

"ارزیابی کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی حوزه آبریز سد لتیان با استفاده از شاخص کیفیت آب"

زینب رستم بیک^{۱*}، حاتم گودینی^۱، محمد نوری سپهر^۱ و مجتبی صیادی^۲

^۱ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

^۲ کارشناس ارشد منابع آب، شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: آبهای سطحی و زیرزمینی منابع حیاتی مهمی در سراسر دنیا می‌باشند. این مطالعه کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه آبریز سد لتیان طی سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ را با استفاده از ابزار جی آی اس و شاخص‌های کیفیت آب بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی کیفیت منابع آب، نمونه‌ها از ۱۰ ایستگاه انتخابی در دو فصل پربارش و کم بارش طی سه سال گرفته شده و پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی نمونه‌ها ارزیابی شدند. سپس با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب و مشخصات هیدروژئوشیمیایی، کیفیت منابع آب تعیین شده و نقشه پهنه‌بندی شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شد. همچنین داده‌های هیدروژئوشیمیایی حاصل با استفاده از دیاگرام‌های گرافیکی پایپر، شولر، ویلکوکس و تحلیل‌های آماری تفسیر شدند.

یافته‌ها و نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد به طور میانگین در فصول پربارش تمام منطقه کیفیت خوب (۳۰/۶۴۴) داشته است. برای ایستگاه‌های آب سطحی، ۳ ایستگاه در فصل پربارش کیفیت عالی (۴۴/۲۴۳)، ۲ ایستگاه در فصل کم بارش کیفیت عالی (۴۰/۱۴۵) و سایر ایستگاه‌ها کیفیت خوبی (۶۹/۹۲) داشته اند. مطابق دیاگرام پایپر نمونه‌ها در دو حالت Ca-Mg-SO4-Cl و Ca-Mg-HCO3 قرار گرفته و نتایج حاصل از مطالعه ترکیب کاتیون و آنیون عمدتاً به صورت Ca-Mg-HCO3 می‌باشند. ضریب همبستگی بین متغیرهای اصلی، رابطه معنی داری بین IRWQIGC آب زیرزمینی و GWQI آن ($r = 0.87$) و بین IRWQISC آب سطحی و WQI آن ($r = 0.68$) وجود داشته اما بین کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی منطقه رابطه معناداری وجود ندارد. میانگین کیفیت آب زیرزمینی در طی دوره مطالعه خوب (۲۹/۱۴۳) بوده است.

کلمات کلیدی: شاخص کیفیت آب، شاخص کیفیت آب زیرزمینی، دیاگرام سه بعدی پایپر، حوزه آبریز سد لتیان، سامانه اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

طی سالیان اخیر بحران کم آبی به علت کاهش نزولات جوی گریبانگیر بسیاری از کشورهای جهان شده و تامین آب شرب سالم و کافی توسط سازمان بهداشت جهانی به عنوان مهمترین نارسایی قرن مطرح است. زیرا بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان دسترسی به آب سالم ندارند و منشا ۸۰ درصد از بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه آب ناسالم و بی کیفیت است^۱. این در حالی است که آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی منابع کلیدی برای توسعه پایدار جامعه و محیط زیست بوده و تعامل این دو یکی از فرایندهای چرخه هیدرولوژیکی است که بر روی کیفیت آب هر دو منبع بسیار موثر است^۲. ایران به عنوان یکی از کشورهای مستقر در کمربند اقلیمی خشک و نیمه خشک با بارش متوسط کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر با چالشی ملی در خصوص تامین آب مواجه است. زیرا در کنار کمبود منابع آبی توسعه نیز سبب بهره‌برداری روز افزون از منابع آب برای استفاده در بخش‌های مختلف شرب، بهداشت، صنعت، خدمات و به ویژه کشاورزی شده است^۳. امروزه مسئله تامین آب با کیفیت و کمیت مناسب برای پاسخ به تقاضای فزاینده‌ی بخش‌های مختلف جوامع یکی از چالش‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران صنعت آب است که رشد جمعیت و آلودگی، کاهش نزولات جوی، استقرار کشور در پهنه‌ی نیمه‌خشک و روش‌های ناکارآمد در بخش‌های کشاورزی و همچنین هدر رفت آب از شبکه‌های آبرسانی و عدم بازدهی مناسب آب و بهره‌برداری ناصحیح و عدم نظر گرفتن آب به عنوان یک کالای اقتصادی در بخش‌های مختلف صنعت، این چالش را به شکل فزاینده‌ای افزایش داده است^۴. در سال‌های اخیر با پیشرفت و توسعه فناوری، می‌توان اطلاعات زیادی را به راحتی و در زمانی کوتاه به دست آورده و پس از پردازش، نتایج آن‌ها را برای کاربردهای مختلف در اختیار متخصصین قرار داد^۵. بدیهی

است تعیین وضعیت کیفی منابع آب برای اتخاذ راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از کاهش کیفیت آب و یا بهبود آن ضروری به نظر می‌رسد. برای ارزیابی سریع کیفیت آب از شاخص‌های کیفیت آب (WQI) Water Quality Index و یا (GWQI) Ground Water Quality Index برای ارائه اولیه و سریع نتیجه‌ی ارزیابی وضعیت کیفیت آب بهره می‌گیرند که بدون پیچیدگی‌های ریاضی و آماری کیفیت آب را بیان می‌کند^۶. شاخص کیفیت منابع آب ایران IRWQI و شاخص کیفیت آب زیرزمینی ایران IRGWQI نیز با هدف استفاده از روش مناسب با شرایط طبیعی و مسائل منابع آب ایران تهیه شده است. پارامترهایی برای تعیین کیفیت آب در نظر گرفته شده که این شاخص‌ها بر اساس آن‌ها محاسبه می‌گردند^۷. از طرفی پهنه‌بندی آلودگی و ارائه تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب‌های سطحی توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی باعث می‌گردد تا هرگونه تصمیم‌گیری مدیریتی که اثرات زیست محیطی آن بصورت مستقیم و یا غیرمستقیم متوجه منابع آبی کشور باشد، با آگاهی بیشتری اتخاذ گردد. سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS می‌تواند به عنوان یک ضرورت اصلی در تعیین مکان‌های مناسب حفر چاه‌های آبی و منشاء‌یابی احتمالی عوامل آلاینده سطحی و زیرزمینی عمل کرده و نواحی با کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی مختلف را برای استفاده در مقاصد مختلف مشخص و تعیین نماید.

تالور و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی ارزیابی کیفیت آب چشمه و ارزیابی دبی حوضه آبشار بازانتار جامو هیمالیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص کیفیت آب پرداختند^۸. کومارجا و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای منبع آب آشامیدنی با استفاده از شاخص کیفیت آب و GIS به این نتیجه رسیدند که استفاده از مدل فازی و شاخص‌های کیفیت آب می‌تواند وضعت کاربری منابع آب زیرزمینی را به عنوان یک منبع

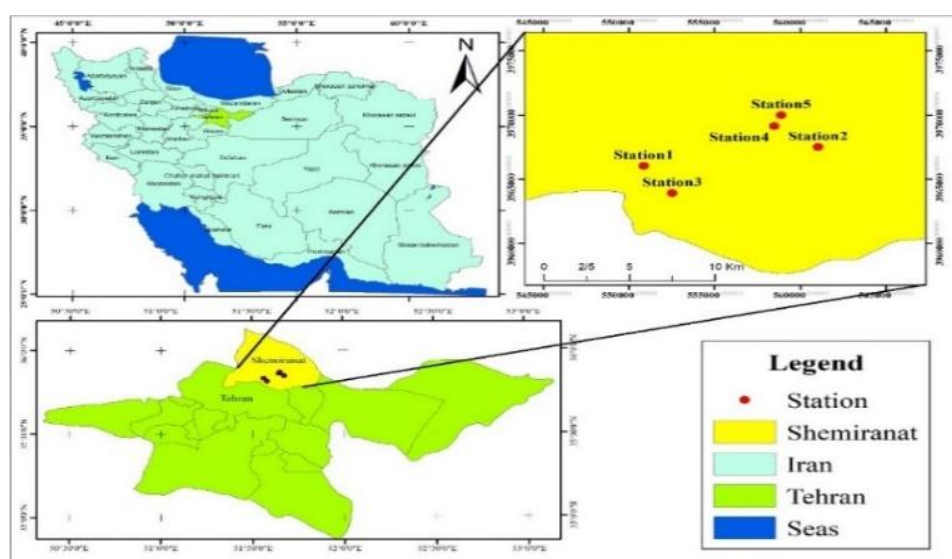
پارامترهای کیفی آب‌های سطحی و زیر زمینی حوزه آبریز سد لتیان به عنوان مهمترین منبع تامین کننده آب استان تهران به عنوان پرجمعیت‌ترین استان ایران است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان تهران با وسعتی بیش از ۱۳/۷ هزار کیلومتر مربع بین ۳۴ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱) شهرستان تهران به عنوان مرکز استان تهران و نیز پایتخت ایران، بین کوه‌های البرز و کویر مرکزی قرار گرفته است. حوزه آبریز سد لتیان با توجه به شرایط اقلیمی، توپوگرافی، هیدرولوژی، وجود رسوبات آبرفتی با نفوذ پذیری مناسب و تغذیه آن از طریق آب‌های سطحی به صورت مداوم فرصت لازم را برای تشکیل منابع آب زیرزمینی و سطحی و استحصال آب به صورت چاه‌های نیمه عمیق در مجاورت مسیل‌ها فراهم آورده است. بنابراین انتظار می‌رود هرگونه تغییرات احتمالی کمی در دبی و یا کیفیت رواناب‌های سطحی از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی و نیز چاه‌ها اثرگذار باشد.

مناسب آب تعیین کند^۹. هنربخش و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نشان دادند کیفیت آب زیرزمینی منطقه با استفاده از شاخص GWQI برای شرب قابل قبول است^{۱۰}. ترابی پوده و همه زاده (۱۳۹۷) طی مطالعه‌ای به بررسی کیفیت شیمیایی آب و تغییرات پارامترهای کیفی حوزه سد کشکان پرداخته و دی‌گرام شولر ویلکوکس را برای هر ایستگاه استخراج و ترسیم نمودند. بررسی‌ها نشان داد که کیفیت آب در محدوده‌ی این سد کاهش یافته است^{۱۱}. حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۷ در پژوهش خود با عنوان « کاربرد شاخص کیفیت آب (WQI) و هیدروژئوشیمی در ارزیابی کیفی آب سطحی، مخازن چاه نیمه استان سیستان و بلوچستان » از ۸۴ ایستگاه در چاه نیمه‌ها بر اساس روش‌های استاندارد در دو دوره تر و خشک‌سالی نمونه‌برداری انجام دادند. نتایج تحلیل هیدروژئوشیمیایی نشان دهنده تغییر تیپ آب از بی‌کربناته دسیک و سولفات سدیک به کلرور سدیک در طی دوره‌های نمونه‌برداری است. نتایج تحلیل‌های آماری مشخص کرد که همبستگی بالایی میان پارامترهایی مانند کلیرم، نترات، سولفات و کلر با شاخص کیفیت آب وجود دارد. نتایج پهنه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص WQI نشانگر کاهش کیفیت آب چاه‌نیمه‌ها به ترتیب چاه نیمه‌های ۳، ۲، ۱ و ۴ است^{۱۲}. هدف از این تحقیق ارزیابی



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه در محدوده سد لتیان

شده دو ایستگاه به منظور نمونه برداری از آب های سطحی و زیر زمینی در نظر گرفته شد. نمونه برداری از ایستگاه های انتخابی طی یک دوره سه ساله در دو فصل خشک و تر و به صورت تصادفی صورت گرفت. و پارامترهای مورد نظر اندازه گیری شد.

