# بررسی اثرات کمی و کیفی پساب تصفیه‌خانه به‌منظور تغذیه آبخوان و برنامه‌ریزی منابع و مصارف (مطالعه موردی: دشت دامنه داران در استان اصفهان)

محسن براهیمی[۱]، علیرضا صحت[۲]، حدیث کاوند[۳*] و سعیده پرویزی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲۷)

## چکیده

**امروزه بسیاری از کشورهای دنیا از جمله ایران با مخاطرات طبیعی مانند فرونشست، خشکسالی، سیل و کم‌آبی مواجه می‌باشند. بسیاری از این مخاطرات به‌دلیل عدم مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی است. یکی از راهکارهایی که در سطح دنیا برای مقابله با این مخاطرات به ویژه فرونشست زمین مطرح شده است، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌باشد. بدین منظور در این مقاله، اثرات کمی و کیفی پساب تصفیه‌خانه داران به‌منظور تغذیه آبخوان دشت دامنه داران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که تغذیه از طریق پخش پساب در رودخانه دامنه‌داران، تأثیر مثبتی داشته و بدون در نظر گرفتن کیفیت پساب تغذیه شده، پخش از طریق رهاسازی در رودخانه موجب افزایش سطح ایستابی آبخوان در شعاع بیشتری خواهد شد. بر اساس نتایج پیشنهاد می‌شود که تمامی پساب تصفیه‌خانه در شرایط فعلی و آتی به تعادل‌بخشی آبخوان اختصاص یافته و در بخش جایگزینی پساب با چاه‌های فعال، به‌دلیل عدم وجود چاه با کاربری صنعت و فضای‌سبز در منطقه، تمامی پساب جایگزین چاه‌های فعال در بخش کشاورزی با شرط انجام تصفیه تکمیلی شود.**

**واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، پساب، فاضلاب، تصفیه‌خانه، داران**

۱. مهندسی عمران، مدیرعامل شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن، تهران، ایران.
۲. مدیریت منابع آب، شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن، اصفهان، ایران.
۳. اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن، اصفهان، ایران.
۴. علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: h.kavand67@gmail.com

## مقدمه

آب زیرزمینی منبع طبیعی مهم با ارزش اقتصادی و اهمیت اجتماعی بالاست که به‌عنوان یک منبع آب در دسترس برای استفاده‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. با این حال در بسیاری از مناطق، بهره‌برداری بیش از حد از آب زیرزمینی منجر به افزایش افت مداوم تراز سطح آب و نیز مسائل مکرر محیط‌زیست – زمین‌شناسی، مانند فرونشست زمین، ترک‌خوردگی و نفوذ آب دریا شده است. به‌دلیل حاکمیت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک در ۷۵ درصد از مساحت کشور و بهره‌برداری مفرط و بدون برنامه‌ریزی از این منابع ارزشمند، بسیاری از دشت‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی کشور دچار بیلان منفی شده‌اند. بر اساس گزارشات سالنامه آماری آب کشور، بهره‌برداری بیش از اندازه آب‌های زیرزمینی، که عمدتاً با بهره‌وری پایین‌تر از متوسط نرخ جهانی در کشور صورت می‌گیرد و همچنین کاهش نزولات جوی، موجب شده است تا مخازن آب زیرزمینی کشور با کسری تجمعی بیش از ۱۳۰ میلیارد متر مکعب مواجه شوند. پیامد این کاهش ظرفیت، بر هم خوردن تعادل بین منابع و مصارف است که در نتیجه آن وزارت نیرو به‌عنوان متولی بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب، ناگزیر به ممنوعه اعلام کردن بیش از ۴۰۰ دشت کشور است. این دشت‌های ممنوعه بیش از ۹۰ درصد پتانسیل کل آب زیرزمینی کشور را دارا هستند. روند بحرانی افزایش استفاده از منابع آب زیرزمینی سبب شده است که این منابع بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته (۸ و ۱۸) و دولت با اعمال مدیریت صحیح و اجرای برنامه‌های اصولی از افت سطح آب زیرزمینی جلوگیری و در صورت امکان تعادل بهم خوردهٔ آبخوان را احیا نماید (۴).

در حال حاضر در بسیاری از مناطق دنیا از پساب به‌عنوان عاملی برای ایجاد تعادل و توازن بین عرضه و تقاضای آب استفاده می‌شود تا علاوه بر جبران کسری آب در این بخش از تأثیرات سو و خسارت تخلیه نامناسب فاضلاب‌ها و پساب‌ها به منابع کشاورزی و محیط‌زیست نیز جلوگیری به عمل آید (۲ و ۶). استفاده مجدد از پساب در واقع یک فرصت کلیدی به‌منظور بهبود وضعیت آبی و جلوگیری از آلودگی‌های محیط‌زیستی و نیز برآورده‌ساختن نیاز آبی مردم به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. تغذیه مصنوعی با استفاده از فاضلاب تصفیه شده یکی از مهم‌ترین روش‌ها در استفاده مجدد از این منابع با ارزش است (۹ و ۱۱). ذخیره آب زیرزمینی با استفاده از تغذیه مصنوعی در هر منطقه به منزله بیمه‌ای علیه خشکسالی و خسارت‌های ناشی از آن محسوب می‌شود (۱۹). توجه محققان بسیاری در سراسر جهان به استفاده از ابزار و انواع مختلف مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی تغذیهٔ آب زیرزمینی با استفاده از پساب جلب شده است (۱۲). شایان ذکر است که توجه بر کیفیت این منابع، علاوه بر کمیت آن‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد و پارامتر مهمی در دو بخش شرب و کشاورزی محسوب می‌شود (۵).

در کشورهای مختلف از جمله آفریقای جنوبی، آلمان، انگلستان، ایالات متحده آمریکا، تونس، چین و شیلی از پساب تصفیه شده در بخش‌های مختلف از جمله آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده می‌نمایند. بزرگ‌تر ین مساحت اراضی آبیاری شده با پساب در چین است که مساحت کل آن در حدود ۳/۱ میلیون هکتار برآورد شده است (۱۴). لیکن بایستی توجه داشت که استفاده از پساب به‌عنوان منبع آب پایدار در آبیاری محصولات کشاورزی با رعایت ملاحظات زیست-محیطی بخشی از مدیریت پایدار با توجه به وضعیت بحران آب خواهد بود (۱۵ و ۲۱).

تحقیقات متعددی در خصوص بالا آوردن سطح ایستابی با استفاده از تغذیه مصنوعی انجام شده است. به‌عنوان نمونه محققان بسیاری بیان کرده‌اند که پخش سیلاب به‌منظور تغذیه مصنوعی از نرخ افت سطح ایستابی کاسته، اما قادر به توقف روند افت سطح ایستابی نبوده است. در زمینه مدل‌سازی تغذیه مصنوعی به روش چاه تزریق، محققان با استفاده از دو مدل عددی MODFLOW و MT3DMS به بررسی اثر سناریوهای کمی و کیفی بر آبخوان دشت خزل استان همدان پرداختند. نتایج

کمی طرح تغذیه مصنوعی توسط ۳۱ چاه تزریق نشان داد که سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۹ سانتی‌متر در فروردین ماه افزایش می‌یابد (۱۷). همچنین در پژوهشی با استفاده از مدل عددی MODFLOW اثر تغذیه مصنوعی به روش چاه تزریق بر آبخوان آزاد دشت بیرجند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج اجرای طرح تزریق به آبخوان به‌طور میانگین ۷۷ سانتی‌متر افزایش در تراز سطح ایستابی در چاه‌های مشاهده‌ای را نشان می‌دهد (۱۶). در بررسی دیگر اثر چاه‌های تغذیه مصنوعی بر آب زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW برآورد شد. در این پژوهش، رواناب حاصل از باران در شش حوضچه تخلیه شده و برای هر یک از شش استخر یک چاه تزریق جهت مدل‌سازی تغذیه به آب زیرزمینی صورت گرفته است. نتایج نشان داد که تغذیه مصنوعی در طولانی مدت به دوام آبخوان کمک خواهد کرد (۳).

