مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های حوزه آبخیز بهشت‌آباد با استفاده از روش‌های مختلف (تأکید بر آبیاری)

رسول زمانی احمدمحمودی*[۱]، احسان فتحی[۲]، سمیرا بیاتی[۳]، زینب اکبری[۴]

۱- گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۴- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

کلمات کلیدی:
پایپر
درصدسدیم محلول
شاخص نفوذپذیری
نسبت کلی
ویلکاکس

چکیده

به‌منظور ارزیابی مناسب بودن کیفیت آب برای مصارف شرب و کشاورزی شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شوند. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت آب رودخانه‌های حوزه آبخیز بهشت‌آباد برای اهداف آبیاری است. برخی پارامترهای کیفی آب در ۴ ایستگاه انتخابی به‌طور ماهیانه طی فصول بهار و تابستان ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ با استفاده از روش استاندارد اندازه‌گیری شدند. سپس نسبت جذب سدیم، کل جامدات محلول و سدیم کربنات باقی‌مانده، درصد سدیم محلول، نسبت کلی، شاخص نفوذپذیری و نسبت جذب منیزیم محاسبه شدند. طبق نتایج، کیفیت آب ایستگاه‌ها از نظر شاخص نفوذپذیری با مقادیر کمتر از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر در وضعیت خوب، از نظر نسبت کلی با مقادیر کمتر از یک و از نظر درصد سدیم محلول با مقادیر کمتر از ۲۰۰ در وضعیت مناسب بودند. از نظر سختی کل آب رودخانه‌ها سخت، از نظر کل مواد محلول در آب، شیرین و از نظر نمایه‌های سدیم کربنات باقی‌مانده، درصد سدیم محلول، نسبت کلی، شاخص نفوذپذیری و نسبت جذب منیزیم وضعیت مناسبی داشتند. کیفیت آب طبق شاخص‌های کیفیت آب در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۲ تغییری نداشت. طبق نمودار ویلکاکس آب این رودخانه‌ها در طبقه C_2S_1 و مناسب برای مصرف کشاورزی و طبق نمودار پایپر در گروه بی‌کربنات- منیزیم- کلسیم و رده آب‌های با سختی موقت قرار داشتند. به‌طور کلی کیفیت آب این رودخانه‌ها از نظر کشاورزی تقریباً قابل قبول و برای آبیاری مناسب بودند.

مقدمــه

آب‌های سطحی نقش حیاتی در محیط زیست، بهداشت اجتماعی و توسعه اقتصادی ایفا می‌کنند (Pandhiani *et al.*, 2020). آب مورد مصرف در زمینه‌های مختلف بستگی به کیفیت آن دارد که با توجه به نوع و مقدار مواد محلول تعیین می‌شود (El-Gamal, 2016). به‌عنوان مثال برای آبیاری، کیفیت بالای آب مصرفی سبب تولید محصولات مرغوب خواهد شد زیرا به‌طور مستقیم با خاک و اکوسیستم گیاه ارتباط دارد (Singh *et al.*, 2018). ارتباط رودخانه‌ها با محیط اطراف و تبادل آلاینده‌های شهری، صنعتی و کشاورزی در مسیر آن‌ها، آلودگی این منابع را به همراه دارد (Solangi *et al.*, 2019). از طرفی عواملی همچون بارندگی، فرسایش، فعالیت‌های کشاورزی، شهری (Cordier *et al.*, 2020)، افزایش شهرنشینی و صنعتی شدن (Prasad & Ramesh, 2019)، کیفیت آب رودخانه‌ها

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: rasoolzamani@yahoo.com

را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لذا پیش‌بینی مناسب تغییرات احتمالی در کیفیت آب بسیار اهمیت دارد (Meguid, 2017). ارزیابی کیفیت آب برای مصارف مختلف با استفاده از نمودارها و شاخص‌های متفاوتی مانند نمودار پایپر و شاخص‌های کیفی ویلکاکس و شولر صورت می‌گیرد. با توجه به اهمیت این موضوع مطالعات متعددی به‌منظور بررسی کیفیت منابع آب و روند پارامترهای کیفی آب انجام شده است که به ذکر تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم. در مطالعه Qishlaqi و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی کیفیت آب رودخانه تیره در ایران، طبق نمودار ویلکاکس ۷۸٪ از نمونه‌ها در طبقه C_3S_1 و ۲۱/۵٪ در طبقه C_2S_1 قرار داشتند. نتایج پژوهش معانی‌جو و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که آب رودخانه شاوو طبق نمودار ویلکاکس در طبقه C_3S_1 و تقریباً مناسب برای مصارف کشاورزی، طبق نمودار شولر از نظر کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبتاً خوب و در محدوده خوب و قابل شرب و طبق نمودار پایپر تیپ کیفی آب از نوع بی‌کربناته کلسیم بود. مطالعه بررسی کیفیت آب زیرزمینی حوزه آبخیز سیاهو واقع در شمال شرق شهر بندرعباس توسط غلام‌دخت بندری و همکاران (۱۳۹۷) نیز نشان‌دهنده کیفیت متوسط آب از نظر کشاورزی و قابل قبول از نظر شرب براساس شاخص‌های ویلکاکس و شولر و تیپ کیفی سولفاته‌کلسیک و کلروره‌سدیک براساس نمودار پایپر بود.

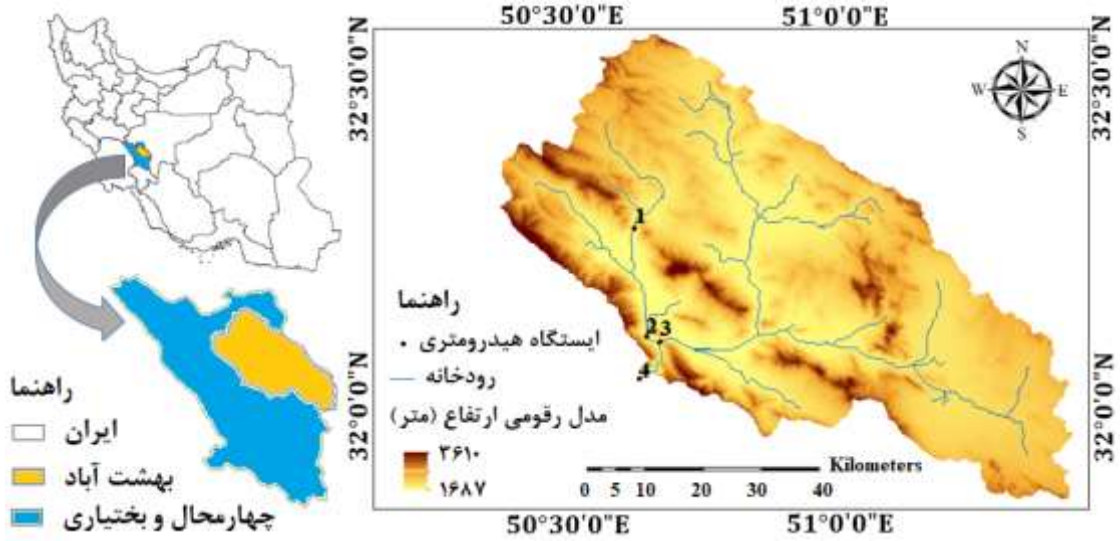
هم‌چنین نتایج مطالعه لطفی‌نسب اصل و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که آب رودخانه کوپال طبق نمودار ویلکاکس در طبقه C_4S_3 و نامناسب برای مصارف کشاورزی و آبیاری از نظر احتمال خطر شور و سدیمی شدن، اما مناسب از نظر درصد سدیم و کربنات سدیم باقی‌مانده و طبق نمودار شولر نامطلوب از نظر شرب بود.