روش تحقیق

پس از مطالعه منطقه، به منظور بررسی کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی اقدام به انتخاب ۵ روستا (کند علیا، کند سفلا، زردبند، انباج و امین آباد) با توجه به موقعیت آنها نسبت به سد لتیان گردید. در هر کدام از روستاهای انتخاب

جدول ۱: ایستگاه های نمونه برداری منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه آبریز سد لتیان

| ایستگاه نمونه برداری | نوع منبع | عرض جغرافیایی (Y) | طول جغرافیایی (X) |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ایستگاه ۱ | چاه امین آباد | ۳۵° ۴۹' ۱۶" | ۵۰° ۳۴' ۴۴" |
| ایستگاه ۲ | چاه انباج | ۳۹° ۵۱' ۱۰" | ۵۱° ۴۰' ۴۵" |
| ایستگاه ۳ | چاه زردبند | ۳۵° ۴۹' ۰۸" | ۵۱° ۳۵' ۰۳" |
| ایستگاه ۴ | چاه کند سفلی | ۳۵° ۵۱' ۵۴" | ۵۱° ۳۸' ۴۱" |
| ایستگاه ۵ | چاه کند علیا | ۳۵° ۵۲' ۲۵" | ۵۱° ۳۸' ۴۷" |
| ایستگاه ۶ | رودخانه امین آباد | ۳۵° ۴۹' ۱۹" | ۵۱° ۳۴' ۵۲" |
| ایستگاه ۷ | رودخانه انباج | ۳۵° ۳۱' ۱۰" | ۵۱° ۴۰' ۴۳" |
| ایستگاه ۸ | رودخانه زردبند | ۳۵° ۴۱' ۰۸" | ۵۱° ۳۵' ۰۳" |
| ایستگاه ۹ | رودخانه کند سفلی | ۳۵° ۵۱' ۳۳" | ۵۱° ۳۸' ۴۰" |
| ایستگاه ۱۰ | رودخانه کند علیا | ۳۵° ۵۲' ۲۴" | ۵۱° ۳۶' ۴۷" |

جدول ۲: طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص کیفی آب (WQI) ۱۳

| کیفیت | WQI |
|------------------|--------------|
| عالی | < ۵۰ |
| خوب | ۵۰ - ۹۹/۹۹ |
| ضعیف | ۱۰۰ - ۱۹۹/۹۹ |
| خیلی ضعیف | ۲۰۰ - ۲۹۹/۹۹ |
| نامناسب برای شرب | ≥ ۳۰۰ |

جدول ۳: طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص کیفی آب (GWQI) ۱۳

| کیفیت | WQI |
|------------------------------|---------|
| خیلی خوب | ۲۵ - ۰ |
| خوب | ۵۰ - ۲۶ |
| ضعیف / نامناسب | ۷۵ - ۵۱ |
| خیلی ضعیف / غیر قابل استفاده | > ۷۵ |

پس از نمونه برداری از منابع آب سطحی و

طبقه عالی، خوب، ضعیف، بسیار ضعیف و نامناسب تفکیک شده‌اند.

GWQI و IRGWQI شاخصی است که برای آب‌های زیرزمینی محاسبه می‌شود، به همین منظور از استانداردهای کیفی WHO برای آب شرب در محاسبه GWQI استفاده می‌شود. دامنه‌ی وزن هر مولفه بین ۱ تا ۵ تغییر می‌کند. وزن ۱ برای مولفه‌های با کمترین اهمیت و وزن ۵ برای مولفه‌های که بیشترین اهمیت را دارد.

بعد از محاسبه شاخص کیفیت آب WQI، نقشه پراکنندگی فضایی شاخص کیفیت آب زیرزمینی مقادیر WQI در نرم افزار Arc GIS V10.3 با روش IDW درون‌یابی، تهیه و ارائه می‌گردد. در این تحقیق ضریب همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب حاصل از چاه و رودخانه با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۱۶ تعیین شد. در تحلیل هیدروژئوشیمیایی داده‌ها از نمودارهای شولر، پایپر و ویلکوکس استفاده شد. نمودار پایپر از ترکیب سه میدان مجزا تشکیل شده است که درصد آنیون‌ها و کاتیون‌ها را در محدوده‌های مثالی و موقعیت ترکیبی آن‌ها را در محدوده لوزی شکل پیاده می‌کند. بنابراین نمودار پایپر ابزار مفیدی برای نشان دادن تفاوت‌ها و شباهت‌های بین آب‌ها است^{۱۵}. نمودار شولر، یک نمودار لگاریتمی است که غلظت یون‌های اصلی را نشان می‌دهد. این نمودار آب‌ها را از نظر شرب بر اساس پنج پارامتر شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، باقیمانده خشک (TDS) و سختی، طبقه‌بندی می‌کند. در این طبقه‌بندی، آب‌های مورد بررسی به شش گروه خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند.

زیرزمینی اقدام به نمونه برداری جهت انجام آزمایشات صورت گرفت. برای بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از ظروف پلی اتیلنی ۱/۵ لیتری و برای بررسی پارامترهای میکروبی از ظروف شیشه‌ای استریل شده، استفاده گردید. در این پژوهش پارامترهای مهم فیزیکی مانند کدورت، فیزیکوشیمیایی (pH و EC)، شیمیایی (TDS، سختی، کلراید، کلیاتیت، سولفات، سدیم، کلسیم، منیزیم، فسفات، پتاسیم، نترات، بی کربنات) و باکتریولوژیکی (کل کلیرم‌ها و کلیرم‌های مدفوعی) برای تعیین کیفیت آب منابع آبی حوزه سد لتیان در آزمایشگاه بر اساس آخرین استانداردهای موجود در کتاب استاندارد متد ویرایش سال ۲۰۱۲ مورد آزمایش قرار گرفته است^{۲۶}.

به منظور بررسی کیفیت آب‌های سطحی منطقه از شاخص WQI و IRWQI استفاده شده که جهت محاسبه آن از داده‌های کیفی بدست آمده استفاده شد. در این مطالعه از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع آب منطقه از قبیل PH، کلراید، سولفات، کل جامدات محلول، کلیاتیت و سدیم استفاده می‌شود. شاخص کیفی آب به چند روش محاسبه می‌گردد که در اینجا از روش زیر استفاده شده است. در مرحله اول، پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده بر اساس اهمیت نسبیشان در مجموع کیفیت آب، در نظر گرفته می‌شوند. وزن بیشتر مربوط به پارامترهایی است که اثرات بیشتری در سلامتی دارند و وجود مقادیر بالاتر از استاندارد می‌تواند استفاده از آب را محدود نماید. از این رو وزن پارامترها از ۰ تا ۵ در نظر گرفته شده، وزن هر پارامتر بر مجموع وزن همه پارامترها تقسیم می‌گردد^{۱۳}. مجموع مقادیر وزن پارامتر به عنوان شاخص کیفیت آب زیرزمینی هستند که بر اساس جدول ۲ در پنج

بارش و کم بارش از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در (نمودار ۱) نشان داده شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای مورد

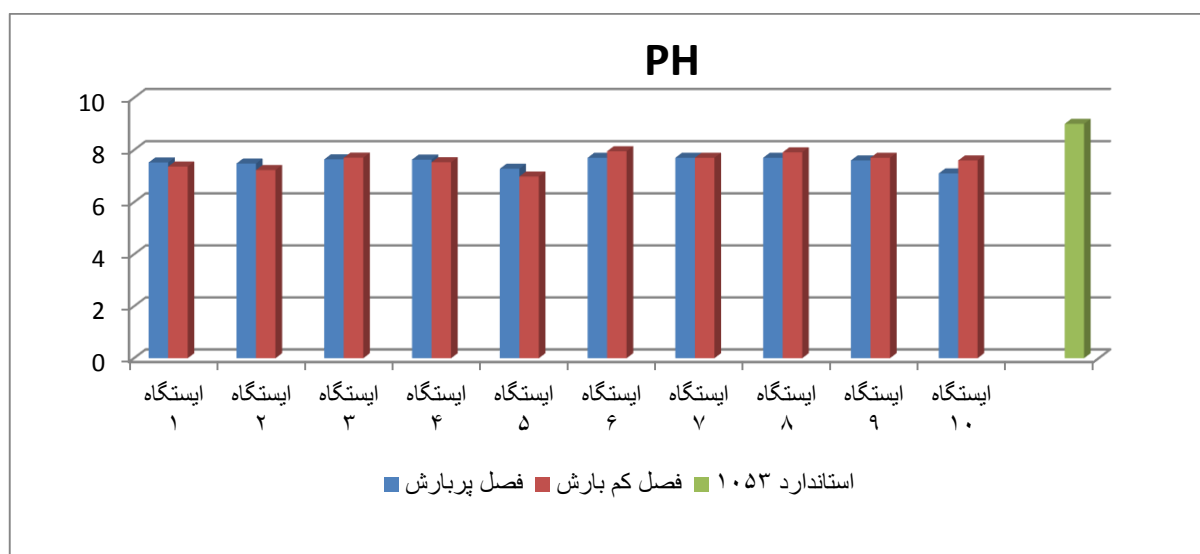
بررسی

جامدات محلول کل

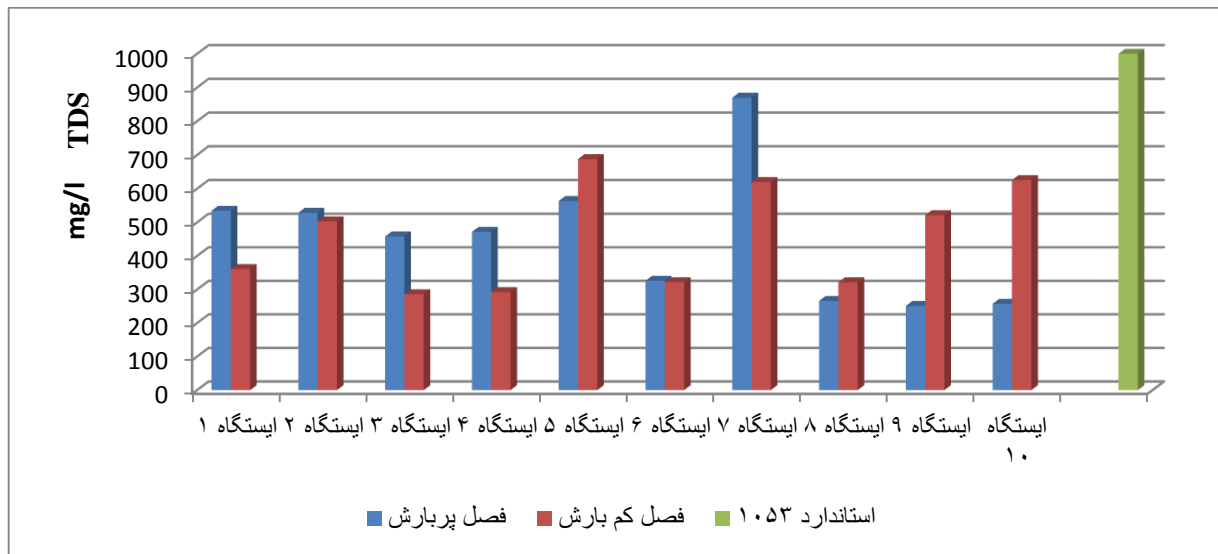
منابع اصلی ورود TDS به منابع آب می‌تواند زهاب‌های کشاورزی و خانگی، آلاینده‌های خاک، فاضلاب‌های شهری و صنعتی باشند^{۱۹}. مقادیر TDS در آب‌های زیرزمینی بستگی به وضعیت ژئولوژیکی منطقه دارد^{۱۸}. مقادیر TDS بالا می‌تواند به دلیل مواد معدنی حاوی کلرور و سدیم باشد. همانطور که در نمودار ۲ می‌توان مشاهده کرد، میانگین جامدات محلول در طی دوره سه ساله مطالعه در ایستگاه‌های آب زیرزمینی در فصل پر بارش بیشتر از کم بارش بوده و در ایستگاه ۵ میزان جامدات محلول آب بیشتر از سایرین بود. در ایستگاه‌های منابع آب سطحی میزان جامدات محلول آب کمتر از منابع آب زیرزمینی بود.