آب‌های زیرزمینی نیازمند حفاظت در برابر تخلیه نامناسب پساندهای صنعتی بدون تصفیه مناسب در محیط‌زیست می‌باشند. بنابراین نیاز به توسعه یک چارچوب نظارتی کارآمد برای نظارت مستمر بر پساب‌های صنعتی و منابع آلاینده می‌باشد (۷). خطر منطقه‌ای حفاظت از آب زیرزمینی در شرایط کم‌آبی در پژوهشی در اردن در سفره آبخوان وادی‌العرب مورد ارزیابی قرار گرفت و یافته‌ها نشان داد که اجرای یک راه‌حل اصلاحی سازگار در یکی از شهرک‌های حومه‌ای بسیار آلوده می‌تواند ۱۲ درصد از آلودگی سفره آب را کاهش دهد (۱). فرایندهای بیولوژیکی نیز به‌عنوان روش تصفیه مؤثر در تصفیه فاضلاب با آلودگی زیاد معرفی شده‌اند؛ زیرا هزینه‌های عملیاتی آن‌ها در مقایسه با فناوری‌های فیزیکی و شیمیایی کم است (۱۰). به‌طور کلی بررسی‌های کارشناسانه در مطالعات ابتدایی تغذیه مصنوعی به‌دلیل آلودگی آب زیرزمینی با فاضلاب سمی صنایع یا منابع ذخیره فاضلاب ضروری بنظر می‌رسد (۲۰).

لذا با توجه به مطالعات پیشین و اهمیت این موضوع که ذخیره‌سازی و حفظ منابع آب زیرزمینی برای تداوم بهره‌برداری از این ذخایر در مواقع مصرف اجتناب‌ناپذیر است، هدف از این پژوهش، امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌خانه داران به‌منظور تغذیه بر آبخوان و برنامه‌ریزی در خصوص تخصیص منابع و مصارف در دشت دامنه داران در استان اصفهان می‌باشد که در ادامه گزارش مختصری از اقدامات انجام شده در این زمینه ارائه خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

داران مرکز شهرستان فریدن و یکی از شهرهای استان اصفهان است. داران در ′۵۸ °۳۲ عرض شمالی و ′۲۵ °۵۰ طول شرقی قرار دارد. ارتفاع داران از سطح دریا ۲۳۹۰ متر و از شهرهای مرتفع و سرد کشور با آب‌وهوایی نیمه‌خشک است. بیشترین درجه حرارت در تابستان ۳۵ و کمترین آن در زمستان ۲۰- درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه در این منطقه، ۳۵۰ میلی‌متر است. تصفیه‌خانه داران تازه ساخت بوده و اطلاعاتی از آن گزارش نشده است. روش تصفیه در این تصفیه‌خانه لاگون هوادهی با لجن برگشتی بوده و جمعیت تحت پوشش آن ۴۲۲۹۳ نفر است. دبی فاضلاب ورودی طرح ۵۰۰۰ مترمکعب‌برروز و مراحل تصفیه فاضلاب در این تصفیه‌خانه شامل آشغال‌گیر، حوضچه تقسیم، لاگن هوادهی و ته‌نشینی و گندزدایی پساب می‌باشد. بر اساس آمار مأخوذه از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، دبی ورودی به تصفیه‌خانه داران در بازه زمانی یک سال (به‌عنوان نمونه طی سال ۱۳۹۵) به‌طور متوسط ۱۳/۲۶ لیتر بر ثانیه و دبی خروجی از آن ۱۱/۴۴ لیتر در ثانیه ثبت شده است. بخشی از پساب تصفیه‌خانه برای آبیاری فضای‌سبز محدوده تصفیه‌خانه و مابقی در طبیعت رهاسازی می‌شود که در نهایت به مصرف کشاورزان پایین‌دست تصفیه‌خانه خواهد رسید.

### بررسی وضعیت پساب خروجی تصفیه‌خانه و رهاسازی آن

برای بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه داران، از پساب خروجی تصفیه‌خانه به‌صورت لحظه‌ای (مورخ ۱۳۹۷/۰۲/۱۰)، نمونه‌برداری و پارامترهای ذکر شده در جدول ۱ در نمونه‌های

**جدول ۱. اطلاعات کیفی لحظه‌ای پساب خروجی تصفیه‌خانه داران**

| پارامتر | واحد | نتایج نمونه‌برداری | استاندارد محیط‌زیست | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | تخلیه به آب‌های سطحی | تغذیه مصنوعی | استفاده برای مصارف کشاورزی و فضای سبز |
| pH | — | ۷ | ۶/۵ – ۸/۵ | ۹-۵ | ۶– ۸/۵ |
| Electrical Conductivity | mic.mhos/Cm | ۱۰۶۵ | — | — | ۶/۵ – ۸/۴ |
| TSS | mg/l | ۴۱/۱ | ۴۰ (لحظه‌ای ۶۰) | — | ۱۰۰ |
| $NO_3^-$ | mg/l | ۸/۴۱ | ۵۰ | ۱۰ | - |
| $PO_43-$ | mg/l | ۱۸ | ۶ | ۶ | ۵۰ |
| TDS | mg/l | ۷۴۶ | تبصره ۱ | تبصره ۲ | — |
| $BOD_5$ | mg/l | ۲۲/۳۸ | ۳۰ (لحظه‌ای ۵۰) | ۳۰ (لحظه‌ای ۵۰) | ۱۰۰ |
| COD | mg/l | ۵۶ | ۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰) | ۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰) | ۲۰۰ |
| Turbidity | NTU | ۸/۴۱ | ۵۰ | — | ۵۰ |
| Fecal Coliform | Quantity per 100 ml | ۹۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ |

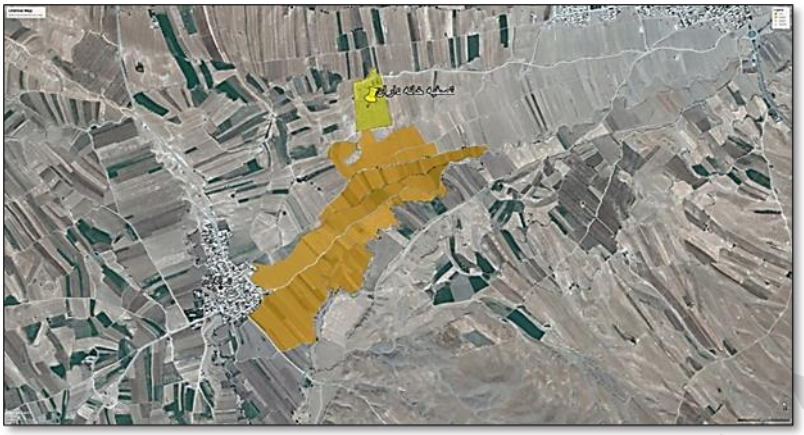
جمع‌آوری شده بر اساس دستورالعمل روش‌های استاندارد آب‌وفاضلاب در آزمایشگاه کیفیت آب سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان تعیین و سپس با استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران مقایسه شد (جدول ۱).

با توجه به اعداد ارائه شده در جدول فوق و مقایسه با استانداردهای سازمان محیط‌زیست مشاهده می‌شود که تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده به استثنای کلیفرم مدفوعی در لحظه‌ای که نمونه‌برداری انجام شده، از استانداردهای استفاده شده در هر بخش تجاوز نکرده است؛ اما از آنجا که مبنای تصمیم‌گیری برای استفاده از پساب تصفیه‌خانه در هر بخش منوط به انجام آزمایش‌ها به‌صورت دوره‌ای است، لذا با استناد به نتایج پارامترها به‌صورت ماهانه و عدم مطابقت آن با استانداردها، استفاده از پساب تصفیه‌خانه برای تخلیه به آب‌های سطحی، تغذیه‌مصنوعی و دیگر مصارف، مشروط به انجام تصفیه تکمیلی است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص شد که فاضلاب تولیدی این شهر به‌صورت چاه‌های جذبی دفع و تخلیه می‌شود و با اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب به طول ۶۰ کیلومتر تا پایان سال ۱۳۹۵، حجم فاضلاب جمع‌آوری شده در مقایسه با ظرفیت اسمی تصفیه‌خانه، تقریباً معادل ۳۰ درصد بوده است. پساب فوق پس از تصفیه، بدون هیچ‌گونه برنامه‌ریزی در اراضی پایین‌دست تصفیه‌خانه رهاسازی و در فصول کشت توسط کشاورزان منطقه برای آبیاری اراضی کشت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بازدید میدانی به عمل آمده، مشخص شد که بیش از ۷۰ هکتار از اراضی کشاورزی روستای نماگرد به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم (۱۵ هکتار مستقیم و مابقی به‌صورت غیرمستقیم) از پساب تصفیه‌خانه مشروب می‌شوند (شکل ۱).

