تجزیه و تحلیل فاکتورهای کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند جهت کشاورزی و شرب

عباس تخم افشان [۱*]، علی فرزادیان [۱]

۱*- نویسنده مسئول، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد

*ایمیل نویسنده مسئول : fanLct@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۰/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

چکیده

هدف این مقاله، بررسی تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند جهت کشاورزی و شرب است تا با کاربرد روش‌های ترسیمی موجود در نرم‌افزار AQQA توان راهکار مناسبی برای مدیریت دشت ارائه کرد. در این پژوهش ۱۹ روستا از شهرستان فراشبند در استان فارس انتخاب و پارامترهای فیزیکوشیمیایی همراه با تغییرات کمی در منابع آب زیرزمینی طی ۱۳۹۵ آنالیز شد. نتایج نشان داد بر اساس دیاگرام ویلکوکس در سال ۹۵ منطقه جنوب برچشمه و کنار مالک در کلاس C3S1 با آب شور و قابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد. بقیه مناطق با کلاس C4S1 و C4S2 با کیفیت خیلی شور برای کشاورزی نامناسب است. در طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی فراشبند برای کشاورزی بر اساس WHO مشخص شد که حدود ۵۶/۲ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند از کیفیت نسبتاً مطلوب برای کشاورزی برخوردار می‌باشند. آب زیرزمینی منطقه بر اساس استاندارد ایران برای شرب مشخص کرد که کل آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند کیفیت خوب و مجاز بر اساس مقدار اسیدیته، مقدار سولفات و مقدار سختی برای شرب برخوردار می‌باشند؛ اما ازنظر مقدار TDS تنها در محدوده کوچکی آب‌های زیرزمینی دشت دارای کیفیت قابل‌قبول برای شرب می‌باشند.

کلمات کلیدی

"آب زیرزمینی"،" استاندارد بین‌المللی"، "تغییرات کمی و کیفی"، "دشت فراشبند"، "Aquachem"

Analysis of Groundwater Quality Factors in Farashband Area for Agriculture and Drinking

Abbas Tokhm Afshan [1, *], Ali Farzadian [1]

1. MSc. of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Firoozabad Branch, Iran

*Email Address: fanLct@yahoo.com

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the analysis and analysis of groundwater quality factors in Farashband region for agriculture and drinking so that by using the drawing methods available in AQQA software, it is possible to provide a suitable solution for plain management. In this study, 19 villages from Farashband city in Fars province were selected and physicochemical parameters along with quantitative changes in groundwater resources were analyzed during 2016. The results showed that, based on the Wilcox diagram in 1995, the southern region is the source and the owner of the C3S1 class with salt water and can be used for agriculture. The rest of the C4S1 and C4S2 class areas are of very poor quality for unsuitable agriculture. In the classification of the quality of Farashband groundwater for agriculture based on WHO, it was found that about 56.2% of groundwater in Farashband region has a relatively favorable quality for agriculture. The groundwater of the region according to the Iranian standard for drinking determined that all the groundwater of Farashband region has good and permitted quality based on the amount of acidity, the amount of sulfate and the amount of hardness for drinking; However, in terms of TDS value, only in a small area of groundwater, the plains have acceptable quality for drinking.

Keywords

“Groundwater”, “Qualitative and Quantitative Changes”, “International Standard”, “Aquachem”, “Cross-Plain Plain”

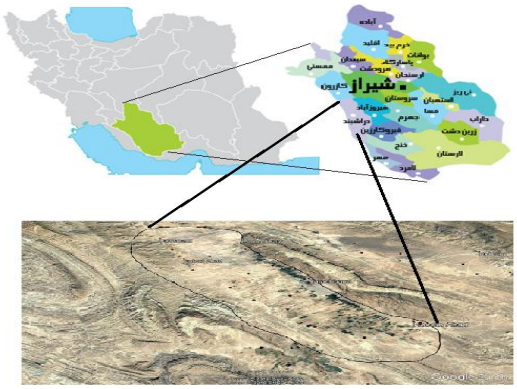
۱- مقدمه

امروزه کمبود منابع آب با کیفیت مناسب در بخش کشاورزی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از موضوعات اساسی موردبحث است. در طول سالیان گذشته اعمال مدیریت‌های نادرست در دشت‌ها باعث بروز مشکلات فراوان ناشی از افت آب و یا اثرات ناشی از استفاده‌های غیر بهینه از این منابع گردیده است (ملکوتیان و مؤمنی، ۱۳۹۱). استفاده از روش‌های ترسیمی مانند نمودارهای پایپر و شولر و ویلکوکس برای بررسی وضعیت کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از روش‌های کاربردی بوده که مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (شریعتی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اساپا و همکاران، ۲۰۱۴). کاهش منابع آب سطحی در دسترس به دلیل خشک‌سالی‌های اخیر و روی آوردن به استفاده از منابع آب زیرزمینی در اکثر نقاط خشک و نیمه‌خشک از یکسو، افزایش نفوذ فاضلاب‌های شهری و کشاورزی و صنعتی به منابع آب زیرزمینی از دگر سو باعث تغییر در کیفیت این آب‌ها گردیده است (میرزایی و سلگی، ۱۳۹۴). این تحقیق، باهدف بررسی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت فراشبند با استفاده از مدل Aq.QA طراحی شد. کشور ما به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن در زمره کشورهای اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و در این شرایط به دلیل رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی (کشاورزی و صنعت) تقاضا برای آب رو ز به‌روز افزایش می‌یابد. نظری به گذشته و تاریخ کشور نشان می‌دهد که برای تعدیل مسائل ناشی از محدودیت منابع آبی ابتکارات و ابداعات متنوعی درزمینه بهره‌برداری از این منابع، چه سطحی و چه زیرزمینی در ابعاد سازه‌ای و مدیریتی موردتوجه بوده است که احداث قنوات و سدهای مخزنی و انحرافی، اصلاح شبکه‌های آب در بعد سازه‌ای و مدیریتی عرضه آب موردتوجه بوده است (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۶). ازجمله مطالعات صورت گرفته در این زمینه می¬توان به مطالعات برزگر و مسعودی (۱۳۹۸) اشاره کرد که در ارزیابی شدت تخریب منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل اصلاحی بیابان‌زایی IMDPA و GIS در دشت شیراز استان فارس بیان کردند که در حدود ۵۵ درصد از منابع آب زیرزمینی قسمت اصلی دشت شیراز در کلاس خطر متوسط و در حدود ۳۰ درصد در کلاس خطر شدید و خیلی شدید تخریب قرار دارند. شاخص هدایت الکتریکی بیشترین تأثیر را در تخریب منابع آب زیرزمینی دشت شیراز داشته است. هم‌چنین مشخص شد که مدل پیشنهادی کارایی خوبی برای برآورد شدت تخریب منابع آب زیرزمینی دارد. لذا پیشنهاد می‌شود این مدل در مناطق مشابه برای تعیین شدت تخریب منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بیگلری و سیادی (۱۳۹۶) که کیفیت آب خروجی از ۱۰ قنات در شهرستان بم با استفاده از مدل نرم‌افزاری aqQA بررسی کردند. بدین منظور، اندازه‌گیری ۹ پارامتر مرتبط با کیفت آب در چهارفصل از سال صورت پذیرفت و داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از مدل مذکور ارزیابی شد. بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده از اجرای نرم‌افزار و مقایسه نقشه‌های شاخص کیفیت آب زیرزمینی و کلاس‌بندی آب توسط روش شولر مشخص شد که آب این قنات‌ها از نوع کربناته بوده و از کیفیت مناسبی برای مصارف کشاورزی برخوردار است. اویدله (۲۰۱۹) در مقاله ای با عنوان استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی در زمین‌های زیرزمینی Ado-Ekiti، SW نیجریه بیان کرد که منابع آب زیرزمینی در زمین سنگ سخت محدود و معمولاً محدود به ویژگی‌های دیاستروفیک است. اکتشاف آب‌های زیرزمینی در زمین نیاز به تعیین دقیق ویژگی‌های این ویژگی‌ها دارد. روش سنجش از راه دور و GIS به‌عنوان روشی برای موجودی اولیه برای فهمیدن شاخص پتانسیل آب زیرزمینی و تسهیل در تعیین مناطق موردبررسی مناسب برای تحقیقات بیشتر هیدرو ژئوفیزیکی خدمت می‌کند. الوبید و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان توزیع جغرافیایی کیفیت آب زیرزمینی در کشور گدارف با استفاده از GIS و شاخص کیفیت آب آشامیدنی (DWQI) بیان کردند که GIS و سنجش‌ازدور، ابزارهای فشرده‌ای برای عملکرد و تجزیه‌وتحلیل داده‌های مکانی مرتبط با کنترل منابع آب زیرزمینی هستند. آب‌های زیرزمینی در این تحقیق توسط یون‌های سدیم و بی‌کربنات کنترل‌شده است که ترکیب نوع آب را به‌عنوان Na HCO3 تعیین می‌کند. بااین‌حال، از توطئه‌های نمودار پیپر. نتایج نمونه‌ها ۴۰٪ Na-Mg-HCO3 و ۳۵٪ انواع Na-HCO3 را نشان داد. نتیجه نشان می‌دهد که چندین نمونه از آب‌های زیرزمینی یافت شده است که برای اهداف آشامیدنی در مناطق Fa-Rh و Qa-Qu مناسب است.

