تاثیر نوسانات دبی رودخانه بر روی پارامترهای کیفی آب حاصل از فیلتراسیون بستر آن (مطالعه موردی: رودخانه دوغ)

سمیه خودنیا[1]، مجتبی قره‌محمودلو[2*]، نادر جندقی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گنبدکاووس

۲*- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گنبدکاووس،گنبد کاووس

۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گنبدکاووس،گنبد کاووس

ایمیل نویسنده مسئول: m.g.mahmoodlu@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تغییرات دبی رودخانه بر روی پارامترهای کیفی چاه‌های فلمن انجام شد. بدین منظور، بطور همزمان تعداد ۱۰ نمونه آب رودخانه و ۱۰ نمونه آب از دو چاه‌های فلمن کلاله در یک بازه زمانی پنج ماه برداشت شد. سپس با استفاده از روش‌های آماری و گرافیکی اثر تغییرات دبی رودخانه بر روی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی چاه‌های فلمن بررسی شد. نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که بجز ٦ پارامتر از ٢٤ پارامتر کیفی مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین اغلب خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه و همچنین چاه‌های فلمنی که از رودخانه تغذیه می‌شود، وجود دارد. همچنین بررسی راندمان حذف توسط فیلتراسیون بستر رودخانه نشان داد که بیشترین میزان حذف مربوط به کدورت، کلی‌فرم کل و رنگ برای هر دو چاه می‌باشد. اگرچه در برخی از پارامترها نظیر شوری هیچ‌گونه تغییری دیده نشد. براساس نتایج آزمون همبستگی، غلظت ۱۳ فاکتور کیفی در آب رودخانه دوغ وابسته به نوسانات دبی آن است. این رابطه بین تغییرات دبی رودخانه دوغ و کدورت، رنگ، سدیم و هدایت الکتریکی مستقیم، خطی و مثبت است. اما بین دبی رودخانه دوغ و کلی‌فرم کل رابطه مستقیم، خطی ولی منفی است. نتایج آزمون آماری جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با پارامترهای کیفی چاه‌های فلمن نشان داد که ۱۲ فاکتور کیفی چاه فلمن ۱ وابسته به نوسانات دبی رودخانه می‌باشد. درحالیکه این تعداد به ۸ فاکتور کیفی چاه فلمن ۲ محدود می‌شود. باتوجه به دیاگرام‌های استیف، نمونه‌های مربوط به چاه‌های فلمن و رودخانه کاملا به مشابهه و دارای تیپ بی‌کربناته (مناطقه تغذیه) می‌باشد. همچنین با تغییر میزان دبی رودخانه تغییری در الگوی این دیاگرام برای رودخانه و چاه‌فلمن دیده نمی‌شود. باتوجه به دیاگرام دروف، جهت تکامل ژئوشیمیائی خاصی برای منابع آبی وجود ندارد و تجمع نمونه‌های مربوط به رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن در یک نقطه می‌باشد.

کلمات کلیدی

" کیفیت آب "، " چاه فلمن، رودخانه دوغ "، " فیلتراسیون بستر رودخانه "، " دبی ".

۱- مقدمه

به طور کلی رودخانه‌ها مهمترین منابع آب سطحی برای شرب به شمار می‌روند. توسعه شهرنشینی و افزایش آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلابهای شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفن زباله موجب تغییر و کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها شده‌است. بطوریکه استفاده مستقیم از آب آنها در بخش شرب امکان پذیر نیست. بنابراین همزمان با نیاز شدید به استفاده از منابع آب در دسترس، ضرورت توجه به حفاظت از آن در مقابل آلودگی احساس می‌شود. امروزه مهمترین نگرانی درباره آبهای سطحی و رودخانه‌ها، مسئله کیفیت این آبها برای مصارف گوناگون (از جمله شرب، کشاورزی و آبزی پروری) است.اصولا رودخانه‌ها دارای ارتباط هیدرولیکی با آبخوان‌ها هستند و از نظر کمی و کیفی بر هم اثر گذار می‌باشند. همچنین سطح تماس آب سطحی و آب زیرزمینی بخشی از آبخوان می‌باشد که از نظر هیدرولیکی، هیدروژئوشیمیایی و بیولوژیکی نسبتاً پیچیده بوده و بررسی آن از دیدگاه انتقال آلودگی و ارزیابی خطرات اکولوژیکی بسیار حائز اهمیت است (Ford, ۲۰۰۵;

USEPA, ٢٠٠٠). بطورکلی آب رودخانه‌ها در طول مسیر حرکت به داخل زمین نفوذ می‌کند و پس از عبور از لایه‌های زیرسطحی، سفرهای آب زیرزمینی را تغذیه می‌کنند. در حین نفوذ آب در داخل لایه‌ها، از غلظت آلاینده‌های موجود در آب رودخانه‌ها در نتیجه فیلتراسیون بستر رودخانه‌ها و یا در نتیجه برخی از فرآیندهای حاکم در محیط متخلخل کاهسته می‌شود. این امر باعث می‌شود کیفیت آب عبوری در داخل لایه‌های زیرسطحی در مقایسه با کیفیت آب رودخانه قبل از نفوذ و تصفیه به مراتب بهتر می‌شود(عباسی‌مقدم و همکاران، ٢٠٢١ ،Ray et al. ٢٠٠٣).

تغذیه القایی از بستر رودخانه‌های دائمی با استفاده از چاه‌های دهان گشاد نظیر چاه فلمن یکی از روش‌های استحصال آب در حجم بالا از آب‌های سطحی (خصوصا رودخانه) می‌باشد. تاکنون پژوهش‌های نسبتا اندکی در ایران در این زمینه انجام شده که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده‌است. عابدی کوپائی و مامن پوش (١٣٨٥) در پژوهشی کیفیت شیمیایی آب چاه‌های فلمن اصفهان را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت شیمیایی آب چاه‌های فلمن، قبل از تصفیه در ماه‌های مختلف متغیر می‌باشد. مقادیر برخی از پارامترهای کیفی در حد مجاز و بعضی دیگر بیشتر از حداکثر مجاز می‌باشند. مقدار نیتروژن نیتراتی ($N\text{-}NO_3$) در ماه مهر برابر ٢٣/٨٧ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که این مقدار تقریباً ٢/٤ برابر حد استاندارد آن یعنی ١٠ میلی گرم در لیتر است. قرار گرفتن چاه‌ها فلمن در مجاورت زمین‌های زیر کشاورزی متشکل از رسوبات شنی، عاملی مهم برای نفوذ نیترات به آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد. در پژوهشی نصری و همکاران (١٣٨٧) به بررسی آلودگی آب رودخانه زاینده رود و برخی ازچاه‌های فلمن به حشره‌کش دیازینون پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که آب رودخانه زاینده رود و نیز پساب‌های ورودی به آن، به این سم آلودگی ندارند. قرار گرفتن این چاه در مجاورت زمین‌های زیر کشت و رسوبات شنی به همراه حلالیت نسبتاً بالای سم دیازینون در آب، از عوامل مهم نفوذ این سم از مزارع و یا رودخانه به آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد. قره‌محمودلو و همکاران (١٣٩٧) در پژوهشی توانایی چاه‌های فلمن در بهبود پارامترهای فیزیکی و میکروبی آب رودخانه را بررسی کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تقریبا اغلب پارامترهای فیزیکی و همچنین میکروبی در آب چاه فلمن کلاله کاهش چشمگیری داشته‌اند. از اینرو فیلتراسیون بستر رودخانه همانند صافی‌های شنی استفاده شده در تصیفه خانه‌های آب و فاصلاب نقش مهمی در کاهش برخی از پارامترهای آب و بهبود کیفیت آب دارد. مجلسی و همکاران (١٣٩٨) در پژوهشی تاثیر چاه‌های فلمن در کاهش پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه بررسی کردند. در این مطالعه برخی از پارامترهای کیفی رودخانه دوغ و چاه فلمن مجاورت از قبیل نیترات، فسفات، کدورت، دما، pH و کلیفرم‌های مدفوعی اندازه‌گیری شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت برخی از پارامتر نظیر نیترات، فسفات، کدورت، pH و کلیفرم‌های مدفوعی بصورت معناداری در طول مسیر کاهش یافتند. علاوه بر این تغییرات زمانی نیترات، فسفات، کدورت، دما و کلیفرم‌های مدفوعی اختلاف معناداری نشان داد. نتایج نشان که چاه فلمن راندمان مناسبی جهت کاهش پارامترهای اندازه‌گیری شده داشته است. در پژوهشی عباسی‌مقدم و همکاران (١٤٠٠) هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه دوغ کلاله را بعنوان یکی سرشاخه‌های اصلی گرگانرود که نقش مهمی در تامین آب شرب شهر گنبد کاووس دارد را با استفاده از روش‌های گرافیکی، تحلیل خوشه‌ای و شاخص‌های کیفی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که $Ca\text{-}Mg\text{-}HCO_3$ رخساره هیدروشیمیائی غالب و عامل اصلی در کنترل شیمی آب رودخانه دوغ واکنش‌آب-سنگ می‌باشند. همچنین براساس نتایج شاخص کیفیت آب NSFWQI و دیاگرام شولر آب رودخانه در رده قابل قبول برای شرب می‌باشد. اگرچه باتوجه به استانداردهای ملی و جهانی کیفی آب شرب، دو پارامتر کدورت و کلیفرم مدفوعی بالاتر از حد مجاز می‌باشند. در نتیجه آب رودخانه دوغ در بخش شرب نیاز به دو تصفیه فیزیکی و میکروبی دارد. عباسی مقدم و همکاران (٢٠٢١) نقش فیلتراسیون بستر رودخانه دوغ در بهبود کیفیت آب یکی از چاه‌های فلمن کلاله مطالعه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که چاه‌های فلمن از کارایی بالایی در جهت کاهش غلظت برخی از پارامترهای کیفی آب رودخانه دوغ و درنتیجه بهبود کیفیت آب رودخانه دارند. نتایج نشان داد فیلتراسیون بستر رودخانه دوغ باعث بهبود ٦٥ درصدی کیفیت آب شده‌است.