هدف از مطالعه حاضر بررسی کیفیت آب رودخانه‌های گرگک، جونقان، کیار و بهشت‌آباد با استفاده از نمودارها و شاخص‌های کیفی است. سپس بسته به وضعیت کیفیت آب در ایستگاه‌های منتخب، منبع آلاینده احتمالی مشخص شده تا در مطالعات بعدی یا در اقدامات اجرایی آینده اقدام مناسب توسط ارگان یا سازمان‌های ذیربط صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

رودخانه‌های مورد مطالعه در حوزه آبخیز بهشت‌آباد با مساحت حدود ۳۸۶۶ کیلومترمربع در محدوده بین ′۳۶ °۵۰ تا ′۴۵ °۵۱ طول شرقی و ′۲۸ °۳۱ تا ′۵۶ °۳۲ عرض شمالی در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده‌اند (شکل ۱). محیط این منطقه برابر ۳۸۹/۶۱ کیلومتر و ارتفاع متوسط آن برابر ۲۳۱۷/۲۸ متر است.



شکل ۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در رودخانه‌های حوزه آبخیز بهشت آباد

نمونه‌برداری از فروردین تا شهریور سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ در ۴ ایستگاه هیدرومتری (توسط شرکت آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری) و با سنجش میزان pH، کل مواد جامد محلول در آب (TDS)، هدایت الکتریکی، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، کربنات، بی‌کربنات و سولفات طبق دستورالعمل‌های موجود در استاندارد متد صورت گرفت (APHA, 2005). نمونه‌ها برای جلوگیری از تجزیه میکروبی در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. سپس، بررسی کیفی آب رودخانه‌های مورد مطالعه با هدف آسان نمودن تفسیر و نمایش نتایج، با ترسیم نمودارهای گرافیکی ویلکاکس و پایپر در نرم‌افزار Chemistry صورت گرفت.

شاخص‌ها و نمودارهای بررسی کیفیت آب

شاخص‌های کیفی نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم محلول (SSP)، مقدار سدیم کربنات باقی‌مانده (RSC)، سختی کل (TH)، نسبت کلی (KR) نسبت جذب منیزیم (MAR) و شاخص نفوذپذیری (PI) به ترتیب طبق روابط (۱) تا (۷) (یون‌ها برحسب میلی‌اکی والانت برلیتر) محاسبه و طبقه‌بندی آب طبق جدول ۱ انجام می‌شود.

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

$$SSP = [(Na^+ + k^+)*100] /[Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + k^+] \quad (۲)$$

$$RSC= (HCO_3^- + CO_3^{2-})-(Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (۳)$$

$$TH= (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \times 50 \quad (۴)$$

$$KR= Na^+ / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (۵)$$

$$MAR = (Mg^{2+} * 100) / (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (۶)$$

$$Pi= Na^+ + [\{(HCO^{3-})^{1/2} / (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+)\} * 100 \quad (۷)$$

آب کشاورزی از نظر سدیم در گروه‌های S_1 (<۱۰، قلیائیت کم)، S_2 (۱۰-۱۸، قلیائیت متوسط)، S_3 (۱۸-۲۶، قلیائیت زیاد) و S_4 (>۲۶، قلیائیت خیلی زیاد) و از نظر EC در گروه‌های C_1 (۱۰۰-۲۵۰، شوری کم)، C_2 (۲۵۰-۷۵۰، شوری متوسط)، C_3 (۷۵۰-۲۲۵۰، شوری زیاد) و C_4 (>۲۲۵۰، شوری خیلی زیاد) طبقه‌بندی می‌شود (Younger & Casey, 2003).

جدول ۱- طبقه‌بندی آب‌های سطحی جهت کشاورزی براساس پارامترهای مختلف

پارامتر	مقدار پارامتر	طبقه	پارامتر	مقدار پارامتر	طبقه
TH (mg/l)	<۷۵	نرم	TDS (mg/l)	<۱۰۰۰	آب شیرین
	۷۵-۱۵۰	سختی متوسط		۱۰۰۱-۳۰۰۰	کمی شور
	۱۵۰-۳۰۰	سخت		۳۰۰۱-۱۰۰۰۰	شوری متوسط
	>۳۰۰	خیلی سخت		>۱۰۰۰۰	خیلی شور
RSC (mg/l)	<۱/۲۵	مناسب	PI (mg/l)	<۸۰	خوب
	۱/۲۵-۲/۵	نسبتا مناسب		۸۰-۱۰۰	متوسط
	>۲/۵	نامناسب		۱۰۰-۱۲۰	ضعیف
MAR (mg/l)	<۵۰	مناسب	KR (mg/l)	<۱	مناسب
	>۵۰	نامناسب		>۱	نامناسب
SSP	<۲۰۰	مناسب	PH	۶/۵-۸/۵	مناسب
	>۲۰۰	نامناسب			