**برنامه‌ریزی پساب تصفیه‌خانه داران با درنظرگرفتن بخش‌نامه استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب‌شهری و روستایی**

با عنایت به مواد ۲۱ و ۲۴ قانون توزیع عادلانه آب و مفاد بند ۸-۱ دستورالعمل اجرایی تخصیص آب و ابلاغیه شماره ۹۳/۳۱۵۴۸/۱۰۰ مورخ ۱۳۹۳/۰۷/۱۲ در راستای استفاده بهینه از پساب حاصل از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و روستایی و



**شکل ۱. اراضی کشاورزی تحت تأثیر پساب و موقعیت آن‌ها نسبت به تصفیه‌خانه داران**

تسریع در پاسخگویی به تقاضاهای استفاده از این منابع توسط بخش خصوصی و سایر مصارف به طرق مختلف، با رعایت سیاست‌ها و الزامات وزارت نیرو و ملاحظات فنی، اقتصادی، حقوقی، اجتماعی و زیست‌محیطی و نیز شفاف‌سازی حیطه وظایف و اختیارات شرکت‌های آب منطقه‌ای و آب و فاضلاب استانی در این زمینه، بخشنامه استفاده از پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و روستایی ابلاغ و جایگزین کلیه بخش‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های قبلی شد. بنابراین، ملاک و مبنای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی، برای تخصیص بهینه پساب تصفیه‌خانه داران به بخش‌های مختلف مصرف نیز، این بخشنامه است.

با توجه به وضعیت ممنوعه بودن دشت دامنه داران و همچنین بررسی‌های انجام شده به لحاظ میزان وابستگی ۱۰۰ درصد آب شرب به آبخوان در محدوده مطالعاتی و همچنین با تأکید بر بخشنامه ذکر شده، بهترین سناریو برای تخصیص پساب تصفیه‌خانه داران به تعادل‌بخشی آبخوان اختصاص می‌یابد. لذا با در نظر گرفتن این امر و عدم امکان استفاده مستقیم پساب در بخش‌های مختلف مصرف، به بررسی حدود ۸۰۰ چاه با کاربری صنعت، فضای‌سبز و کشاورزی در محدوده مطالعاتی و اطراف تصفیه‌خانه پرداخته شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که با توجه به کیفیت نامناسب پساب خروجی در شرایط کنونی، از اختصاص پساب به مصارف تغذیه‌مصنوعی به‌صورت مستقیم صرف‌نظر و تغذیه مجازی شامل جایگزینی پساب با چاه‌های در حال برداشت در بخش‌های مختلف صنعت و خدمات، کشاورزی و فضای‌سبز به‌عنوان روش مناسب انتخاب شد. بر همین اساس و با توجه به عدم وجود چاه‌های با کاربری صنعت و فضای‌سبز در محدوده مورد نظر، تمامی دبی پساب تصفیه‌خانه داران، به تغذیه مجازی چاه‌های کشاورزی اختصاص یافت. تنها درصورتی که انجام تصفیه تکمیلی در برنامه‌ریزی و دستور کار مسئولان قرار گیرد، می‌توان پساب تولیدی را به استفاده در سایر بخش‌های مصرف‌کننده اختصاص داد (جدول ۲).

## گردآوری و تحلیل منابع آب سطحی و زیرزمینی در محدوده مطالعاتی

به‌منظور گردآوری و بررسی منابع آب سطحی و زیرزمینی در محدوده مطالعاتی دامنه داران، از اطلاعات گزارش‌های بیلان واحد مطالعات شرکت آب منطقه‌ای اصفهان استفاده شد. در محدوده مطالعاتی دامنه داران در خصوص بخش منابع آب سطحی می‌توان گفت که تنها ایستگاه هیدرومتری موجود در این منطقه، ایستگاه هیدرومتری سواران است. این ایستگاه در محل خروج رودخانه سواران از محدوده مطالعاتی دامنه داران واقع شده است. این منطقه در پایین‌دست محدوده چهل‌خانه بوده و جریان سطحی ورودی به آن معادل جریان سطی خروجی از محدوده چهل‌خانه به مقدار ۶/۶ میلیون مترمکعب است.

**جدول ۲. چارچوب کلی برای تصمیم‌گیری در خصوص نحوه استفاده از پساب با توجه به وضعیت دشت و منابع آبی آن در شرایط آبی موجود**

| وابستگی آب شرب به آبخوان آبرفتی منطقه | وضعیت دشت از نظر آب زیرزمینی | |
|---|---|---|
| | دشت‌های ممنوعه | دشت‌های آزاد |
| کمتر از ۴۰ درصد | در صورت عدم نیاز آب شرب، تخصیص به مصارف صنعت، خدمات و فضای سبز به میزان حداکثر ۴۰ درصد کل پساب مجاز است. ۶۰ درصد پساب باقیمانده، برای تعادل‌بخشی آبخوان تخصیص می‌یابد. | در صورت عدم نیاز آب شرب، به‌ترتیب برای تخصیص به صنعت، خدمات و فضای سبز و کشاورزی کم‌آب‌بر مجاز است. |
| بین ۴۰ تا ۸۰ درصد | در صورت عدم نیاز آب شرب، تخصیص به مصارف صنعت، خدمات و فضای سبز به میزان حداکثر ۳۰ درصد کل پساب مجاز است. ۷۰ درصد پساب باقیمانده، برای تعادل‌بخشی آبخوان تخصیص می‌یابد. | در صورت عدم نیاز آب شرب، به‌ترتیب برای تخصیص به صنعت، خدمات و فضای سبز و کشاورزی کم‌آب‌بر حداکثر به میزان ۷۰ درصد مجاز است. ۳۰ درصد پساب باقیمانده، برای تعادل‌بخشی آبخوان تخصیص می‌یابد. |
| بیشتر از ۸۰ درصد | در صورت عدم نیاز آب شرب، تمامی پساب برای تعادل‌بخشی آبخوان تخصیص می‌یابد. در صورت کمبود آب شرب، منابع پساب صرفاً جهت جایگزینی با چاه‌ها و قنوات در اختیار بخش کشاورزی تخصیص می‌یابد. | در صورت عدم نیاز آب شرب، به‌ترتیب برای تخصیص به صنعت، خدمات و فضای سبز و کشاورزی کم‌آب‌بر حداکثر به میزان ۵۰ درصد مجاز است. ۵۰ درصد باقیمانده، برای تعادل‌بخشی آبخوان تخصیص می‌یابد. |

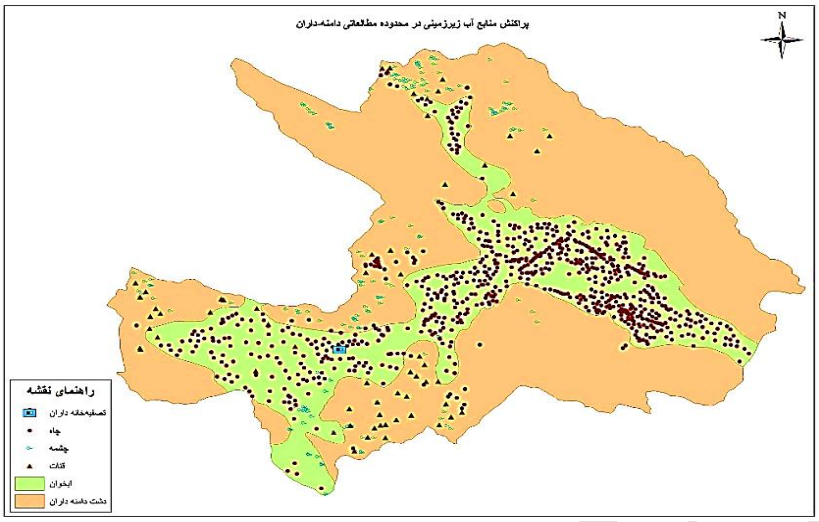
در بخش منابع آب زیرزمینی نیز، در محدوده مورد نظر ۹۸۹ منبع تخلیه آب زیرزمینی وجود دارد که شامل ۷۷۹ حلقه چاه بهره‌برداری، ۶۱ رشته قنات و ۱۴۹ دهنه چشمه است. در شکل ۲ پراکندگی نقاط منابع آب زیرزمینی و همچنین موقعیت آن‌ها نسبت به تصفیه‌خانه نشان داده شده است.