pH

در طی دوره مطالعه میزان pH در چاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به دلیل وجود سازندهای حاوی توف سبز باخاستگاه بازیگ به ویژه فصل کم بارش بیشتر است. pH یک شاخص قلیایی و یا اسیدی بودن است. مقادیر pH پایین باعث خورنده شدن آب و مقدار بالای آن اثرات نامطلوبی در مزه آب و بهداشت پوست و چشم ایجاد می‌کند^{۱۶،۱۷}. در این مطالعه رنج pH در محدوده مقادیر توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۲۰۱۷) برای آب آشامیدنی می‌باشد^{۱۸}. مقادیر میانگین pH اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو فصل پر



نمودار ۱: مقادیر pH اندازه‌گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

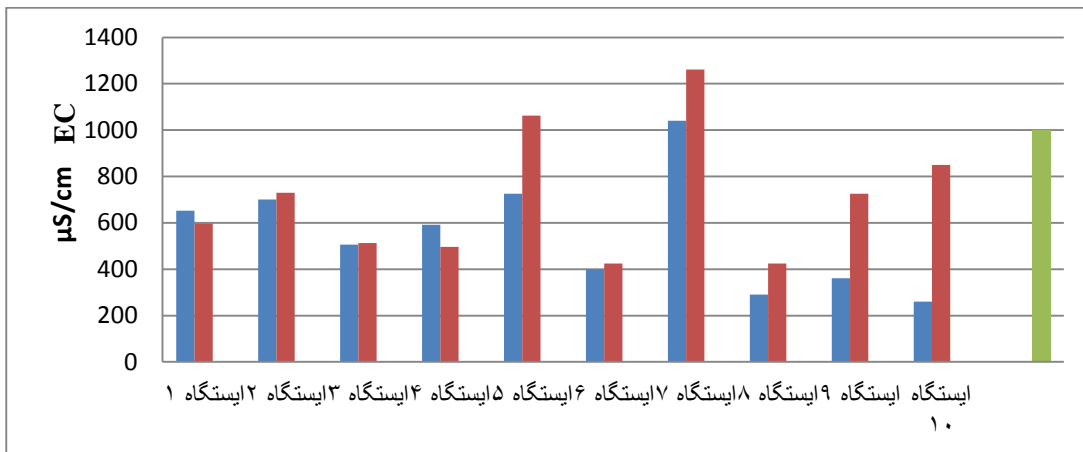


نمودار ۲: مقادیر جامدات محلول کل اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

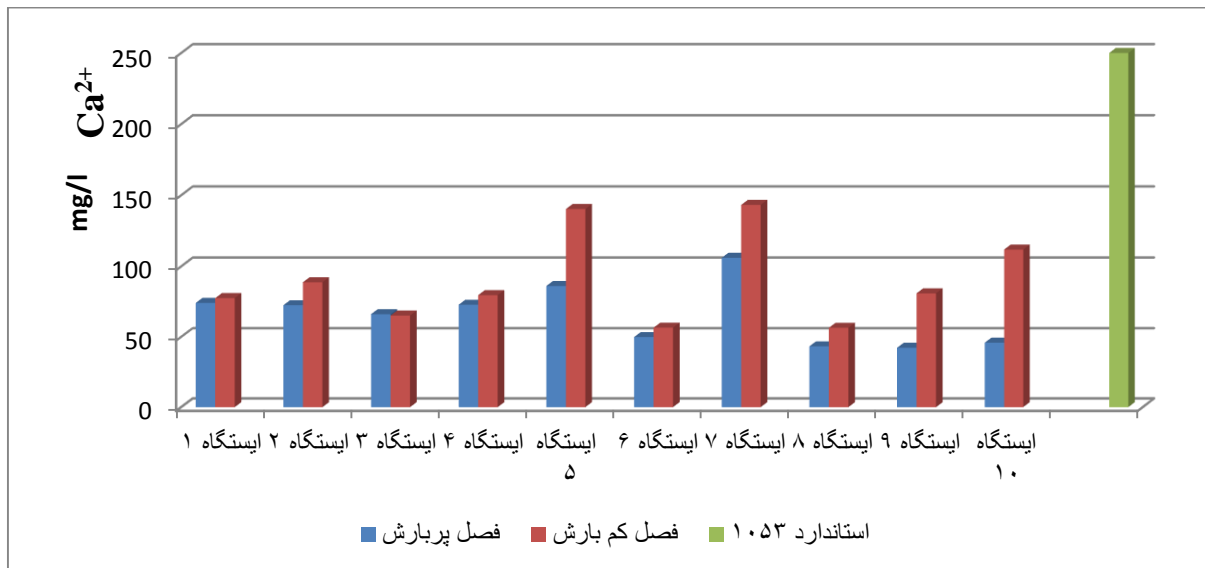
هدایت الکتریکی

میانگین میزان هدایت الکتریکی در این مطالعه (۶۳۰/۶۳۶ میکروزیمنس بر سانتیمتر بوده و براساس استاندارد حداکثر مجاز مقادیر EC در آب آشامیدنی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر) و حد مطلوب ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر)، میزان EC پایین تر از استاندارد بوده است. هدایت الکتریکی آب نشان دهنده یونهای موجود در آب می باشد. زیرا یونها جریان الکتریسته را هدایت می کنند. یونهای منفی به طرف قطب مثبت و یونهای مثبت به طرف قطب منفی حرکت می کنند. هدایت الکتریکی آب خالص بسیار کم می باشد و با افزایش غلظت یونها افزایش می یابد. هدایت ویژه آب، شاخص قابلیت آن در هدایت یک جریان الکتریکی است و از این نظر که قابلیت

هدایت الکتریکی ویژه نسبت معین و مستقیمی با TDS و مواد محلول موجود در آب دارد، لذا اندازه گیری آن به منظور کنترل کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است. هدایت ویژه با عکس مقاومت الکتریکی نسبت مستقیمی دارد. آب خالص دارای مقاومت بالای الکتریکی و هدایت ویژه پایین می باشد. بر اساس بررسی های به عمل آمده میزان هدایت الکتریکی در فصل کم بارش عمدتاً بیشتر از پر بارش بود و در ایستگاه های ۵ و ۷ نسبت به سایر ایستگاهها غلظت EC بیشتر بود (۱۱۶۲ میکروزیمنس بر سانتیمتر). و در فصل کم بارش از حد مجاز استاندارد ایران کمتر بود. براساس بررسی های به عمل آمده نمودار ۳ میزان هدایت الکتریکی محلول در فصل کم بارش عمدتاً بیشتر از پر بارش بود و در ایستگاه های ۵ و ۷ نسبت به سایر ایستگاهها غلظت EC بیشتر بود.



نمودار ۳: مقادیر هدایت الکتریکی اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



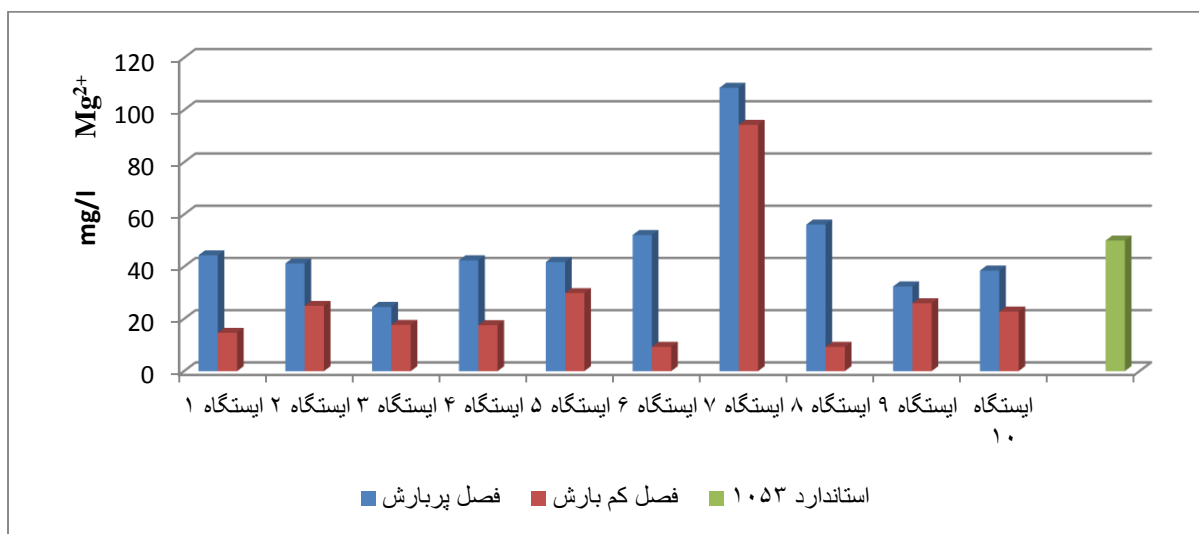
نمودار ۴: مقادیر غلظت کلسیم اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