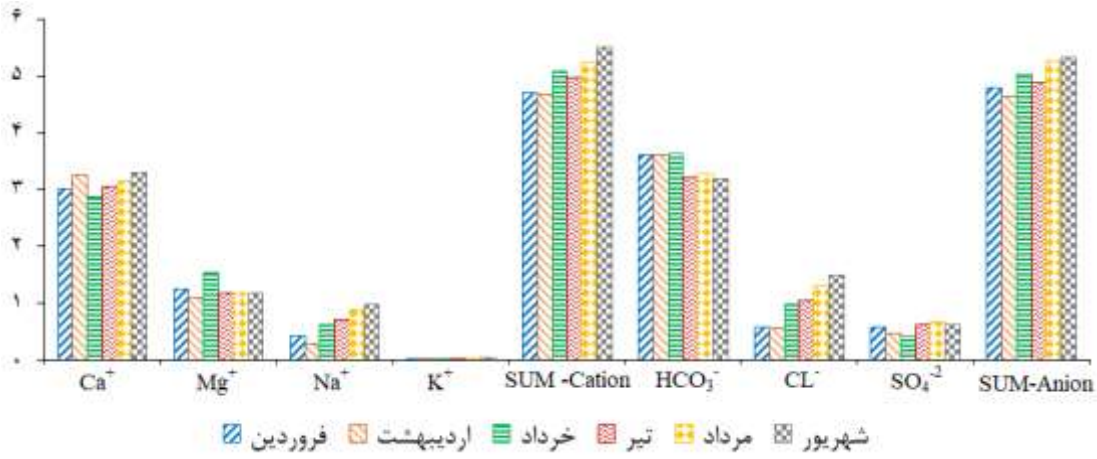
در نمودار ویلکاکس مختصات مربوط به هر نمونه آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حروف C از نظر شوری (محور افقی برحسب µs/cm) و S از نظر نسبت جذب سدیم (محور عمودی) مشخص و کیفیت آن طبق جدول ۲ تعیین می‌شود (Singhal & Gupta, 1999). در نمودار پایپر میزان درصد یون‌ها روی مثلث‌های کناری علامت‌گذاری و نقاط متناظر روی مثلث‌های کناری بر روی لوزی میانی تصویر می‌شوند. با توجه به تمرکز نقاط، آب‌ها براساس کاتیون‌ها به سه رخساره منیزیک، کلسیک و سدیک و بر پایه آنیون‌ها به سه تیپ کربناته، سولفاته و کلروره تقسیم‌بندی می‌شوند (Piper, 1944).

جدول ۲- تقسیم‌بندی گروه‌های مختلف آب از نظر کشاورزی بر اساس شاخص ویلکاکس

رده آب	نوع کیفیت آب برای کشاورزی
C1S1	شیرین برای کشاورزی، کاملا بی ضرر
C1S2 ،C2S2 ،C2S1	کمی شور برای کشاورزی، تقریباً مناسب
C1S3,C2S3,C3S1,C3S3,C3S2	شور برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم، مناسب
C1S4,C2S4,C3S4,C4S4,C4S3,C4S2,C4S1	خیلی شور، مضر برای کشاورزی

نتایج

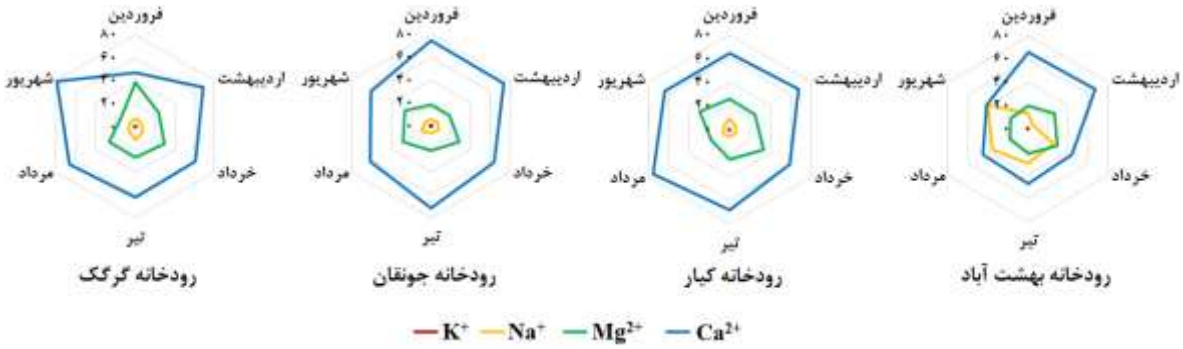
متوسط مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب رودخانه‌های حوزه آبخیز بهشت‌آباد در ماه‌های فروردین تا شهریور در شکل ۲ مشاهده می‌شود (کربنات در نمونه‌های آب دیده نشد). حداقل مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها در اردیبهشت و حداکثر آن‌ها در شهریور بود که در مورد TDS و EC در جدول ۴ نیز صادق بود. علت کاهش غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها و به تبع آن TDS و EC در فصل بهار، می‌تواند بارش‌های بهاره و هم‌چنین ذوب برف در این فصل باشد که باعث کاهش غلظت یون‌ها در آب رودخانه می‌شود (زارع گاریزی و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۲- نتایج آنالیز کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب میلی اکی والانت بر لیتر

با توجه به درصد هریک از کاتیون‌ها در شکل ۳ بیشترین مقدار کاتیون موجود در آب مربوط به کلسیم و پس از آن منیزیم بوده که جزء کاتیون‌های دو ظرفیتی هستند. کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم، ساختمان خاک را بهبود بخشیده و موجب پایداری خاکدانه‌ها می‌شوند ولی کاتیون‌های یک ظرفیتی مانند سدیم سبب پراکندگی ذرات خاک و از بین رفتن ساختمان می‌گردند (لطفی‌نسب اصل و همکاران، ۲۰۲۰). لذا، آبیاری با چنین آبی مشکلی در جوانه‌زنی و تهویه ناکافی خاک ایجاد نخواهد کرد و برای آبیاری مناسب است.

در مورد کیفیت آب بر پایه درصد سدیم پنج دسته وجود دارد به‌طوری‌که مقدار سدیم کمتر از ۲۰٪ آب در رده عالی، بین ۲۰ تا ۴۰٪ رده خوب، ۴۰ تا ۶۰٪ رده مجاز، ۶۰ تا ۸۰٪ رده مشکوک و بیشتر از ۸۰٪ در رده نامناسب قرار می‌گیرد که در این مطالعه آب ۴ رودخانه مورد بررسی در بیشتر ماه‌ها در رده عالی و فقط در مورد رودخانه بهشت آباد در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در رده خوب و در ماه شهریور در رده مجاز قرار داشتند.