شامروخ و عبدل-وهاب (۲۰۰۸) در پژوهشی نقش فیلتراسیون بستر رودخانه نیل در تامین پایدار آب شرب در بخش بالایی مصر را بررسی کردند. مقایسه آب تولیدی با آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان داد که فیلتراسیون بستر رودخانه نیل کارایی بالایی در تامین آب آشامیدنی در مصر علیا دارد. بطوریکه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی آب تولیدی از استانداردهای مجاز برای مصارف شرب بهتر است. در پژوهشی دی ورت و همکاران (۲۰۱۰) کیفیت آب و اثر فیلتراسیون بستر رودخانه را در کشور هلند بررسی کردند. در این تحقیق منشأ و زوال پارامترهای فیزیکوشیمایی و میکروبی آب در نتیجه فیلتراسیون بستر رودخانه در دو مقیاس صحرایی و آزمایشگاهی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که فرآیندهای احیاء، اختلاط و فیلتراسیون به همراه کیفیت آب منطقه پولدر(Polder) از مهمترین عوامل بهبود کیفیت آب استحصالی می‌باشند. نتایج صحرایی این پژوهش نشان داد که فیلتراسیون نقش مهمی در کاهش مقدار متان، آهن، منگنز و آمونیم دارد. آسکوت و همکاران (۲۰۱٦) در پژوهشی اثرات سیل را بر روی کیفیت آب حاصل از فیلتراسیون بستر رودخانه را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که در حین سیلاب برخی از پارامترها نظیر کربن آلی محلول، کدورت، بار میکروبی در آب رودخانه و آب زیرزمینی افزایش چشمگیری داشته است. در مقابل تغییرات میزان هدایت الکتریکی ناچیز گزارش شد. با فروکش کردن سیلاب بعداز دو الی سه هفته شرایط مجددا به قبل از طغیان رودخانه برگشت و پارامترهای مذکور مجددا در هر دو منبع آبی کاهش چشمگیری از خود نشان دادند. در پژوهشی دیگر پافر و همکاران (۲۰۱۸) نقش دبی رودخانه و دمای آب بر رها سازی منگنز از بستر رودخانه در حین فیلتراسیون بستر رودخانه را مطالعه کردند. برای این منظور از آزمایش‌های ستون حاوی رسوبات بستر رودخانه در چهار دما و سه دبی یا نرخ نفوذ استفاده‌کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که دما تأثیر بیشتری نسبت به نرخ نفوذ (دبی) بر روی آزادسازی منگنز و غلظت آن در آب خروجی دارد. ناوی کواکس و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی تغییرات کیفیت آب در حین فیلتراسیون بستر رودخانه در بوداپست را بررسی کردند. در این پژوهش از جلبک‌ها به عنوان ردیاب برای شناسایی ورودی آب‌های سطحی به چاه‌ها در زمان وقوع سیل استفاده‌شد. نتایج این پژوهش نشان داد که فیلتراسیون بستر رودخانه دانوب نقش مهمی در بهبود کیفیت آب چاههای فلمن داشته‌است.

در شرق استان گلستان و در مجاورت رودخانه دوغ یکی از سرشاخه‌های رودخانه گرگانرود دو حلقه چاه فلمن حفر شده‌است. دبی هر چاه فلمن کلاله در حدود ۲۰۰ لیتر بر ثانیه است که این مقدار معادل ۵ حلقه چاه عمیق حفر شده برای شرب در دشت گرگان می‌باشد. آب این دو حلقه چاه فلمن برای تأمین تقریبا ۲۰ درصد از آب جمعیت شهری شهرکلاله مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه براین، استفاده از روش چاه‌های فلمن نقش مهمی در کاهش هزینه‌های تصفیه آب (خصوصا تصفیه فیزیکی) دارد. از اینرو روش مذکور می‌تواند مورد توجه شرکت‌های آب و فاضلاب و امور آب واقع در استانهای شمالی کشور می‌باشد.

بررسی مطالعات گذشته نشان داده که چاه‌های فلمن کلاله از راندمان مناسبی در بهبود کیفیت آب رودخانه دوغ برخوردار هستند. اما هنوز تاثیر تغییرات دبی رودخانه بر روی میزان پارامترهای آب استحصالی از چاه‌های فلمن کلاله مشخص نیست و نیاز به بررسی دارد. از اینرو، بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب رودخانه تغذیه کننده چاه‌ها فلمن کلاله و همچنین تاثیر آن بر روی پارامترهای کیفی چاه‌های گامی مهم در جهت استفاده بهینه و مناسب از آب آنها برای مصرف شرب می‌باشد. از اینرو پژوهش حاضر به جهت بررسی نقش نوسانات دبی رودخانه دوغ و اثرات آن بر روی میزان پارامترهای کیفی آب رودخانه و چاه فلمن می‌باشد.

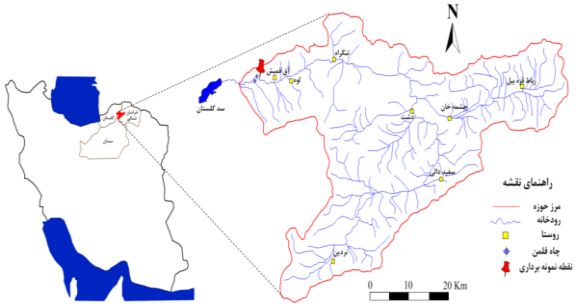
۲- مواد و روش‌ها

- منطقه مورد مطالعه

شهرستان کلاله، با مرکزیت شهر کلاله یکی از شهرستان‌های شرقی استان گلستان است. این شهرستان با وسعت ٤٩٦٢ کیلومتر مربع به عنوان سومین شهرستان بزرگ استان شناخته می‌شود.

رودخانه دوغ یکی از زیرحوضه‌های مهم رودخانه گرگانرود می‌باشد. حوضه آبریز این رودخانه با وسعت تقریبی ۲۱۲۰ کیلومتر مربع در جنوب شرق دریای خزر واقع شده‌است و بخش‌هایی از سه استان سمنان، خراسان شمالی و گلستان را زهکشی می‌کند (شکل۱). بخشی از حوضه آبریز رودخانه

دوغ که در استان گلستان واقع شده از نظر شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی، زمین شناسی، فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی، تفاوت‌های زیادی با دیگر قسمت‌های حوضه در استان‌های استان سمنان و خراسان شمالی دارد (عباسی‌مقدم و همکاران ١٤٠٠). این رودخانه پس از خارج شدن از حوزه مورد نظر و تغذیه دشت گرگان، در ادامه مسیر در دشت بین شهرهای کلاله و گنبد وارد دریاچه سد گلستان یک می‌شود که علاوه بر مهار سیل‌های شرق استان گلستان نقش بسیار مهمی در کشاورزی منطقع دارد. بطوریکه حدود ٥٦٠٠ هکتار از اراضی شرق استان توسط این دشت زیر کشت می‌روند. از این‌رو مطالعه کمی و کیفی آب رودخانه دوغ به لحاظ کشاوزی و شرب از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در مجاورت چاههای فلمن و قبل از چاه اول، ایستگاه هیدرومتری اجن قره خوجه وجود دارد که دبی و کیفیت آب در این ایستگاه مرتب اندازه‌گیری می‌شود (شکل ١).



شکل ١- حوزه آبریز رودخانه دوغ (قره‌محمودلو و همکاران، ١٤٠٠)

به لحاظ ژئومرفولوژیکی، چاههای فلمن در قسمت خروجی حوضه رودخانه دوغ و قبل از رسیدن به دشت حفر شده‌اند. از قسمت شمالی و جنوبی به ارتفاعات، از شرق به حوضه آبریز رودخانه دوغ و از غرب به دشت گرگان محدود می‌شود.

تشکیلات زمین‌شناسی در کنار عوامل انسانزاد از فاکتورهای موثر بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند (Mokrih & Baubhyte, ٢٠٠٥). چاههای فلمن کلاله بر روی رسوبات آبرفتی حاصل از هوازدگی و فرسایش سنگ‌های بالادست حوضه شامل سنگ‌های آهکی و دولومیتی مربوط به دوران ژوراسیک، مارن‌های قرمز تا قهوه‌ای گچدار با میان لایه‌های ماسه سنگ مربوط به میوسن می‌باشند. البته بخشی از این رسوبات حاصل هوازدگی سازندهای مختلف در زیرحوضه‌های استان‌های خراسان شمالی و سمنان می‌باشند(شکل ١).

- چاه‌های فلمن کلاله

بطورکلی دو حلقه چاه فلمن در شهرستان کلاله وجود که نقش مهمی در تامین آب شرب شهر گنبد کاووس دارند(شکل٢). این دو حلقه چاه توسط شرکت آب و فاضلاب استان و در سال ١٣٨٣ در مجاورت رودخانه دوغ) یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه گرگانرود) و در مجاورت دو روستای اجن و قره‌خوجه حفر شده‌اند. عمق تقریبی این دو چاه در حدود ٢٠ متر، قطر دهانه اصلی آنها تقریبا ٣ متر که در انتها چاه تعداد١٢ گالری شعاعی با طول تقریبی ٣٠ متر حفر شده‌است که با دبی حدودا ٢٠٠ لیتر در ثانیه آب را وارد شبکه آبرسانی شهر گنبد می‌کنند (قره محمودلو و همکاران، ١٣٩٧).

a)

b)

شکل٢- نمایی از چاه‌های فلمن کلاله در مجاورت روستای اجن قره‌خوجه، a) چاه شماره ١، b) چاه شماره ٢

- نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های آب

در این پژوهش برای آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب چاه و رودخانه، به‌طور همزمان از آب رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن کلاله با رعایت روش‌های استاندارد موجود

نمونه‌برداری شد. بدین منظور، همزمان تعداد ١٠ نمونه از آب رودخانه و ١٠ نمونه از هر کدام چاه‌های فلمن کلاله در یک بازه زمانی تقریبا پنج ماه از مهر ١٣٩٩ تا بهمن ١٣٩٩ برداشت است. برای آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبی منابع آبی از ظروف پلاستیکی عاری از هرگونه آلودگی به ترتیب به حجم ١/٥ لیتر و ٢٥٠ میلی لیتر استفاده‌شد. لازم بذکر است که برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی مربوط به نمونه‌های آب نظیر دما، pH، هدایت الکتریکی بلافاصله در محل و با استفاده از دستگاه پرتابل و سنسور مناسب اندازه‌گیری‌شد. سپس نمونه‌های برداشت شده در داخل یخدان با دمای زیر ٤ درجه سانتیگراد نگهداری و در مدت نسبتا کوتاهی به آزمایشگاه آب و فاضلاب شهر گنبدکاووس جهت اندازه‌گیری دیگر اختصاصات فیزیکوشیمیایی و میکروبی ارسال شد. درنهایت با استفاده از روش‌های آنالیز استاندارد آزمایشگاهی غلظت کدروت، رنگ، شوری، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن، منگنز، نیتریت، نیترات، آمونیاک، بیکربنات، سولفات، کلراید، فسفات، فلوراید، کلی‌فرم کل، COD و BOD اندازه‌گیری شد. همچنین مقادیر دبی رودخانه دوغ از ایستگاه هیدرومتری در مجاورت چاه‌های فلمن جمع‌آوری شد(Abbasi-Moghadam et al., ٢٠٢١).

