

شبیه‌سازی آزمایشگاهی اثر تغذیه پساب در انتقال آلودگی فسفات به آبخوان (مطالعه موردی: دشت اراک)

فیروزه مظاهری^۱، جواد مظفری^{۲*} و محمدجواد نحوی‌نیا^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۳

چکیده

در این پژوهش، برای بررسی اثر تغذیه پساب بر روی آلودگی آبخوان، منطقه گاوخانه واقع در شمال شهر اراک انتخاب گردید. به همین منظور لایه‌های غیراشباع خاک منطقه با استفاده از ستون‌های استوانه‌ای شکل از جنس PVC و با قطر ۲۵ سانتی‌متر شبیه‌سازی گردید. سه ستون خاک، به ترتیب به ارتفاع ۲، ۱ و ۱ متر در نظر گرفته شد. همچنین جهت بررسی تاثیر فیلتر ژئولیت ستون اول خاک در دو تیمار بازتولیت و بی‌ژئولیت در نظر گرفته شد. برای اجرای تغذیه مصنوعی با پساب از دو راهبرد مدیریتی غرقاب دایم به مدت ۲۰ روز و راهبرد غرقابی - خشکی به مدت ۴۰ روز (یک شبانه روز غرقاب و یک شبانه روز خشکی) استفاده گردید. مقادیر فسفات در پساب ورودی و در نمونه‌های جمع‌آوری شده اندازه‌گیری گردید. نتایج به دست آمده نشان دهنده درصد بالای حذف فسفات در لایه‌های خاک تا ۷۵ درصد می‌باشد. همچنین حذف فسفات در لایه دوم با بافت سنگین‌تر نسبت به دو لایه دیگر کمی بیش‌تر است. کاربرد ژئولیت نیز تاثیر در کاهش میزان فسفات نشان نداد. نهایتاً بررسی‌ها نشان داد که راهبرد غرقابی خشکی نسبت به غرقابی دایم در حذف فسفات موثرتر می‌باشد به طوری که در لایه اول تا ۱۵ درصد و در لایه سوم تا ۱۶ درصد افزایش نسبت به راهبرد غرقابی دایم و در در مرحله جذب نهایی بوجود آمد. اما در لایه دوم با بافت سنگین‌تر تغییر در جذب نهایی حاصل نشد.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، پساب، تغذیه مصنوعی، فسفات

مقدمه

(۱۳۸۵) به منظور بررسی احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی به بررسی میزان آبشویی نیترات و فسفات پرداختند. در این راستا از زه‌آب لایسیمترها پس از عبور از ستون ۲ متری خاک و در طول فصل رشد نمونه برداری شد. اندازه‌گیری میزان فسفات زه‌آب لایسیمترها نشان داد که رقیق کردن پساب می‌تواند به طرز معنی‌داری آبشویی این عنصر به عمق را کاهش دهد. حسن اقلی و لیاقت (۱۳۸۸)، طی مطالعه‌ای به تاثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم عمق طی سه گزینه مدیریتی متفاوت از نظر طول مدت دوره غرقابی و خشکی پرداختند. در مطالعه فوق کاهش میزان فسفر، نیتروژن، کلیرم مدفوعی و کلیرم کل در زه‌آب خروجی از ستون‌های خاک در هر سه گزینه مدیریتی گزارش شد. عبور فاضلاب از خاک، باعث کاهش در مقادیر مواد آلی و غیرآلی شامل نیتروژن، فسفر، مواد جامد معلق و فلزات سنگین می‌شود (Bouwer., 2009). با ورود طولانی مدت پساب به خاک، از ظرفیت خاک در جذب فسفر کاسته شد (Bekele., 2011). نتایج پژوهش طاهری سودجانی (۱۳۹۱) نشان داد که استفاده از ژئولیت طبیعی موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش SAR زه‌آب خروجی می‌شود که استفاده از آن را با محدودیت