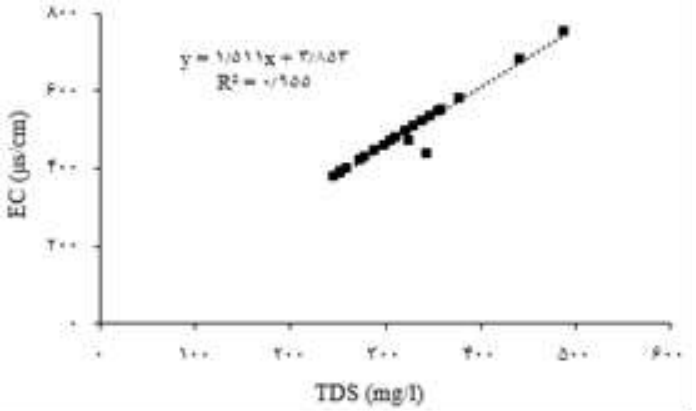
شکل ۳- نمودار درصد کاتیون‌ها در نمونه‌های آب رودخانه‌های موردمطالعه

هم‌چنین میانگین غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها با مقادیر استاندارد جهانی مقایسه گردید (جدول ۳) که تمامی آن‌ها در محدوده استاندارد قرار داشته و برای آبیاری هیچ محدودیتی نداشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) با مقدار بیشینه مجاز آن‌ها برای مصرف کشاورزی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	CL^{-}	SO_4^{2-}
۱	۶۱/۰۱	۱۵/۳۱	۸/۲۷	۱/۱۷	۱۷/۰۱	۳۳/۶۱
۲	۶۵/۵۲	۱۲/۲۷	۶/۹	۱/۱۷	۲۰/۵۶	۲۴/۲۵
۳	۶۳/۵۲	۱۵/۴۳	۷/۳۵	۱/۰۹	۱۷/۳۷	۲۶/۸۹
۴	۶۰/۱۳	۱۵/۶۷	۳۷/۰۱	۱/۶۸	۸۳/۶۶	۲۱/۶
بیشینه مجاز برای کشاورزی (Ayers & Westcot, 1985)	۴۰۰	۶۰	۹۰۰	۷۵	۲۵۰	۹۵۰

نتایج آنالیز پارامترهای کیفی آب در رودخانه‌های موردمطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. مقدار TDS در همه نمونه‌های آب کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم برلیتر بوده که براساس طبقه‌بندی جدول ۱ در طبقه آب شیرین جهت مصارف کشاورزی قرار داشتند. همه مقادیر EC آب ایستگاه‌ها نیز برای مصارف کشاورزی با مقادیر بین محدوده ۲۵۰ تا ۷۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در طبقه C_2 و شوری متوسط قرار گرفت. همچنین طبق شکل ۴ رابطه مستقیم مثبت بین مقادیر TDS و EC آب وجود داشت به‌طوری که با افزایش EC مقدار TDS افزایش می‌یابد. ارتباط مستقیم این دو پارامتر در مطالعات جلیلیان و امینی (۱۳۸۶)، کرمی و هوشمند (۱۳۹۲) و غلام‌دخت بندری و همکاران (۱۳۹۷) نیز مشاهده شده است. محدوده مجاز pH برای کشاورزی ۶/۵ تا ۸/۵ است (Ayers & Westcot, 1985) که براساس نتایج جدول ۴ در تمام ایستگاه‌ها، در محدوده بهینه و محدوده TH نیز بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و طبق جدول ۱ در طبقه آب‌های سخت بودند.



شکل ۴- همبستگی بین EC و TDS در نمونه‌های مورد مطالعه

در مورد سایر شاخص‌های کیفی نیز کیفیت آب ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر سدیم کربنات باقی‌مانده (مقادیر کمتر از ۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر)، نسبت کلی (مقادیر کمتر از یک)، منیزیم (مقادیر کمتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و درصد سدیم محلول در وضعیت مناسب، از نظر شاخص نفوذپذیری (مقادیر کمتر از ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر) در وضعیت خوب و از نظر SAR در طبقه S_1 با خطر کم سدیم آب بودند (جداول ۱ و ۴).

هم‌چنین به‌منظور مقایسه نتایج بررسی کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۲ با آمار و نتایج به‌روزتر، برخی داده‌های کیفیت آب از شرکت آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری جمع‌آوری شد. نتایج آنالیز پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ در جدول ۵ ارائه شده است. به‌منظور نمایش ساده‌تر تغییرات صورت گرفته در پارامترهای کیفی آب در سال ۱۳۹۸، این مقادیر با رنگ زرد در جدول ۵ مشخص شده‌اند. طبق نتایج بررسی پارامترهای کیفی آب در سال ۱۳۹۸ مشابه با سال ۱۳۹۲، کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد بررسی از نظر مقادیر TDS در طبقه آب شیرین، مقادیر EC در طبقه C_2 و شوری متوسط (به جز ایستگاه ۳ در ماه‌های خرداد تا شهریور در طبقه C_3 و شوری زیاد)، مقادیر pH در محدوده مناسب، مقادیر TH در طبقه آب‌های سخت (به جز به جز ایستگاه ۳ در ماه‌های خرداد تا شهریور در طبقه خیلی سخت)، مقادیر RSC، KR، MAR و SSP در وضعیت مناسب مقادیر PI در وضعیت خوب و از نظر SAR در طبقه S_1 با خطر کم سدیم قرار داشتند. بنابراین به‌طور کلی، نتایج مقایسه کیفیت آب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ نشان داد که تغییری در کیفیت آب رخ نداده است.