- تجزیه و تحلیل آماری

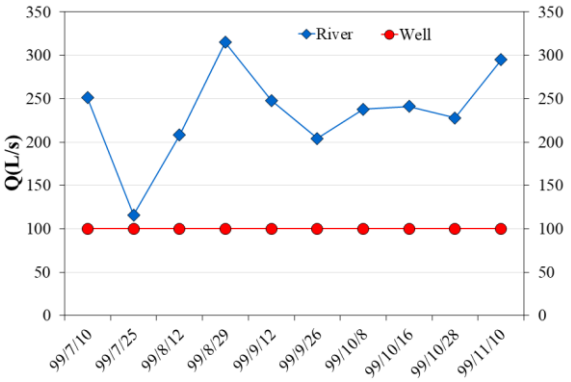
جهت بررسی تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در رودخانه و چاه‌های فلمن که به صورت همزمان نمونه‌برداری از آنها انجام شد، از آزمون T زوجی در سطح احتمال ٠/٠٥ در محیط نرم‌افزار مینی‌تب استفاده شد. قبل از انجام این آزمون، فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون اندرسون دارلینگ مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون T زوجی چنانچه مقدار P-value محاسبه شده کوچکتر از ٠/٠٥ شود با احتمال ٩٥ درصد فرض H_0 یعنی برابر بودن میانگین‌های دو جامعه مورد بررسی رد شده و فرض H_1 یا وجود اختلاف معنی‌دار پذیرفته می‌شود (شیرازی، ١٣٩٥). در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین نوسانات دبی رودخانه بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در در دو محیط رودخانه و چاه‌های فلمن از آزمون همبستگی استفاده شد (پاکدل و همکاران، ١٤٠١).

جهت بررسی ارتباط بین نوسانات دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه‌های فلمن و همچنین ارتباط بین نوسانات دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی رودخانه از آزمون همبستگی در سطح احتمال ٠/٠٥ استفاده‌شد. در این آزمون چنانچه مقدار p-value محاسبه شده بزرگتر و یا مساوی ٠/٠٥ شود، فرض H_0 پذیرفته شده که نشان می‌دهد ارتباط معنی‌دار بین دو متغیر مورد بررسی وجود ندارد. چنانچه مقدار p-value محاسبه شده کوچک‌تر از ٠/٠٥ شود، فرض H_1 پذیرفته خواهد شد که نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار بین دو متغیر مورد بررسی می‌باشد. کلیه آزمون‌های آماری در نرم‌افزار MINITAB ١٧ انجام شد (پاکدل و همکاران، ١٤٠١)

٣- نتایج

- تغییرات دبی رودخانه و چاه‌های فلمن

نتایج بررسی تغییرات دبی رودخانه نشان داد که دبی رودخانه متاثر از ریزش‌های جوی در حوضه آبریز رودخانه دوغ بوده و بین ١١٦ لیتر بر ثانیه تا ٣١٥ لیتر بر ثانیه می‌باشد (شکل٣). متوسط این دوره ٢٣٤/٤ لیتر بر ثانیه می‌باشد. برعکس رودخانه، میزان دبی برداشت آب از چاه‌ها ثابت (١٠٠ لیتر بر ثانیه) می‌باشد.



شکل٣- تغییرات میزان دبی رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن در پاییز و زمستان ١٣٩٩

- پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه و چاه فلمن

باتوجه جدول ١ اکثر مقادیر مربوط به پارامترهای شیمیایی نظیر کل جامدات محلول، سدیم، کلسیم و... براساس استاندار ١٠٥٣ ملی ایران (١٣٩١) و همچنین استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) در حد مجاز برای شرب می‌باشند (WHO, ٢٠١١). اما میزان کدورت و کلیفرم کل

بالاتر از حد مجاز بوده و برای استفاده در بخش شرب نیاز به تصفیه دارد. همچنین میزان تمامی پارامترها در طول نمونه‌برداری ثابت نبوده و تغییراتی هر چند جزئی دارند. لازم بذکر است که بیشترین تغییر مربوط به کلی‌فرم کل می‌باشد. بطوریکه مقدار آن از ۲۱۰ تا ۱۱۰۰ (MPN/۱۰۰ml) متغیر است.

نمونه‌برداری دیده نمی‌شود (جدول۱). اما مقادیر برخی از این پارامترهای کیفی چاه‌های فلمن نسبت به پارامترهای رودخانه دوغ بدلیل نقش موثر فیلتراسیون بستر رودخانه کاهش چشمگیری داشته‌است. این امر در بخش بعد توسط روش‌های آماری بررسی خواهد شد. کاهش میزان برخی پارامترها باعث شده که کیفیت آب چاه‌های فلمن در

جدول۱- بیشترین، کمترین و متوسط پارامترهای کیفی منابع آب مورد مطالعه در یک بازه زمانی ۵ ماه از مهر ۱۳۹۹ تا بهمن ۱۳۹۹

	رودخانه			چاه فلمن ۱			چاه فلمن ۲		
پارامتر کیفی	متوسط	کمترین	بیشترین	متوسط	کمترین	بیشترین	متوسط	کمترین	بیشترین
دما (ºC)	۱۸/۸۳	۹	۲۳	۱۵	۱۲	۲۰	۱۵/۲	۱۲	۲۰
کدورت (NTU)	۲۳/۹۲	۸/٤۹	۳۹/۱	۰/٥٥٤	۰/۲۳	۰/۷۳	۰/٥۷۲	۰/۲٤	۰/۷٥
رنگ (pt.co)	۲/۱۷	۱	٤	۰/٥	۰	۱	۰/۸٥	۰/٥	۱
EC (µmhos/cm)	۸٥۸/٥۸	۸۳٤	۸۸۲	۸۷۳/۷	۸٤٦	۸۹٥	۸۷۷/۳	۸٤۸	۸۸۹
TDS(mg/L)	٤۹۲/٤۲	٤۲٥	٥٤۰	٥۰٦/۹	٤۹۱	٥۱۹	٥۱۰/۸	٤۹٥	٥۲۲

پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه دوغ، تغییرات چندانی در مقدار پارامترهای چاه‌های فلمن در طول

بخش شرب براساس استانداردهای ۱۰۵۳ و WHO در وضعیت بهتری قرار گیرد.

pH	٧/٧٥	٧/٧	٧/٨٥	٧/٤	٧/٣٨	٧/٥٢	٧/٤٦	٧/٤	٧/٥٣
سختی کل(mg/L)	٣٣٤	٣٢٤	٣٥٢	٣٤٣/٦	٣٣٢	٣٦٠	٣٤٦/١	٣٣٤	٣٦٥
شوری (mg/L)	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤	٠/٤
کلراید(mg/L)	٥٧/٦٧	٥٣	٦٤	٥٨/٨	٥٤	٦٥	٦٠/٢	٥٤	٦٦
سولفات(mg/L)	٥٧/١٧	٧٠	٨٠	٨٠/١	٧٥	٨٤	٨١/٦	٧٦	٨٦
بیکربنات (mg/L)	٣٠٠/٥٨	٢٩٢	٣١٢	٣٠٩	٢٩٨	٣٢٤	٣١١/١	٢٩٩	٣٢٦
نیتریت (mg/L)	٠/٠٣	٠/٠٢٣	٠/٠٣٣	٠/٠٣٥	٠/٠١٩	٠/١٦	٠/٠٣٧	٠/٠١٩	٠/١٨
نیترات(mg/L)	٢٤/٦٨	٢٠/٢٤	٢٧/٢٧	١٩/٤	١٥/٤	٢١/٥٦	٢٠/١٦	١٦/٥	٢٢/٢٥
آمونیاک (mg/L)	٠/٠٤	٠/٠٣	٠/٠٦	٠/٠٢	٠/٠١	٠/٠٣	٠/٠٢٦	٠/٠١٥	٠/٠٤
فسفات (mg/L)	٠/١٩	٠/١٥	٠/٢٣	٠/١٢٦	٠/١	٠/١٦	٠/١٣٨	٠/١١	٠/١٧
فلوراید (mg/L)	٠/٢٠	٠/١٤	٠/٢٥	٠/١٩٩	٠/١٥	٠/٢٤	٠/٢١	٠/١٦	٠/٢٥
کلسیم (mg/L)	٩١/٦٠	٨٦/٤	٩٧/٦	٩٤/٠٨	٩١/٢	٩٩/٢	٩٤/٦٨	٩١/٥	٩٩/٥
منیزیم (mg/L)	٢٤/٨٩	٢٤	٢٥/٩٢	٢٦/٠١	٢٤/٩٢	٢٦/٨٨	٢٦/٣٣	٢٥/٢٢	٢٧/٢٨
سدیم (mg/L)	٤٢/٨٣	٤١	٤٥	٤١/٨	٣٩	٤٦	٤٢/٩	٤٠	٤٧
پتاسیم (mg/L)	١/١٥	١/١	١/٢	١/٠٩	١	١/٢	١/١٦	١	١/٣
آهن (mg/L)	٠/٠٣	٠/٠٢	٠/٠٤	٠/٠٢١	٠/٠١	٠/٠٣	٠/٠٢٥٦	٠/٠٢	٠/٠٣
منگنز (mg/L)	٠/٠٤	٠/٠٢١	٠/٠٥	٠/٠٣٥	٠/٠٢١	٠/٠٤٥	٠/٠٣٧	٠/٠٢٥	٠/٠٤٦
COD(mg/L)	٣٠/٦٧	٢٦	٣٦	٢٠/٦	١٨	٢٤	٢١/٩	١٩	٢٥
BOD(mg/L)	٢/٤٨	٢/٢	٢/٨	١/٧٢	١/٥	٢	٢/١٤	١/٨	٣
MPN/١٠٠ml	٤٥٨/٣٣	٢١٠	١١٠٠	٩/٣	٣	١٥	١١/٦	٥	١٨
دبی(L/s)	٢٣١/٢٥	١١٦	٣١٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

- **بررسی تفاوت معنی‌داری خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه و چاه‌های فلمن**

بعد از بررسی فرض نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون T زوجی اقدام به بررسی تفاوت معنی‌داری خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در رودخانه و چاه فلمن در سطح احتمال ٠/٠٥ شد. جدول (٢) مقادیر p-value آزمون T زوجی را جهت بررسی تفاوت معنی‌داری خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در رودخانه و چاه‌های فلمن نشان می‌دهد.

مطابق با جدول (٢) مقادیر p-value آزمون T زوجی تنها برای ٦ فاکتور از ٢٤ فاکتور کیفی مورد بررسی شامل TDS، فلوراید، سدیم، کلراید، نیتریت و منگنز بزرگ‌تر از ٠/٠٥ محاسبه شده و در نتیجه فرض H_0 یعنی برابر بودن میانگین‌های دو جامعه مورد و فرض H_1 یا وجود اختلاف معنی‌دار رد می‌شود. پذیرش فرض H_0 بیانگر آن است که با احتمال ٩٥ درصد بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه و چاه فلمن١ که به‌طور همزمان برداشت شده‌اند، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده‌است.