**استفاده از مدل‌های MODFLOW و MT3DMS برای بررسی تغییرات کمی و کیفی پساب تغذیه شده خروجی بر آبخوان**

به‌منظور بررسی اثرات کمی و کیفی پساب خروجی از تصفیه‌خانه داران بر آبخوان دشت، اقدام به بررسی روش تغذیه از جمله تغذیه از طریق چاه و تغذیه از طریق پخش سطحی در محدوده اراضی پایین‌دست تصفیه‌خانه و رهاسازی در بستر رودخانه خشک دامنه داران به طول تقریبی ۳ کیلومتر تا اولین بند برداشت آب شد. سپس مدل کمی MODFLOW و مدل کیفی MT3DMS ساخته شدند. MODFLOW در سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده به‌عنوان یک مدل ماژولار جریان تفاضل محدود توسعه یافته است و معادله جریان آب زیرزمینی را حل می‌کند. این برنامه توسط علم هایدروژئولوژی برای شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی از طریق سفره‌های آبی تهیه شده است. معادله دیفرانسیل جریان آب زیرزمینی با مشتقات جزئی حاکم برای یک پهنه آبخوان تحت‌فشار مورد استفاده در MODFLOW به‌صورت زیر است (۱۳):

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right]+W=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

که در آن $K_{xx}$، $K_{yy}$ و $K_{zz}$ مقادیر هدایت هیدرولیکی در امتداد X، Y و Z محور مختصات (T/L)، h سطح آب پتانسیومتری (L)، $S_s$ ضریب ذخیره مواد متخلخل (L-1)، t زمان (T) و W یک جریان حجمی در واحد حجم به نمایندگی




**شکل ۲. پراکندگی نقاط منابع آب در محدوده مطالعاتی دامنه داران و موقعیت آن‌ها نسبت به تصفیه‌خانه**

از منابع و یا سینک‌ها است که در آن مقادیر منفی استخراج محسوب شده و ارزش‌های مثبت تزریق هستند (T-1).

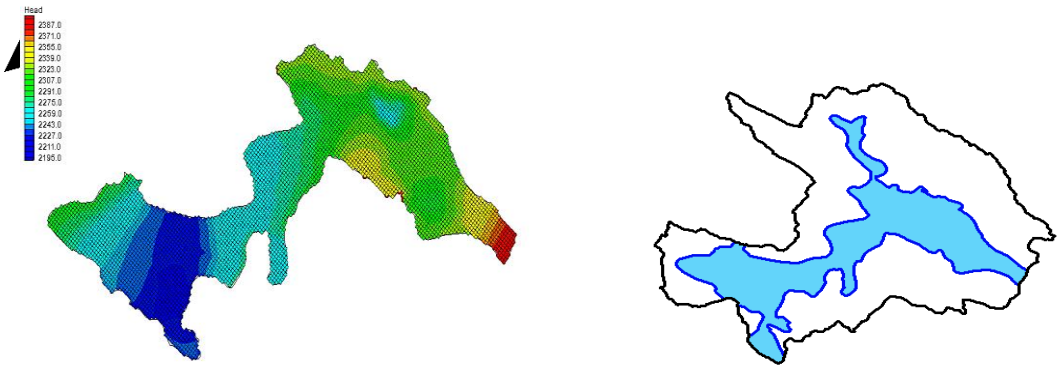
انجام محاسبات کمی، لازمه محاسبات کیفی آبخوان است. به این معنا که لازم است تا با استفاده از کد کمی MODFLOW شبیه‌سازی سطح جریان صورت گرفته و سپس سوار بر مدل کمی، محاسبات و شبیه‌سازی کیفی توسط مدل MT3DMS انجام شود. از مدل MT3DMS می‌توان برای شبیه‌سازی کیفی آلودگی‌های موضعی نظیر نشت از مخازن و یا نشت از محل دفن شیرابه و ... به سمت آب زیرزمینی استفاده کرد. در واقع مدل MT3DMS یک ابزار شبیه‌سازی انتقال است که جهت تصویرسازی عددی و بصری مقادیر گسترش ابر آلودگی‌های موضعی در آبخوان بکار می‌رود. به دنبال توسعه مدل مفهومی MT3DMS لازم است تا برخی از پارامترهای مهم آبخوان نظیر ضریب پخشیدگی، تخلخل و ... در اختیار باشد. اهمیت این مدل به دنبال دقت محاسبات کمی بکار می‌رود.

برای ساخت مدل کمی و کیفی با استفاده از این دو نرم‌افزار، محدوده آبخوان دشت دامنه داران در محیط ArcGIS و نقشه مربوطه برای ورود به نرم‌افزار MODFLOW تعیین و مدل ریاضی آبخوان توسط مدل MODFLOW در محیط GMS ساخته شد. در این خصوص ابتدا، مدل مفهومی آبخوان شامل تعیین مرز آبخوان، ورودی‌ها به آبخوان، خروجی‌ها از آبخوان، تعداد لایه‌های چینه‌شناسی آبخوان، لایه تغذیه آبخوان، لایه هدایت هیدرولیکی آبخوان، لایه چاه‌های مشاهداتی آبخوان، لایه آبدهی ویژه آبخوان، لایه چاه‌های پمپاژ آبخوان، لایه توپوگرافی سطح آبخوان و لایه توپوگرافی کف آبخوان ایجاد شد. سپس، شبکه سه‌بعدی مدل MODFLOW ایجاد و اطلاعات مدل مفهومی به مدل سه بعدی MODFLOW تبدیل و انتقال داده شد. مدل در حالت ماندگار با تغییر و تعیین ناحیه‌های تغذیه و هدایت‌هیدرولیکی و در حالت ناماندگار با اصلاح ناحیه‌های هدایت هیدرولیکی و ایجاد ناحیه‌های آبدهی‌ویژه با استفاده از کد PEST و واسنجی دستی کالیبره شد. مدل صحت‌سنجی شده و در نهایت مدل کیفی آبخوان در کد MT3DMS ساخته و واسنجی شد. شکل ۳ نقشه مدل کالیبره شده آبخوان دشت دامنه داران را نمایش می‌دهد.

## نتایج و بحث

### نتایج حاصل از اعمال تغذیه مصنوعی توسط چاه در محل تصفیه‌خانه بر مدل کمی آبخوان

دبی پساب خروجی از تصفیه‌خانه طی سال ۱۳۹۵ در حدود ۱۱/۴۴ لیتر بر ثانیه و حداکثر ظرفیت تصفیه‌خانه با فرض رخداد تا پایان سال ۱۴۰۰ در حدود ۵۸ لیتر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به روند افزایش دبی پساب که مورد تغذیه قرار می‌گیرد، برآورد شد




(الف) (ب)

**شکل ۳. نقشه الف): محدوده مطالعاتی و آبخوان دامنه داران و ب): شبکه‌بندی و سلول‌های فعال آبخوان دامنه داران**

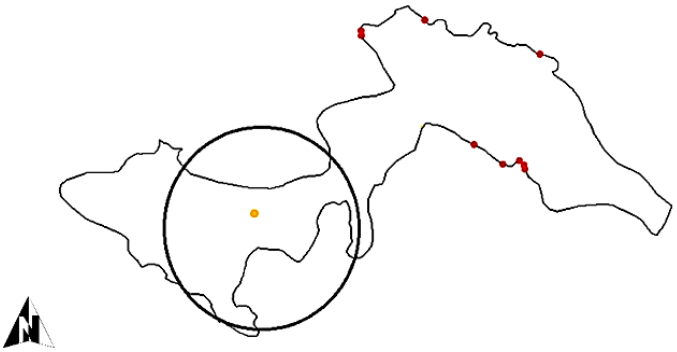
که این روند به‌صورت پلکانی از ابتدای دوره شبیه‌سازی آغاز شده و برای هر سال متناسب با فاصله ابتدا تا انتهای دوره شبیه‌سازی در نظر گرفته شود تا روند پیوستگی دبی پساب خروجی در جهت تغذیه مصنوعی در مدل حفظ شود. بر همین اساس برای هر سال از دوره شبیه‌سازی، تأثیر متناسب با دبی تغذیه شده به‌دست خواهد آمد. لازم به ذکر است با توجه به ابعاد سلول‌ها در مدل کمی و کیفی (۵۰۰ متر ×۵۰۰ متر) و این ویژگی مدل که تمام خصوصیات یک نقطه از هر سلول را در تمام سلول تعمیم می‌دهد، این نتیجه حاصل می‌شود که تا شعاع ۵۰۰ متری هر نقطه دیگری به‌منظور تغذیه در نظر گرفته شود نیز همین خصوصیات را داراست. موقعیت چاه تغذیه در آبخوان دامنه داران در شکل ۴ نمایش داده شده است.