منیزیم

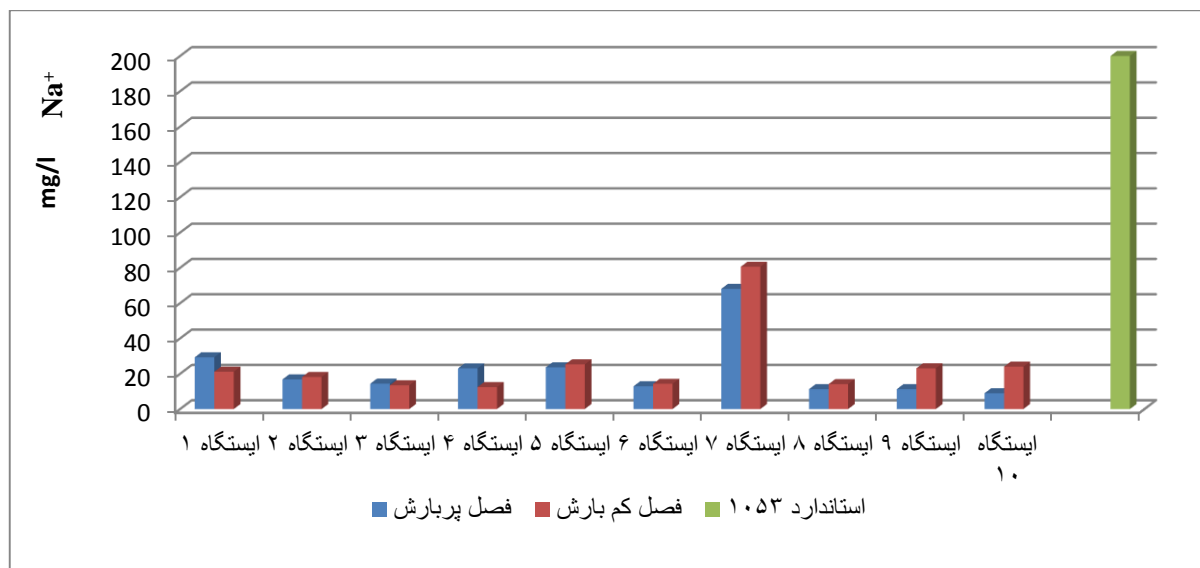
منیزیم برای ایستگاه‌های آب سطحی اندکی از حد قابل قبول برای آشامیدن بالا بوده و در محدوده قابل قبول و متوسط می‌باشد. با توجه به نمودار ۵ میانگین میزان منیزیم در ایستگاه شماره ۷ آب سطحی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود. و میزان منیزیم در فصل پر بارش نسبت به فصل کم بارش بیشتر بوده است.

کلسیم

میزان کلسیم در فصل کم بارش به دلیل کاهش دبی سفره و افزایش میزان تبخیر بیشتر است. به طور کلی میزان کلسیم در منابع آب سطحی کمتر از آب زیرزمینی بوده و در هر دو نوع منبع نیز کمتر از حد مجاز تعریف شده بود بر اساس نمودار ۴ میانگین میزان کلسیم در آب ایستگاه‌های ۵ و ۷ نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشتر بود. به طور کلی میزان کلسیم در منابع آب سطحی کمتر از آب زیرزمینی بود.



نمودار ۵: مقادیر غلظت منیزیم اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

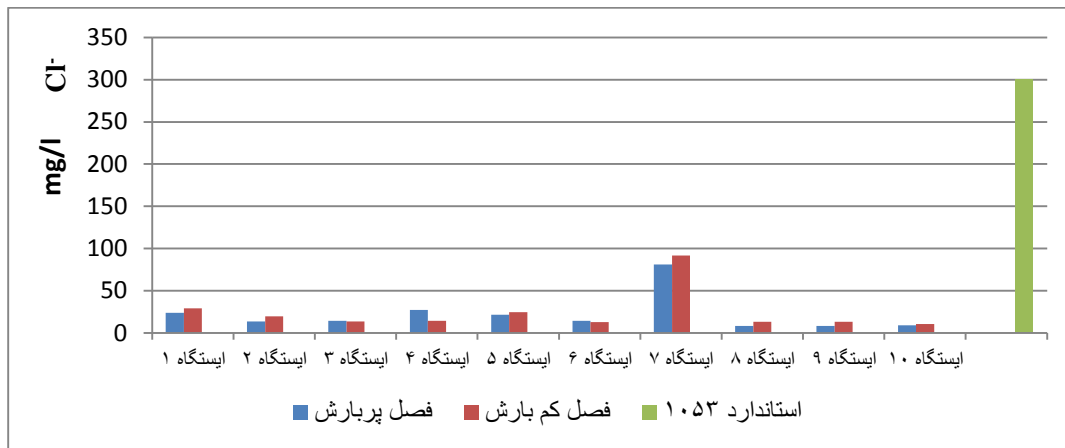


نمودار ۶: مقادیر غلظت سدیم اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

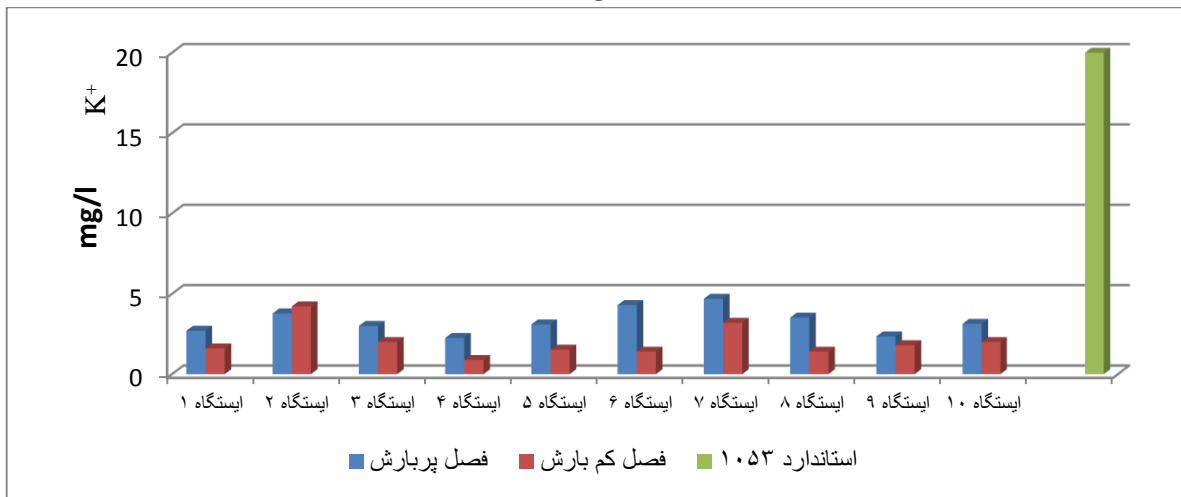
سدیم و کلر

افزایش آنیون و کاتیون Na و Cl و افزایش مقادیر آن در محدوده ایستگاه‌های ۱ و ۶ نشان دهنده این موضوع است که یک منشا تغذیه کننده‌ای از املاح نمکی (NaCl) توانسته است هر چند به طور جزئی وارد سفره شود که به نظر، وجود

لایه‌های سازند قرمز فوقانی مقادیر بالا دست، این اثر بخشی را ایجاد نموده است. براساس نمودار ۶ میانگین میزان سدیم در ایستگاه‌ها در فصل کم بارش بیشتر از فصل پر بارش بوده است. و میزان سدیم در ایستگاه شماره ۷ آب سطحی بیشتر از سایر منابع بود. بر اساس نمودار ۷ میانگین یون کلر در ایستگاه ۷ بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است.



نمودار ۷: مقادیر غلظت کلر اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



نمودار ۸: مقادیر غلظت پتاسیم اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

پتاسیم

در خصوص افزایش پتاسیم می توان همسازی دو عامل مهم انسانی و آزاد شدن پتاسیم از کودهای پتاسی و مصرف و ورود آن از طریق آبشویی به سفره و همچنین آزاد شدن پتاسیم از هوازدگی سنگهای سبز توفی و ورود آن به درون سفره (عامل طبیعی) موثر دانست. میزان پتاسیم در ایستگاه ۲ بالاتر از سایر ایستگاهها بود که این امر می تواند ناشی از وجود سازند حاوی توفهای سبز باشد^{۲۰}. نتایج نشان می دهد که میزان پتاسیم در فصول پر بارش بیشتر فصول کم بارش است.

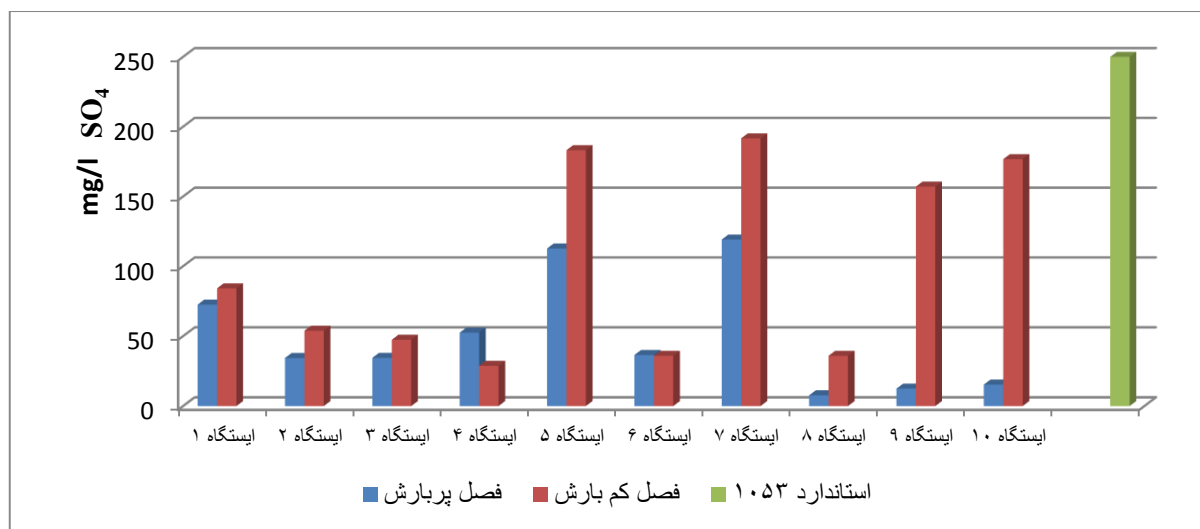
هم در منابع آب سطحی و زیرزمینی (ایستگاه ۲ و ۷) نیز میزان پتاسیم بالاتر از سایر ایستگاهها بود. میانگین میزان پتاسیم از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در نمودار ۸ نشان می دهد که میزان پتاسیم در فصول پر بارش بیشتر از فصول کم بارش است. هم در منابع آب سطحی و زیرزمینی (ایستگاه ۲ و ۷) نیز میزان پتاسیم بالاتر از سایر ایستگاهها بود.