جدول۲- نتایج آزمون T زوجی جهت بررسی تفاوت معنی‌داری خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه و چاه فلمن

چاه	پارامتر کیفی	p-value	پارامتر کیفی	p-value
۱	کدورت	۰/۰۰۰	آمونیاک	۰/۰۰۰
	رنگ چاه	۰/۰۰۰	فسفات	۰/۰۰۰
	EC	۰/۰۰۰	فلوراید	۰/۷۷۰
	TDC	۰/۱۰۳	کلسیم	۰/۰۰۰
	pH	۰/۰۰۰	منیزیم	۰/۰۰۰
	سختی کل	۰/۰۰۰	سدیم	۰/۲۸۰
	سختی کلسیم	۰/۰۰۰	پتاسیم	۰/۰۲۹
	کلراید	۰/۱۸٦	آهن	۰/۰۱۳
	سولفات	۰/۰۰۰	منگنز	۰/۹۰۳
	بیکربنات	۰/۰۰۰	COD	۰/۰۰۰
	نیتریت	۰/۵۷٦	BOD	۰/۰۰۰
	نیترات	۰/۰۰۰	MPN	۰/۰۰۱
۲	کدورت	۰/۰۰۰	آمونیاک	۰/۰۰۱
	رنگ چاه	۰/۰۰۱	فسفات	۰/۰۰۰
	EC	۰/۰۰۰	فلوراید	۰/۲۰٤
	TDC	۰/۰٤٤	کلسیم	۰/۰۰۰
	pH	۰/۰۰۰	منیزیم	۰/۰۰۰
	سختی کل	۰/۰۰۰	سدیم	۰/۹۰۹
	سختی کلسیم	۰/۰۰۰	پتاسیم	۰/۹٤۱
	کلراید	۰/۰۱۷	آهن	۰/۲۵۸
	سولفات	۰/۰۰۰	منگنز	۰/۳٦۵
	بیکربنات	۰/۰۰۰	COD	۰/۰۰۰
	نیتریت	۰/۵۷۳	BOD	۰/۰٤۰
	نیترات	۰/۰۰۰	MPN	۰/۰۰۱

این بررسی در چاه فلمن ۲ نیز تقریبا مشابه با چاه فلمن ۱ بود به‌طوری‌که برای ٦ فاکتور فلوراید، سدیم، نیتریت و منگنز، آهن و منیزیم بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه و چاه فلمن۲ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است (جدول۵). این امر بیانگر آنست که فیلتراسیون بستر رودخانه در نتیجه فرآیندهایی نظیر جذب سطحی، تجزیه هوازی و غیر هوازی توسط میکروارگانیسم‌ها و فیلترسیون رسوبات بر روی مقادیر پارامترهای TDS، فلوراید، سدیم، کلراید، نیتریت و منگنز موثر نبوده‌است.

در این بررسی همچنین مشخص شد در هر دو چاه فلمن ۱ و ۲، که برای ۱۸ پارامتر دیگر مورد بررسی مقادیر p-value آزمون T زوجی کوچک‌تر از ۰/۰۵ محاسبه شده در نتیجه فرض H_0 یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار رد شده و فرض H_1 یا وجود اختلاف معنی‌دار پذیرفته شده است. نتایج این بررسی به وضوح نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین اغلب خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در رودخانه و همچنین چاه فلمن که از رودخانه تغذیه می‌شود، وجود دارد. بر خلاف ٦ پارامتر قبلی، مقدار این ۱۸ پارامتر در حین فیلتراسیون بستر رودخانه در نتیجه فرآیندهای مذکور کاهش یافته‌است.

- **بررسی راندمان حذف توسط فیلتراسیون بستر رودخانه باتوجه به نتایج حاصل از بررسی‌های آماری مشخص شد که میزان ۱۸ پارامتر فیزیکوشیمیایی و میکروبی در حین عبور از بستر رودخانه و قبل از رسیدن به چاه‌های فلمن کاهش داشته‌اند.**

به منظور تعیین میزان حذف از رابطه زیر استفاده شد (بافکار و بابلی، ۱۳۹۷).

$$\%R = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

در این رابطه $\%R$ درصد حدف پارامترهای کیفی، C_i مقدار پارامتر کیفی در آب رودخانه و C_f مقدار پارامتر کیفی در آب چاه فلمن

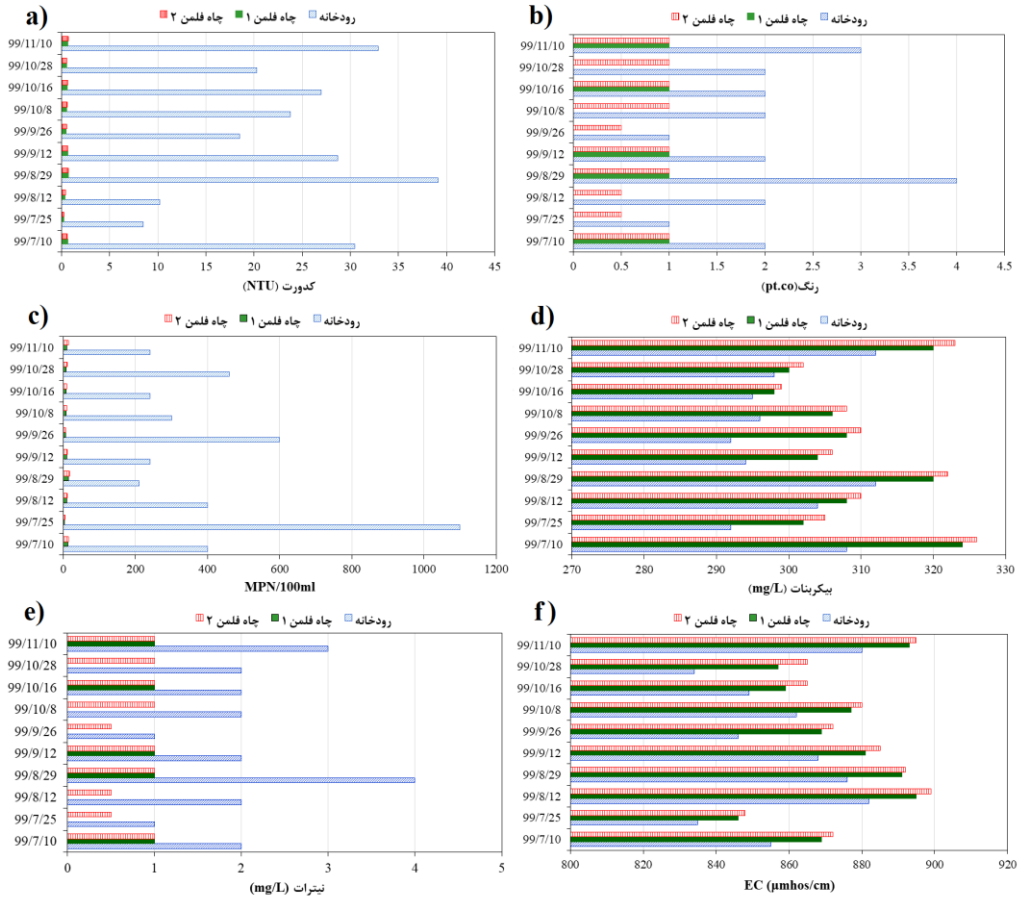
باتوجه به نتایج بدست آمده بیشتر میزان حذف مربوط به کدورت، کلی‌فرم کل و رنگ به‌ترتیب به میزان ۹۷/۵۲، ۹٦/۹۱ و ۷۹/۱۷ برای چاه شماره ۱ می‌باشد (جدول۳). اگرچه برای چاه فلمن ۲ نیز اعداد مشابهه‌ای بدست آمد. در برخی پارامترها نظیر شوری هیچ‌گونه تغییری در پارامتر مذکور دیده نمی‌شود. همچنین نتایج نشان داد که در حین فیلتراسیون بستر رودخانه میزان برخی پارامترها نظیر کلسیم، سختی کل و... به‌دلیل تغییر در شیمی آب و فعل و انفعالاتی که در زون فعال ایجاده شده در بستر رودخانه اتفاق می‌افتد در چاه فلمن افزایش داشته‌است(جدول۳).

شکل٤ مقایسه غلظت برخی از پارامترهای کیفی رودخانه و چاه‌های فلمن نظیر کدورت (a)، رنگ (b)، کلی‌فرم کل (c)، بیکربنات (d)، نیترات (e) و هدایت الکتریکی (f) را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج آماری نشان داد، فیلتراسیون بستر رودخانه نقش مهمی در کاهش برخی پارامترهای کیفی خصوصا کل‌فرم کل، کدورت و رنگ داشته‌است. اما این مقدار در نیترات کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته‌است. درحالیکه در برخی از پارامترها نظیر بیکربنات و هدایت الکتریکی نه تنها کاهش چندانی نداشته، به مقدار جزئی افزایش هم داشته است.

جدول ٣- متوسط میزان حذف پارامترهای کیفی حاصل از فیلتراسیون بستر رودخانه در چاه‌های فلمن ١ و ٢

پارامتر	متوسط میزان حذف در چاه فلمن ١	متوسط میزان حذف در چاه فلمن ٢	عملکرد چاه چاه فلمن ١	عملکرد چاه فلمن ٢
کدورت (NTU)	٩٧/٥٢	٩٧/٤٣	کاهشی	کاهشی
رنگ (pt.co)	٧٩/١٧	٥٦/٦٧	کاهشی	کاهشی
هدایت الکتریکی(µmhos/cm)	-١/٧٥	-٢/٧	افزایشی	افزایشی
کل جامدات محلول (mg/L)	-٢/٢٨	-٣/٥٧	افزایشی	افزایشی
pH	٤/٠٨	٣/٧٢	کاهشی	کاهشی
سختی کل (mg/L)	-٣/١٣	-٣/٨٨	افزایشی	افزایشی
سختی کلسیم (mg/L)	-٢/٨٢	-٢/٨٢	افزایشی	افزایشی
شوری (ppt)	٠	٠	–	–
کلراید (mg/L)	-٢/٣٤	-٤/٧٦	افزایشی	افزایشی
سولفات (mg/L)	-٦/٦٤	-٨/٦٣	افزایشی	افزایشی
بیکربنات (mg/L)	-٢/٩٠	-٣/٦٠	افزایشی	افزایشی
افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی	افزایشی
نیترات (mg/L)	٢١/٧٩	١٨/٦٨	کاهشی	کاهشی
آمونیاک (mg/L)	٥٠/٢٣	٣٤/٧٨	کاهشی	کاهشی
فسفات (mg/L)	٣٢/٢٤	٢٥/٥٦	کاهشی	کاهشی
فلوراید (mg/L)	٠/١٣	-٥/٤٥	کاهشی	افزایشی
کلسیم (mg/L)	-٢/٨٢	-٣/٨	افزایشی	افزایشی
منیزیم (mg/L)	-٤/٦٢	-٥/٩٠	افزایشی	افزایشی
سدیم (mg/L)	٢/٢٠	-٠/٣٧	کاهشی	افزایشی
پتاسیم (mg/L)	٥/١٦	-٠/٢٥	کاهشی	افزایشی
آهن (mg/L)	٢٢/٤٣	٤/٥١	کاهشی	کاهشی
منگنز (mg/L)	-٢/١٥	-١٠/٤٨	افزایشی	افزایشی
COD (mg/L)	٣٢/٦٣	٢٨/٢٧	کاهشی	کاهشی
BOD (mg/L)	٣٠/١٤	١٢/٧١	کاهشی	کاهشی
MPN/١٠٠ml	٩٦/٩١	٩٦/١٧	کاهشی	کاهشی

این امر می‌تواند درنتیجه تغییر شیمی آب و محیط در طول مسیر فیلتراسیون و همچنین تغییر در فشار می‌باشد. برای مثال تغییر در فشار باعث می‌شود کربنات به بیکربنات تبدیل شود. این امر باعث افزایش غلظت بیکربنات در آب داخل چاه می‌شود. همچنین اختلاط آب حاصل از فیلتراسیون با آب زیرزمینی و یا آب‌های زیر سطحی می‌تواند بر روی غلظت این برخی پارامترها تاثیرگذار باشد.