## مقایسه تأثیرات تغذیه از طریق چاه برای آبخوان دامنه داران تا سال ۱۴۰۰

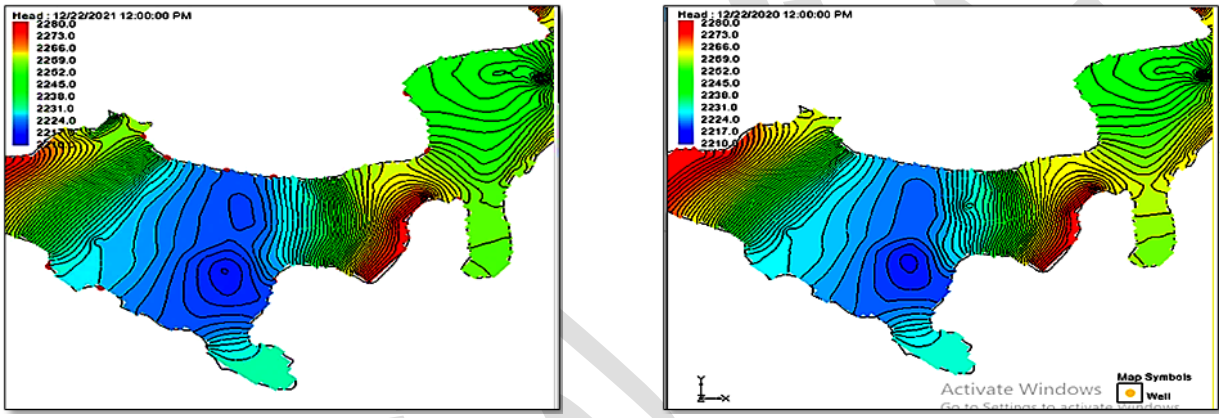
در شکل ۵ نحوهٔ تأثیر کمی تغذیه با پساب تصفیه‌خانه داران از طریق چاه در سطح ایستابی آبخوان دامنه داران تا سال ۱۴۰۰ قابل مشاهده است. در شکل فوق، تصویر سمت چپ شرایط خطوط تراز قبل از اعمال تغذیه و تصویر سمت راست وضعیت خطوط تراز سطح ایستابی با اعمال تغذیه است. با توجه به شکل، در محل چاه تغذیه خطوط تراز سطح ایستابی نسبت به میزان آن در سال مشابه متراکم‌تر شده و خطوط به هم نزدیک‌تر شده‌اند. مقادیر تراز آب در فواصل مختلف از محل چاه تغذیه با پساب سال ۱۴۰۰ در جهت جریان و مقادیر تراز آب در فواصل مختلف از محل چاه تغذیه با پساب در سال ۱۴۰۰ در راستای عمود بر جهت جریان نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. بر اساس نتایج، افزایش سطح آب در محل چاه، حدود ۷ متر مشاهده شد که میزان قابل توجهی است. اما تأثیر زیاد افزایش سطح آب تنها در سلولی است که چاه در آن قرار گرفته و با فاصله گرفتن از محل تغذیه، از میزان تأثیر آن کاسته می‌شود.

## شعاع تأثیر تغذیه با پساب از طریق چاه در محل تصفیه‌خانه بر مدل کمی آبخوان تا سال ۱۴۰۰

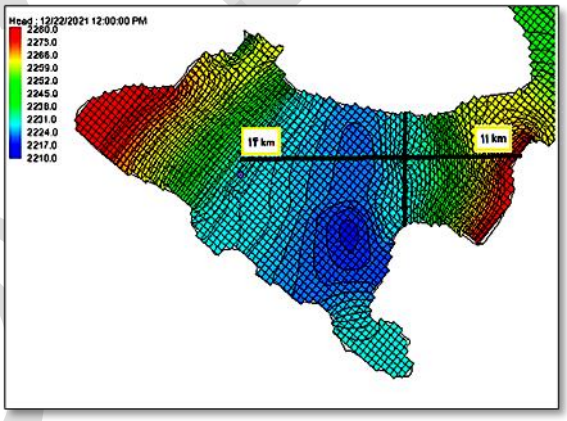
با توجه به مقایسه تغییرات سطح ایستابی در هر سلول از مدل با مقادیر مشابه آن در سال ۱۴۰۰در حالت تغذیه از چاه و بدون تغذیه در مدل کمی آبخوان دامنه داران مشاهده شد که تأثیر تغذیه بیشتر در جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان بوده و در جهات دیگر تأثیر به نسبت کمتری ایجاد خواهد شد. همان‌طور که در شکل ۶ قابل مشاهده است، در جهت شرق به غرب تا فاصله حدوداً ۱۴ کیلومتری سطح ایستابی تغییر ارتفاع خواهد داشت. همچنین در جهت غرب به شرق تا فاصله ۱۱ کیلومتری تأثیرات تغذیه از طریق چاه نیز قابل مشاهده خواهد بود.



شکل ۴. موقعیت چاه تغذیه در آبخوان دامنه داران به مختصات (X: 442438 , Y: 3648172)



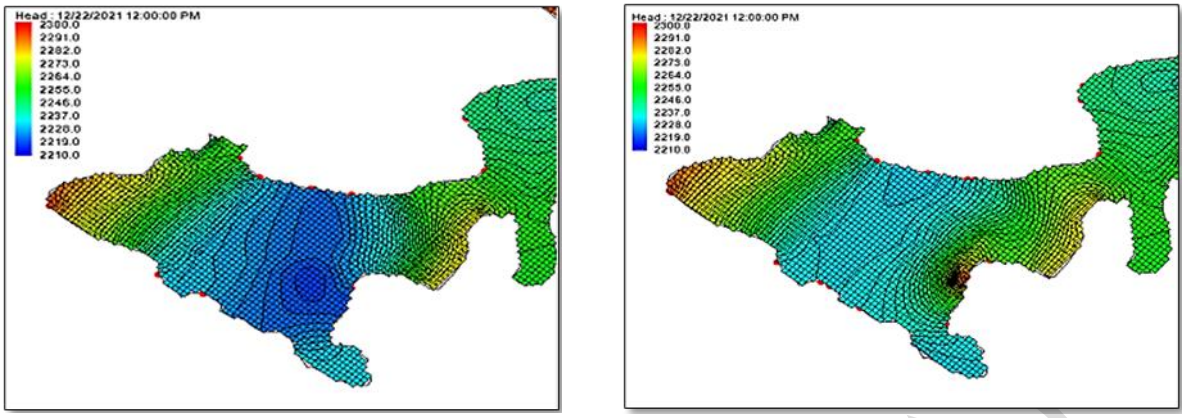

شکل ۵. تأثیر کمی تغذیه از طریق چاه بر سطح ایستابی آبخوان در سال ۱۴۰۰ نسبت به شرایط بدون تغذیه




شکل ۶. محدوده تأثیر کمی تغذیه از چاه تغذیه بر آبخوان دامنه داران

## نتایج حاصل از تغذیه پساب از طریق رهاسازی در رودخانه دامنه داران بر مدل کمی آبخوان

محدوده موردنظر به‌منظور پخش پساب در جهت تغذیه آبخوان، در بخشی از رودخانه خشک دامنه داران بوده که از نزدیک تصفیه‌خانه شروع و در مسیر رودخانه، تا اولین بند برداشت آب احداث شده بر روی رودخانه، ادامه می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۷ قابل مشاهده است، در محل تغذیه خطوط تراز سطح ایستابی نسبت به میزان در سال مشابه متراکم‌تر شده




**شکل ۷. تأثیر کمی تغذیه از طریق رهاسازی در رودخانه بر سطح ایستابی آبخوان در سال ۱۴۰۰ نسبت به شرایط بدون تغذیه**

و تغییرات محسوسی را داشته‌اند. به نظر می‌رسد تغذیه از طریق رهاسازی پساب در رودخانه دامنه داران، دامنه تأثیر بیشتری نسبت به روش دیگر داراست. لذا بدون درنظر گرفتن کیفیت پساب تغذیه‌شده، پخش از طریق رهاسازی در رودخانه موجب افزایش سطح ایستابی آبخوان در شعاع بیشتری شده و سطح آب در قنوات، چاه‌ها و چشمه‌های موجود در شعاع تأثیر مکان تغذیه، افزایش خواهد یافت.

## نتایج حاصل از تغذیه پساب از طریق رهاسازی در رودخانه دامنه داران بر مدل کمی آبخوان

محدوده موردنظر به‌منظور پخش پساب در جهت تغذیه آبخوان، در بخشی از رودخانه خشک دامنه داران بوده که از نزدیک تصفیه‌خانه شروع و در مسیر رودخانه، تا اولین بند برداشت آب احداث شده بر روی رودخانه، ادامه می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۷ قابل مشاهده است، در محل تغذیه خطوط تراز سطح ایستابی نسبت به میزان در سال مشابه متراکم‌تر شده و تغییرات محسوسی را داشته‌اند. به نظر می‌رسد تغذیه از طریق رهاسازی پساب در رودخانه دامنه داران، دامنه تأثیر بیشتری نسبت به روش دیگر داراست. لذا بدون درنظر گرفتن کیفیت پساب تغذیه‌شده، پخش از طریق رهاسازی در رودخانه موجب افزایش سطح ایستابی آبخوان در شعاع بیشتری شده و سطح آب در قنوات، چاه‌ها و چشمه‌های موجود در شعاع تأثیر مکان تغذیه، افزایش خواهد یافت.