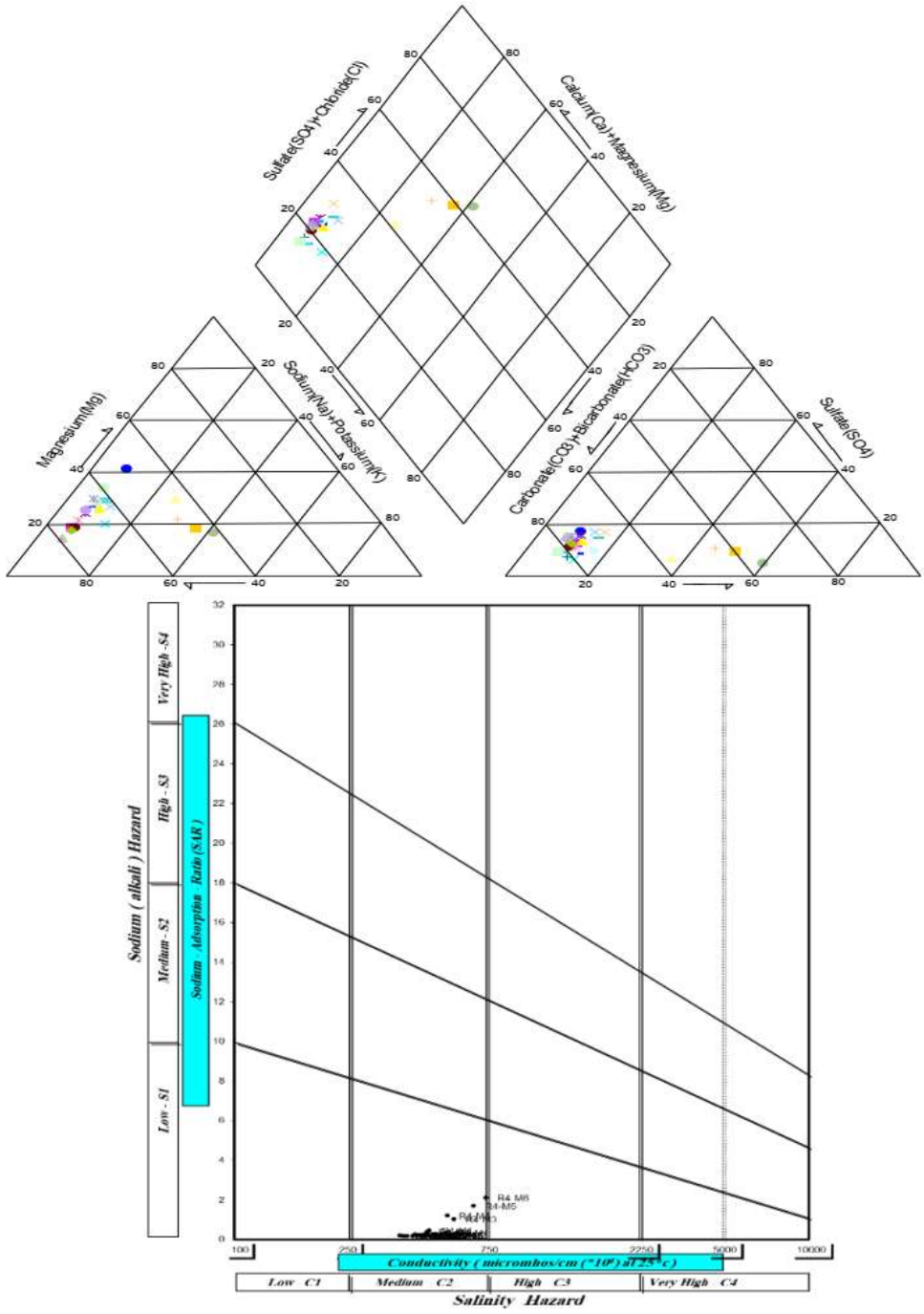
جدول ۴- نتایج آنالیز پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۲

ماه	ایستگاه	TDS	EC	PH	TH	RSC	PI	KR	MAR	SSP	SAR
		mg/l	µs/cm		mg/l						
فروردین	۱	۳۰۶	۴۷۰	۷/۸۷	۲۲۰	-۰/۷۲	۳۸/۸۷	۰/۰۸	۴۵/۱	۷/۹۴	۰/۲۴
	۲	۲۵۳	۳۹۰	۸	۱۸۷/۵	-۰/۷۶	۴۳/۴۴	۰/۰۶	۲۰	۶/۴۸	۰/۱۷
	۳	۳۵۶	۵۴۷	۷/۹	۲۴۹	-۰/۷۷	۳۷/۹	۰/۱	۲۸/۷۱	۹/۶۱	۰/۳۲
	۴	۳۱۱	۴۷۸	۸	۲۰۹	-۰/۲۹	۴۱/۴۳	۰/۱۵	۲۳/۲۰	۱۳/۹۹	۰/۴۵
اردیبهشت	۱	۲۴۵	۳۷۷	۷/۷	۱۸۲/۵	-۰/۸۵	۴۳/۰۷	۰/۰۶	۲۶/۰۲	۷/۱۲	۰/۱۹
	۲	۲۸۹	۴۴۵	۷/۹۵	۲۱۰/۵	-۰/۶۱	۴۲/۲	۰/۰۷	۲۰/۱۹	۷/۲۶	۰/۲۱
	۳	۳۴۵	۵۳۵	۷/۸۵	۲۵۶	-۰/۶۹	۴۰/۷۳	۰/۰۶	۲۶/۷۵	۶/۹	۰/۲۲
	۴	۲۹۹	۴۶۰	۷/۸	۲۲۲/۵	-۰/۸۳	۴۰/۶۷	۰/۰۵	۲۸/۰۸	۵/۹۱	۰/۱۷
خرداد	۱	۲۷۸	۴۲۸	۷/۸۶	۲۰۰	-۰/۵	۴۳/۲۴	۰/۰۹	۳۲/۵	۸/۸۳	۰/۲۶
	۲	۲۹۹	۴۶۰	۷/۸۸	۲۱۸/۵	-۰/۹۷	۳۹/۲۶	۰/۰۸	۳۰/۸۹	۸/۱۹	۰/۲۴
	۳	۳۳۸	۵۲۰	۷/۸۹	۲۴۷/۵	-۰/۶۵	۴۱/۷۲	۰/۰۶	۳۶/۳۶	۶/۶	۰/۲
	۴	۳۷۸	۵۸۱	۷/۸	۲۱۷	-۰/۹۹	۳۲/۸۳	۰/۳۴	۴۰/۰۹	۲۶/۱۹	۱/۰۲
تیر	۱	۳۰۶	۴۷۰	۷/۷	۲۱۵	-۰/۴۵	۳۷/۹۴	۰/۱۲	۳۰/۲۳	۱۱/۸۸	۰/۳۸
	۲	۳۲۲	۴۹۵	۷/۶۹	۲۴۰	-۰/۹۵	۳۸/۶	۰/۰۶	۲۲/۹۱	۶/۷۹	۰/۲۱
	۳	۲۶۰	۴۰۰	۷/۸	۱۹۲	-۰/۵۹	۴۴/۲۶	۰/۰۶	۳۷/۰۸	۶/۵۶	۰/۱۸
	۴	۳۵۹	۵۵۲	۷/۷۶	۱۹۹	-۱/۵	۲۸/۹۸	۰/۴۲	۳۱/۴۰	۳۰/۵۴	۱/۲۱
مرداد	۱	۳۳۸	۵۲۰	۷/۷۳	۲۴۷/۵	-۰/۱۱	۳۷/۵۱	۰/۰۷	۲۸/۶۸	۷/۱۲	۰/۲۲
	۲	۳۲۵	۴۷۰	۷/۲۱	۲۱۲/۵	-۰/۸۵	۳۹/۶۷	۰/۰۸	۳۱/۷۶	۱۰/۱۴	۰/۳
	۳	۲۵۲	۳۸۷	۷/۸۷	۱۸۵	-۰/۶	۴۴/۸	۰/۰۶	۱۸/۹۱	۷/۰۴	۰/۱۸
	۴	۴۴۲	۶۸۰	۸/۰۸	۲۱۹/۵	-۱/۶۹	۲۶/۳	۰/۵۶	۲۸/۹۲	۳۶/۷۴	۱/۶۹
شهریور	۱	۳۳۰	۵۰۸	۷/۹	۲۴۲	-۰/۷۹	۳۹/۴	۰/۰۶	۱۵/۴۹	۶/۳۸	۰/۱۹
	۲	۳۴۳	۴۳۹	۷/۸	۲۲۷/۵	-۱/۶۵	۳۵/۵۸	۰/۰۷	۳۰/۷۶	۷/۰۹	۰/۱۴
	۳	۲۷۳	۴۲۰	۸	۲۰۵	-۰/۹	۴۱/۱۶	۰/۰۶	۳۱/۷	۶/۳۹	۰/۱۹
	۴	۴۸۸	۷۵۰	۷/۷۹	۲۲۱	-۱/۸۲	۲۴/۵	۰/۷	۲۸/۷۳	۴۱/۶۸	۲/۰۹