در نقاطی که منابع آب‌های زیرزمینی کفاف بهره‌برداری فعلی یا آبی را نمی‌دهد، می‌توان با تزریق پساب به زمین برای متعادل نمودن بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی اقدام نمود. البته استفاده از پساب تصفیه نشده و یا تصفیه خارج از حد استانداردهای زیست محیطی در تغذیه سفره‌های زیرزمینی سبب آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی به مواد آلاینده میکروبی و شیمیایی می‌شود. استفاده از چاه جذبی که روش متداول دفع فاضلاب در اکثر شهرهاست با بروز انواع آلاینده‌ها، افزایش غلظت نیترات را به دنبال خواهد داشت که در صورت مجاورت با منابع آب شرب، مشکلات چند برابر خواهد شد. طی تحقیقی مشاهده شد که عبور پساب تصفیه شده از منطقه غیراشباع خاک و در خاک لومی ماسه‌ای، باعث حذف ۴۰ تا ۸۰ درصدی فسفات از پساب گردید (Rice and Bouwer., 1984). شادکام و همکاران

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

*- نویسنده مسئول: (Email: Javad_370@yahoo.com)

ایران واقع شده است (شکل ۱). مختصات جغرافیایی روستا $49^{\circ}43'30''$ شمالی و $34^{\circ}8'56''$ شرقی می‌باشد. با ملاحظه مقطع زمین شناسی چاه اکتشافی ضخامت آبرفت تا حدود ۱۲۰ متر تخمین زده شد که از طبقات متناوبی از شن و ماسه و رس تشکیل گردیده و در بعضی از قسمت‌ها (از عمق ۸۰ تا ۹۰ متر) به لایه برخورد می‌شود سنگ کف از عمق ۱۲۰ متر به پایین قرار دارد و جنس آن رس مارنی که کم کم به مارن خالص مربوط به دوره میوسن تبدیل می‌گردد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط آب منطقه‌ای در اردیبهشت ۹۵، عمق آب زیرزمینی در منطقه حدود ۵۰ متر می‌باشد. لایه‌بندی زون غیراشباع در منطقه مورد مطالعه تا سطح آب زیرزمینی شامل سه لایه به ضخامت ۲۰ متر، ۲۰ متر و ۱۰ متر می‌باشد که به ترتیب شامل بافت خاک رسی سیلتی (SC)، لومی رسی (CL) و رسی سیلتی (SC) است. جرم مخصوص ظاهری خاک برای لایه اول تا سوم به ترتیب برابر با $1/35$ ، $1/47$ و $1/36$ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد.

مواجه می‌کند، بنابراین برای رفع دو مشکل فوق زئولیت با استفاده از اسید کلریدریک و کلرید کلسیم اصلاح گردید. صفری و مظفری (۱۳۹۵) به بررسی آزمایشگاهی اثر پرلیت، زئولیت و رزین بر کاهش نیترات و فسفات پساب برای استفاده در کشاورزی پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند فیلتر ترکیبی به طور میانگین تا ۴۸ درصد سبب کاهش فسفات می‌گردند. هدف از این پژوهش بررسی استفاده از پساب برای تغذیه مصنوعی آبخوان دشت اراک و تاثیر آن بر افزایش میزان آلودگی به فسفات می‌باشد. این پژوهش برای اولین بار در آبخوان دشت اراک صورت می‌گیرد. هم‌چنین برای اولین بار تمام لایه‌های موجود در یک آبخوان مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و تنها به بررسی لایه سطحی خاک اکتفا نشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

روستای گاوخانه در فاصله ۵ کیلومتری شهر اراک و در مرکز



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

مراحل تصفیه از آشغال‌گیر، دانه‌گیر، ته‌نشینی اولیه، سلکتور، هوادهی، ته‌نشینی ثانویه و کلر زنی تشکیل شده است. در اجرای این پژوهش از سه ستون استوانه‌ای شکل از جنس PVC به قطر داخلی ۲۵ سانتی‌متر برای شبیه‌سازی حرکت قایم در لایه آبدار کم‌عمق در عملیات تغذیه مصنوعی استفاده شد. با توجه به لایه‌های خاک به ترتیب ۲۰، ۲۰ و ۱۰ متر می‌باشند، اندازه سه لایه در مدل فیزیکی به ترتیب ۲، ۱، ۲ متر در نظر گرفته شد. لایه‌های خاک محل درون آزمایشگاه مکانیک خاک شبیه‌سازی گردید. سپس خاک درون ستون‌های آزمایشگاهی قرار گرفت که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