## ساخت و واسنجی مدل کیفی آبخوان

از میان پارامترهای اندازه‌گیری شده در پساب خروجی تصفیه‌خانه داران، تنها به‌دلیل موجود بودن مقادیر نیترات در سطح دشت و عدم وجود دیگر پارامترها و همچنین اهمیت نیترات در برآورد سطح کیفی، این پارامتر مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آلاینده نیترات و عوامل انتقال آن شامل انتقال، انتشار و پخشیدگی به مدل ایجاد شده با کد MT3DMS معرفی و سپس چاه‌های مشاهداتی اندازه‌گیری نیترات به مدل وارد شدند. در نهایت مدل برای یک بازه یک‌ساله واسنجی و مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به علت وسعت محدوده مورد مطالعه و نیز حجم زیاد ورودی و خروجی آب زیرزمینی در مقاطع افقی و عمودی، تغییرات نیترات در اثر فرآیند پخشیدگی ناچیز می‌باشد. به‌طور کلی مدل کیفی آبخوان به تغییرات ضریب توزیع، ضریب پخشیدگی و ایزوترم‌های جذب حساسیت بسیار کمی دارد و تغییرات نیترات در مدل تهیه شده بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات غلظت نیترات

تغذیه‌ای دارا است. لذا به هر نسبت کـه غلظـت نیتـرات در پساب مورد تغذیه بیشتر باشد، دامنه تأثیر بر کیفیت آبخـوان نیز افزایش خواهد یافت.

**نتایج حاصل از تغذیه پساب از طریق چاه بر مدل کیفی آبخوان**

نتایج نشان داد که در محل چاه تغذیه با پساب غلظت نیترات به مقدار قابل تـوجهی از ۷۷ بـه ۲۵۷ میلی‌گـرم بـر لیتـر افـزایش می‌یابد. این مسئله، نقطه ضعفی در انتقال پسـاب بـه آبخـوان از طریق چاه است. قابـل انتظـار اسـت بـا گذشـت زمـان مقـادیر افزایش غلظت نیترات نیز بیشتر شود. شـکل ۸ نیـز کـه مقـادیر غلظت نیترات در سال ۱۴۰۰ را نشان می‌دهد، تأییـدی بـر ایـن موضوع خواهد بود. نتایج حاکی از آن است که در فاصله زمانی ۳ ساله پس از تغذیه با پساب، مقادیر نیتـرات در محـل چـاه و ۷۰۰ متر بعد از آن حدود ۳۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافته است. این نتایج حاکی از نامطلوب بودن ایـن روش بـرای انتقال پساب است. بنابراین در محدوده تـأثیر، هـر تعـداد چـاه، قنات و چشـمه موجـود باشـند، تحـت تـأثیر اثـرات نـامطلوب افزایش میزان نیترات قرار خواهند گرفت.

**بررسی اثرات کیفی تخلیه پساب در چاه تغذیه بـر روی چاه، چشمه و قنات**

بررسی اثرات کیفی تخلیه پساب در چاه تغذیه بر روی منـابع آب زیرزمینی، بخش دیگری از مطالعات انجام شده بوده که بـه‌منظور تحلیل این بخش، تعدادی از چاه‌ها، چشمه و قنات‌های محـدوده محل تغذیه در نظر گرفته شده اسـت. مکان‌هـای مشـخص شـده نشانگر مقادیر افـزایش غلظـت نیتـرات شـدید در محـل چاه‌هـا هستند. همان‌طور که مشخص است تخلیه پساب در چـاه تغذیـه موجب افزایش غلظت نیترات به مقدار ۵۴ میلی‌گـرم بـر لیتـر در یک چاه شرب مجاور تصفیه‌خانه خواهد شد. لـذا اسـتفاده از آب چاه در جهت مصارف شرب، به‌دلیل ایجـاد مشـکلات بهداشـتی امکان‌پذیر نخواهد بود (جدول ۳).

**شعاع تأثیر تغذیه با پساب از طریق چاه بر مدل کیفی آبخوان تا سال ۱۴۰۰**

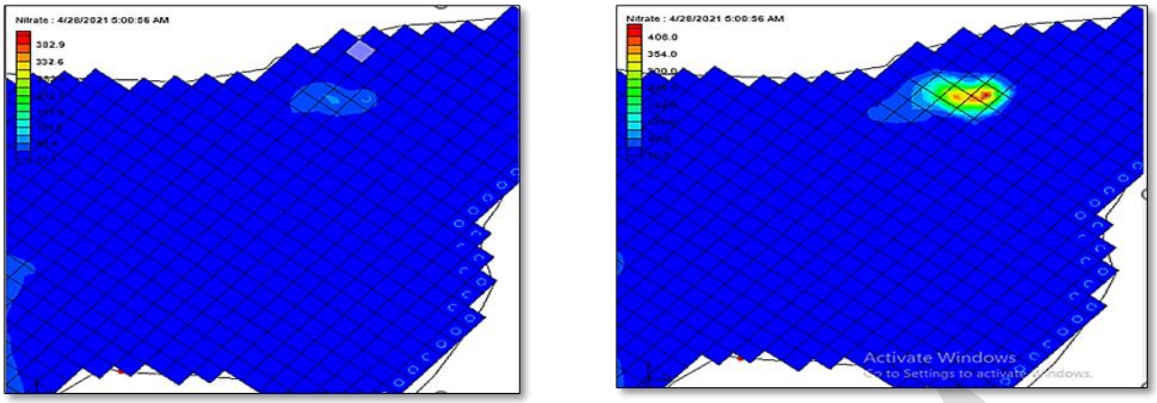
با توجه به مقایسه تغییرات غلظت نیترات در هر سلول از مـدل با مقادیر مشابه آن در سال ۱۴۰۰ در حالت تغذیه از طریق چـاه و بدون تغذیه در مدل کیفی آبخوان دامنه داران، مشاهده شد که تأثیر تغذیه بیشتر در جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان بوده و در جهات دیگر تأثیر به نسـبت کمتـری ایجـاد خواهـد شـد. همان‌طور که در شکل ۹ قابل مشاهده است، در جهت شرق بـه غرب تا فاصله ۷/۵ کیلومتری و در جهت غرب به شرق نیـز تـا فاصله ۳ کیلومتری سطح ایستابی تغییر ارتفاع خواهد داشت.

**نتایج حاصل از تغذیه پساب از طریق رهاسازی در رودخانه دامنه داران بر مدل کیفی آبخوان**

بررسی مقادیر افزایش غلظت نیتـرات در حالـت انتقـال پسـاب خروجی از تصفیه‌خانه بـه رودخانـه تـا انتهـای سـال ۱۴۰۰ در راستای طول رودخانه و مقادیر و شعاع تأثیر در راسـتای عمـود بر طول رودخانه نشان داد که مقادیر افـزایش نیتـرات در محـل رودخانه و محیط اطراف آن، حداکثر ۵ میلی‌گرم بـر لیتـر اسـت ولی دامنه تأثیر نسبت به روش دیگـر بیشـتر اسـت. ایـن روش تخلیه پساب، قابل‌قبول واقع می‌شود (شکل ۱۰).

**اثرات کیفی تخلیه پساب در محل تخلیه به رودخانه بر روی چاه، چشمه و قنات**

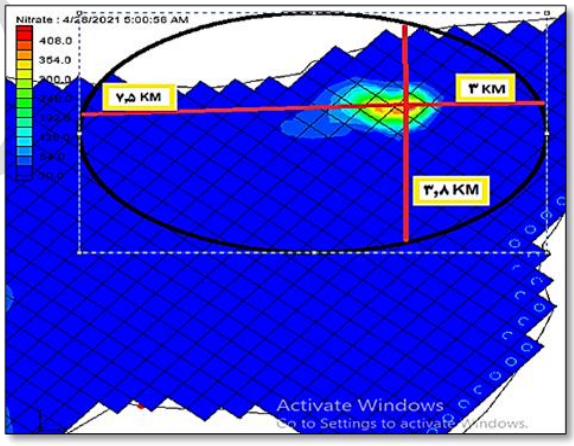
مکان‌های مشخص شده نشـانگر مقـادیر افـزایش غلظـت نیتـرات شدید در رودخانه است. تخلیه پساب در رودخانه موجب افـزایش نیترات در چاه شرب مذکور به مقدار ۵/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر خواهد شد. در مقایسه دو روش، تخلیه پساب در رودخانه، با توجه بـه گستردگی زیاد و تأثیر با شدت کمتر مطلوب‌تر به نظر می‌رسـد. مقادیر افزایش غلظت نیترات در محل چاه، چشمه و قنات‌هـای محدوده، میزان کمتری خواهد بود (جدول ۴).