سولفات

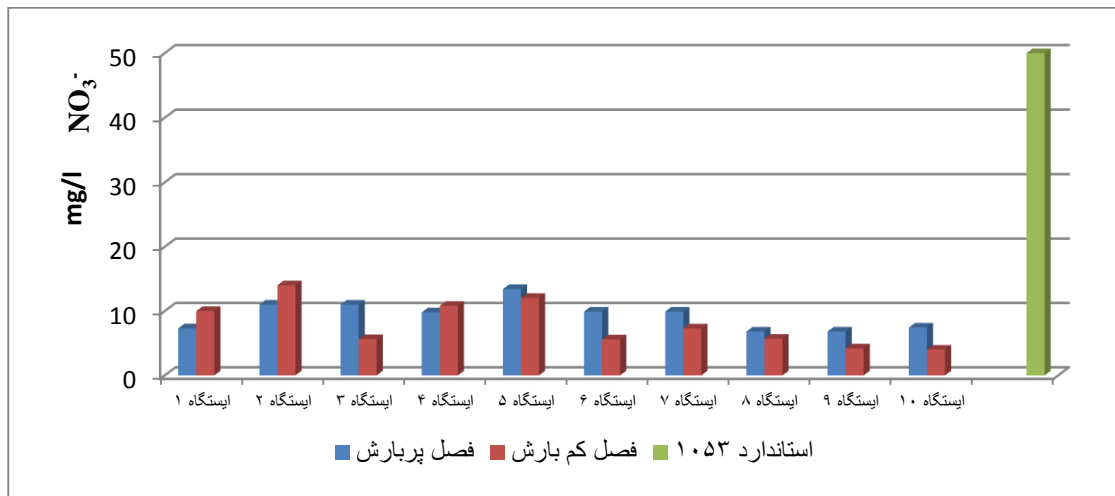
به علت استقرار ایستگاه شماره ۲ واقع در روستای انباج در فرودست روستا و موقعیت چاه در کنار اراضی باغی از یک سو و اثر بخشی فاضلاب‌های خانگی به عنوان عاملی برای افزایش مقادیر نترات در انباج بوده است. اگر چه به دلیل انجام پروژه جمع‌آوری فاضلاب در روستای انباج می‌توان گفت، عامل نترات حاصل از آزاد شدن ازت از کودهای ازته کشاورزی نسبت به عامل فاضلاب موثرتر بوده است. در روستای کند سفلی طبق نقشه کاربری اراضی به علت موقعیت چاه (ایستگاه ۴) بر روی اراضی باغی و اثر بخشی رواناب‌های کشاورزی عامل افزایش کیفیت غلظت نترات در آب این چاه بوده است بر اساس نمودار ۱۰ میانگین نترات در منابع آب سطحی و زیرزمینی در طی دوره سه ساله مطالعه کمتر از ۲۰ میلی گرم بر لیتر بوده است. همچنین میزان نترات در فصول پربارش بیشتر بوده و همچنین در آب‌های سطحی نیز کمتر از آب‌های زیرزمینی بود. بر اساس نقشه پهنه‌بندی تغییرات نترات میانگین نترات در ایستگاه‌های ۲، ۵ و ۷ طی دوره مطالعه نسبتاً به سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده است.

روند تغییرات آنیون‌هایی نظیر سولفات و کاتیون‌های Ca در محدوده‌ی ایستگاه ۵ در روستای کند علیا ناشی از سازندهای گچی نمکی با ترکیب کانی‌شناسی $CaSO_4$ و شرایط نفوذ آنیون و کاتیون‌های Ca و SO_4 در شرایط آب شویی در فصول پربارش از بخش سطحی چاه‌ها و همچنین علت امتزاج و آمیختگی سفره آب زیرزمینی با لایه‌های گچی نمکی این سازند و ورود این آنیون و کاتیون به درون سفره‌ها که در همین راستا افزایش کل جامدات محلول TDS و EC در محدوده کند علیا قابل توجه است^{۱۱}. غلظت بالای کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب زیر زمینی از حوزه‌های آبریز بازالتیک و آتشفشانی منشاء می‌گیرد^۸ نمودار ۹ نشان می‌دهد میانگین سولفات در ایستگاه ۵ برای آب‌های زیرزمینی در فصل پربارش و هم کم بارش نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشتر بود. میزان سولفات در ایستگاه ۷ نیز نسبت به سایر ایستگاه‌های آب سطحی بیشتر بود.

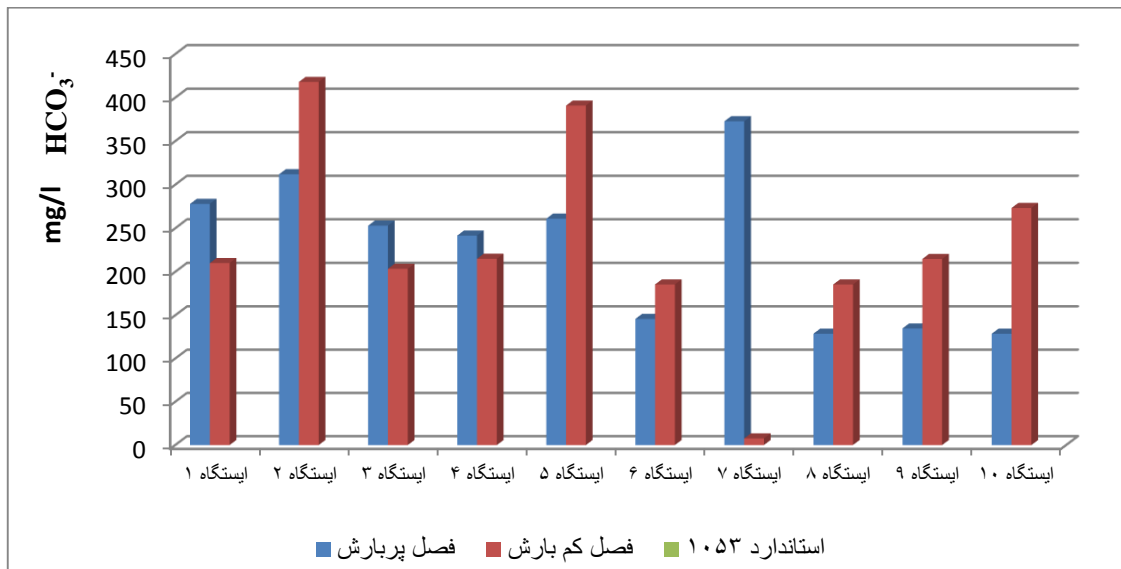
نترات



نمودار ۹: مقادیر غلظت سولفات اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



نمودار ۱۰: مقادیر غلظت نیترات اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



نمودار ۱۱: مقادیر غلظت بیکربنات اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

به طور معمول غلظت بی کربنات‌ها در آب‌های زیرزمینی در مقایسه با آب‌های سطحی بیشتر است^{۲۳} و میانگین بی کربنات عمدتاً در فصل کم بارش بیشتر بوده است.

فلوئور

فلوئور به عنوان یکی از آنیون حاصل از فرسایش و هوازدگی سنگ‌های آذرین به ویژه سنگ‌های توف سبز (با خاستگاه

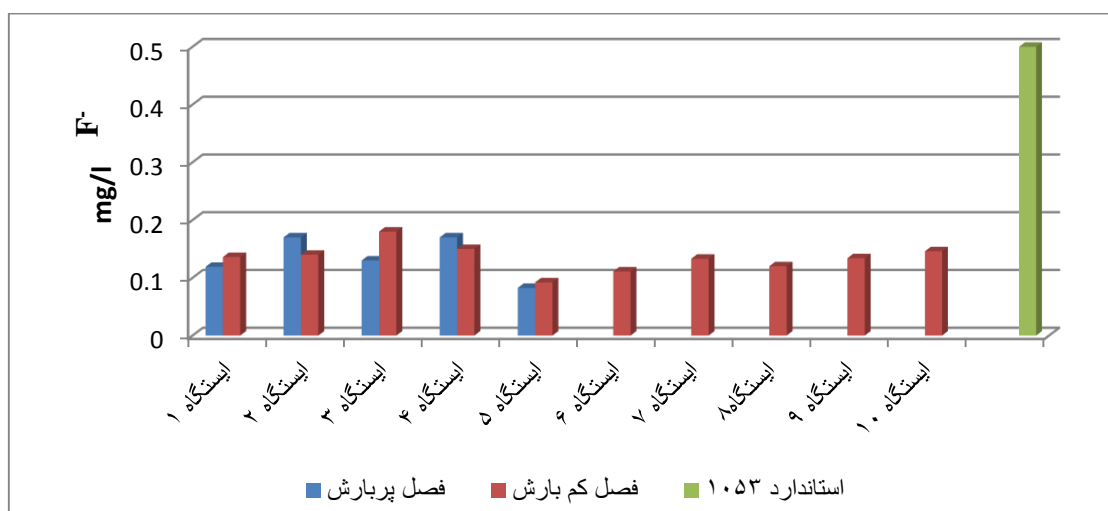
بی کربنات

همانطور که در نمودار ۱۱ مشاهده می‌کنید میانگین بی کربنات در طی دوره سه ساله مطالعه در ایستگاه‌های ۲ و ۵ در آب‌های زیرزمینی و ایستگاه ۷ در آب سطحی نسبت به سایر چاه‌ها بیشتر بود. که می‌تواند ناشی از انحلال سازندهای گچی و کاهش سفره‌های آب زیرزمینی در فصل کم بارش بوده و به تبع آن افزایش بی کربنات را به همراه داشته است^{۲۲}

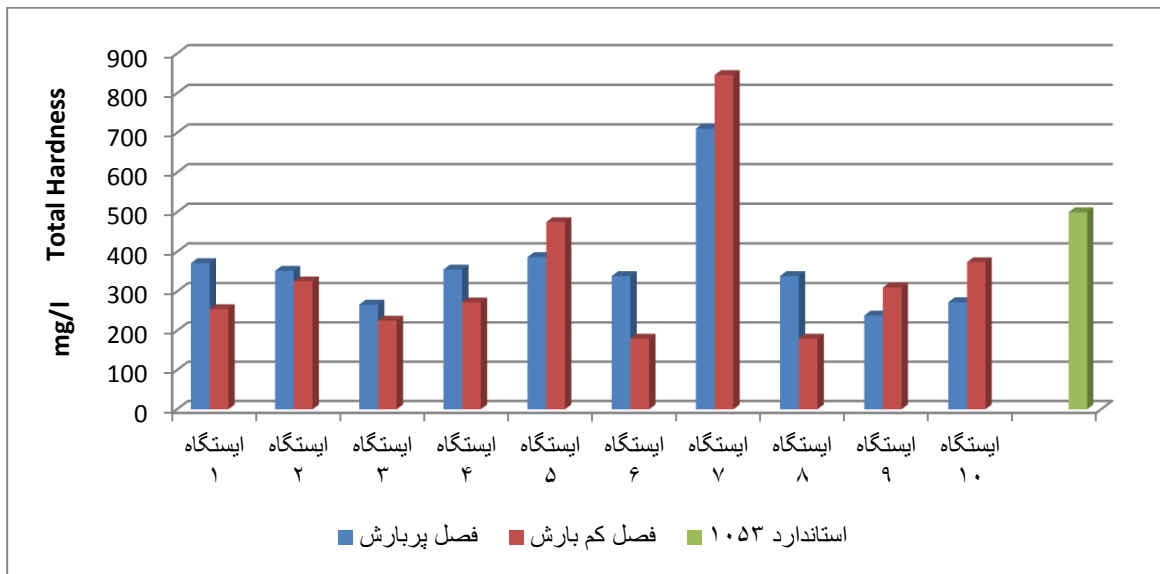
سختی کل

تغییرات سختی از تغییرات بی‌کربنات تبعیت کرده و در مناطق انباج و کند علیا به دلیل وجود سازندهای گچی از بالاترین میزان نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار بود. به طور کلی میزان سختی در بعضی ایستگاه‌ها از حد مجاز استاندارد تجاوز کرده اما میانگین سختی کل در ایستگاه ۷ از سایر ایستگاه‌ها و همچنین از استاندارد ۱۰۵۳ بیشتر بود. میانگین مقادیر سختی کل در این مطالعه (۳۵۳/۹۲۷) میلیگرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم بوده است. آب‌های با سختی بالای ۲۰۰ میلیگرم بر لیتر می‌توانند باعث ایجاد تشکیل رسوب در شبکه توزیع شوند^{۲۵} در نتیجه منابع آب مورد مطالعه بر اساس میزان سختی، جزء آب‌های با سختی بالا محسوب می‌شوند و البته احتمال خوردگی لوله‌های شبکه توزیع می‌تواند بالا رود. میانگین تغییرات سختی کل همانطور که در نمودار ۱۳ قابل مشاهده است در آب‌های زیرزمینی در ایستگاه ۵ و در آب‌های سطحی در ایستگاه ۷ از بالاترین میزان نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار بود.