شکل٤- مقایسه غلظت برخی پارامترهای کیفی در رودخانه و بعداز فیلتراسیون در چاه‌های فلمن ١ و ٢

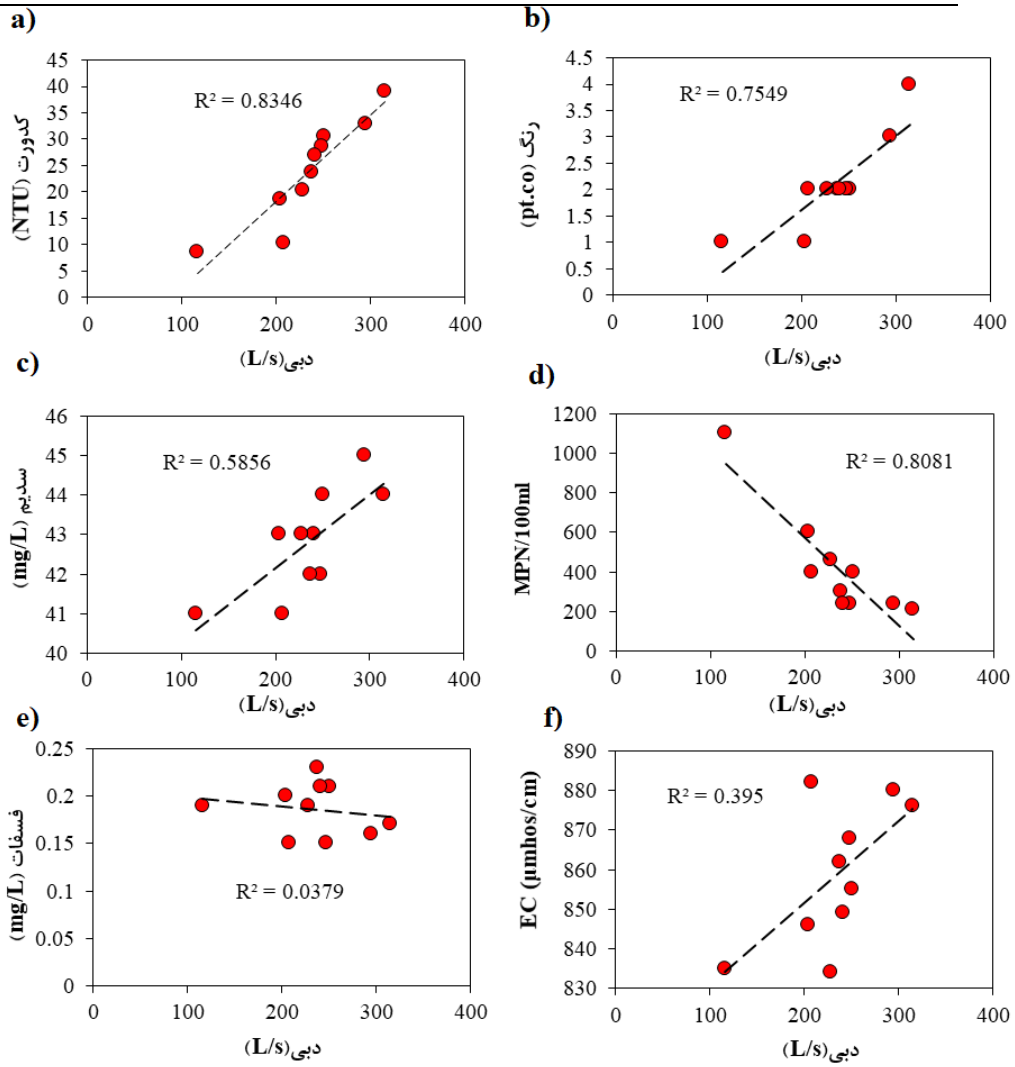
- **بررسی ارتباط بین دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه**

همچنین جهت بررسی ارتباط بین نوسانات دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه دوغ از آزمون همبستگی در سطح احتمال ٠/٠٥ استفادهشد. جدول (٤) نتایج آزمون همبستگی را جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی رودخانه نشان می‌دهد. براساس جدول (٤) مشخص شد که مقدار p-value آزمون همبستگی ١٣ فاکتور از ٢٤ فاکتور مورد بررسی شامل کدورت، رنگ، TDC، سختی کل، سختی کلسیم، کلراید، بیکربنات، نیترات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، و MPN کوچک‌تر از ٠/٠٥ محاسبه شده است، لذا فرض H_0 که نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار بین دو متغیر مورد بررسی می‌باشد، پذیرفته می‌شود. بر این اساس تغییرات این ١٣ فاکتور کیفی چاه فلمن وابسته به نوسانات دبی رودخانه می‌باشد. برای ١١ فاکتور کیفی دیگر که مقدار p-value آزمون همبستگی آنها بزرگ‌تر از ٠/٠٥ محاسبه شده‌است، ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی آب رودخانه مشاهده نشد.

شکل (٥) ارتباط بین برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی را با تغییرات دبی رودخانه دوغ را نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رفت بین تغییرات دبی رودخانه دوغ و کدورت، رنگ، سدیم و هدایت الکتریکی رابطه مستقیم، خطی و مثبت وجود دارد که بیشترین مقدار رابطه خطی بین دبی و کدورت روخانه دوغ است. این ارتباط بیانگر وجود تشکیلات انحلال پذیر نظیر مارن، رس‌های حاوی کانی‌های تبخیری و تشکیلات تبخیری که در سطح وسیعی از زیر حوضه‌های این رودخانه در استان‌های خرسان شمالی و سمنان است که شدت گرفتن بارندگی و در پی آن افزایش میزان دبی رودخانه دوغ، باعث انحلال این تشکیلات در آب رودخانه شده و در پی آن باعث افزایش میزان املاح محلول و معلق آب رودخانه دوغ می‌شوند. برخلاف پارامترهای مذکور، تغییرات بین دبی رودخانه دوغ و کلی‌فرم کل رابطه مستقیم، خطی ولی منفی است (شکل٥). بطوریکه با افزایش میزان دبی میزان کلی‌فرم کل در آب

جدول ٤- نتایج آزمون همبستگی جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه

پارامتر کیفی	p-value آزمون T زوجی	پارامتر کیفی	p-value آزمون T زوجی
کدورت	۰/۰۰۰	آمونیاک	۰/۱۵٦
رنگ چاه	۰/۰۰۱	فسفات	۰/۵۹۰
EC	۰/۰۵۲	فلوراید	۰/۱۷۱
TDC	۰/۰۰۰	کلسیم	۰/۰۰۸
pH	۰/۲۰٦	منیزیم	۰/۰۳۲
سختی کل	۰/۰۲۰	سدیم	۰/۰۱۰
سختی کلسیم	۰/۰۳۱	پتاسیم	۰/۰۱۳
کلراید	۰/۰۰٦	آهن	۰/۱۰۹
سولفات	۰/۱۱۹	منگنز	۰/۲۸۷
بیکربنات	۰/۰۲۰	COD	۰/۱۰۱
نیتریت	۰/۷۳۳	BOD	۰/۷۲۰
نیترات	۰/۰۱٦	MPN	۰/۰۰۰



شکل٥- بررسی ارتباط بین برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه دوغ با تغییرات دبی رودخانه

رودخانه دوغ کاهش چشمگیری دارد. همچنین در برخی از پارامترها نظیر فسفات ارتباط بین دبی رودخانه دوغ وجود ندارد(شکل٥).

- **بررسی ارتباط بین دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی چاه‌های فلمن ١ و ٢**

جهت بررسی ارتباط بین نوسانات دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه فلمن از آزمون همبستگی در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده‌شد (جداول٥). نتایج آزمون همبستگی را جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه فلمن نشان می‌دهد. مطابق با جدول (٥) مشخص شد که مقدار p-value آزمون همبستگی ١٢ فاکتور از

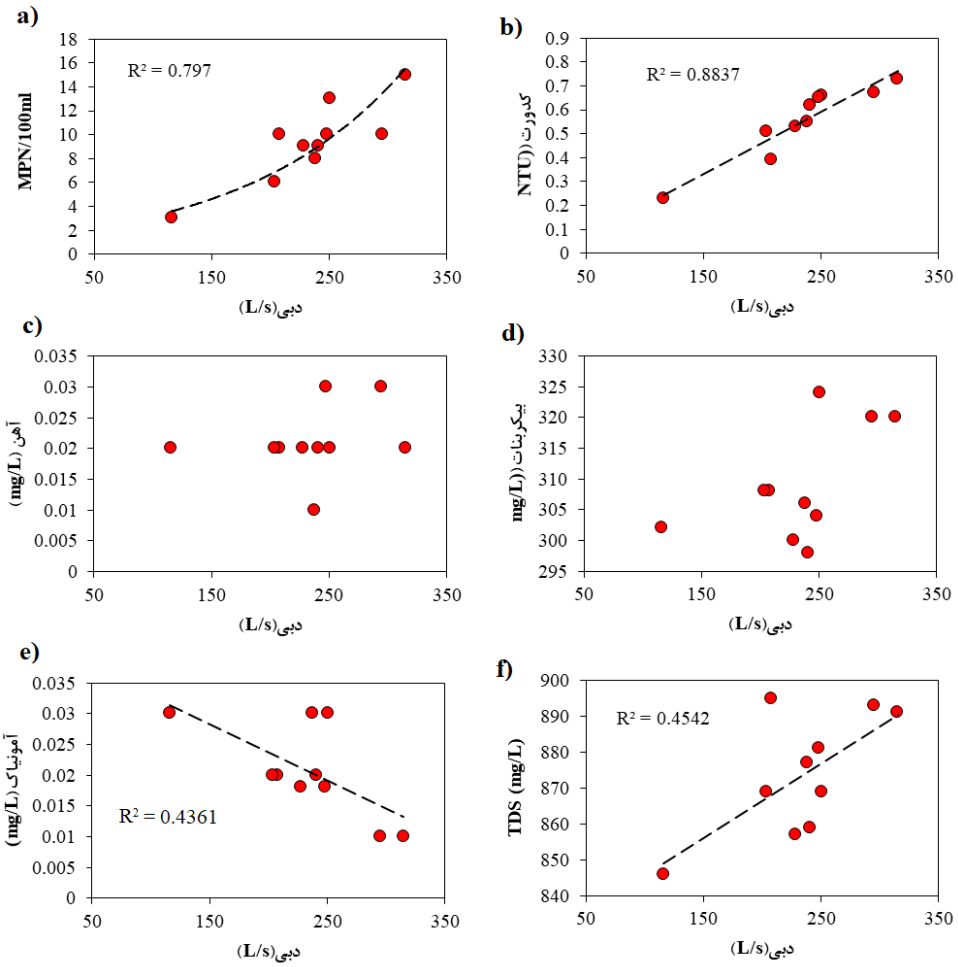
٢۴ فاکتور مورد بررسی شامل کدورت، رنگ، EC، TDC، سختی کل، سختی کلسیم، آمونیاک، فلوراید، کلسیم، منیزیم، COD و MPN کوچک‌تر از ۰/۰۵ محاسبه شده‌است، لذا فرض H_1 که نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار بین دو متغیر مورد بررسی می‌باشد، پذیرفته می‌شود. براین اساس تغییرات این ۱۲ فاکتور کیفی چاه فلمن وابسته به نوسانات دبی رودخانه می‌باشد. برای ۱۲ فاکتور کیفی دیگر شامل نیترات، نیتریت، pH، سدیم، پتاسیم و غیره که مقدار p-value آزمون همبستگی آنها بزرگ‌تر از ۰/۰۵ محاسبه شده‌است، ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی چاه فلمن ۱ مشاهده‌نشد.