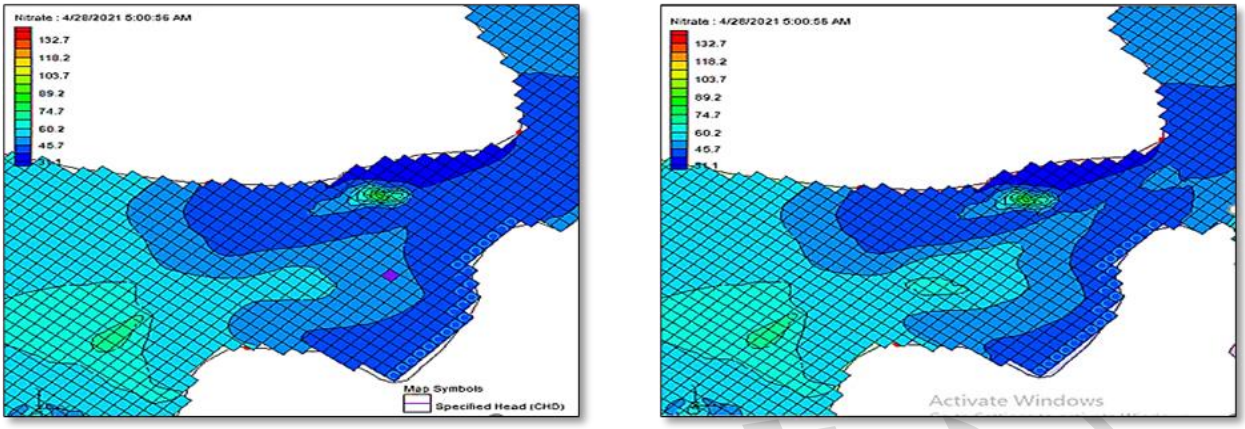

**شکل ۸. تأثیر کیفی تغذیه از طریق چاه بر کیفیت آبخوان در سال ۱۴۰۰ نسبت به شرایط بدون تغذیه در مدل کیفی**

**جدول ۳. غلظت نیترات پیش‌بینی شده سال ۱۴۰۰ تحت شرایط قبل و بعد از تخلیه پساب در محل چاه تغذیه از سال ۱۳۹۷**

| UTM(X) | UTM(Y) | نوع منبع | مقدار نیترات قبل از تخلیه پساب (mg/L) | مقدار نیترات پس از تخلیه پساب به چاه تغذیه (mg/L) | تغییرات غلظت (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۴۴۵۳۷۳ | ۳۶۵۰۰۷۳ | چاه | ۴۲/۶۰ | ۹۶/۸۸ | ۵۴/۲۸ |
| ۴۴۵۴۰۴ | ۳۶۵۰۱۰۷ | چاه | ۴۴/۵۲ | ۴۴/۹۹ | ۰/۴۷ |
| ۴۴۳۹۱۱ | ۳۶۴۸۱۸۱ | چاه | ۵۲/۹۰ | ۵۲/۹۱ | ۰/۰۱ |
| ۴۴۳۵۲۲ | ۳۶۴۸۰۴۱ | چاه | ۵۳/۱۹ | ۵۳/۱۹ | 0 |
| ۴۴۱۴۸۴ | ۳۶۵۰۸۵۳ | چشمه | ۳۵/۱۶ | ۴۲/۶۵ | ۷/۴۹ |
| ۴۴۴۷۳۰ | ۳۶۴۴۵۹۱ | چشمه | ۴۳/۶۱ | ۴۳/۶۱ | بدون تأثیر |
| ۴۴۲۰۷۵ | ۳۶۴۴۲۹۸ | چشمه | ۵۷/۲۶ | ۵۷/۲۶ | بدون تأثیر |
| ۴۴۱۳۵۸ | ۳۶۴۴۹۰۷ | چشمه | ۵۲/۲۱ | ۵۲/۲۱ | بدون تأثیر |
| ۴۳۹۳۳۰ | ۳۶۴۸۸۸ | قنات | ۵۵/۰۱ | ۵۵/۰۱ | بدون تأثیر |
| ۴۳۷۶۴۷ | ۳۶۴۷۰۳۰ | قنات | ۵۳/۶۷ | ۵۳/۶۷ | بدون تأثیر |




**شکل ۹. محدوده تأثیر کیفی تغذیه از طریق چاه بر کیفیت آبخوان در سال ۱۴۰۰**



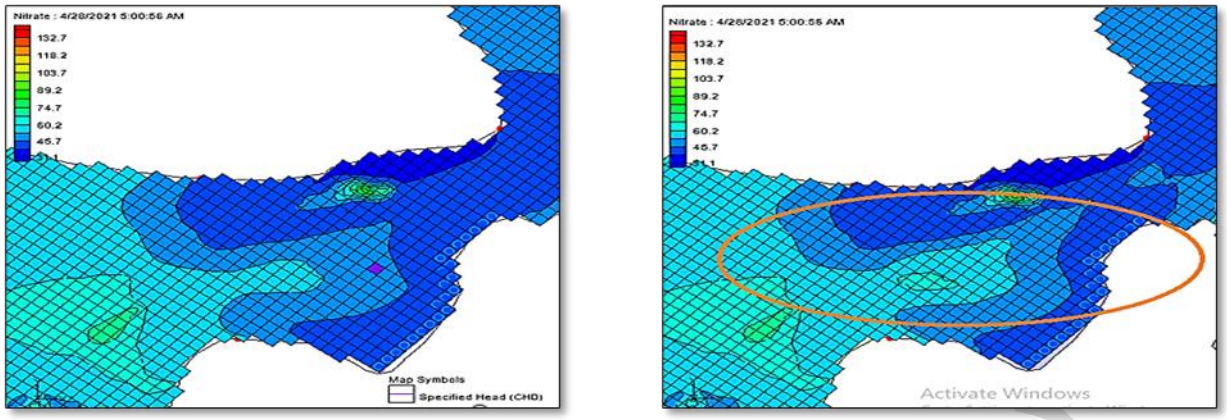

**شکل ۱۰. تأثیر کیفی رهاسازی پساب در رودخانه بر کیفیت آبخوان در سال ۱۴۰۰ نسبت به شرایط بدون تغذیه**

**جدول ۴. غلظت نیترات پیش‌بینی‌شده سال ۱۴۰۰ تحت شرایط قبل و بعد از تخلیه پساب به رودخانه از سال ۱۳۹۷**

| UTM(X) | UTM(Y) | نوع منبع | مقدار نیترات قبل از تخلیه پساب (mg/L) | مقدار نیترات پس از تخلیه پساب به رودخانه (mg/L) | تغییرات غلظت (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۴۴۵۳۷۳ | ۳۶۵۰۰۷۳ | چاه | ۴۲/۶ | ۴۲/۹۸ | ۰/۳۸ |
| ۴۴۵۴۰۴ | ۳۶۵۰۱۰۷ | چاه | ۴۴/۹۸ | ۴۶/۴۰ | ۱/۴۲ |
| ۴۴۳۹۱۱ | ۳۶۴۸۱۸۱ | چاه | ۵۸/۳۴ | ۵۹/۹۰ | ۱/۵۶ |
| ۴۴۳۵۲۲ | ۳۶۴۸۰۴۱ | چاه | ۵۳/۱۹ | ۵۸/۶۳ | ۵/۴۴ |
| ۴۴۱۴۸۴ | ۳۶۵۰۸۵۳ | چشمه | ۳۵/۱۶ | ۳۵/۱۸ | ۰/۰۲ |
| ۴۴۴۷۳۰ | ۳۶۴۴۵۹۱ | چشمه | ۴۳/۶۱ | ۴۳/۶۱ | بدون تأثیر |
| ۴۴۲۰۷۵ | ۳۶۴۴۲۹۸ | چشمه | ۵۷/۲۶ | ۵۷/۲۶ | بدون تأثیر |
| ۴۴۱۳۵۸ | ۳۶۴۴۹۰۷ | چشمه | ۵۲/۲۱ | ۵۲/۲۱ | بدون تأثیر |
| ۴۳۹۳۳۰ | ۳۶۴۸۸۸ | قنات | ۵۵/۰۱ | ۵۵/۰۱ | بدون تأثیر |
| ۴۳۷۶۴۷ | ۳۶۴۷۰۳۰ | قنات | ۳۶/۶۷ | ۳۶/۶۷ | بدون تأثیر |

**شعاع تأثیر تغذیه با پساب از محدوده تغذیه بر مدل کیفی آبخوان تا سال ۱۴۰۰**

با توجه به مقایسه تغییرات غلظت نیترات در هر سلول از مدل با مقادیر مشابه آن در سال ۱۴۰۰ در حالت تخلیه به رودخانه و بدون تغذیه در مدل کیفی آبخوان دامنه داران، مشاهده شد که تأثیر تغذیه بیشتر در جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان بوده و در جهات دیگر تأثیر به نسبت کمتری ایجاد خواهد شد (شکل ۱۱).