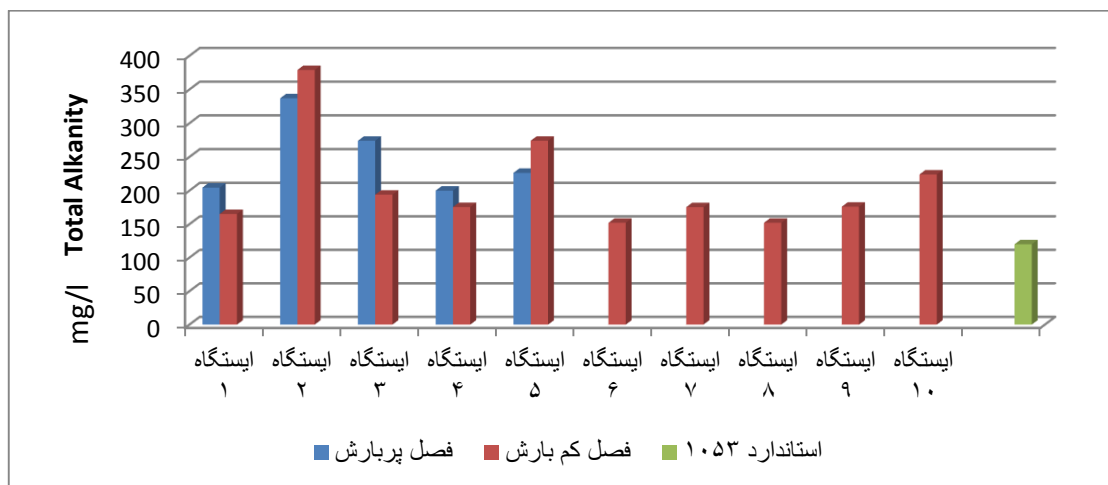
بازیک و اوترا بازیک) شناخته شده است که در فصول پر بارش با آب شویی‌های سطحی در محدوده ایستگاه ۸ می‌تواند وارد سفره آب زیرزمینی شود و در فصول کم بارش با کاهش دبی سفره در چاه‌های زربند (ایستگاه ۳) افزایش محسوسی را نشان داد. به طور کلی می‌توان گفت که در فصول پر بارش نسبت به فصول کم بارش به علت همان شرایط آب شویی از غلظت بیشتری برخوردار بود. با توجه به موارد ذکر شده روستای انباج (ایستگاه ۲ و ۷) از بیشترین مقادیر فلوئور در فصول پر بارش به علت وجود سازندهای توف سبز در محدوده‌ی روستای انباج و شرایط هوازدگی در سنگ‌های توف سبز و آزاد شدن یون فلوئور و ورود آن به خاک‌های سطحی و در نهایت ورود آن به آب‌های زیرزمینی در اثر آب شویی عاملی برای افزایش مقادیر یون فلوئور در محدوده روستای انباج بود. همچنین میزان فلوئور در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی کمتر از حد مجاز استاندارد ۱۰۵۳ بوده و تغییرات آن در محدوده مورد مطالعه اندک است^{۲۴}. طبق نمودار ۱۲ میانگین فلوئور در ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ نسبت به سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب زیرزمینی و در ایستگاه ۱۰ نسبت به سایر ایستگاه‌های آب سطحی بیشتر بود.



نمودار ۱۲: مقادیر غلظت فلوئور اندازه‌گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



نمودار ۱۳: مقادیر سختی کل اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)



نمودار ۱۴: مقادیر قلیائیت کل اندازه گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان (سه ساله)

قلیائیت

منشاء قلیائیت نیز مانند سختی آب معمولاً ناشی از انحلال سنگ آهک می‌باشد. میانگین قلیائیت در منابع زیرزمینی و سطحی مناطق مورد بررسی از حد مجاز بیشتر می‌باشد. همچنین میانگین قلیائیت در منابع آبی مورد بررسی بالاتر از حد مجاز است. که این امر احتمالاً به دلیل وجود سازندهای حاوی توف سبز با خاستگاه بازیک در این مناطق می‌باشد.^{۲۰}

همانطور که در نمودار ۱۴ می‌توان مشاهده کرد میانگین قلیائیت در منابع زیرزمینی (ایستگاه‌های ۱ تا ۵) بیشتر از آب سطحی بوده است.

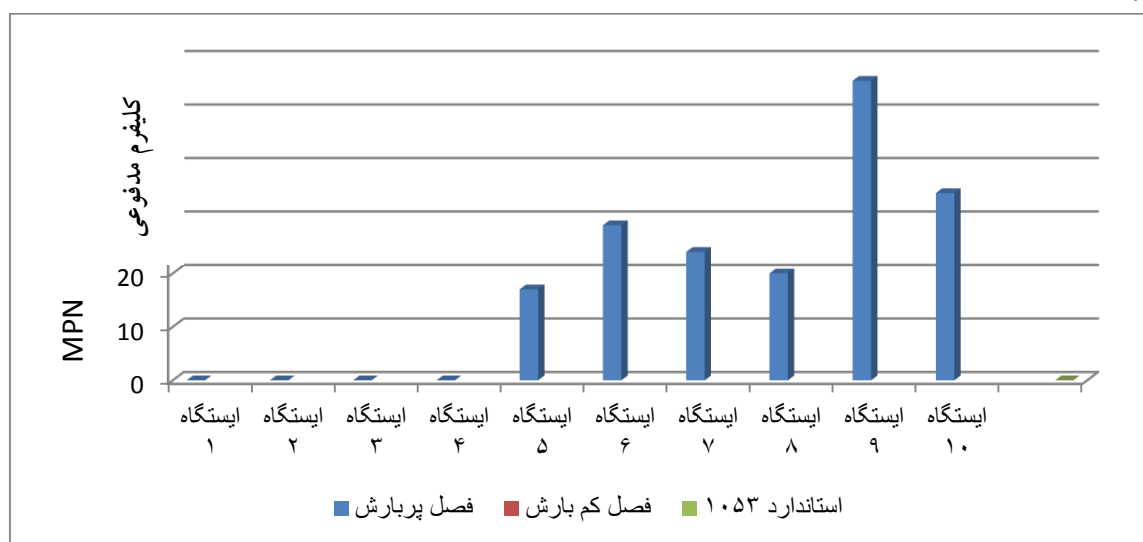
کلیفرم مدفوعی

نتایج تعداد باکتری‌های گروه کلیفرم در مقایسه با استانداردهای بین المللی نشان دهنده آن است که اکثر ایستگاه‌های مورد بررسی در ایستگاه‌های آب سطحی (۶ تا

شاخص‌های کیفیت آب

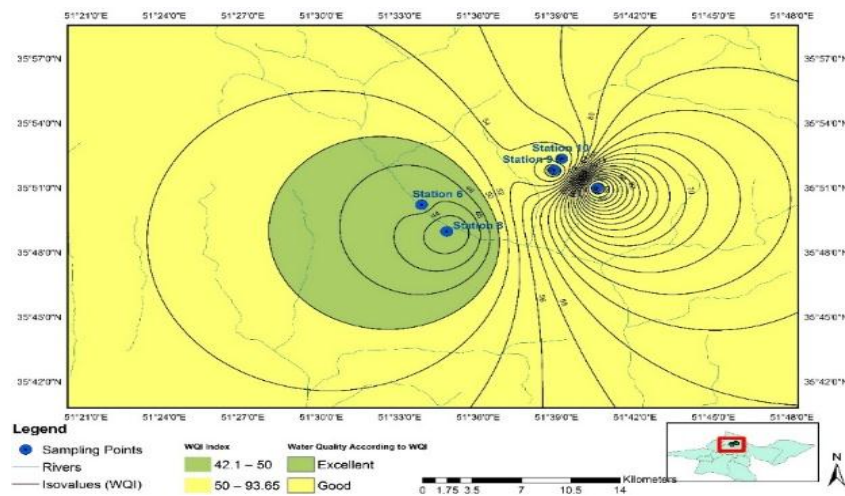
پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی به صورت سالانه و فصلی (فصل کم بارش و پربارش) طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۸ با استفاده از شاخص GWQI انجام شد. بررسی‌ها براساس این شاخص نشان داد در سال ۱۳۹۶ مقدار شاخص به طور کلی بین ۱۳ تا ۴۷ متغیر بوده و کیفیت آب در اکثر مناطق خوب و تنها در محدوده ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۱ در طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ کیفیت خیلی خوبی داشته و در سایر مناطق از کیفیت خوب برخوردار بود. در طی سه سال مطالعه کیفیت آب زیرزمینی به طور میانگین در فصول پربارش تقریباً در تمام منطقه از کیفیت خوب برخوردار بوده اما در فصول کم بارش در محدوده ایستگاه‌های ۳ و ۴ از کیفیت خیلی خوبی برخوردار بود. همچنین به طور کلی کیفیت آب زیرزمینی در طی دوره مطالعه به طور میانگین خوب بود. همانطوری که در شکل‌های ۲ و ۳ می‌بینید در بررسی سالانه آب‌های سطحی به صورت میانگین محدوده ایستگاه‌های ۶ و ۸ از کیفیت عالی و سایر مناطق از کیفیت خوبی برخوردار بودند.

۱۰) از لحاظ کیفیت در سطح پایینی قرار دارند. و برای مصارف انسانی به صورت تصفیه نشده مناسب نمی‌باشند. همچنین تعداد کلیفرم‌ها در رودخانه‌ها در حد بحرانی بوده ولی با این وجود تراکم آن در همه منابع آب زیر زمینی در حد قابل قبول برای آشامیدن بوده است هرچند که با توجه به استفاده از سیستم‌های تصفیه و کلرزنی به هنگام انتقال آب رودخانه‌ها به شبکه آب‌رسانی سراسری، نگرانی برای بهداشت و سلامت در این زمینه نیز وجود نخواهد داشت. در خصوص افزایش میزان کلیفرم مدفوعی نیز می‌توان عامل انسانی را در نتیجه ورود فاضلاب‌های خانگی به عنوان مهمترین عامل در این رابطه دانست.^{۲۵} نتایج نشان می‌دهد کلیفرم مدفوعی در منابع آب زیرزمینی در ایستگاه ۵ و در کلیه ایستگاه‌های منابع آب سطحی مشاهده شده است. مطابق نمودار ۱۵ کلیفرم مدفوعی تنها در فصل پربارش سال ۱۳۹۸ اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد کلیفرم مدفوعی در منابع آب زیرزمینی در ایستگاه ۵ و در کلیه ایستگاه‌های منابع آب سطحی مشاهده شده است. نتایج نشان می‌دهد، محدوده ایستگاه‌های ۵، ۹ و ۱۰ یعنی منطقه کند علیا و کند سفلی آلوده تر از سایر ایستگاه‌ها بوده است.