براساس جدول (۵) نیز مشخص شد که مقدار p-value آزمون همبستگی ۸ فاکتور از ۲۴ فاکتور مورد بررسی شامل کدورت، رنگ، سختی کل، سختی کلسیم، کلسیم، منیزیم، COD و MPN در چاه فلمن۲ کوچک‌تر از ۰/۰۵ محاسبه شده است، لذا فرض H_1 که نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار بین دو متغیر مورد بررسی می‌باشد، پذیرفته می‌شود. بر این اساس تغییرات این ۸ فاکتور کیفی چاه فلمن وابسته به نوسانات دبی رودخانه می‌باشد. در چاه فلمن۲ برای ۱۶ فاکتور دیگر ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی چاه فلمن۲ مشاهده نشد.

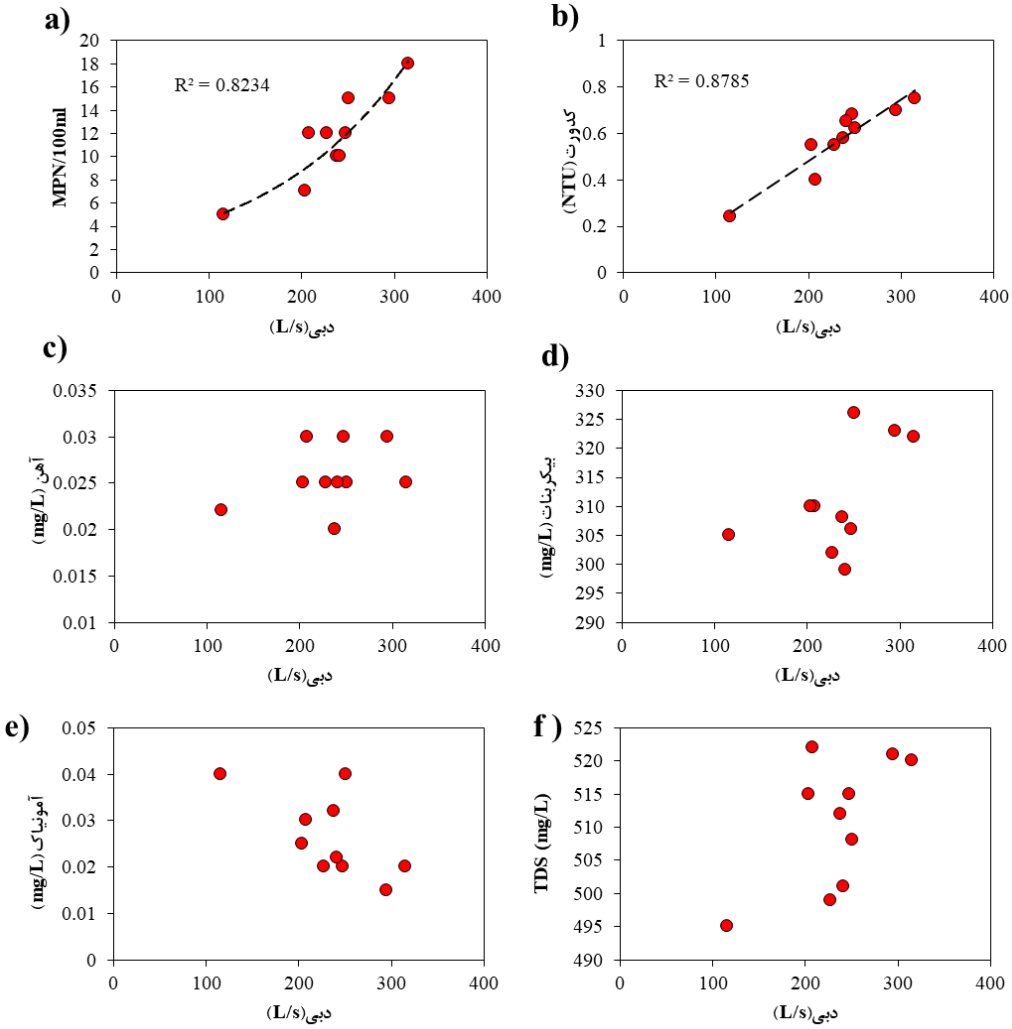
جدول ۵- نتایج آزمون همبستگی جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه‌های فلمن۱ و ۲

چاه	پارامتر کیفی	p-value آزمون T زوجی	پارامتر کیفی	p-value آزمون T زوجی
۱	کدورت	۰/۰۰۰	آمونیاک	۰/۰۳۸
	رنگ چاه	۰/۰۲۶	فسفات	۰/۵۱۳
	EC	۰/۰۳۳	فلوراید	۰/۰۴۵
	TDC	۰/۰۳۱	کلسیم	۰/۰۲۱
	pH	۰/۳۵۶	منیزیم	۰/۰۲۲
	سختی کل	۰/۰۰۵	سدیم	۰/۷۸۸
	سختی کلسیم	۰/۰۲۱	پتاسیم	۰/۹۷۸
	کلراید	۰/۳۶۶	آهن	۰/۴۷۸
	سولفات	۰/۹۴۰	منگنز	۰/۳۲۷
	بیکربنات	۰/۰۷۸	COD	۰/۰۴۸
	نیتریت	۰/۲۶۹	BOD	۰/۰۷۲
	نیترات	۰/۹۲۵	MPN	۰/۰۰۱
۲	کدورت	۰/۰۰۰	آمونیاک	۰/۱۲۶
	رنگ چاه	۰/۰۰۶	فسفات	۰/۴۲۶
	EC	۰/۱۷۱	فلوراید	۰/۱۴۳
	TDC	۰/۲۸۳	کلسیم	۰/۰۳۵
	pH	۰/۳۲۰	منیزیم	۰/۱۴۳
	سختی کل	۰/۰۳۲	سدیم	۰/۹۴۵
	سختی کلسیم	۰/۰۱۹	پتاسیم	۰/۸۵۳
	کلراید	۰/۳۱۱	آهن	۰/۳۴۵
	سولفات	۰/۹۴۵	منگنز	۰/۱۵۹
	بیکربنات	۰/۱۴۳	COD	۰/۰۳۵
	نیتریت	۰/۹۰۵	BOD	۰/۰۲۳
	نیترات	۰/۴۸۷	MPN	۰/۰۰۱

شکل‌های ٦ و ۷ ارتباط بین دبی رودخانه و برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده در چاه‌های فلمن ۱ و ۲ را نشان می‌دهند. همانطور که نتایج آماری نشان داد غلظت برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده در چاه‌های فلمن وابسته به تغییرات دبی رودخانه است بطوریکه با افزایش دبی رودخانه غلظت برخی از پارامترهای اندازه‌گیری‌شده نظیر کل جامدات محلول (TDS)، کلیفرم کل، کدورت در چاه نیز افزایش می‌یابد (شکل‌های ٦ و ۷). در برخی موارد نظیر آمونیاک رابط مستقیم منفی می‌باشد (شکل‌های ٦ و ۷). همچنین در برخی موارد رابطه‌ای بین تغییرات دبی و پارامترهای کیفی نظیر بیکربنات و آهن وجود ندارد.



شکل ٦- ارتباط بین دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی چاه فلمن ١

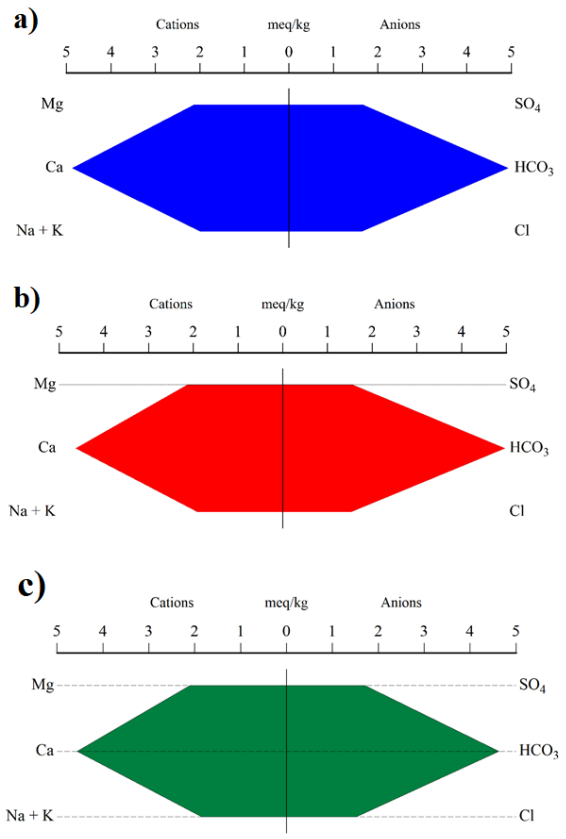


شکل ۷- ارتباط بین دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی چاه فلمن ۲

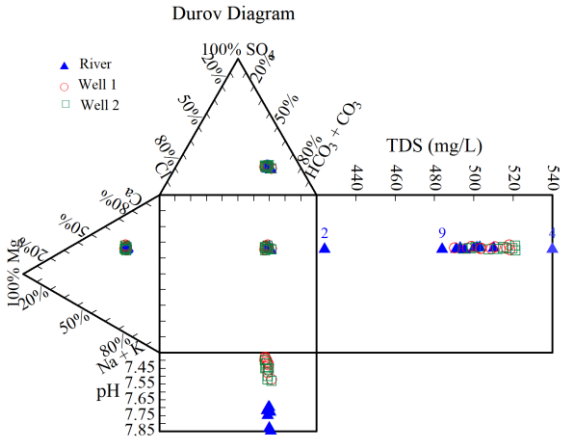
- **تغییرات هیدروژئوشیمی رودخانه و چاه‌های فلمن**

در این پژوهش به منظور بررسی هیدورژئوشیمیایی رودخانه و چاه‌های فلمن از دیاگرام‌های استیف (برای تعیین تیپ آب) و دروف (برای تعیین رخساره و روندهیدروژئوشیمیایی) استفاده‌شد. دیاگرام استیف نوعی نمایش گرافیکی از آنالیزهای شیمیائی نمونه‌های آب است که برای مقایسهٔ سریع نمونه‌های آب با منشاءهای مختلف بسیار مفید می‌باشد. این دیاگرام درواقع یک چندضلعی است که چهار محور افقی آن در دو طرف یک محور قائم قرار دارند. در این پژوهش جهت مقایسه سریع بین نمونه‌های آب رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن و همچنین تغییرات آنها در طول زمان و با دبی رودخانه از دیاگرام استفاده‌شد. باتوجه به شکل(۸) نمونه‌های استیف مربوط به چاه‌های فلمن و رودخانه کاملا به مشابهه یکدیگر هستند و تفاوت چندانی در شکل و اندازه آنها دیده نمی‌شود. همچنین با تغییر میزان دبی رودخانه تغییری در دیاگرام رودخانه و چاه‌فلمن دیده نمی‌شود. این امر باتوجه به اینکه تغییرات چندانی در غلظت یون‌های اصلی آب رودخانه و چاه‌های فلمن در این دوره دیده نشده‌است بدیهی بنظر می‌رسد.