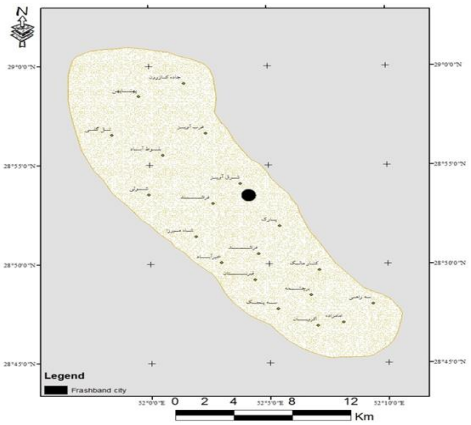
۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه در محدوده فراشبند در حوزه جنوبی استان فارس در یک ناحیه گرم و خشک و کم باران قرار دارد و کمترین ارتفاع از سطح دریا در این دشت ۷۰۶ متر و متوسط بارندگی در طول دوره آماری ۲۱ ساله معادل ۲۹۳ میلی‌متر بوده است.



شکل ۱- الف) نقشه موقعیت منطقه فراشبند در استان فارس



ب) موقعیت جغرافیایی چاهه‌ای نمونه‌برداری در منطقه فراشبند

شکل ۱: منطقه موردمطالعه و موقعیت چاهه‌ای موردمطالعه

- **روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی**

بر اساس آخرین آماربرداری انجام‌شده از منابع آب استان فارس، در دشت فراشبند تعداد ۱۳۵۸ حلقه چاه، ۷ رشته قنات و ۲۷ دهنه چشمه موجود است که متأسفانه با تداوم خشک‌سالی‌ها در چند سال گذشته، تعداد ۱۷۸ حلقه چاه، یک دهنه چشمه و یک‌رشته از قنوات خشک‌شده‌اند. نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ منطقه به‌عنوان نقشه‌های پایه تحقیق تهیه گردید و محل چاه¬های نمونه‌برداری از آب زیرزمینی (چاهه‌ای مشاهده‌ای و پیزومتری منطقه) بر روی نقشه مشخص شد. تقریباً یک چاه برای بررسی تغییرات عمق آب زیرزمینی و بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در منطقه مشخص گردید. اساس این انتخاب‌ها طول دوره آماری مناسب و پراکنش مناسب در کل منطق بود. محل چاه ها به‌وسیله GPS مشخص شد و به نقشه پایه اضافه گردید. اطلاعات کمی چاه¬ها در یک دوره آماری ۱۵ ساله (از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵) و اطلاعات کیفی در یک دوره ۷ ساله (از ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵) تهیه و جهت بررسی تجزیه‌وتحلیل شدند. این اطلاعات شامل عمق آب زیرزمینی و کیفیت آب: ۱- هدایت الکتریکی آب (EC 2- مجموع املاح محلول (TDS 3- اسیدیته 4 (PH- درصد سدیم محلول (SSP 5- نسبت جذبی سدیم (SAR 6- سختی کل (TH 7- کربنات ۸- بیکربنات ۹- کلراید ۱۰- سولفات ۱۱- کلسیم ۱۲- منیزیم ۱۳- سدیم ۱۴-پتاسیم ۱۵- کربنات سدیم باقیمانده (RSC). به‌منظور مطالعه کیفیت آب، اطلاعات شیمیایی به‌دست‌آمده در مورد مناسب بودن برای آبیاری و شرب مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳- نتایج

نتایج تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند بر اساس آمار سال ۹۵

در سال ۹۵ میانگین هدایت الکتریکی حدود ۶۱۰۹ میکروموس بر سانتیمتر است. در مورد مجموع مواد انحلالی میانگین آن meq/l 3468است. اسیدیته به‌طور متوسط ۷/۵۳ است. مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم و سدیم و پتاسیم به‌طور متوسط ۰/۹، ۱/۲، ۱/۲ و ۰/۰۱ میلی اکی والان در لیتر است. مقدار متوسط آنیون‌ها شامل بیکربنات، کلراید و سولفات به ترتیب برابر ۰/۰۷، ۱/۱ و ۰/۴ است (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصه‌های آماری مؤلفه‌های مختلف شیمیایی برحسب meq/l در سال ۹۵

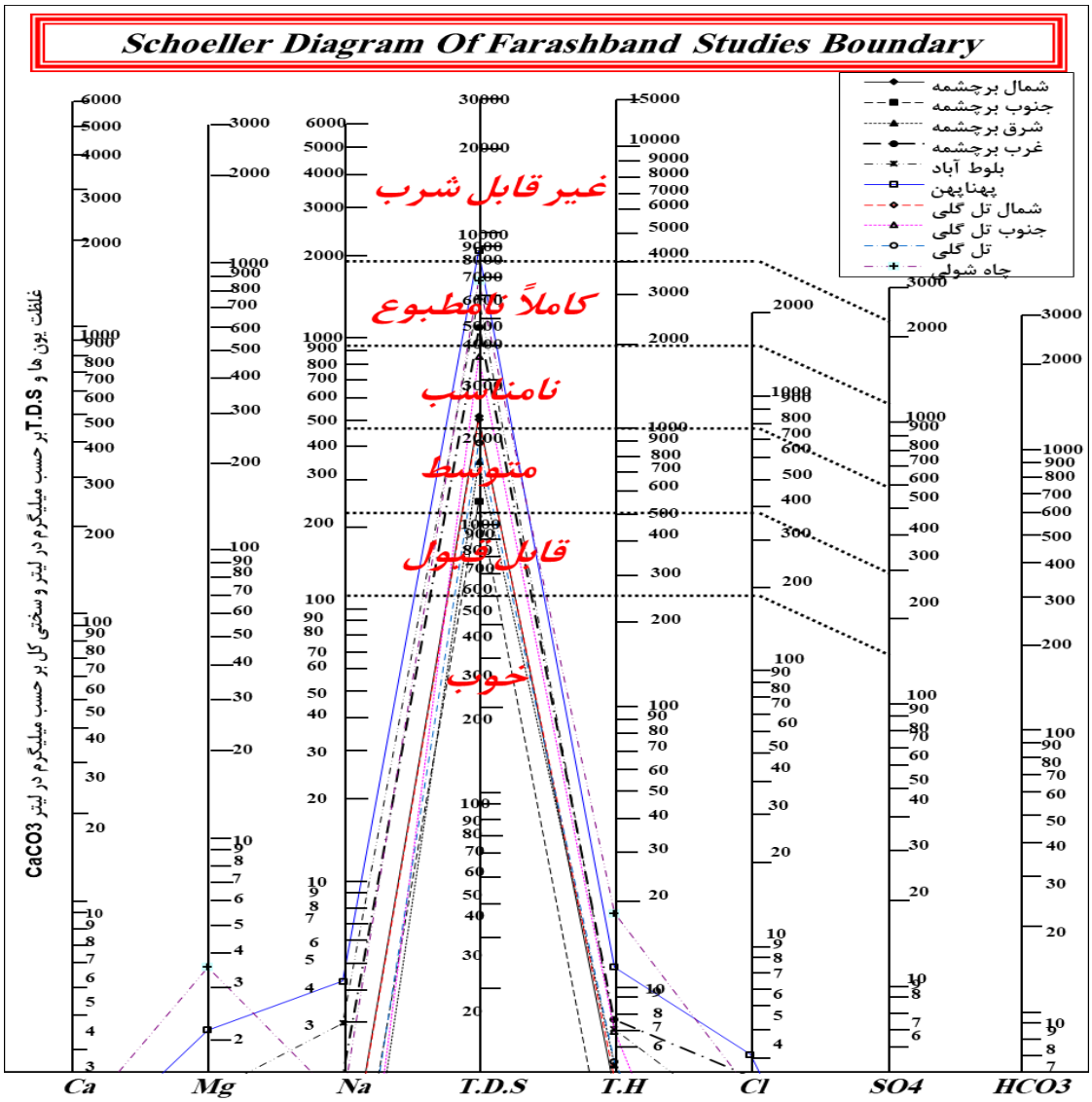
پارامتر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4
تعداد نمونه‌ها	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
میانگین حسابی	۶۱۰۹/۵۶	۳۴۶۸/۵	۷/۵۳	۰/۹	۱/۲	۱/۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۱/۱	۰/۴
انحراف معیار	۴۱۶۷/۶	۲۲۶۴/۹	۰/۳	۰/۵۷	۰/۸۳	۱/۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲	۰/۲۵
ضریب تغییرات (درصد)	۶۸/۲۱	۶۵/۳	۳/۹۸	۶۳/۳۳	۶۹/۱۷	۱۰۰	۱۰۰	۲۸/۵۷	۱۰۹/۰۹	۶۲/۵
حداکثر	۱۳۹۰۰	۸۶۴۰	۸/۲۳	۲	۳/۴۴	۴/۱۹	۰/۰۳	۰/۱۱	۳/۹۲	۰/۸۶
حداقل	۱۴۳۰	۶۰۰	۷/۰۲	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۰۶	۰	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۹
مد	مد ندارد	مد ندارد	۷/۷۲	۰/۵	۲/۰۷۵	مد ندارد	۰/۰۰۳۱	۰/۰۵۶	۰/۳۴۸	مد ندارد
میانه	۴۴۰۸/۵	۶۵/۲۳	۷/۵۱	۰/۷۱	۱/۰۶	۰/۶۲	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۶	۰/۳۲
دامنه تغییرات	۰/۱۲۴۷۰	۰/۸۰۴۰	۱/۲۱	۱/۸۴	۳/۲۷	۴/۱۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۳/۸۵	۰/۷۷
چولگی	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۳۵	۰/۸۲	۱/۱۸	۱/۲۳	۱/۷۲	۰/۹۱	۱/۲۹	۰/۶۸
واریانس	۱/۷E+۰۷	۵E+۰۶	۰/۰۹	۰/۳۲	۰/۶۸	۱/۴۴	۰	۰	۱/۴۴	۰/۰۶

درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای شرب در منطقه فراشبند در سال ۹۵ در جدول (۲) ارائه‌شده است. حدود ۱۰۰ درصد آب‌های منطقه فراشبند در این سال ازنظر مجموع مواد انحلالی در گروه نامناسب و کاملاً نامطبوع و غیرقابل‌شرب قرار می‌گیرد. ۱۰۰ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند ازنظر کلر و سدیم و سولفات در کلاس خوب برای شرب قرار دارند.