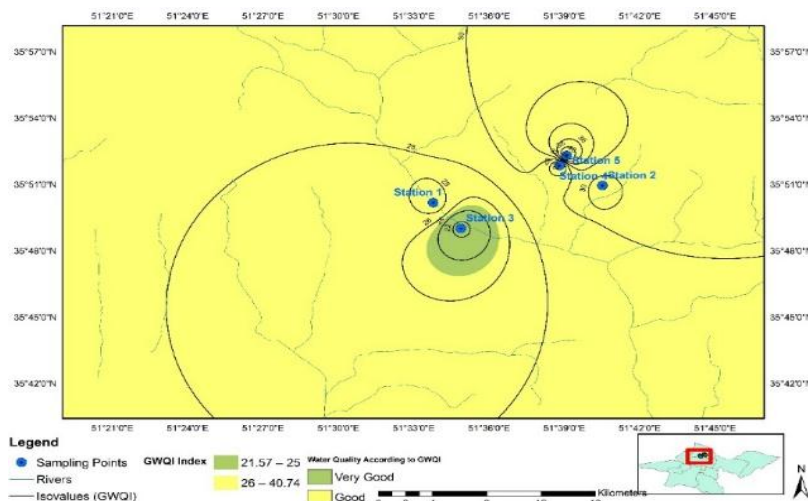


نمودار ۱۵: مقادیر کلیفرم مدفوعی اندازه‌گیری شده منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه سد لتیان

ارزیابی کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی حوزه آبریز سد لتیان با استفاده از شاخص کیفیت آب



شکل ۲: پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی حوزه سد لتیان بر اساس شاخص GWQI (میانگین سه ساله)



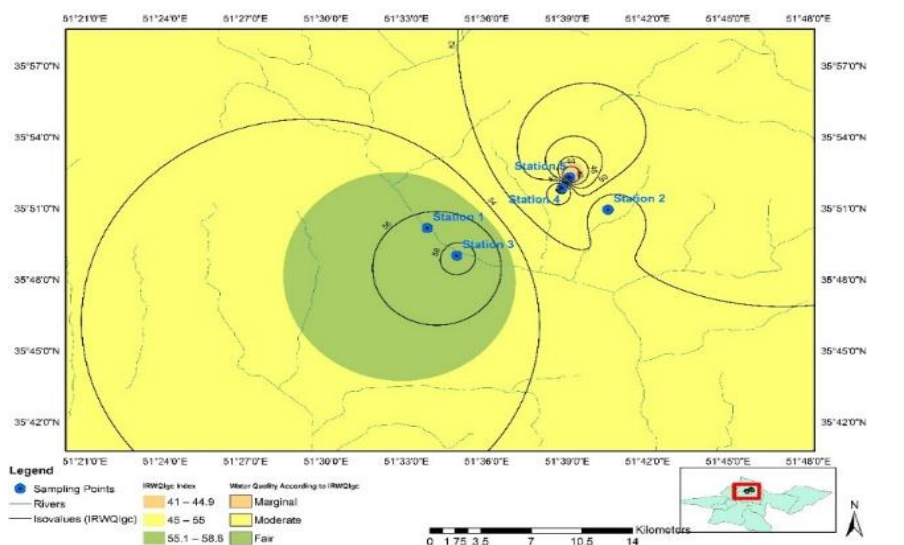
شکل ۳: پهنه بندی کیفی منابع آب سطحی حوزه سد لتیان بر اساس شاخص WQI (میانگین سه ساله)

شاخص کیفی کاهش یابد. در بررسی سالانه منابع آب سطحی با استفاده از شاخص ایران مقدار شاخص بین ۴۵ تا ۶۱ بوده و اکثر منطقه بجز محدوده ایستگاه ۷ از کیفیت نسبتاً خوب برخوردار بود. در بررسی فصلی منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص ایران مشخص گردید هم در فصل کم بارش و هم پربارش طی سالهای ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ بخش اعظم منطقه کیفیت آب نسبتاً خوب بوده و در بخش‌های کوچکی از محدوده ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ کیفیت آب خوب ارزیابی

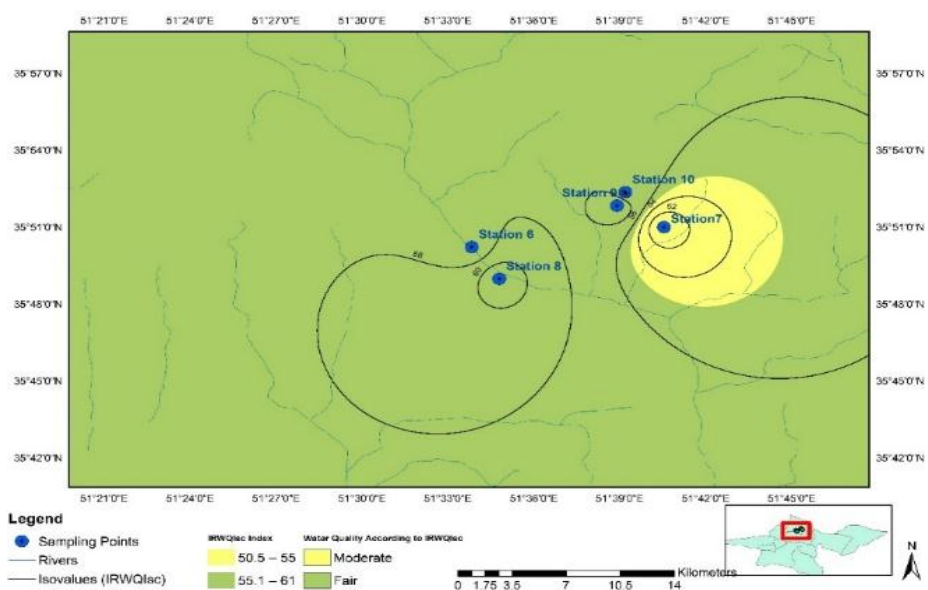
بررسی آب‌های سطحی و زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های کیفی آب ایران نشان داد که منابع آب سطحی و زیرزمینی از کیفیت متوسط تا نسبتاً خوب برخوردار بوده و تنها در محدوده ایستگاه انباج (۷ و ۲) در سال ۱۳۹۸ از کیفیت نسبتاً بد برخوردار بود. این امر بدلیل آن است که این رودخانه به صورت مسیل فصلی با دبی کم در جریان می‌باشد و ورود بار آلاینده‌های کشاورزی، باغی و رواناب‌های سطحی خانگی سبب شده که غلظت آلاینده‌ها در آب مسیل افزایش و

به منظور بررسی ارتباط بین متغیرهای فیزیکی و شیمیایی آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نیز از همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای مذکور طی فصل‌های کم بارش و پربارش در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۶ در جدول ۴ ارائه شده است..

شد^{۲۴،۲۰}. بررسی سالانه کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص ایران در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ نشان داد بخش عمده منطقه از کیفیت نسبتاً خوبی برخوردار بوده و تنها محدوده ایستگاه ۱ با کیفیت خوب ارزیابی شد. همچنین در سال ۱۳۹۸ کیفیت آب در اکثر ایستگاه‌ها بجز دو بخش کوچک در محدوده ایستگاه‌های ۷ و ۸ (که دارای کیفیت نسبتاً خوب بودند) کیفیت آب در سایر مناطق متوسط ارزیابی شد. نتایج را در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌کنید.



شکل ۴: پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی حوزه سد لتیان بر اساس شاخص IRWQIGC (میانگین سه ساله)



شکل ۵: پهنه بندی کیفی منابع آب سطحی حوزه سد لتیان بر اساس شاخص IRWQISC (میانگین سه ساله)

جدول ۴: رابطه بین کیفیت آبهای سطحی و زیر زمینی حوزه آبریز سد لتیان با استفاده از شاخص های وزنی و کیفی آب ایران در فصل پربارش و کم بارش در طی سال های ۹۸-۹۶

| پر آبی (WQI) | کم آبی (WQI) | GWQI آب زیرزمینی | WQI آب سطحی | IRWQI _{sc} آب سطحی | IRWQI _{gc} زیرزمینی | |
|--------------|--------------|------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| ۰/۴۸* | ۰/۵۴* | ۰/۸۷* | ۰/۱۳* | ۰/۰۸۳* | ۱ | IRWQI _{gc} آب زیرزمینی |
| -۰/۰۳۵ | -۰/۰۳۱ | ۰/۳۴ | ۰/۶۸* | ۱ | ۰/۰۱۶ | IRWQI _{sc} آب سطحی |
| -۰/۰۳۳ | ۱ | ۰/۲۸* | -۰/۱۴* | ۰/۱۴* | ۰/۳۴* | کم آبی (WQI) |
| ۱ | -۰/۰۳۳ | ۰/۲۹* | -۰/۰۳۱ | -۰/۰۳۵ | ۰/۴۸* | پر آبی (WQI) |

بحث

با کلراید آب رودخانه و بی کربنات آب زیرزمینی با EC و کلسیم آب سطحی همبستگی مثبت قوی وجود داشت یعنی با افزایش یا کاهش یکی از پارامترهای ذکر شده در پارامتر مقابل آن نیز تغییرات هم راستا بوده و کاهش یا افزایش یافته است. همچنین بین پتاسیم آب زیرزمینی با بی کربنات آب سطحی همبستگی منفی قوی مشاهده شد و ارتباط از نظر آماری معنادار بود ($P < 0.05$)^{۲۴}. به طور کلی همبستگی مثبت و قوی بین بعضی پارامترهای مربوط به آب چاه‌ها و آب رودخانه در محدوده مورد مطالعه تایید کننده موارد فوق است. زیرا همبستگی مثبت نشان‌دهنده افزایش یا کاهش یک پارامتر با افزایش یا کاهش پارامتر دیگر است. براساس نتایج حاصل از این مطالعه کیفیت آبهای سطحی در مقایسه با کیفیت آبهای زیرزمینی وضعیت نامطلوب‌تری دارد. این شرایط برای محاسبه شاخص کیفی آب ایران (IRWQISC) در مورد میانگین کیفیت آبهای سطحی وضعیت نامطلوب‌تری را نشان می‌دهد. براساس نتایج حاصل رابطه معنی داری بین IRWQIGC آب زیرزمینی GWQI آب زیرزمینی ($r = 0.87$)، بین IRWQISC آب سطحی WQI آب سطحی ($r = 0.68$) وجود دارد اما بین کیفیت آبهای زیرزمینی و آبهای سطحی منطقه رابطه معناداری وجود نداشته است.