در این پژوهش، جهت تفسیر بهتر هیدروژئوشیمی منابع آبی (رودخانه و چاه‌های فلمن ۱ و ۲) از دیاگرام دروف استفاده شد (شکل ۹). این دیاگرام براساس مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب می‌باشد. براساس دیاگرام دروف جهت تکامل ژئوشیمیائی خاصی برای منابع آبی وجود ندارد و تجمع نمونه‌های مربوط به رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن در یک نقطه می‌باشد. تیپ نمونه‌ها از نوع بی‌کربناته در مناطق تغذیه (حاشیه ارتفاعات) می‌باشد. باتوجه به مستطیل مربوط به pH، مقدار این پارامتر در رودخانه دوغ (۷/۸۵- ۷/۷۵) به مقدار جزئی بیشتر از چاه‌های فلمن(۷/۵۵ >) می‌باشد. به نظر می‌رسد بعداز فیلتراسیون بستر روخانه، مقدار این پارامتر در اثر فرآیندهایی که در منطقه زون فعال اتفاق می‌افتد کاهش می‌یابد.



شکل۸- مقایسه نمودار استیف رودخانه دوغ (a)، چاه فلمن۱(b) و چاه فلمن ۲



شکل ۹- نمودار دروف رودخانه دوغ(نقاط آبی)، چاه‌های فلمن۱(نقاط قرمز) و چاه‌های فلمن۲(نقاط سبز)

٤- نتیجه‌گیری

آب‌های زیر سطحی می‌تواند بر روی غلظت این برخی پارامترها تاثیرگذار باشد.

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تغییرات دبی رودخانه بر روی پارامترهای کیفی چاه‌های فلمن انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اکثر مقادیر مربوط به پارامترهای شیمیایی نظیر کل جامدات محلول، سدیم، کلسیم و... براساس استاندار ۱۰۵۳ ایران و همچنین استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) در حد مجاز برای شرب می‌باشند. اما میزان کدورت و کلیفرم کل بالاتر از حد مجاز بوده و برای استفاده در بخش شرب نیاز به تصفیه دارد.

براساس مقدار p-value آزمون T زوجی تنها برای ٦ فاکتور (شامل TDS، فلوراید، سدیم، کلراید، نیتریت و منگنز) از ٢٤ فاکتور کیفی مورد بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب رودخانه و چاه‌های فلمن ۱ و ۲ که به‌طور همزمان برداشت شده‌اند، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده‌است. اما در ۱۸ پارامتر این اختلاف مشهود است. این امر بیانگر آنست که فیلتراسیون بستر رودخانه در نتیجه فرآیندهایی نظیر جذب سطحی، تجزیه هوازی و غیر هوازی توسط میکروارگانیسم‌ها و فیلترسیون رسوبات بر روی مقادیر پارامترهای TDS، فلوراید، سدیم، کلراید، نیتریت و منگنز موثر نبوده‌است.

باتوجه به نتایج حاصل از راندمان حذف توسط فیلتراسیون بستر رودخانه، بیشتر میزان حذف ناشی از فیلتراسیون بستر رودخانه مربوط به کدورت، کلی‌فرم کل و رنگ به‌ترتیب به میزان ۹۷/۵۲، ۹٦/۹۱ و ۷۹/۱۷ برای چاه شماره ۱ می‌باشد. اگرچه برای چاه فلمن ۲ نیز اعداد مشابهه‌ای بدست آمد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در حین فیلتراسیون بستر رودخانه میزان برخی پارامترها نظیر کلسیم، سختی کل و ... به‌دلیل تغییر در شیمی آب و فعل و انفعالاتی که در زون فعال ایجاده شده در بستر رودخانه اتفاق می‌افتد در چاه فلمن افزایش داشته‌است.

نتایج نشان داد که فیلتراسیون بستر رودخانه نقش مهمی در کاهش برخی پارامترهای کیفی خصوصا کل‌فرم کل، کدورت و رنگ داشته‌است. اما این مقدار در نیترات کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته‌است. درحالیکه در برخی از پارامترها نظیر بیکربنات و هدایت الکتریکی نه تنها کاهش چندانی نداشته، به مقدار جزئی افزایش هم داشته‌است. این امر می‌تواند درنتیجه تغییر شیمی آب و محیط در طول مسیر فیلتراسیون و همچنین تغییر در فشار می‌باشد. همچنین اختلاط آب حاصل از فیلتراسیون با آب زیرزمینی و یا **بررسی ارتباط بین نوسانات دبی روخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه نشان داد که ۱۳ فاکتور از ٢٤ فاکتور مورد بررسی شامل کدورت، رنگ،** TDC،

سختی کل، سختی کلسیم، کلراید، بیکربنات، نیترات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و MPN ارتباط معنی‌دار بین مقادیر این ۱۳ فاکتور کیفی و چاه فلمن وجود دارد و برای ۱۱ فاکتور کیفی ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی آب رودخانه مشاهده نشد.

همانطور که انتظار می‌رفت بین تغییرات دبی رودخانه دوغ و کدورت، رنگ، سدیم و هدایت الکتریکی رابطه مستقیم، خطی و مثبت وجود دارد که بیشترین مقدار رابطه خطی بین دبی و کدورت روخانه دوغ است. این ارتباط بیانگر وجود تشکیلات انحلال پذیر نظیر مارن، رس‌های حاوی کانی‌های تبخیری و تشکیلات تبخیری که در سطح وسیعی از زیر حوضه‌های این رودخانه در استان‌های خرسان شمالی و سمنان است که شدت گرفتن بارندگی و در پی آن افزایش میزان دبی رودخانه دوغ، باعث انحلال این تشکیلات در آب رودخانه شده و در پی آن باعث افزایش میزان املاح محلول و معلق آب رودخانه دوغ می‌شوند. برخلاف پارامترهای مذکور، تغییرات بین دبی رودخانه دوغ و کلی‌فرم کل رابطه مستقیم، خطی ولی منفی است. بطوریکه با افزایش میزان دبی میزان کلی‌فرم کل در آب رودخانه دوغ کاهش چشمگیری دارد.

نتایج آزمون همبستگی را جهت بررسی ارتباط معنی‌دار بین دبی رودخانه با خصوصیات فیزیکوشیمیایی چاه فلمن نشان داد که مقدار ۱۲ فاکتور از ۲٤ فاکتور مورد بررسی در چاه فلمن ۱ شامل کدورت، رنگ، EC، TDC، سختی کل، سختی کلسیم، آمونیاک، فلوراید، کلسیم، منیزیم، COD و MPN وابسته به نوسانات دبی رودخانه می‌باشد. برای ۱۲ فاکتور کیفی دیگر شامل نیترات، نیتریت، pH، سدیم، پتاسیم و غیره ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی برای این چاه مشاهده‌نشد.

نتایج آزمون فوق برای چاه شماره ۲ نشان داد که تنها در ۸ فاکتور از ۲٤ فاکتور مورد بررسی شامل کدورت، رنگ، سختی کل، سختی کلسیم، کلسیم، منیزیم، COD و MPN ارتباط معنی‌دار بین این پارامترها و نوسانات دبی مشاهده‌شد. در چاه فلمن ۲ برای ١٦ فاکتور دیگر ارتباط معنی‌داری بین نوسانات دبی و خصوصیات کیفی مشاهده نشد.

براساس دیاگرام دروف جهت تکامل ژئوشیمیائی خاصی برای منابع آبی وجود ندارد و تجمع نمونه‌های مربوط به رودخانه دوغ و چاه‌های فلمن در یک نقطه می‌باشد. تیپ نمونه‌ها از نوع بی‌کربناته در مناطق تغذیه (حاشیه ارتفاعات) می‌باشد. باتوجه به مستطیل مربوط به pH، مقدار این پارامتر در رودخانه دوغ (۷/۸۵- ۷/۷۵) به مقدار جزئی بیشتر از چاه‌های فلمن (۷/۵۵ >) می‌باشد. به نظر می‌رسد بعداز فیلتراسیون بستر روخانه، مقدار این پارامتر در اثر فرآیندهایی که در منطقه زون فعال اتفاق می‌افتد کاهش می‌یابد.

٥- منابع

- بافکار، ع.، و بابلی، ن.، ۱۳۹۷. بررسی راندمان حذف نیترات از محلول آبی با استفاده از جاذب نانوساختار برگ درخت بلوط، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ٥، ص ٢٤٧-٢٣٣.

- پاکدل، م.، قره‌محمودلو، م.، جندقی، ن.، فتح‌آبادی، ا.، نیک‌قوجق، ی.، ١٤٠١. تاثیر برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق بر روی افت سطح‌ایستابی و پارامترهای کیفی آب‌زیرزمینی در دشت‌گرگان، فصلنامه زمین شناسی ایران، شماره٦٤، ص ٨٥-٦٤.

- سید، م.، خضری، س.م. مرجانی، ع.، ۱۳۹۱، نقش چاه های فلمن در افزایش معیارهای کیفی آب جهت استفاده از آنها در سیستم های پرورش ماهی، دومین همایش ملی منابع شیلاتی در دریای خزر، ۹ آبان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران.

- شیرازی، الف.، ۱۳۹٥. آموزش جامع نرم افزار آماری Minitab ١٦، چاپ اول، انتشارات نوروزی.

- عابدی کوپائی، ج.، مأمن‌پوش، ع.، ۱۳۸٥. بررسی کیفیت شیمیایی آب چاه‌های تأمین آب شرب فلمن در اصفهان، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

- عباسی‌مقدم، ح.ر.، قره‌محمودلو، م.، جندقی، ن.، حشمت‌پور، ع.، سید، م.، ١٤٠٠. هیدروشیمی و کیفیت آب رودخانه دوغ با استفاده از روش‌های گرافیکی، تحلیل خوشه‌ای و شاخص‌های کیفی، فصلنامه علمی- پژوهشی مهندسی منابع آب، شماره ٤٩، ص ٢٩-١٣.

- مجلسی، م.، علوی، ن.، عطاملکی، ع.، سید، م.، سهیلی، ن.، ۱۳۹۸. بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه دوغ و تاثیر چاه‌های فلمن مجاور در کاهش این پارامترها در شهرستان کلاله طی سال‌های ۹۱-۹٥، سال ۷، شماره ۱، ص ٤١-٢٩.