جدول ۵- نتایج آنالیز پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸

ماه	ایستگاه	TDS mg/l	EC µs/cm	PH	TH mg/l	RSC	PI	KR	MAR	SSP	SAR
فروردین	۱	۲۶۸	۴۸۷	۷/۹۸	۲۲۹	-۳/۹۳	۱۶/۵۰	۰/۰۸	۳۱/۸۶	۸/۲۲	۰/۲۵۱
	۲	۳۰۱	۵۴۷	۸/۱۸	۲۵۰/۵	-۰/۹۹	۳۶/۵۲	/۱۰	۲۶/۹۴	۱۰/۳۸	۰/۳۴۸
	۳	۳۲۵	۵۹۰	۸/۰۵	۲۵۰/۵	-۴/۰۶	۱۸/۲۹	۰/۱۸	۴۶/۹۰	۱۶/۲۲	۰/۵۹۴
	۴	۲۳۲	۴۲۱	۸/۰۵	۱۹۳	-۰/۷۸	۴۲/۳۶	۰/۰۷	۲۵/۳۸	۷/۸۸	۰/۲۱۶
اردیبهشت	۱	۲۴۰	۴۳۶	۸/۰۳	۲۰۲/۵	-۰/۱	۴۵/۱۶	۰/۰۹	۳۶/۲۹	۸/۹۹	۰/۲۶
	۲	۱۹۰	۳۴۵	۸/۰۵	۱۷۲/۵	-۰/۵۵	۴۶/۵۴	۰/۰۶	۲۴/۶۳	۶/۷۶	۰/۱۶۸
	۳	۳۶۳	۶۶۰	۸/۱۴	۲۹۱/۵	-۱/۰۸	۳۳/۲۹	۰/۱۴	۳۵/۱۶	۱۳/۲۴	۰/۵۰۴
	۴	۲۱۳	۳۸۷	۸/۰۵	۱۹۴/۵	-۰/۷۴	۴۳/۹۶	۰/۰۳	۲۲/۶۲	۴/۶۶	۰/۱۰۸
خرداد	۱	۲۸۸	۵۲۴	۸/۰۴	۲۴۱	-/۳۸	۴۴/۱۶	۰/۱۲	۲۴/۸۹	۱۱/۵۶	۰/۳۸۷
	۲	۲۷۰	۴۹۰	۷/۹۸	۲۳۴	-۰/۹۳	۳۸/۳۹	۰/۰۸	۳۱/۶۲	۸/۴۲	۰/۲۶۲
	۳	۴۴۱	۸۰۱	۸/۰۳	۳۴۹/۵	-۰/۸۹	۳۱/۵	۰/۱۵	۴۰/۷۷	۱۴/۰۲	۰/۵۸۸
	۴	۲۴۶	۴۴۸	۷/۹۸	۲۱۹	-۱/۰۳	۳۷/۷۷	۰/۰۵	۲۴/۶۵	۶/۰۱	۰/۱۶۹
تیر	۱	۲۴۶	۴۴۷	۷/۷۶	۲۰۰/۵	-/۴۱	۴۳/۴۳	۰/۰۹	۳۵/۶۶	۹/۲۸	۰/۲۶۸
	۲	۲۵۹	۴۷۰	۸/۰۷	۲۲۸	-۱/۰۸	۳۸/۱۶	۰/۰۷	۳۰/۷۰	۷/۸۸	۰/۲۳۸
	۳	۴۲۹	۷۸۰	۸/۰۲	۳۳۸/۵	-۱/۱۱	۳۱/۲۴	۰/۱۶	۳۷/۵۱	۱۴/۲	۰/۵۹۲
	۴	۴۲۲	۶۴۹	۷/۷	۲۱۳	-۱/۵۶	۲۷/۱۶	۰/۵۵	۲۹/۵۷	۳۶/۰۴	۱/۶۱
مرداد	۱	۲۶۰	۴۷۳	۷/۸	۲۱۹	-/۹۸	۳۷/۹۳	۰/۱۲	۳۱/۰۵	۱۱/۵۲	۰/۳۶۵
	۲	۲۹۷	۵۴۰	۸	۲۵۴/۵	-۰/۹۱	۳۷/۵۵	۰/۰۷	۲۴/۹۵	۷/۷۹	۰/۲۵۱
	۳	۴۴۸	۸۱۵	۸/۰۵	۳۵۲	-۱/۰۴	۳۰/۷۳	۰/۱۷	۴۰/۶۲	۱۵/۳۹	۰/۶۵۶
	۴	۴۱۰	۶۳۰	۸/۱۴	۲۰۳/۵	-۱/۶۷	۲۶/۳۱	۰/۵۷	۲۵/۳۰	۳۷/۰۹	۱/۶۵۴
شهریور	۱	۲۵۹	۴۷۰	۷/۸۵	۲۲۰/۵	-۱/۰۱	۳۷/۴۵	۰/۱۳	۲۶/۷۵	۱۲/۱۵	۰/۳۹۱
	۲	۲۶۴	۴۸۰	۷/۷	۲۱۸/۵	-۰/۴۷	۴۱/۳۲	۰/۱۰	۲۷/۶۸	۹/۹	۰/۳۰۴
	۳	۴۲۷	۷۷۷	۷/۸۵	۳۳۴	-۵/۶۵	۱۴/۰۸	۰/۱۶	۳۹/۳۷	۱۴/۵۸	۰/۵۹۶
	۴	۴۴۵	۶۸۴	۷/۸	۱۹۶/۵	-۱/۳۷	۲۵/۷۲	۰/۸۰	۲۶/۲۰	۴۴/۹۶	۲/۲۵۴

