kord, M. 2018. A new approach to determine probable land subsidence areas (Case study: The Salmas plain aquifer). *Iranian journal of Ecohydrology*, 5(1), 85-97.
16. Nagaraju, A., Muralidhar, P., & Sreedhar, Y. 2016. Hydrogeochemistry and Groundwater Quality Assessment of Rapur Area, Andhra Pradesh, South India. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 88-99.
17. Onwuka, O. S., Ezugwu, C. K., & Ifediegwu, S. I. 2019. Assessment of the impact of onsite sanitary sewage system and agricultural wastes on groundwater quality in Ikem and its environs, south-eastern Nigeria. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(1), 65-81.
18. Ouyang, Y. 2012. Estimation of shallow groundwater discharge and nutrient load into a river. *Ecological engineering*, 38(1), 101-104.
19. Qureshi, S. S., Channa, A., Memon, S. A., Khan, Q., Jamali, G. A., Panhwar, A., & Saleh, T. A. 2021. Assessment of physicochemical characteristics in groundwater quality parameters. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101877.
20. Ravikumar, P., & Somashekar, R. K. 2013. A geochemical assessment of coastal groundwater quality in the Varahi River basin, Udupi District, Karnataka State, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(6), 1855-1870.
21. Ravikumar, P., & Somashekar, R. K. 2017. Principal component analysis and hydro chemical facies characterization to evaluate groundwater quality in Varahi River basin, Karnataka state, India. *Applied Water Science*, 7(2), 745-755.



Abstract

Evaluation of the Groundwater Quality in Yazdekan Plain

M. Sadat Jaafarzadeh¹, A.R Moghaddamnia^{*2}, A. Joodavi³ and A. Ahmadi⁴

Received: 2023/05/02 Accepted: 2023/04/20

Unhealthy and low-quality water resources, by affecting human health, may lead to many acute and chronic diseases. Therefore, water resources management, especially groundwater, which is one of the main sources of water used in cities and villages, is very important. In the present study, groundwater quality data of Yazdekan plain were collected and analyzed to investigate the existing situation of the groundwater for the last two decade (2001-2021). For this purpose, graphical methods (Piper, Schuler, Durov and Stiff diagrams and anionic / cationic time series) and some of qualitative evaluation indices (permeability and Kelly indices, SAR and Magnesium Hazard, sodium percentage and sodium carbonate residue) were used. According to the results, the water type of the Yazdekan Plain groundwater, evaluated magnesium bicarbonate and according to the TDS amount, was evaluated as unsuitable for drinking. Based on the Piper diagram, high salinity was observed. According to Schuler's diagram, this aquifer is classified as "unsuitable for drinking". The values of the indices were calculated as PI:48.1, KI:0.5, MH:77.7, SAR:492×10⁻³, Na%:28.6 and RSC:3, which indicate the high risk of magnesium and sodium carbonate residue, but in terms of permeability, potassium and sodium percentage, was observed in the appropriate class. Considering the not very desirable condition of this aquifer quality, there is a need for detailed planning to prevent the deterioration of the existing situation and in the next step to provide solutions to improve the quality of this aquifer.

Keywords: Aquifer quality assessment, Graphical methods, Water quality indices, Qarasu river, Yazdekan aquifer.

1. Postdoc researcher (Corresponding Author), Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran.

2. Associate Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran. *Corresponding author Email: a.moghaddamnia@ut.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Hydro-informatics, East Water and Environmental Research Institute (EWERI), Mashhad, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Civil engineering, Isfahan University, Isfahan, Iran.