جدول ۲: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای شرب در منطقه فراشبند در سال ۹۵

طبقه‌بندی آب	TDS	TH	PH	Na	Cl	So4
خوب	۰	۹۴/۴۴	۵۵/۵۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
قابل‌قبول	۵/۵۶	۵/۵۶	۳۳/۳۳	۰	۰	۰
متوسط	۲۲/۲۲	۰	۱۱/۱۱	۰	۰	۰
نامناسب	۳۸/۸۹	۰	۰	۰	۰	۰
کاملاً نامطبوع	۲۷/۷۸	۰	۰	۰	۰	۰
غیرقابل‌شرب	۵/۵۶	۰	۰	۰	۰	۰

۵۵ درصد ازنظر اسیدیته و ۹۴/۴ درصد ازنظر سختی در طبقه خوب برای شرب قرار دارند. حدود ۳۳ درصد ازنظر اسیدیته و ۵/۵ درصد ازنظر سختی در کلاس قابل‌قبول قرار دارند. تنها ازنظر مجموع مواد انحلالی آب زیرزمینی فراشبند دارای کیفیت نامناسب برای شرب است. حدود ۳۴ درصد چاه‌های نمونه‌برداری کیفیت کاملاً نامطبوع و غیرقابل‌شرب دارند و ۳۸ درصد کیفیت نامناسب برای شرب دارند.



شکل ۲: نمودار طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در منطقه فراشبند در سال ۹۵

بر اساس جدول (۳) ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف ازنظر طبقه‌بندی هیل شامل بیکربنات کلسیم، سولفات کلسیم، کلرید منیزیم، کلرید کلسیم و کلرید سدیم است. در بین این ترکیبات، بیکربنات کلسیم و سولفات منیزیم تقریباً در تمام بخش‌های منطقه فراشبند دیده می‌شود. کلرید سدیم در مناطقی مانند غرب برچشمه، بلوط آباد، پهناپهن، حسین‌آباد بالا است و در سایر مناطق دیده نمی‌شود.

جدول ۳: ترکیب شیمیایی فرضی آب (املاح محلول) به روش هیل Hale برحسب میلی‌گرم در لیتر

محل نمونه‌برداری	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Mg(CL)_2$	NaCl	محل نمونه‌برداری	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Mg(CL)_2$
شمال برچشمه	۴/۵۵	۹/۱۴	۱۲/۰۸	۰	۰	چاه شولی	۳/۶۴	۲۲/۲۹	۶۹/۵۹	۷۷/۰۷
جنوب برچشمه	۵/۸۵	۱۴/۰۱	۴/۰۳	۰	۰	حسین‌آباد	۴/۲۹	۳۰/۴۲	۰	۳۹/۵۸
شرق برچشمه	۳/۹	۱۷/۵۱	۳/۸۶	۱۳/۲۶	۰	شمال حسین‌آباد	۳/۹	۳۸/۲۹	۴۸/۳۳	۰
غرب برچشمه	۴/۵۵	۳۶/۵۹	۳۶/۴۶	۵۱/۳۸	۸۹/۳۲	دهنو	۶/۵	۵۴	۷/۰۱	۳۱/۹۷
بلوط آباد	۹/۱۱	۲۹/۰۷	۱۱/۷	۵۹/۲۹	۳۳/۵۹	دهنو	۵/۲	۶/۲۹	۹/۰۲	۰
پهناپهن	۷/۸	۴۱/۸	۲۹/۹۷	۹۸/۸۱	۷۶/۰۵	کنار مالک	۵/۲	۶/۵۳	۰	۴/۴۹
شمال تل گلی	۵/۲	۲۱/۰۳	۷/۰۵	۱۴/۶۷	۰	کنار مالک	۴/۵۵	۲۰/۸۶	۵۱/۷۲	۰
جنوب تل گلی	۳/۹	۵۶/۹۹	۱۶/۱۱	۰	۰	کنار مالک	۷/۱۵	۲۷	۱۰/۵۶	۴
تل گلی	۷/۱۵	۱۴/۷۱	۱۰/۸۷	۷/۲۵	۰	گنبد	۵/۸۵	۱۹/۲۱	۲۳/۶۴	۱۶/۳۳

در بررسی سختی آب زیرزمینی منطقه فراشبند در سال ۹۵ مشخص شد که بخش‌های شمال حسین‌آباد، چاه شولی، پهناپهن و دهنو دارای آب سخت هستند. در مناطقی مانند برچشمه، تل گلی و کنار مالک آب زیرزمینی سبک است. بررسی کیفیت آب برای مصارف صنعتی نشان می‌دهد که تمام قسمت‌های دشت آب نسبتاً اسیدی و دارای خورندگی زیادی می‌باشند.

جدول ٤: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس سختی کل در سال ۹۵

محل نمونه‌برداری	سختی کل	سختی موقت	سختی دائم	کیفیت آب (سختی کل)	محل نمونه‌برداری	سختی کل	سختی موقت	سختی دائم	کیفیت آب (سختی کل)
شمال برچشمه	۶۲/۷۵	۵/۶	۵۷/۱۵	سبک	چاه شولی	۲۵۱/۲۴	۴/۴۸	۲۴۶/۷۶	سخت
جنوب برچشمه	۲۸/۱۷	۷/۲	۲۰/۹۷	سبک	حسین‌آباد	۸۶/۴۵	۵/۲۸	۸۱/۱۷	نسبتاً سخت
شرق برچشمه	۶۹/۹۶	۴/۸	۶۵/۱۶	سبک	شمال حسین‌آباد	۲۰۲/۳۴	۴/۸	۱۹۷/۵۴	سخت
غرب برچشمه	۱۱۵/۷۱	۵/۶	۱۱۰/۱۱	نسبتاً سخت	دهنو	۱۵۲/۴	۸	۱۴۴/۴	سخت
بلوط آباد	۹۸/۹۳	۱۱/۲	۸۷/۷۳	نسبتاً سخت	دهنو	۴۹/۴۷	۶/۴	۴۳/۰۷	سبک
پهناپهن	۱۶۴/۸۹	۹/۶	۱۵۵/۲۹	سخت	کنار مالک	۲۰/۷	۶/۴	۱۴/۳	سبک
شمال تل گلی	۶۵/۹۶	۶/۴	۵۹/۵۶	سبک	کنار مالک	۸۸/۳۶	۵/۶	۸۲/۷۶	نسبتاً سخت
جنوب تل گلی	۱۲۲/۴۲	۴/۸	۱۱۷/۶۲	نسبتاً سخت	کنار مالک	۱۱۴/۴۵	۸/۸	۱۰۵/۶۵	نسبتاً سخت
تل گلی	۷۴/۱۵	۸/۸	۶۵/۳۵	سبک	گنبد	۱۰۶/۱۷	۷/۲	۹۸/۹۷	نسبتاً سخت

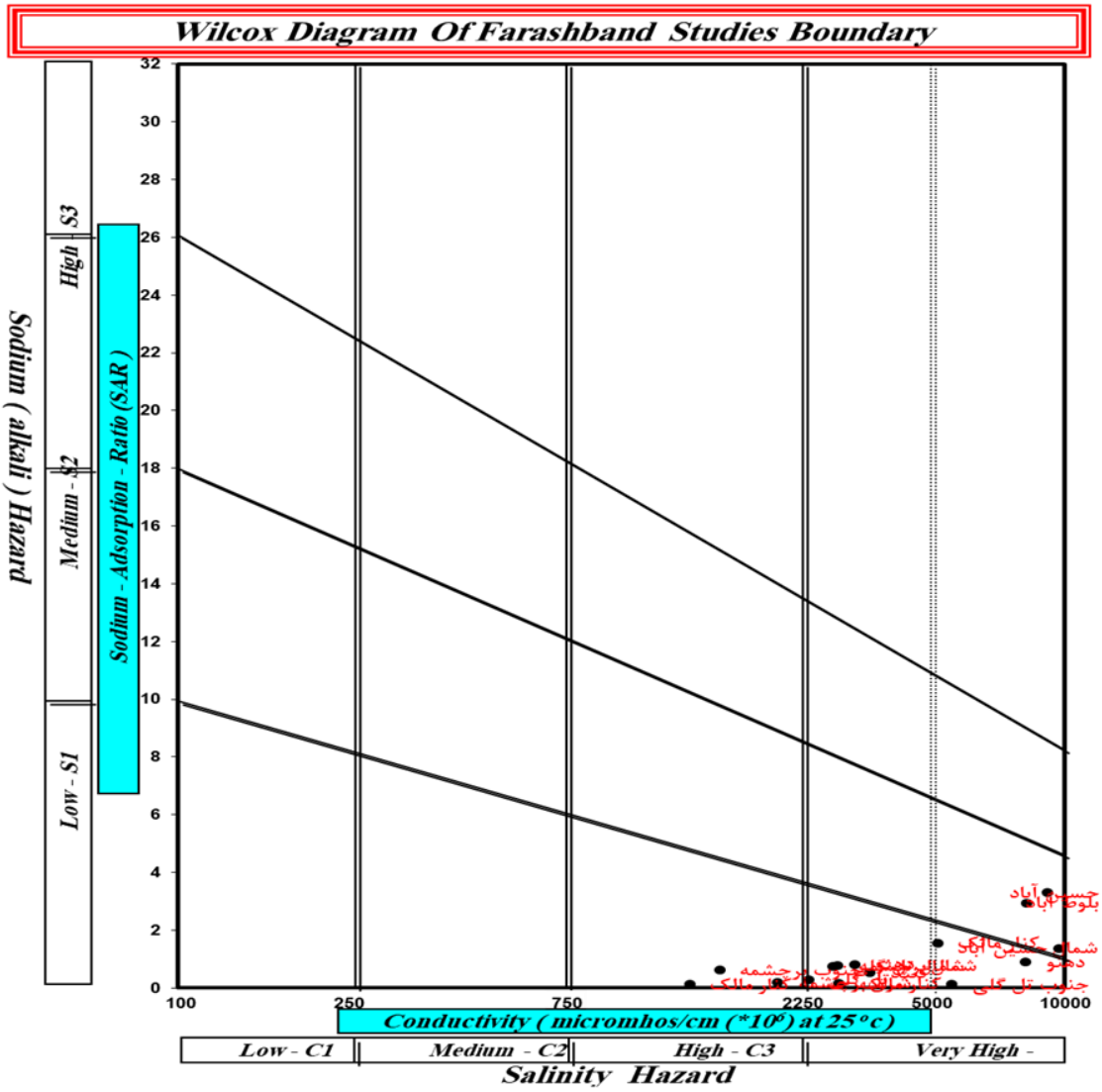
جدول ٥: طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف صنعتی در سال ۹۵