طبق نمودار پایپر تیپ کیفی شیمیایی آب رودخانه‌های مورد مطالعه از نوع بی‌کربناته- کلسیمی- منیزیمی و در مورد رودخانه بهشت‌آباد در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور از نوع کلسیمی- منیزیمی- سولفاته- کلروره بود. سختی آب از نوع موقتی بوده که میزان آن کم و در رودخانه بهشت آباد در تابستان بیشتر بود. در آب‌های بی‌کربناته- کلسیمی- منیزیمی غلظت کاتیون‌های کلسیم و منیزیم بیشتر از سدیم و پتاسیم و غلظت آنیون بی‌کربنات بیشتر از سولفات و کلر است. بر اساس نمودار ویلکاکس نیز کیفیت آب رودخانه بهشت آباد در شهریور ماه به‌دلیل نزدیک بودن به گروه C_3S_1 متمایل به شوری ولی قابل استفاده برای کشاورزی و در سایر نمونه‌ها در گروه C_2S_1 و در وضعیت خوب بوند (شکل ۵). نتایج این بخش از مطالعه با نتایج مطالعه زارع گاریزی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کیفیت آب با استفاده از نمودارهای ویلکاکس و پایپر در رودخانه چهل‌چای در استان گلستان مطابقت داشت.



شکل ۵- نمودارهای پایپر و ویلکاکس برای نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه

بحث

آب رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آب سطحی، برای رفع نیاز جوامع بشری و مصارف مختلف شرب، صنعت، کشاورزی و غیره استفاده می‌شوند. برای استفاده از این آب‌ها ابتدا باید کیفیت آن‌ها برای مصارف مورد نظر بررسی گردد. لذا در این موارد اندازه‌گیری مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها، پارامترها و شاخص‌های کیفی آب و هم‌چنین نمودارهای طبقه‌بندی آب مانند ویلکاکس، پایپر، شولر و غیره در این زمینه کمک می‌نمایند. به‌عنوان مثال برای آبیاری زمین‌های کشاورزی مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده کیفیت آب برای آبیاری هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم می‌باشند که نمودار ویلکاکس براساس این دو پارامتر کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی را نشان می‌دهد. آب‌های با کیفیت خیلی خوب دارای هدایت الکتریکی کمتر از ۱۸۷ میکروزیمنس بر سانتی‌متر

بوده و در طبقه C_2S_2 و آب‌های با کیفیت خوب در طبقه‌های C_1S_1، C_2S_2 و C_2S_1 قرار دارند. در این مطالعه وضعیت کیفیت آب رودخانه‌های حوزه بهشت‌آباد واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها به همراه pH، هدایت الکتریکی، جامدات محلول و همچنین استفاده از روش‌های SAR، RSC، SSP، KR، Pi، TH، MAR به مدت ۶ ماه از فروردین تا شهریور ۱۳۹۲ در ۴ ایستگاه برای اهداف آبیاری بررسی شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کیفیت آب رودخانه‌های حوزه بهشت‌آباد در طی ماه‌های مختلف تغییرات چندانی نداشته و برای آبیاری مناسب است. کمترین مقدار TDS، EC و مجموع کاتیون‌ها و مجموع آنیون‌ها، در اردیبهشت و بیشترین آن‌ها در شهریور بود که دلیل آن را می‌توان بارش‌های بهاره و ذوب برف در فصل بهار و در نتیجه کاهش غلظت یون‌ها در آب رودخانه بیان کرد. همچنین درصد کاتیون‌های کلسیم و منیزیم موجود در آب این رودخانه‌ها بالا بوده که با بهبود بخشیدن ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها، برای آبیاری مناسب خواهند بود. براساس نتایج نمودار ویلکاکس آب ۴ رودخانه مورد بررسی در طبقه C_2S_1 بود که برای مصرف کشاورزی مناسب است. طبق نتایج نمودار پایپر نیز آب این رودخانه‌ها در مجموع بی‌کربناته، کلسیک و منیزیک بوده که در رده آب‌های با سختی موقت قرار داشتند. این احتمال وجود دارد که کلسیم موجود به‌دلیل وجود انحلال کانی‌های کربناته و یا ژیپس در بالای منطقه مورد مطالعه باشد، علاوه‌براین انحلال کانی‌های کربناته از جمله دولومیت و کلسیت دولومیتی و کانی‌های حاوی یون منیزیم می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان منیزم آب باشد که باید تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد. از آن‌جا که درصد سدیم نیز در مناسب بودن کیفیت آب برای کشاورزی اهمیت دارد مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که در سه رودخانه گرگک، جونقان و کیار کیفیت آب در رده عالی بوده و در مورد رودخانه بهشت‌آباد در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد در رده خوب و در شهریور در رده مجاز قرار داشت. همچنین محاسبه مقادیر TH نشان داد که منابع آب محدوده مطالعاتی بهشت آباد در محدوده آب‌های با منشاء سخت قرار می‌گیرند. علاوه بر این نتایج مقایسه بین پارامترها و شاخص‌های کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ نشان داد که تغییری در کیفیت آب رخ نداده است. در صورتی که کیفیت این منابع در سطح فعلی حفظ گردد و از ورود هر نوع آلاینده‌ای که بتواند کیفیت آب این رودخانه‌ها را مورد تهدید قرار دهد، جلوگیری شود، روند استفاده فعلی از این منابع استمرار می‌یابد. با این وجود باتوجه به کل نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد کیفیت آب رودخانه بهشت آباد در شهریور ماه نسبت به بقیه رودخانه‌ها و ماه‌های مورد بررسی پایین‌تر باشد لذا باید توجه بیشتری به کیفیت آن داشت و قبل از استفاده از آب این رودخانه برای مصارف آبیاری مطالعات بیشتری بر روی این رودخانه و در کل ماه‌های سال انجام شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود ارزیابی‌های دیگر مانند آلودگی به فلزات سنگین، عناصر سمی، سموم آفت‌کش، کدورت، وجود مواد آلی، آلودگی به فاضلاب خانگی و غیره در مورد آب رودخانه‌های حوزه آبخیز بهشت آباد مطابق استانداردهای موجود صورت گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب قدردانی از شرکت آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری جهت همکاری در انجام این پژوهش اعلام می‌گردد.