- نصری، ز.، عابدی‌کوپایی، ج.، طالبی‌جهرمی، خ.، بهرامی، ب.، ١٣٨٧. بررسی امکان آلودگی آب رودخانه زاینده رود و برخی ازچاه‌های فلمن به دیازینون، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- قره‌محمودلو، م.، سید، م.، خضری، سید، م.، خدایی، ک.، سیدخادمی، س.م.، ١٣٩٧، توانایی چاههای فلمن در بهبود پارامترهای فیزیکی و بیولوژیکی آب رودخانه، فصلنامه زمین شناسی ایران، شماره ٤٦، ص ١٢١-١٣٢.
- مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ١٣٩١. آب آشامیدنی-ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (١٠٥٣).
- Abbasi-Moghadam, H.R., et al. ٢٠٢١. River bank filtration for sustainable water supply on Gorganroud River, Iran, Environmental Earth Sciences, Vol. ٨٠, P. ١-١٥.
- Ascott, M.J., et al. ٢٠١٦. Impacts of extreme flooding on riverbank filtration water quality, Science of the Total Environment, Vol. ٥٥٤, P. ٨٩-١٠١.
- Ford, R.G. ٢٠٠٥. The Impact of Groundwater/Surface water Interactions on Contaminant Transport with Applications to Arsenic Contaminated Site. U.S.EPA,.
-Nagy-Kovács, Z., et al. ٢٠١٩. Water quality changes during riverbank filtration in Budapest, Hungary, Water, Vol. ١١(٢), P. ٣٠٢.
-Mirzaei, M., et al. ٢٠١٦. Evaluation of surface water quality by NSFWQI index and pollution risk assessment, using WRASTIC index in ٢٠١٥, Archives of Hygiene Sciences, Vol. ٥(٤), P. ٢٦٤-٢٧٧.
- Paufler, S., et al. ٢٠١٨. The impact of river discharge and water temperature on manganese release from the riverbed during riverbank filtration: a case study from Dresden, Ger Water, Vol. ١٠(١٠), P. ١٤٧٦.
- Ray, C., et al. ٢٠٠٣. Riverbank filtration: improving source-water quality, Vol. ٤٣. Springer Science and Business Media.
- Shamrukh, M., Abdel-Wahab, A. ٢٠٠٨. Riverbank filtration for sustainable water supply: application to a large-scale facility on the Nile River, Clean Technologies and Environmental Policy, Vol. ١٠(٤), P. ٣٥١-٣٥٨.
- USEPA. ٢٠٠٠. Proceedings of the Groundwater/Surface Water Interactions Workshop, Groundwater/Surface Water Interactions Workshop.
-WHO, World Health Organization, ٢٠١١, Guidelines for drinkingwater quality. WHO, Geneva

Effect of river discharge fluctuations on the water quality parameters resulting from its riverbank filtration

Somaye Khodniya[١], Mojtaba G. Mahmoodlu[٢*], Nader Jandaghi

[١]Master's Student in Watershed Management, Rangeland and Watershed Department, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[٢*]Associate Professor, Rangeland and Watershed Department, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[٣]Assisstant Professor, Rangeland and Watershed Department, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

Corresponding author email: m.g.mahmoodlu@gmail.com

Introduction

In general, rivers have a hydraulic connection with aquifers and they affect each other quantitatively and qualitatively. River water percolates into the underground along its path and after passing through the subsurface layers, it feeds the aquifers. During the infiltration of water inside the layers, the concentration of contaminants in river water is reduced as a result of river bank filtration or because of some processes in the porous media. This makes the quality of the passing water inside the subsurface layers much better compared to the quality of the river water before infiltration and purification.

In the east of Golestan Province and in the vicinity of the Doogh River, one of the main branches of the Gorganrud River, two Felmann wells have been drilled. The discharge of each Felmann Kalaleh wells is about ٢٠٠ liters per second, which is equivalent to ٥ deep wells drilled for drinking water in the Gorgan Plain. The water of these two Felmann wells is used to supply almost ٢٠٪ of the water of the urban population of Gonbad Kavous. In addition, using the Felmann well method plays an important role in reducing water treatment costs (especially physical treatment). Therefore, the mentioned method can be of interest to water and sewage companies and water affairs located in the northern provinces of Iran

Previous studies showed that Felmann Kalaleh wells have a good efficiency in improving the water quality of the Doogh River. However, the river discharge effect variations on the amount of water parameters extracted from Felmann Kalaleh wells is still unknown and needs to be investigated. Therefore, the investigation of the factors affecting the quality of the river water feeding the wells of Felmann Kalaleh, as well as its effect on the quality parameters of the wells, is important for the optimal and appropriate use of their water for drinking water. Hence, the current research is aimed to investigate the role of Doogh River discharge fluctuations and its effects on the water quality parameters of the river and Felmann well.

Materials and methods

Doogh River is one of the important sub-basins of Gorganroud River and it drains parts of the three provinces of Semnan, North Khorasan, and Golestan. A part of the Doogh River catchment located in Golestan province has many differences with other parts of the basin in Semnan and North Khorasan provinces in terms of climatic conditions, vegetation, geology, physiography, and geomorphology. It plays a very important role in the agriculture of the region in addition to controlling the floods in the east of Golestan Province. Therefore, the quantitative and qualitative study of Doogh River water is very important in terms of agriculture and drinking.

In general, there are two Felmann wells in Kalaleh City, which play an important role in supplying drinking water to Gonbad Kavous City. These two wells were drilled by the water and sewerage company of the province in ٢٠١٣ in the vicinity of the Doogh River (one of the main tributaries of the Gorganrud River) and in the vicinity of the two villages of Ajen and Qarakhoja. The approximate depth of these two wells is about ٢٠ meters, the diameter of their main opening is about ٣ meters, at the end of which ١٢ radial galleries with an approximate length of ٣٠ meters are drilled, which bring

water into the water supply network of Gonbad Kavous City with a flow rate of about ٢٠٠ liters per second.

In this research, for the physicochemical and microbial analysis of well and river waters, samples were taken simultaneously from Doogh River and Felmann Kalaleh wells following the existing standard methods. For this purpose, ١٠ samples of river water and ١٠ samples of each of Felmann Kalaleh wells were collected at the same time in a period of approximately five months from October ٢٠١٩ to February ٢٠١٩. Also, the discharge values of Doogh River were collected from the hydrometric station in the vicinity of Felmann wells.

Correlation test was used at the probability level of ٠,٠٥ to investigate the relationship between discharge fluctuations with the physicochemical characteristics of Felmann wells and also the relationship between river discharge fluctuations with the river's physicochemical characteristics. All statistical tests were performed in MINITAB ١٧ software.

Conclusion

Results revealed that most of the values related to chemical parameters such TDS, sodium, calcium, etc. are within the permissible limit for drinking water according to the ١٠٥٣ standard of Iran and World Health Organization (WHO). However, the amount of turbidity and total coliform is higher than the permissible limit and needs to be purified for use in the drinking sector.

Based on the p-value of the paired T-test for only ٦ factors (including TDS, fluoride, sodium, chloride, nitrite, and manganese) out of ٢٤ qualitative factors between the physicochemical characteristics of river water and Felmann ١ and ٢ wells that were collected simultaneously and, no significant difference was observed. But this difference is evident in ١٨ parameters. This indicates that the riverbank filtration as a result of processes such as surface absorption, aerobic, and anaerobic decomposition by microorganisms and filtration of sediments was not effective on the values of TDS, fluoride, sodium, chloride, nitrite, and manganese parameters.

Based on the results of the removal efficiency by riverbank filtration, most of the removal rate due to riverbank filtration is related to turbidity, total coliform, and color, respectively, at the rate of ٩٧,٥٢, ٩٦,٩١ and ٧٩,١٧ for well number ١. However, similar numbers were obtained for well No.٢. Also, the results revealed that during the riverbank filtration, the amount of some parameters such as calcium, total hardness, etc. increased in Felmann well due to the change in water chemistry and interactions taking place in the active zone created in the river bed.

Results revealed that riverbank filtration played an important role in reducing some quality parameters, especially total coliform, turbidity, and color. But this amount has decreased significantly in nitrate. While some parameters such as bicarbonate and electrical conductivity not only did not decrease much, but also slightly increased. This can be a result of change in water chemistry and the environment during the filtration process, as well as the change in pressure. Also, the mixing of water obtained from filtration with groundwater water can affect the concentration of these parameters.

Investigation of the relationship between river water fluctuations and the physicochemical and microbial characteristics of river showed that ١٣ of ٢٤ factors investigated include turbidity, color, TDC, total hardness, calcium hardness, chloride, bicarbonate, nitrate, calcium, magnesium, sodium, potassium, and total coliform. There is a significant relationship between the values of these ١٣ qualitative factors and the Felmann well, and for ١١ qualitative factors, no significant relationship was observed between discharge fluctuations and the quality characteristics of river water.

As expected, there is a direct, linear, and positive relationship between the changes in Doogh river discharge with turbidity, color, sodium, and electrical conductivity. This relationship indicates the existence of geological formations such as marl and clays containing evaporite minerals in a large area of sub-basins of this river in North Khorsan and Semnan Provinces, which the intensification of rainfall and the subsequent increase in the discharge of the Doogh River cause the dissolution of this formations in water, and consequently, increase in the amount of dissolved and suspended solids in Doogh River water.

Contrary to the mentioned parameters, the changes between Doogh River discharge and total coliform of whole relationship are direct, linear but negative. So, with the increase in flow rate, the amount of total coliform of Doogh River decreases significantly.

The results of the correlation test, to investigate the significant relationship between the river discharge and the physicochemical characteristics of Felmann well, revealed that the value of ١٢ factors out of ٢٤ factors investigated in Felmann number ١ including turbidity, color, EC, TDC, total

hardness, calcium hardness, ammonia, fluoride, calcium, magnesium, COD, and total coliform are dependent on river discharge fluctuations. For ١٢ other qualitative factors, including nitrate, nitrite, pH, sodium, potassium, etc., no significant relationship between discharge fluctuations and qualitative characteristics was observed for this well.
The results of the above test for well number ٢ showed that only in ٨ of the ٢٤ investigated factors, including turbidity, color, total hardness, calcium hardness, calcium, magnesium, COD, and total coliform, a significant relationship between these parameters and discharge fluctuations was observed. In Felmann number ٢, for ١٦ other factors, no significant relationship between flow fluctuations and qualitative characteristics was observed.
Based on Durov Diagram, there is no specific geochemical evolution direction for water resources, and the distribution of samples related to Doogh River and Felmann wells is at the same location. Water type of samples is bicarbonate type in the recharge areas (margins of the heights). Based on the rectangle related to pH, the value of this parameter in Doogh River (٧٫٧٥-٧٫٨٥) is slightly higher than in Felmann wells (>٧٫٥٥). It seems that after the river bank filtration, the value of this parameter decreases due to the processes that occur in the active zone.

Keywords: “Water Quality”, “Felmann Well”, “Doogh River”, “River Bank Filtration”, “Discharge”