محل نمونه‌برداری	قلیائیت برحسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	PHs	PH	PHs-PH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
شمال برچشمه	۱۴/۴۵۲۷۹	۱۲	۱۱/۳۳	۹/۱	۷/۷۲	۱/۳۸	خورنده
جنوب برچشمه	۷/۷۰۶۰۶	۸	۱۱/۳۱	۹/۵	۷/۷۲	۱/۷۸	خورنده
شرق برچشمه	۳/۷۷۱۰۹	۷/۵	۱۱/۳۲	۹/۹	۷/۲۳	۱/۶۷	خورنده
غرب برچشمه	۴۴/۳۲۱۵۹	۲۵	۱۱/۳۵	۸/۳	۷/۶۵	۰/۶۵	خورنده
بلوط آباد	۶۸/۰۶۶۰۹	۱۵	۱۱/۳۵	۸/۳	۷/۵۱	۰/۷۹	خورنده
پهناپهن	۹۷/۷۵۵۰۹	۲۵	۱۱/۳۶	۸	۷/۳۸	۰/۶۲	خورنده
شمال تل گلی	۱۴/۲۰۶۰۴	۱۰	۱۱/۳۳	۹/۲	۷/۷۸	۱/۴۲	خورنده
جنوب تل گلی	۳/۲۸۹۹۸	۴۰	۱۱/۳۴	۹/۲	۷/۲۵	۱/۹۵	خورنده
تل گلی	۶/۰۹۵۲۴	۱۰	۱۱/۳۲	۹/۵	۷/۴۱	۲/۰۹	خورنده
چاه شولی	۳۵/۱۳۳۲۵	۳۲/۵	۱۱/۳۵	۸/۳	۷/۸	۰/۵	خورنده
حسین‌آباد	۷۱/۳۲۸۲۹	۱۰	۱۱/۳۵	۸/۵	۷/۵۶	۰/۹۴	خورنده
شمال حسین‌آباد	۴۵/۵۰۷	۴۰	۱۱/۳۵	۸/۱	۷/۵	۰/۶	خورنده
دهنو	۲۵/۹۴۳۵۸	۲۰	۱۱/۳۳	۸/۶	۷/۴۶	۱/۱۴	خورنده
دهنو	۱۳/۶۷۸۴۸	۷/۵	۱۱/۳۳	۹/۳	۷/۳۸	۱/۹۲	خورنده
کنار مالک	۱/۳۰۵۹۸	۳/۲	۱۱/۳۳	۱۰/۷	۷/۲۵	۳/۴۵	خورنده
کنار مالک	۳۴/۰۹۹۵۸	۲۸	۱۱/۳۴	۸/۴	۷/۷۸	۰/۶۲	خورنده
کنار مالک	۳/۷۷۲۰۹	۱۳/۵	۱۱/۳۲	۹/۶	۷/۰۵	۲/۵۵	خورنده
گنبد	۱۲/۶۰۵۸۶	۱۵/۶	۱۱/۳۳	۹	۷/۰۲	۱/۹۸	خورنده

بر اساس دیاگرام ویلکوکس در سال ۹۵ منطقه جنوب برچشمه و کنار مالک در کلاس C3S1 با آب شور و قابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد. بقیه مناطق با کلاس C4S1 و C4S2 با کیفیت خیلی شور برای کشاورزی نامناسب است (جدول ۶ و شکل ۴). در این بین منطقه احمدآباد با طبقه نامناسب‌ترین آب را دارا می‌باشند. با بررسی به‌عمل‌آمده توسط (aGupta and Pahaw,1981) از مزارع ۹ منطقه ایالت هاریانای هندوستان نشانگر کاربرد وسیع از آب‌های شور زیرزمینی کم‌عمق ($Ec \leq 8ds/m$) برای آبیاری است. در چهار منطقه آب‌های شور صرفاً برای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرند و در ۵ منطقه دیگر آن را پس از ترکیب با آب شیرین کانال و یا به‌طور متناوب با آب کانال استفاده می‌کنند. ظاهراً کاهش ۳۰ تا ۴۰٪ در عملکرد محصول موردقبول کشاورزان بوده و استفاده از آب‌های شور حتی به‌عنوان تنها منبع موجود کاربرد موفقیت‌آمیزی برای آبیاری داشته است.

جدول ٦: طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی در سال ۹۵

محل نمونه‌برداری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی	محل نمونه‌برداری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
شمال برچشمه	۰/۷۸	۳۰۸۳	C4-S1	خیلی شور – نامناسب	چاه شولی	۰/۹۳	۱۲۵۶۱	C4-S2	خیلی شور – نامناسب
جنوب برچشمه	۰/۶۲	۱۶۷۰	C3-S1	شور – قابل استفاده	حسین‌آباد	۳/۳	۹۱۷۱	C4-S2	خیلی شور – نامناسب
شرق برچشمه	۰/۱۹	۲۲۶۱	C4-S1	خیلی شور – نامناسب	شمال حسین‌آباد	۱/۳۷	۹۷۱۵	C4-S2	خیلی شور – نامناسب
غرب برچشمه	۱/۷۸	۱۳۹۰۰	C4-S2	خیلی شور – نامناسب	دهنو	۰/۸۹	۸۱۸۰	C4-S1	خیلی شور – نامناسب
بلوط آباد	۲/۹۴	۸۲۱۳	C4-S2	خیلی شور – نامناسب	دهنو	۰/۸۲	۳۳۷۲	C4-S1	خیلی شور – نامناسب
پهناپهن	۳/۲۵	۱۳۲۴۷	C4-S2	خیلی شور – نامناسب	کنار مالک	۰/۱۲	۱۴۳۰	C3-S1	شور – قابل استفاده
شمال تل گلی	۰/۷۵	۳۰۰۳	C4-S1	خیلی شور – نامناسب	کنار مالک	۱/۵۶	۵۱۷۵	C4-S1	خیلی شور – نامناسب
جنوب تل گلی	۰/۱۲	۵۵۹۱	C4-S1	خیلی شور – نامناسب	کنار مالک	۰/۱۵	۳۱۰۸	C4-S1	خیلی شور – نامناسب
تل گلی	۰/۳	۲۶۵۰	C4-S1	خیلی شور – نامناسب	گنبد	۰/۵۲	۳۶۴۲	C4-S1	خیلی شور – نامناسب



شکل ۳: نمودار طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی در سال ۹۵ بر اساس دیاگرام ویلکوکس

محاسبه درصد تقریبی تعداد چاه‌های موردمطالعه برای تناسب کشاورزی بر اساس دیاگرام ویلکوکس نشان می‌دهد که حدود ۱۱ درصد منطقه در کلاس C3S1 در طبقه شور و قابل استفاده برای کشاورزی و ۳۳/۳ درصد در کلاس C4S2 و ۵۵/۵ درصد در کلاس C4S1 با وضعیت خیلی شور و غیرقابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد.