منابع

۱. **جلیلیان، م. و امینی، ژ. ۱۳۸۶.** بررسی رابطه بین فاکتور EC و TDS در آب رودخانه زاینده‌رود و آب آشامیدنی شهر اصفهان. اولین کنفرانس مهندسی برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های محیط زیست، تهران، ایران.

۲. **زارع گاریزی، آ.، بردی شیخ، ا.، سعدالدین، ا. و سلمان ماهینی، ع. ۱۳۸۸.** ارزیابی کیفیت شیمیایی آب‌های سطحی و بررسی تغییرات فصلی آن. همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، ایران.

۳. **غلام دخت بندری، م.، رضائی، پ. و غلام دخت بندری، ز. ۱۳۹۷.** ارزیابی کیفیت

هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه سیاهو، شمال شرق شهر بندرعباس. سلامت و محیط زیست. جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۹۷ تا ۱۱۰.

۴. **کرمی، ا. و هوشمند، ع. ۱۳۹۲.** صحت‌سنجی و برآورد ارتباط بین TDS و EC آب رودخانه کارون در فصول پرآب و فصول کم آب. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ایران.

۵. **لطفی‌نسب‌اصل، س.، درگاهیان، ف. و خسرو شاهی، م. ۱۳۹۹.** ارزیابی کیفیت آب رودخانه گوپال و روند تغییرات آن واقع در حوضه آبخیز مارون- جراحی. مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۲، شماره ۳، صفحات ۸۳۵ تا ۸۵۲.

۶. **معانی جو، م.، بارونی نجف آبادی، ف.، خدابخش، س. و رحمانی، س. ۱۳۹۶.** بررسی هیدروژئوشیمیایی و ارزیابی کیفی آب رودخانه شاوور، شوش، استان خوزستان. یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی. جلد ۱۱، شماره ۲۲، صفحات ۱ تا ۱۰.

7. **APHA. 2005.** Standard methods for examination of water and wastewater. 21th ed. American Public Health Association, Washington, Part 1000-3000.
8. **Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985.** Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. Food and Agricultural Organization, Rome. 1:74.
9. **Cordier, C., Guyomard, K., Stavrakakis, C., Sauvade, P., Coelho, F. and Moulin, P. 2020.** Culture of microalgae with ultra-filtered seawater: a feasibility study. SciMedicine Journal.Vol. 2, No. 2, pp: 56-62.
10. **El-Gamal, A.A. 2016.** Sediment and water quality of the Nile delta estuaries. In The Nile Delta, Springer, Cham. pp: 347-378.
11. **Meguid, M.A. 2017.** Key features of the Egypt's water and agricultural resources. In Conventional Water Resources and Agriculture in Egypt, Springer, Cham. Vol. 74, pp: 39-99.
12. **Pandhiani, S.M., Sihag, P., Shabri, A.B., Singh, B. and Pham, Q.B. 2020.** Time-series prediction of stream flows of Malaysian rivers using data-driven techniques. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 146, No. 7.
13. **Piper, A.M. 1944.** A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union. Vol. 25, No. 6, pp: 914-928.
14. **Prasad, G. and Ramesh, M.V. 2019.** Spatio-temporal analysis of land use/land cover changes in an ecologically fragile area- Alappuzha District, Southern Kerala, India. Natural Resources Research. Vol. 28, No. 1, pp: 31-42.
15. **Qishlaqi, A., Kordian, S. and Parsaie, A. 2017.** Hydrochemical evaluation of river water quality- a case study. Applied Water Science. Vol. 7, No. 5, pp: 2337-2342.
16. **Singh, S., Ghosh, N.C., Gurjar, S., Krishan, G., Kumar, S. and Berwal, P. 2018.** Index-based assessment of suitability of water quality for irrigation purpose under Indian conditions. Environmental monitoring and assessment. Vol. 190, No. 1.
17. **Singhal, B.B. and Gupta, R.P. 1999.** Applied hydrogeology of fractured rocks. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 400 pages.
18. **Solangi, G.S., Siyal, A.A. and Siyal, P. 2019.** Analysis of Indus Delta groundwater and surface water suitability for domestic and irrigation purposes. Civil Engineering Journal. Vol. 5, No. 7, pp: 1599-1608.
19. **Younger, P. and Casey, V. 2003.** A simple method for determining the suitability of brackish groundwater for irrigation. Waterlines Journal. Vol. 22, No. 2, pp: 11-13.

Evaluation of Water Quality of Beheshtabad Watershed Rivers using Different Methods (with Emphasis on Irrigation)

Rasool Zamani-Ahmadmahmoodi[1]*, Ehsan Fathi[2], Samira Bayati[3], Zeinab Akbari[4]

1*- Department of Environmental Engineering, Natural Resources and Geosciences Faculty, Shahrekord University, Iran.
2- Department of Rangeland and Watershed Management, Natural Resources and Geosciences Faculty, Shahrekord University, Iran.
3- Department of Natural Engineering, Natural Resources and Geosciences Faculty, Shahrekord University, Iran.
4- Rangeland and Watershed Management, Natural Resources and Desert Studies Faculty, Yazd University, Iran.

Abstract

Various indices are used to assess the suitability of water quality for drinking and agricultural uses. The aim of this study is to investigate the water quality of rivers in Beheshtabad watershed for irrigation purposes. Some water quality parameters were measured in 4 selected stations monthly during spring and summer 2013 and 2019 with using the standard methods. Then, SAR, RSC, SSP, KR, PI and MAR indices were calculated. According to the results, the water quality of the stations was in good condition in terms of PI with values less than 80 mg/l, was in good condition in terms of KR with values less than one and in terms of SSP with values less than 200. The water of the studied rivers was hard in terms of total hardness, sweet in terms of total dissolved solids, and had a good condition in terms of permeability index, residual sodium carbonate, soluble sodium percentage, Kelly's Ratio, magnesium adsorption ratio indices. According to water quality indices, water quality did not change in 2019 compared to 2013. According to the Wilcox diagram, the water of these rivers were in class C2S1, suitable for agricultural use, and according to the Piper diagram were located in Bicarbonate-Magnesium-Calcium group, in the category of water with temporary hardness. In general, evaluation of water quality of these rivers showed that the water of these rivers did not have limitation in terms of agriculture and were almost acceptable and suitable for irrigation.

Keywords: Kelly's Ratio, Permeability Index, Piper, Soluble Sodium Percentage, Wilcox

* Corresponding Author's email: rasoolzamani@yahoo.com