**شکل ۱۱. محدوده تأثیر کیفی تغذیه از طریق رهاسازی پساب در رودخانه بر کیفیت آبخوان در سال ۱۴۰۰**

## نتیجه‌گیری

با توجه به زیاد بودن غلظت پارامترهای کیفی پساب خروجی از تصفیه‌خانه داران نسبت به میزان استاندارد تغذیه به آبخوان و همچنین زیاد بودن میزان یون نیترات در آب زیرزمینی، استفاده از پساب به‌منظور تغذیه به آبخوان دشت دامنه داران توصیه نمی‌شود و می‌بایست تصفیه‌های تکمیلی بر پساب مورد تغذیه صورت گیرد. با مقایسه کلی نتایج کمی و کیفی دو روش تخلیه پساب به چاه تغذیه و انتقال پساب به رودخانه، روش تغذیه از طریق رهاسازی و پخش در رودخانه نسبت به روش دیگر به شرط تصفیه و کسب استاندارد تخلیه به آبهای سطحی مناسب‌تر به نظر می‌رسد. با گذشت زمان و تغذیه با پساب ظرفیت خودپالایی آبخوان کم شده و همچنین مقادیر غلظت نیترات به‌صورت تجمعی افزایش می‌یابد. لذا اعمال روش‌هایی به‌منظور کاهش غلظت خروجی پساب از همان سال‌های اولیه تغذیه آبخوان با پساب لازم و ضروری است. لازم به ذکر است که به‌منظور تخلیه پساب به رودخانه بررسی مبانی طراحی نظیر تعیین روش جهت انتقال پساب به مکان مورد نظر، تعیین تأسیسات تغذیه مصنوعی و سازه‌های وابسته جهت انتقال در ابتدا، انتها و طول مسیر، بررسی وضعیت مالکیت اراضی برای عبور مسیر انتقال و تعیین ارزش اراضی، سایر طراحی‌ها بر حسب مورد نیاز و هزینه‌های تأسیسات و سازه‌ها، تملک اراضی، نقشه‌برداری، بهره‌برداری و نگهداری و ... از جمله پارامترهای مؤثر هستند که لازم است در برنامه‌ریزی‌های آتی برای اجرای طرح تغذیه مصنوعی پساب تصفیه‌خانه مدنظر قرار گیرند.

در خصوص برنامه‌ریزی منابع و مصارف پساب تصفیه‌خانه داران می‌توان بیان کرد که با تأکید بر بندهای آخرین بخشنامه استفاده از فاضلاب شهری و روستایی تصفیه‌خانه‌ها شامل بررسی وضعیت دشت، میزان وابستگی آب شرب به آبخوان در محدوده و اولویت تخصیص پساب به صنایع بزرگ به‌واسطه اشتغال‌زایی، تمامی پساب تصفیه‌خانه در شرایط فعلی و آتی به تعادل‌بخشی آبخوان اختصاص می‌یابد. این در حالی است که در بخش جایگزینی پساب با چاه‌های فعال، به‌دلیل عدم وجود چاه با کاربری صنعت و فضای سبز در منطقه، تمامی پساب جایگزین چاه‌های فعال در بخش کشاورزی با شرط انجام تصفیه تکمیلی مانند استفاده از روش تالاب مصنوعی شود. همچنین به‌منظور انجام تغذیه مصنوعی در منطقه با بررسی وضعیت دشت، بررسی منابع آب سطحی و زیرزمینی، بررسی آبخوان محدوده مطالعاتی و مدل‌سازی، انجام تصفیه تکمیلی پیشنهاد می‌شود.

## سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه "طرح مطالعات جامع پساب استان اصفهان" طرح شده توسط شرکت محترم آب منطقه‌ای اصفهان و بررسی شده توسط شرکت محترم مهندسین مشاور آبگستران میهن است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از ریاست و کارشناسان محترم شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و شرکت مهندسین مشاور آبگستران میهن که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری دادند، اعلام نمایند.

## منابع مورد استفاده


1. Clemens, M., G. Khurelbaatar, M. Merz, Ch. Siebert, M. van Afferdenm and T. Rödiger. 2019. Groundwater protection under water scarcity; from regional risk assessment to local wastewater treatment solutions in Jordan. Science of The Total Environment, 706:1-15.
2. Dehghani, A.R., M.E. Banihabib and S. Javadi. 2019. A framework for evaluating the performance of recharging and flood control by artificial recharge systems in arid regions, Watershed Engineering and Management, 10(4):537-552.
3. Ghazaw, Y.M., A.R. Ghumman, I. Al-Salamah and Q.U.Z. Khan. 2014. Investigations of Impact of Recharge Wells on Groundwater in Buraydah by Numerical Modeling, Civil Engineering, 39: 713–724.
4. Goodarzi, L., A. Akhoond Ali, H. Zarei and F. Dehghani. 2013. Identifying potential sites for artificial groundwater recharge using GIS and MCDM techniques in Oshtorinan plain, Iran. Ecology, Environment and Conservation Journal, 19(3):685-690.
5. Heidari, A. 2018. Water Resources Management and Sewage Recycling, Solutions for Domestic Water Supply in Arid Areas, Case Study: Mashhad City, Journal of Water and Waste Water Science and Engineering, 3(4):49-64.
6. Hosseinnejad mir, A., A. Maleki and A. Alinejadian bidabadi. 2019. Effect of different levels of irrigation with treated urban wastewater on soil chemical elements accumulation, Journal of Water and Irrigation Management, 8: 253-265.
7. Jain, R., A. Thakur, N. Garg and P. Devi. 2020. Impact of Industrial Effluents on Groundwater. Groundwater Geochemistry: Pollution and Remediation Methods, 1-10.
8. Jasrotia, A.S., R. Kumar, A.K. Taloor and A.K. Saraf. 2019. Artificial recharge to groundwater using geospatial and groundwater modelling techniques in North Western Himalaya, India. Arabian Journal of Geosciences. 1-23.
9. Jorenush, M.H., M. Pakparvar, Gh.R. Ghahari and S.A. Kowsar. 2023. The evaluation of artificial recharge performance in a historic flooding in southern Iran, Iran Agricultural Research, 42(2):117-127.
10. Kang, Y., T. Won and K. Hyun. 2012. Efficient treatment of real textile wastewater: performance of activated sludge and bio filter system with a high – rate filter as a pretreatment process. Civil Engineering, 16(3): 308-315.
11. Khalaj, M., M. Kholghi, B. Saghafian and J. Bazrafshan. 2019. Investigation about climate change and human activity effects on groundwater level and groundwater quality in semiarid region. Iran Water Resource Research, 278-290.
12. Kulkarni, N. H. 2015. Numerical simulation of groundwater recharge from an injection well. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 75:75-83.
13. Mcdonald, M.G. and A.W. Harbaugh. 2003. The history of MODFLOW. Ground Water Historical Note, 41(2):280-283.
14. Morovati, M., M. Manuri, A.H. Hosni and Z. Village. 2018. Feasibility study of application of sewage for artificial injection of aquifer in the plain of Yazd-Ardakan. Human and Environment Journal, 9(4):21-26. (In Persian)
15. Pirra, A., MS. Lucas and JA. Peres. 2012. Aerobic biological treatment of chestnut processing wastewater. Water Air Soil Pollute, 223(7):3721-3728.
16. Poursalehi, F., A. Akbarpour and S.R. Hashemi. 2022. Numerical modeling of unconfined aquifer artificial recharge plan using Isogeometric analysis method. Journal of Hydrogeology, 7(1): 105-117. (In Persian)
17. Qabadian, R. and Z. Bahrami. 2017. Numerical Analysis of Applying Quantitative and Qualitative Scenarios on Khezel Aquifer in Hamedan Province with MODFLOW & MT3DMS Models. Pasture and Watershed, Journal of Natural Resources of Iran. 69(4): 1062-1043. (In Persian)
18. Rahimi, S., M.S. Roodposhti and R.A. Abbaspour. 2014. Using combined AHP–genetic algorithm in artificial groundwater recharge site selection of Gareh Bygone Plain. Iranian Environmental Earth Sciences, 72(6):1979-1992.
19. Ravi Shankar, M.N. and G. Mohan. 2005. a GIS based hydrogeomorphic approach for identification of sitespecific artificial-recharge techniques in the Deccan volcanic province Journal of Earth Systems, 114:505-514.
20. Rezaee, H. and S. Saadat. 2019. Wastewater Reuse in Agriculture: Opportunities, Challenges, and Solutions, Land Management Journal, 6(2):213-232.
21. Zuquette, L.V., J.B. Palma and OJ. Pejon. 2005. Environmental assessment of an uncontrolled sanitary landfill. Pocos de Caldas, Brazil. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 64: 257–271.