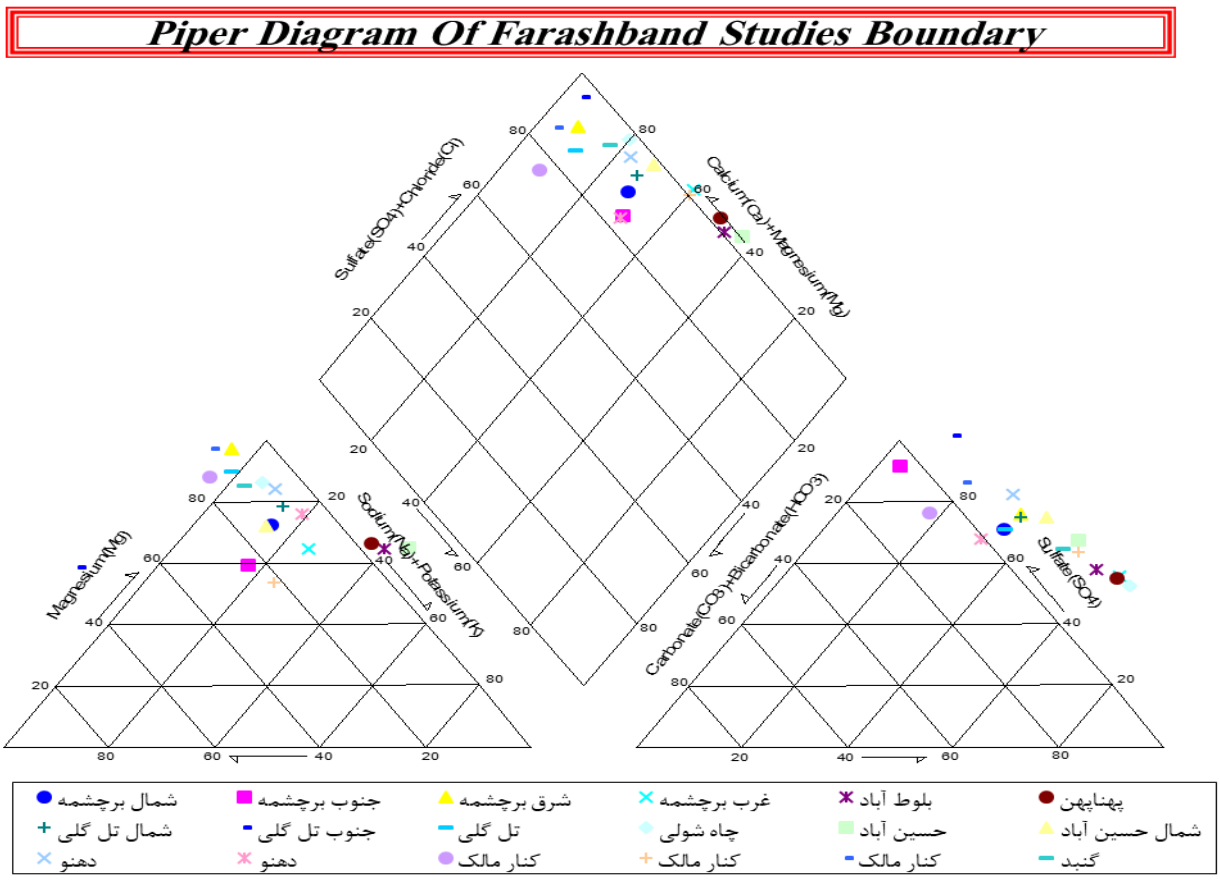
جدول ۷: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکوکس برای کشاورزی در سال ۹۵

C4				C3				C2				C1			
S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
۰	۰	۳۳/۳۳	۵۵/۵۶	۰	۰	۰	۱۱/۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

علاوه بر دیاگرام ویلکوکس، بررسی کیفیت آب برای کشاورزی ازنظر درصد سدیم و کربنات سدیم باقیمانده نشان داد که ازنظر RSC تقریباً کل منطقه فراشبند کیفیت مناسب برای کشاورزی دارد. ازنظر درصد سدیم به‌جز منطقه حسین‌آباد که در طبقه مشکوک برای شرب قرار دارد، بقیه مناطق در طبقه مشکوک قرار دارند و از کیفیت پایین‌تری برای کشاورزی برخوردار هستند (جدول ۸).

جدول ۸. طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی در سال ۹۵

محل نمونه‌برداری	SAR	٪Na	کیفیت بر اساس ٪Na	RSC	کیفیت بر اساس RSC	محل نمونه‌برداری	SAR	٪Na	کیفیت بر اساس ٪Na	RSC	کیفیت بر اساس RSC
شمال برچشمه	۰/۷۸	۳۳/۱۲	خوب	-۱/۲۱	مناسب	چاه شولی	۰/۹۳	۲۲/۹۵	خوب	-۵/۰۲	مناسب
جنوب برچشمه	۰/۶۲	۳۷/۱	خوب	-۰/۴۹	مناسب	حسین‌آباد	۳/۳	۶۳/۹۳	مشکوک	-۱/۶۹	مناسب
شرق برچشمه	۰/۱۹	۱۰/۲۸	عالی	-۱/۳۶	مناسب	شمال حسین‌آباد	۱/۳۷	۳۲/۵۸	خوب	-۴/۰۳	مناسب
غرب برچشمه	۱/۷۸	۴۵/۲۴	قابل‌قبول	-۲/۲۷	مناسب	دهنو	۰/۸۹	۲۶/۶۹	خوب	-۳	مناسب
بلوط آباد	۲/۹۴	۵۹/۶۶	قابل‌قبول	-۱/۸۸	مناسب	دهنو	۰/۸۲	۳۷/۰۵	خوب	-۰/۹۳	مناسب
پهناپهن	۳/۲۵	۵۵/۹۷	قابل‌قبول	-۳/۲۳	مناسب	کنار مالک	۰/۱۲	۱۱/۹۱	عالی	-۰/۳۵	مناسب
شمال تل گلی	۰/۷۵	۳۱/۶۱	خوب	-۱/۲۷	مناسب	کنار مالک	۱/۵۶	۴۵/۴۳	قابل‌قبول	-۱/۷۲	مناسب
جنوب تل گلی	۰/۱۲	۵/۳۳	عالی	-۲/۴۱	مناسب	کنار مالک	۰/۱۵	۶/۵۲	عالی	-۲/۲۲	مناسب
تل گلی	۰/۳	۱۴/۹۴	عالی	-۱/۴۱	مناسب	گنبد	۰/۵۲	۲۰/۲۵	خوب	-۲/۰۷	مناسب



شکل ٤: نمودار بررسی وضعیت کیفی آب منطقه فراشبند بر اساس نمودار پایپر در سال ۹۵

بر اساس نمودار پایپر (شکل ۴) ازنظر کاتیونی تیپ غالبی در منطقه فراشبند در سال ۹۵ در ترکیب آب زیرزمینی منطقه وجود ندارد. تیپ غالب آنیون‌ها، سولفاته و کلراید است. تیپ غالب ترکیبی در اکثر مناطق کلرید کلسیم است. نتایج کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند در سال ۹۵ برای آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند از داده‌های موجود در آخرین سال نمونه‌برداری (۱۳۹۵) و بر اساس استانداردهای متداول در طبقه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی برای شرب و کشاورزی، آب‌های زیرزمینی صورت گرفت. در این تحقیق از استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) ، استاندارد کالیفرنیا، استاندارد ملی ایران برای طبقه‌بندی در بخش‌های مختلف کاربری آب استفاده شد.

۱)ارزیابی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای کشاورزی-روش سازمان بهداشت جهانی

بسیاری از دانشمندان بر این باورند که شوری زیاد آب باعث پرفشاری خون می‌شود و این خود عاملی است برای بیماری قلبی و سکته، زیرا این مقدار زیاد مایعات در حین عبور از قلب به اعضای بدن می‌روند و باعث خستگی و درد در اندام‌ها می‌شوند و این خود عاملی است برای ظاهر شدن بیماری کرونری (انسداد رگ‌های قلب). همچنین شوری آب باعث به وجود آمدن استرس در بدن شده و فرد استفاده کننده نیز دچار استرس می‌شود (زاهدی فر و همکاران، ۱۳۹۶). مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خود بر روی دشت یزد-اردکان در ایران، نشان دادند که بیشترین میزان هدایت الکتریکی برابر با ۱۸۸۸۳ است و بسیار بالاتر از حد استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی قرار دارد و از این نظر در وضعیت نامطلوبی به سر می‌برد. همچنین این دشت ازلحاظ کل جامدات محلول نیز در وضعیت بسیار بدی به سر می‌برد.

جدول ۹: طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای آبیاری بر اساس استاندارد WHO

الف) هدایت الکتریکی				
طبقه‌بندی کیفی	عالی	خوب	متوسط	مشکوک
مساحت به هکتار	۵۷	۲۱۴/۵	۲۴۵۱	۴۰۷۲
درصد مساحت	۰/۲۰	۰/۷۵	۸/۵۸	۱۴/۲۵
ج) نسبت جذب سدیم				
مساحت به هکتار	۲۵۳۱/۵	۱۱۱۳۳	۱۰۶۸۲	۴۲۲۱/۵
درصد مساحت	۸/۸۶	۳۸/۹۷	۳۷/۳۹	۱۴/۷۸

ب) سدیم تبادلی			
طبقه‌بندی کیفی	عالی	خوب	مشکوک
مساحت به هکتار	۱۹۷۶۲	۶۷۸۱	۲۰۲۵
درصد مساحت	۶۹/۱۸	۲۳/۷۴	۷/۰۹
د) درصد بیکربنات			
مساحت به هکتار	۱۳۴۱۰	۸۲۳۸/۵	۶۹۱۹/۵
درصد مساحت	۴۶/۹۴	۲۸/۸۴	۲۴/۲۲

د) طبقه‌بندی نهایی		
طبقه‌بندی کیفی	مطلوب	نسبتاً مطلوب
مساحت به هکتار	۱۲۵۰۸/۸	۱۶۰۵۹/۲
درصد مساحت	۴۳/۷۹	۵۶/۲۱