براساس نتایج حاصل از همبستگی پیرسون داده‌های فصل پربارش در سال ۱۳۹۸، بین pH آب زیرزمینی با DO همبستگی قوی مثبت و با BOD₅ همبستگی منفی قوی وجود داشت. همچنین بین پارامترهای EC، TDS، سختی کل، سدیم، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، کلراید، سولفات و بی کربنات آب زیرزمینی و DO آب سطحی همبستگی منفی قوی و با BOD₅ همبستگی مثبت قوی مشاهده شد^{۲۴}. بین کلیفرم مدفوعی آب زیرزمینی و pH آب سطحی، نترات آب زیرزمینی با منیزیم آب سطحی و پتاسیم آب زیرزمینی با سختی کل و سدیم آب سطحی همبستگی منفی قوی مشاهده شده و بین پتاسیم آب زیرزمینی و COD آب سطحی همبستگی مثبت قوی وجود داشت و از نظر آماری معنادار بود ($P < 0.05$). و براساس نتایج حاصل از همبستگی پیرسون داده‌های پربارش در سال ۱۳۹۸، بین EC و سختی کل آب زیرزمینی با قلیائیت آب رودخانه، قلیائیت آب زیرزمینی با EC، سختی کل، سدیم، کلسیم، پتاسیم و منیزیم آب رودخانه، کلسیم آب زیرزمینی با قلیائیت آب منابع سطحی، پتاسیم آب زیرزمینی با سختی کل، سدیم، منیزیم، پتاسیم و کلراید آب رودخانه، سولفات آب زیرزمینی

کننده مانند رواناب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی بر روی پارامترهای کیفی آب تاثیرگذار بودند که می‌توان با استفاده از روش‌های حفاظت از منابع آب در برابر نفوذ رواناب‌های کشاورزی، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌ها تاثیر آن‌ها را به حداقل رساند. همچنین پیشنهاد می‌گردد علاوه بر محدود کردن استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، از ایجاد واحدهای صنعتی مولد آلودگی در مناطق دارای کیفیت بد جلوگیری شود. یکی دیگر از عوامل تاثیر گذار بر کیفیت آب منطقه، وجود سازندهای بالا دست بود که با استفاده از روش‌های حفاظت خاک و منابع طبیعی می‌توان تاثیر آن‌ها را نیز کاهش داد.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر حاصل طرح تحقیقاتی پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان "ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی حوزه آبریز سد لتیان با استفاده از شاخص کیفیت آب" به کد ۳۳۲۳ و شناسه اخلاق IR.ABZUMS.REC.1398.130 بوده و نویسندگان مقاله تشکر خود را از دانشگاه علوم پزشکی البرز می‌نمایند.

References

1. Heshmati SS, Beigi Herchegani H. A GIS-Based Assessment of Drinking Quality of Shahrekord Groundwater Using an Index. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*. 2014; 18(69): 179-190. [Persian]
2. Sayad H, Mohammadzadeh H, Velayati. Evaluation of Groundwater Quality of Daregaz Aquifer in Terms of Drinking Using Schuler Diagram and GQI Index. 30th Earth Science Conference. Tehran. 2012. [Persian]
3. Haghmadri F, Mirzaei R, Afzali A, Environmental Vulnerability Assessment of Lorestan Province

همچنین برای آزمون برابری واریانس‌ها SPSS از آزمون لوین (Levene) استفاده می‌کنیم. نتایج نشان می‌دهد با توجه به اینکه سطح معنی‌داری در اکثریت شاخص‌ها بزرگتر از ۰.۰۵ درصد می‌باشد بنابراین می‌توان گفت که تفاوت معناداری میان واریانس‌های گروه‌ها وجود ندارد.

با توجه به اینکه سطح معنی‌داری آزمون برای شاخص‌های (TDS EC, PH)، سختی کل، سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلراید، نیترژن، بی‌کربنات) بزرگتر از ۰.۰۵ درصد می‌باشد. بنابراین تفاوت معنی‌داری در زمان کم‌بارش و پربارش در ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود ندارد اما برای شاخص‌های سولفات و سختی کل به دلیل اینکه سطح معنی‌داری آزمون کوچکتر از ۰.۰۵ درصد بوده بین شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشته و به عنوان مثال با مراجعه به میانگین‌های حاصل می‌توان گفت که میزان شاخص سولفات در فصول کم‌بارش بیشتر از پربارش می‌باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از روش‌های مختلف بررسی می‌توان گفت منابع آب سطحی و زیرزمینی محدوده مورد مطالعه از کیفیت مناسبی برخوردار بوده اگرچه منابع آلوده

- Using Multi Criteria Decision Analysis. *Geography and Sustainability of Environment*. 2018; 25(7): 19-34. [Persian]
4. Khalaji M, Hasheminejad H, Motaghi E, Asadola S, Waret Quality Assessment of the Zayandehroud Lake Using WQI Index. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 2016; 25(5): 51-64. [Persian]
5. Hosseini P, Ildromi AR, Hosseini AR, Evaluation of Water Quality of Karun River Using NSFQI Index in Zargan to Kot Amir Range (During 5 Years). *Human & Environment*. 2013; 11(2): 1-11. [Persian]
6. Firoozi A, Rezaei H, Mohammadi Aghdam K, Evaluation of Groundwater Resources Quality

- Indicators in Urnia Plain Based on IRWQI_{GC} Iran Water Resources Quality Index and its Zoning. 16th Iranian Hydraulic Conference. 2018. [Persian]>>
7. Amiri F, Tabatabaie T, Valipour S, Appraisal and Spatial Analysis of Groundwater Quality Near the Landfill Site Using the Iran Water Quality Index: (Case Study: Qaemshahr). Journal of Hydrology and Soil Science. 2018; 22(1): 211-226. [Persian]
 8. Taloor AK, Pir RA, Adimalla N, Ali S, Manhas DS, Roy S, et al., Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). Groundwater for Sustainable Development. 2020; 100364.
 9. H Jha MK, Shekhar A, Jenifer MA. Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index. Water Research. 2020;115867
 10. Honarbakhsh A, Tahmoures M, Tashayo B, Mousazadeh M, Ingram B, Ostovari Y, GIS-based assessment of groundwater quality for drinking purpose in northern part of Fars province, Marvdasht. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2019;68(3):187-96.
 11. Torabipoudeh H, Yonesi H, Haghizadeh A, Arshia A, Assessment of Groundwater Quality Changes and Evaluation of IRWQIGC in Lenjanat-Najafabad Aquifers Area. Desert Ecosystem Engineering Journal. 2020; 25(8): 53-66. [Persian]
 12. Hosseini H, Shakeri A, Rezaei M, Dashti Barmaki M, Shahraki M, Application of water quality index (WQI) and hydro-geochemistry for surface water quality assessment, Chahnimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan Province. Iranian Journal of Health and Environment. 2019; 11(4): 575-585. [Persian]
 13. Solangi GS, Siyal AA, Babar MM, Siyal P. Evaluation of drinking water quality using the water quality index (WQI), the synthetic pollution index (SPI) and geospatial tools in Thatta district, Pakistan. Desalination and Water Treatment. 2019;160: 202-13.
 14. Sabino H, Menezes J, de Lima LA. Indexing the Groundwater Quality Index for human consumption (GWQI). Environmental Earth Sciences. 2020;79:167.
 15. Miri M, Water Quality Assessment Cahnimeh reservoirs in Sistan basis via NSFQI, IRWQI_{sc} and Liou indexes. Journal of Wetland Ecobiology. 2018; 9(4): 87-100. [Persian]
 16. Zarghami K, Valiollahi J, Sayedi M. A Survey on GWQI Index Zoning and Effective Factors on Hydro-Chemistry of Drinking Water in Lavasan Village by GIS System. 2020. [Persian]
 17. Karami F. Study of Groundwater Change in Sarab Plain Using GIS Qualities Maps. Journal of Geography and Planning. 2011; 16(38): 11-22. [Persian]
 18. Ayenew, T., GebreEgziabher, M., Kebede, S., Mamo, S., 2013. Integrated assessment of hydrogeology and water quality for groundwater-based irrigation development in the Raya Valley, northern Ethiopia. Water Int. 38 (4), 480-492.
 19. Kumar VS, Amarender B, Dhakate R, Sankaran S, Kumar KR (2016) Assessment of groundwater quality for drinking and irrigation use in shallow hard rock aquifer of Pudunagaram, Palakkad District Kerala. Appl Water Sci 6(2):149-167.
 20. Aly AA, Al-Omran AM, Alharby MM. 2015. The water quality index and hydrochemical characterization of groundwater resources in Hafar Albatin, Saudi Arabia. Arab J of Geosci. 8(6):4177-4190
 21. Zainali S, Babai F, Arjmandi R. Investigating the role of environmental management considerations on the sustainability and feasibility of drinking water supply in the villages of Lavasanat region. 2017.
 22. Burton, G.A., Jr., and Pitt, R.E., 2002. Storm effects handbook: A toolbox for watershed managers, scientists, and engineers. Lewis Publishers, Boca Raton, FL
 23. Anderson, K.A., 2000. Drinking water & Recreational water quality: Microbiological Criteria
 24. Ramesh K, Elango L. Groundwater quality assessment in Tondiar basin. Indian J Environm Prot 2006; 26(6): 497.
 25. Krishan G, Singh S, Kumar C, Garg P, Suman G. Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose by Using Water Quality Index (WQI) in Muzaffarnagar and Shamli Districts, Uttar Pradesh, India. Hydrol Current Res 2016; 7(227): 1-4.
 26. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2012.

Assessment of surface and groundwater quality of Latian dam catchment using water quality index

Zynab Rostambiek^{1*}, Hatam Godini¹, Mohammad Noorisepehr¹, Mojtaba Sayadi²

¹Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

²Master of Water Resources, Tehran Water And Sewerage Company, Tehran, Iran

Received: 20 June 2021; Accepted: 16 August 2021

ABSTRACT

Background and Purpose :Surface and groundwater are important vital resources around the world. This study examines the quality of surface and groundwater resources in the catchment area of Latian Dam during the years 1396 to 1398 using GIS tools and water quality indices.

materials and ways :In order to evaluate the quality of water resources, samples were taken from 10 selected stations in two rainy and low rainfall seasons during three years and the physical, chemical and microbial parameters of the samples were evaluated. Then, using water quality indicators and hydrogeochemical characteristics, the quality of water resources was determined and the zoning map of the indicators was prepared using ArcGIS software. The resulting hydrogeochemical data were also interpreted using Piper, Schuler, Wilcox graphical diagrams and statistical analysis.

Findings and Conclusions :The results show that on average, during the rainy seasons, the whole region had good quality (30.644). For surface water stations, 3 stations in high rainfall season were of excellent quality (44.243), 2 stations in low rainy season were of excellent quality (40.145) and other stations were of good quality (69.92). According to the piper diagram, the samples are in two states Ca-Mg-SO₄-Cl and Ca-Mg-HCO₃ and the results of the study of cation and anion combination are mainly Ca-Mg-HCO₃. Correlation coefficient between the main variables, there was a significant relationship between IRWQIGC groundwater and its GWQI ($r = 0.87$) and between IRWQISC surface water and its WQI ($r = 0.68$) but there is no significant relationship between groundwater and surface water quality. The average groundwater quality during the study period was good (29.143).

Keywords:Water Quality Index, Groundwater Quality Index, Piper 3D Diagram, Latian Dam Watershed, ArcGIS