کل
۲۸۵۶۸
۱۰۰/۰۰

کیفیت آب زیرزمینی منطقه فراشبند بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی در جدول (۹) نشان داد که ۷۶ درصد آب‌های منطقه با EC بیش از ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر از کیفیت نامناسب برای کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی برخوردار هستند و ۱۴/۵ درصد با طبقه شوری ۲۲۵۰-۴۰۰۰ از کیفیت مشکوکی برای کشاورزی برخوردار هستند. فقط ۹/۵ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه در شمالی‌ترین و جنوبی‌ترین قسمت‌های منطقه فراشبند با هدایت الکتریکی کمتر از ۲۲۵۰ میکروموس کیفیت متوسط تا خوب برای آبیاری برخوردار هستند. ازنظر نسبت جذب سدیم هیچ بخش از آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در طبقه نامناسب قرار نگرفتند. ۷/۱ درصد از آب‌های منطقه فراشبند در شمال غربی دشت در محدوده تل گلی و پهناپهن و جنوب فراشبند و خیرآباد و شاه میرزا از کیفیت مشکوک برای آبیاری کشاورزی برخوردار هستند. ۲۳/۷ درصد در محدوده شمالی و میانی دشت دارای کیفیت خوب برای کشاورزی هستند. بر اساس شکل حدود ۷۰ درصد از آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند دارای آب عالی برای کشاورزی ازنظر SAR می‌باشند. شوز و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات زمانی و مکانی نسبت جذبی سدیم را به‌منظور مدیریت سفره آب زیرزمینی کم‌عمق در مزارع کالیفرنیا بررسی کردند. بدین منظور آن‌ها نسبت جذبی سدیم، شوری و بافت خاک را طی سه سال در ۶۰ هکتار مزارع تحت آبیاری واقع در کالیفرنیا اندازه گیری کردند. نتایج حاکی از همبستگی بالای شوری خاک و نسبت جذبی سدیم در مزارع بود. همچنین تغییرات زمانی و مکانی نسبت جذبی سدیم وابستگی زیادی به بافت خاک و نسبت آب آبشویی داشت. در طول این سه سال، غلظت نسبت جذبی سدیم در عمق ۹۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متری ۲۰ تا ۴۰ درصد افزایش‌یافته بود. ازنظر درصد سدیم تبادلی ۸/۸ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در قسمت بلوط آباد و آکروپان در طبقه عالی قرار گرفتند. ۷۶ درصد از آب‌های دشت، در طبقه متوسط تا خوب به‌صورت کمربندی بخش میانی را از شمال تا جنوب را در برگرفته‌اند. ۱۴/۷ درصد از آب زیرزمینی در محدوده تل گلی، پهنا پهن، غرب آویز، جنوب فراشبند و خیرآباد در منطقه فراشبند ازنظر SSP در طبقه مشکوک است. ازنظر درصد بیکربنات ۴۶ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در قسمت پارک شهرداری و امامزاده و جاده کازرون در طبقه عالی قرار گرفتند. ۲۸ درصد از آب‌های دشت در قسمت میانی و شرقی در طبقه خوب قرارگرفته‌اند. ۲۴ درصد از آب زیرزمینی در غرب و جنوب غرب در محدوده چاه شولی و تل گلی و قبرستان و سه پنجک در منطقه فراشبند، ازنظر RSC نامناسب است. در نقشه نهایی طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی فراشبند برای کشاورزی مشخص شد که حدود ۵۶/۲ درصد منطقه با مساحت ۱۶۰۵۹ هکتار در غرب و جنوب غرب منطقه فراشبند در محدوده تل گلی، چاه شولی، غرب آویز، جنوب پهناپهن، شاه میرزا، قبرستان و خیرآباد و جنوب فراشبند که از کیفیت نسبتاً مطلوب برای کشاورزی برخوردار می‌باشند و در ۴۳/۸ درصد از منطقه در محدوده امامزاده،

پارک شهرداری، شرق آویز، کنار مالک و برچشمه آب‌های زیرزمینی برای آبیاری و استفاده در کشاورزی از کیفیت مطلوب برخوردار هستند.

۲) ارزیابی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای کشاورزی روش دانشگاه کالیفرنیا

در آبیاری‌های تحت‌فشار به دلیل ایجاد رسوب در خروجی آب‌پخش‌کن‌ها و قطره‌چکان‌ها باعث ایجاد گرفتگی آن‌ها می‌شود. مسئله اصلی زمانی رخ می‌دهد که کلسیم با بی‌کربنات و گاهی با سولفات همراه باشد. حتی اگر این عناصر در آب آبیاری کم باشند، باز نیز ایجاد همچنین لکه‌هایی روی گیاه محتمل است. در طبقه‌بندی کالیفرنیا برای تناسب کشاورزی از شوری، مسمومیت گیاهی بر اساس درصد کلر و سدیم و نفوذپذیری بر اساس نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی در سه کلاس بدون مشکل، کم تا متوسط و شدید استفاده می‌شود (جیهونی ، ۲۰۱۴). در این بخش از طبقه‌بندی کالیفرنیا در بخش هدایت الکتریکی و مسمومیت گیاهی برای آبیاری بارانی و سطحی استفاده شد که نتایج در زیر ارائه‌شده است.

جدول ۱۰: طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای آبیاری سطحی بر اساس استاندارد کالیفرنیا

الف) آبیاری سطحی- مقادیر سدیم Meq/L				ب) آبیاری بارانی- مقادیر سدیم Meq/L			
طبقه‌بندی کیفی	بدون مشکل (G)	کم تا متوسط (M)	کل	طبقه‌بندی کیفی	بدون مشکل (G)	کم تا متوسط (M)	کل
مساحت به هکتار	۲۶۱۴۷/۱	۲۴۲۰/۹	۲۸۵۶۸	مساحت به هکتار	۲۶۱۴۷/۱	۲۴۲۰/۹	۲۸۵۶۸
درصد مساحت	۹۱/۵۳	۸/۴۷	۱۰۰/۰۰	درصد مساحت	۹۱/۵۳	۸/۴۷	۱۰۰/۰۰
ج) آبیاری سطحی- مقادیر کلر Meq/L				د) آبیاری بارانی- مقادیر کلر Meq/L			
مساحت به هکتار	۲۷۶۰۹/۷	۹۵۸/۳	۲۸۵۶۸	مساحت به هکتار	۲۵۷۶۹/۲	۲۷۹۸/۸	۲۸۵۶۸
درصد مساحت	۹۶/۶۵	۳/۳۵	۱۰۰/۰۰	درصد مساحت	۹۰/۲۰	۹/۸۰	۱۰۰/۰۰

در بررسی مسمومیت سدیم برای آبیاری سطحی بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در محدوده غربی منطقه فراشبند در محدوده تل گلی و پهناپهن و جنوب غرب در محدوده خیرآباد و جنوب فراشبند به وسعت ۲۴۲۰ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری سطحی برخوردارند؛ اما در بقیه مناطق منطقه فراشبند به وسعت ۲۶۱۴۷ هکتار با مشکلی برای آبیاری سطحی مواجه نمی‌باشند. در بررسی مسمومیت سدیم برای آبیاری سطحی بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در محدوده غربی منطقه فراشبند در محدوده تل گلی و پهناپهن و جنوب غرب در محدوده خیرآباد و جنوب فراشبند به وسعت ۲۴۲۰ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری سطحی برخوردارند؛ اما در بقیه مناطق منطقه فراشبند به وسعت ۲۶۱۴۷ هکتار با مشکلی برای آبیاری سطحی مواجه نمی‌باشند. نشانه‌های مشخص سمیت سدیم سوختگی برگ، خشکیدگی و مردگی بافت‌ها در حاشیه خارجی برگ است. انباشته شدن سدیم در بافت‌های گیاه در حد غلظت سمی بودن، به زمانی طولانی نیاز دارد. از گیاهان حساس به سدیم را می‌توان درختان مرکبات را نام برد. هرگاه میزان سدیم موجود در بافت برگ از ۰/۲۵ تا ۰/۵٪ وزن خشک تجاوز کند در بسیاری از گیاهان سمیت رخ می‌دهد. وجود کلسیم کافی در خاک، اغلب از شدت سمیت سدیم می‌کاهد. به‌طورکلی این عنصر با عناصر دیگر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد که در بخش‌های آینده به‌طور مفصل‌تر توضیح داده‌شده است (پریا ، ۲۰۱۳).در بررسی مسمومیت کلر برای آبیاری سطحی بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در محدوده غربی در محدوده تل گلی با وسعت ۹۵۸/۳ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری سطحی دارند؛ اما در سایر بخش‌های منطقه فراشبند مشکلی برای آبیاری سطحی ازنظر کلر وجود ندارد. در بررسی مسمومیت کلر برای آبیاری بارانی بر اساس استاندارد کالیفرنیا نیز مانند آبیاری سطحی مشخص شد در محدوده غربی دشت در منطقه تل گلی و پهناپهن به وسعت ۲۷۹۸ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری بارانی برخوردارند؛ اما در بقیه مناطق فراشبند به وسعت ۲۵۷۶۹ هکتار با مشکلی برای آبیاری بارانی مواجه نمی‌باشند. در بررسی مسمومیت بیکربنات برای آبیاری بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در هیچ‌یک از بخش‌های منطقه فراشبند مشکل آبیاری ازنظر بیکربنات وجود ندارد. در آبیاری‌های تحت‌فشار به دلیل ایجاد رسوب در خروجی آب‌پخش‌کن‌ها و قطره‌چکان‌ها باعث ایجاد گرفتگی آن‌ها می‌شود. مسئله اصلی زمانی رخ می‌دهد که کلسیم با بی‌کربنات و گاهی با سولفات همراه باشد. حتی اگر این عناصر در آب آبیاری کم باشند، باز نیز ایجاد همچنین لکه‌هایی روی گیاه محتمل است (بیس ، ۲۰۱۲).

طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای شرب بر اساس استاندارد ایران سال ۹۵

به‌منظور حفاظت آبخوان‌ها در مقابل آلودگی، اعمال محدودیتها بر کاربری اراضی و برداشت بیش‌ازحد از آبخوان‌ها و فعالیتهای دفن پسماند، ضروری مینماید. در این راستا بایستی کلیه محدودههایی که آب زیرزمینی از آن‌ها تأمین میگردد را مدیریت نموده و محدودیتهایی در موردهای اراضی و چگونگی برداشت از آب زیرزمینی وضع کرد و همچنین حریمهایی بر پایه آسیب‌پذیری آبخوان تعیین کرد که این امر نشان میدهد چه فعالیتهایی و کجا با چه خطر قابل‌قبول آلودگی آب زیرزمینی، میتواند انجام شود (پور اکبر و همکاران، ۱۳۹۴). در طبقه‌بندی آب برای شرب بر اساس استاندارد ایران از خصوصیاتی مانند مقدار سولفات، اسیدیته، سختی و مجموع مواد انحلالی استفاده می‌شود که به طبقات مختلفی شامل خوب، مجاز، متوسط، بد، قابل‌قبول در شرایط اضطرار و غیرقابل‌شرب تقسیم می‌شود. کانل و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی بر روی تغییرات زمانی و مکانی فاکتورهای مؤثر در مدیریت آب زیرزمینی در درهٔ کاتماندوی نپال انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که مناطق روستایی دارای آلودگی کمتری نسبت به مناطق شهری است. به‌طوری‌که غلظت اکسیژن محلول آب (BOD)، کل نیتروژن و کل فسفر در مناطق شهری به ترتیب بین ۸/۴۱ تا ۲۹/۷۴، ۶/۷ تا ۱۲۸/۹۶ و ۰/۰۶ تا ۱/۵ میلی گرم بر لیتر و در مناطق روستایی به ترتیب بین ۰/۷۸ تا ۱۸/۲۵، ۴/۸ تا ۱۱/۵۶ و ۰/۰۷ تا ۰/۶۵ میلی گرم بر لیتر اندازه گیری شد. مقایسه بین آب زیرزمینی و آب سطحی در بالادست مناطق

روستایی مشخص کرد که غلظت کل فسفر در آب زیرزمینی بیشتر از آب سطحی است.

جدول ۲۰: طبقه‌بندی آب زیرزمینی منطقه فراشبند برای شرب بر اساس استاندارد ایران، TDS

کل	زیاد	مطلوب	نسبتاً مطلوب	طبقه‌بندی کیفی
۲۸۵۶۸	۲۴۶۲۲/۹	۳۸۹۶/۸	۴۸/۳	مساحت به هکتار
۱۰۰	۸۶/۱۹	۱۳/۶۴	۰/۱۷	درصد مساحت

٤- نتیجه‌گیری

اولین فعالیت برای حفاظت و بهینه‌سازی استفاده از آب، کسب اطلاعات دقیق در مورد منابع بالقوه به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. علاوه بر آن، این منابع آب باید به‌طور مستمر پایش شوند تا شناخت کاملی از تغییرات و خصوصاً کیفیت آن‌ها جهت توسعه پایدار حاصل شود .(WHO, 2011) نظارت بر تغییرات کیفیت و کمیت آب یکی از اولویت‌های مهم در برنامه‌های حفاظت محیطی است؛ بنابراین یک برنامه نظارتی که برآورد قابل‌قبولی از تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی داشته باشد همواره موردنیاز است (مرآتی و همکاران، ۱۳۹۶). در بررسی تغییرات عمق آب زیرزمینی در منطقه فراشبند مشخص شد که داد به‌طور متوسط در کل منطقه فراشبند میزان افت آب زیرزمینی طی دوره موردمطالعه حدود ۱۳ متر است که کاهش سالانه حدود ۸۶ سانتیمتری عمق در منطقه دیده می‌شود. در این مطالعه سال مبنا سال ۱۳۸۸ در نظر گرفته‌شده است. تغییرات عمق آب زیرزمینی نشان می‌دهد که طی سال ۱۳۹۵ درصد مناطقی که در محدوده عمق کمتر از ۱۵ متر قرار دارند، از ۴۳/۴ درصد در سال ۹۵ کاهش‌یافته است و در مقابل محدوده آب‌های با عمق بیش از ۱۵ –۳۰ متر از ۳۴/۶ درصد، ۵۷/۱ درصد در سال ۹۵ رسیده است. این نشان می‌دهد که اکثر قسمت‌های دشت عمق دسترسی به آب زیرزمینی طی سال ۹۵ از محدوده کمتر از ۱۵ متر به سمت محدوده با عمق بیش از ۳۰ متر افزایش یافته است. چنانکه در سال ۹۵ حدود ۱۱ درصد منطقه با وسعت بیش از ۳۵۰۰ هکتار عمق آب زیرزمینی بیش از ۶۰ متر است. برزگر و مسعودی (۱۳۹۸) در ارزیابی شدت تخریب منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل اصلاحی بیابان‌زایی IMDPA و GIS در دشت شیراز استان فارس بیان کردند که شاخص هدایت الکتریکی بیشترین تأثیر را در تخریب منابع آب زیرزمینی دشت شیراز داشته است. هم‌چنین مشخص شد که مدل پیشنهادی کارایی خوبی برای برآورد شدت تخریب منابع آب زیرزمینی دارد Oyedele (2019) .در استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی در زمین‌های زیرزمینیAdo-Ekiti ، SWنیجریه بیان کرد که منابع آب زیرزمینی در زمین سنگ سخت محدود و معمولاً محدود به ویژگی‌های دیاستروفیک است. اکتشاف آب‌های زیرزمینی در زمین نیاز به تعیین دقیق ویژگی‌های این ویژگی¬ها دارد. بر اساس نمودار پایپر ازنظر کاتیونی تیپ غالبی در منطقه فراشبند در سال ۹۵ در ترکیب آب زیرزمینی منطقه وجود ندارد. تیپ غالب آنیون‌ها، سولفاته و کلراید است. تیپ غالب ترکیبی در اکثر مناطق کلرید کلسیم است. سجادی و یعقوبی (۱۳۹۶) در کار تحقیق خود نشان دادند که، کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند ازلحاظ EC و کلرید و سدیم بیشتر از حد استاندارد آب کشاورزی است. همچنین آب‌های زیرزمینی دشت مذکور برای مصارف کشاورزی از کیفیت متوسط برخوردار است. روند تغییرات سختی کل در آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در سال ۹۵ بیش از سایر سال‌ها است و مقدار آن در حدود ۱۰۴ میلی‌گرم در لیتر است. در سال ۸۸ مقدار سختی آب زیرزمینی کم و حدود ۶۵ میلی‌گرم در لیتر است. سختی کل در آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در دهنو بیش از سایر مناطق است و مقدار آن در حدود ۱۹۳ میلی‌گرم در لیتر است. در منطقه شمال حسین‌آباد مقدار سختی حدود ۳۰ میلی‌گرم در لیتر است که کمترین مقدار است. در بررسی سختی آب زیرزمینی منطقه فراشبند در سال ۹۵ مشخص شد که بخش‌های شمال حسین‌آباد، چاه شولی، پهناپهن و دهنو دارای آب سخت هستند. در مناطقی مانند برچشمه، تل گلی و کنار مالک آب زیرزمینی سبک است. روند تغییرات درصد سدیم تبادلی در آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند از تقریباً کاهشی بوده است و در برخی سال‌ها مانند ۹۲ و ۹۱ با کاهش شدید و در مهروموم‌هایی مانند ۹۳ تا ۹۵ و ۹۳ با افزایش جزئی مواجه شده است. مقدار سدیم قابل‌تبادل در آب‌های زیرزمینی منطقه پهناپهن در بالاترین حد خود قرار دارد و در حدود بیش از ۸۰ میلی اکی والان در لیتر است Demir et al (2009) .تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از این بود که قسمت شرقی محدوده موردمطالعه که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری است. در سال ۹۵ میانگین هدایت الکتریکی حدود ۶۱۰۹ میکروموس بر سانتیمتر است. در مورد مجموع مواد انحلالی میانگین آن 3468 meq/l است. اسیدیته به‌طور متوسط ۷٫۵۳ است. مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم و سدیم و پتاسیم به‌طور متوسط ۰/۹، ۱/۲، ۱/۲ و ۰/۰۱ میلی اکی والان در لیتر است. مقدار متوسط آنیون‌ها شامل بیکربنات، کلراید و سولفات به ترتیب برابر ۰/۰۷، ۱/۱ و ۰/۴ است. درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای شرب در منطقه فراشبند در سال ۹۵ نشان می‌دهد که حدود ۱۰۰ درصد آب‌های منطقه فراشبند در این سال ازنظر مجموع مواد انحلالی در گروه نامناسب و کاملاً نامطبوع و غیرقابل‌شرب قرار می‌گیرد. ۱۰۰ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند ازنظر کلر و سدیم و سولفات در کلاس خوب برای شرب قرار دارند. ۵۵ درصد ازنظر اسیدیته و ۹۴/۴ درصد ازنظر سختی در طبقه خوب برای شرب قرار دارند. بر اساس دیاگرام ویلکوکس در سال ۹۵ منطقه جنوب برچشمه و کنار مالک در کلاس C3S1 با آب شور و قابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد. بقیه مناطق با کلاس C4S1 و C4S2 با کیفیت خیلی شور برای کشاورزی نامناسب است. محاسبه درصد تقریبی تعداد چاه‌ای موردمطالعه برای تناسب کشاورزی بر اساس دیاگرام ویلکوکس نشان می‌دهد که حدود ۱۱

درصد منطقه در کلاس C3S1 در طبقه شور و قابل استفاده برای کشاورزی و ۳۳/۳ درصد در کلاس C4S2 و ۵۵،۵ درصد در کلاس C4S1با وضعیت خیلی شور و غیرقابل استفاده برای کشاورزی قرار دارد Yidana et al (2010) .با کمک روش¬های آماری چند متغیره کیفیت آب زیرزمینی حوضه کتا در غنا را موردبررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر وجود چهار گروه در آب زیرزمینی محدوده موردمطالعه بود. گروه یک و چهار گروه‌هایی مناسب برای کشاورزی، گروه دوگروهی بحرانی و گروه سه گروهی بسیار شور مشخص شد.پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی منطقه فراشبند بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی نشان داد که ۷۶ درصد آب‌های منطقه با EC بیش از ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر از کیفیت نامناسب برای کشاورزی بر اساس هدایت الکتریکی برخوردار هستند. ازنظر نسبت جذب سدیم هیچ بخش از آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در طبقه نامناسب قرار نگرفتند. ازنظر درصد سدیم تبادلی ۸،۸ درصد آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند در قسمت بلوط آباد و آکروپان در طبقه عالی قرار گرفتند. ۷۶ درصد از آب‌های دشت، در طبقه متوسط تا خوب به‌صورت کمربندی بخش میانی را از شمال تا جنوب را در برگرفته‌اند. ازنظر درصد بیکربنات ۲۴ درصد از آب زیرزمینی در غرب و جنوب غرب در محدوده چاه شولی و تل گلی و قبرستان و سه پنجک در منطقه فراشبند، ازنظر RSC نامناسب است. Elubid et al (2019)) در بررسی توزیع جغرافیایی کیفیت آب زیرزمینی در کشور گدارف با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و شاخص کیفیت آب آشامیدنی (DWQI) بیان کرد که آب‌های زیرزمینی توسط یون‌های سدیم و بی‌کربنات کنترل‌شده است که ترکیب نوع آب را به‌عنوان Na HCO3 تعیین می‌کند. بااین‌حال، از توطئه‌های نمودار پیپر. نتایج نمونه‌ها ۴۰٪ Na-Mg-HCO3 و ۳۵٪ انواع Na-HCO3 را نشان داد. نتیجه تجزیه‌وتحلیل نشان می‌دهد که چندین نمونه از آب‌های زیرزمینی یافت شده است که برای اهداف آشامیدنی در مناطق Fa-Rh و Qa-Qu مناسب است. در نقشه نهایی طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی فراشبند برای کشاورزی مشخص شد که حدود ۵۶/۲ درصد منطقه با مساحت ۱۶۰۵۹ هکتار در غرب و جنوب غرب منطقه فراشبند در محدوده تل گلی، چاه شولی، غرب آویز، جنوب پهناپهن، شاه میرزا، قبرستان و خیرآباد و جنوب فراشبند که از کیفیت نسبتاً مطلوب برای کشاورزی برخوردار می‌باشند و در ۴۳،۸ درصد از منطقه در محدوده امامزاده، پارک شهرداری، شرق آویز، کنار مالک و برچشمه آب‌های زیرزمینی برای آبیاری و استفاده در کشاورزی از کیفیت مطلوب برخوردار هستند. شاهی دشت و عباس نژاد (۱۳۹۰) بیان کردند که پمپاژ بیش‌ازحد سفره‌های آب زیرزمینی، پیامدهای نامطلوبی چون تغیر کیفیت آب زیرزمینی، پیشروی جبهه شور، کاهش حجم ذخایر آبی، افزایش اجباری عمق چاه‌ها، خشک شدن منابع برداشت آب، به خطر افتادن اکوسیستم، دگرگونی چهره‌ی زمین و افزایش هزینه استحصال آب را در پی دارد. در بررسی مسمومیت سدیم برای آبیاری سطحی و بارانی بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در محدوده غربی منطقه فراشبند در محدوده تل گلی و پهناپهن و جنوب غرب در محدوده خیرآباد و جنوب فراشبند به وسعت ۲۴۲۰ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری سطحی برخوردارند؛ اما در بقیه مناطق منطقه فراشبند به وسعت ۲۶۱۴۷ هکتار با مشکلی برای آبیاری سطحی مواجه نمی‌باشند. در بررسی مسمومیت کلر برای آبیاری سطحی و بارانی بر اساس استاندارد کالیفرنیا مشخص شد که در محدوده غربی در محدوده تل گلی با وسعت تقریبی ۱۵۰۰ هکتار آب‌های زیرزمینی مشکل کم تا متوسط برای آبیاری سطحی دارند؛ اما در سایر بخش‌های منطقه فراشبند مشکلی برای آبیاری سطحی ازنظر کلر وجود ندارد.

منابع

- برزگر، س، مسعودی، م، ۱۳۹۸. ارزیابی شدت تخریب منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل اصلاحی بیابان‌زایی IMDPA و GIS در دشت شیراز استان فارس. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۱، شماره ۳، ص ۵۷-۴۷
- بیگلری، ن، سیاری، ن، ۱۳۹۶. ارزیابی پارامترهای کیفی جریان آب خروجی از قنات با مدل Aq.QA. ششمین کنفرانس بین‌المللی منابع آب، تهران.
- پور اکبر، م، مسافری، م، خطیبی، م، مردای، ع، ۱۳۹۴. بررسی کیفیت منابع آب شرب زیرزمینی از دیدگاه هیدروژئوشیمیایی، مطالعه موردی: شهرستان سراب، مجله آب و فاضلاب، دوره ۲۶، شماره ۳، ص ۱۲۶-۱۱۶
- زاهدی‌فر، م، موسوی، ع، رجبی، م، ۱۳۹۶. پهنه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت فسا با استفاده از روش¬های زمین آماری، مجله آب و خاک، دوره ۲۷، شماره ۴، ص ۸۲۲-۸۱۲
- سجادی، ز. یعقوبی، م، ۱۳۹۶. ارزیابی ژئوشیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه فراشبند برای مصارف کشاورزی، دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۱، ص ۵۹-۵۴
- شاهی دشت، ع، عباس‌نژاد، ا، ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تخلیه سفره آب زیرزمینی دشت جیرفت و پیش‌بینی شرایط در آینده. تحقیقات منابع آب ایران، دروه ۷، شماره ۱، ص ۸۱-۷۷
- شریعتی، گ، حقی‌زاده، ع، ۱۳۹۳. بررسی فیزیکی، شیمیایی و پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی ازلحاظ شرب و کشاورزی (مطالعه موردی: شرق شهرستان نور آباد)، اولین همایش ملی بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار
- محمدیاری، ف، اقدر، ح، بصیری، ر، ۱۳۹۶. پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی ازلحاظ شرب با استفاده از روش‌های زمین آمار مطالعه موردی: مناطق خشک مهران و دهلران، فصلنامه علمی و پژوهشی علوم جغرافیایی، دوره ۲۶، شماره ۱۰،ص ۲۰۸-۱۹۹
- مرآتی، ا، طاهری، ع، پارسافر، ن، ۱۳۹۶. پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار و GIS (مطالعه موردی حوضه آبخیز سلیمانشاه)، مجله دانش آب و خاک، دوره ۲۷، شماره ۲، ص ۲۴۸-۲۳۷

- ملکوتیان، م. مؤمنی، ج، ۱۳۹۱. بررسی کیفیت آب شرب بردسیر در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، شماره ۱۱، ص ۷۹-۷۴
- میرزایی، م، سلگی، ع، ۱۳۹۴. بررسی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، مس، منگنز، نیکل، سرب و روی) در رسوبات رودخانه زاینده رود، مجله تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دوره ۱، شماره ۴، ص ۲۶۵-۲۵۱
- BIS (Bureau of Indian Standards), 2012. Drinking Water-Specification. Second revision, IS 10500. New Delhi, India.
- Demir, Y., Erşahin, S., Güler, M., 2009. Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. Environ Monit Assess. Vol. 158, P. 279–294.
- Jeihouni, M., Toomanian, A., Shahabi, M. & Alavipanah, S K, 2014. Groundwater quality assessment fordrinking purposes using GIS modelling (Case Study: City Of Tabriz). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Tehran, V XL-2/W3.
- Oyedele, A.A, 2019. Use of remote sensing and GIS techniques for groundwater exploration in the basement complex terrain of Ado-Ekiti, SW Nigeria. Appl Water Sci. Vol. 9, P. 51.
- Priya KL, 2013. A Fuzzy Logic Approach for Irrigation Water Quality Assessment: A Case Study of Karunya Watershed, India. J. Hydrogeol. Hydrol. Eng. Vol. 2, P. 1.
- Shouse, P.J., Goldberg, S., Skaggs, T.H., Soppe, R.W.O, and Ayars, J.E, 2010. Changes in spatial and temporal variability of SAR affected by shallow groundwater management of an irrigated field, California, Agricultural Water Management, Vol . 97, PP. 673-680.
- WHO. 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization.
- Yidana, S.M., Ophori, D., Yakubo, B.B, 2008. Groundwater Quality Evaluation for Productive Uses The Afram Plains Area, Ghana. J. Irrig. and Drain. Engrg 134: Issue 2, 222-227.