روش انجام آزمایش

جهت انجام آزمایش در تابستان ۱۳۹۶ تقریباً ۴۶۰۰ لیتر پساب از محل خروجی پساب تصفیه‌خانه اراک در هر مرحله به محل آزمایش منتقل گردید. تصفیه‌خانه اراک در موقعیت جغرافیایی 34° درجه و 7° دقیقه و 39° ثانیه طول شرقی و 49° درجه و 26° ثانیه عرض شمالی و ارتفاع متوسط 1663 متر از سطح دریا می‌باشد. محل تصفیه‌خانه فاضلاب اراک در شمال شهر اراک و در قسمت جنوب‌شرقی تالاب میقان است. تصفیه‌خانه فاضلاب اراک از دو فرآیند برکه تثبیت و لجن فعال تشکیل شده که با ورودی مشترک کنار هم واقع شدند.

جریان ترجیحی داخل لوله‌ها با چسب پوشیده شده است که بعد از پر شدن ستون با خاک، خاک به اطراف آن چسبیده و از جریان ترجیحی جلوگیری شد.

قبل از پر کردن لایه‌های خاک در انتهای ستون‌ها به اندازه ۲۰ سانتی‌متر فیلتر ماسه‌ای ریخته شد تا از عبور ذرات خاک و گرفتگی توری‌های انتهای ستون جلوگیری شود. همچنین برای جلوگیری از



شکل ۲- نمایی از ستون‌های آزمایشی

شرح ذیل می‌باشد:

- ستون اول لایه خاک بدون پوشش زئولیت
- ستون اول لایه خاک با پوشش زئولیت
- ستون دوم لایه خاک
- ستون سوم لایه خاک

طرح در قالب کاملاً تصادفی با دو فاکتور کاملاً غرقابی و غرقابی خشکی انجام گردید. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از سه آزمون آماری ذیل استفاده گردید:

درصد حذف آلاینده: به منظور تعیین راندمان حذف آلاینده‌ها از رابطه ۱ استفاده شد:

$$E(\%) = (C_i - C_f) / C_i * 100 \quad (1)$$

که در آن E درصد حذف پارامتر، C_i غلظت پساب ورودی و C_f غلظت پساب خروجی می‌باشد.

آزمون t-test با استفاده از نرم‌افزار SPSS به منظور تعیین راهبرد

در پر کردن ستون‌ها هیچ‌گونه عملیات تراکمی بر روی خاک صورت نگرفت و قبل از انجام آزمایش نسبت به شستشوی لایه‌های خاک با آب شهری اقدام شد تا نشست صورت گیرد. جهت بررسی اثر زئولیت در حذف پارامتر فسفات، بر روی لایه اول خاک، حدود ۲۰ سانتی‌متر زئولیت ریخته شد. آزمایشات در دو حالت غرقابی دائم به مدت ۲۰ روز و غرقابی خشکی به مدت ۴۰ روز انجام گردید. در حالت غرقابی طوری پساب از لایه‌ها عبور داده شد که همیشه ۲۰ سانتی‌متر آب روی لایه‌ها باشد. در حالت غرقابی خشکی لایه‌های خاک ۲۴ ساعت در حالت غرقابی و ۲۴ ساعت در حالت خشکی قرار گرفتند. نمونه‌ها در هفته اول روزی دو بار و پس از آن روزی یک بار برداشت و به آزمایشگاه ارسال گردید.

طرح آماری و تعداد تیمارها

این آزمایش مشتمل بر ۴ تیمار و ۲ تکرار است که تیمارها به

برتر (غرقابی دائم، غرقابی - خشکی) در حذف آلاینده‌های پساب استفاده شد.

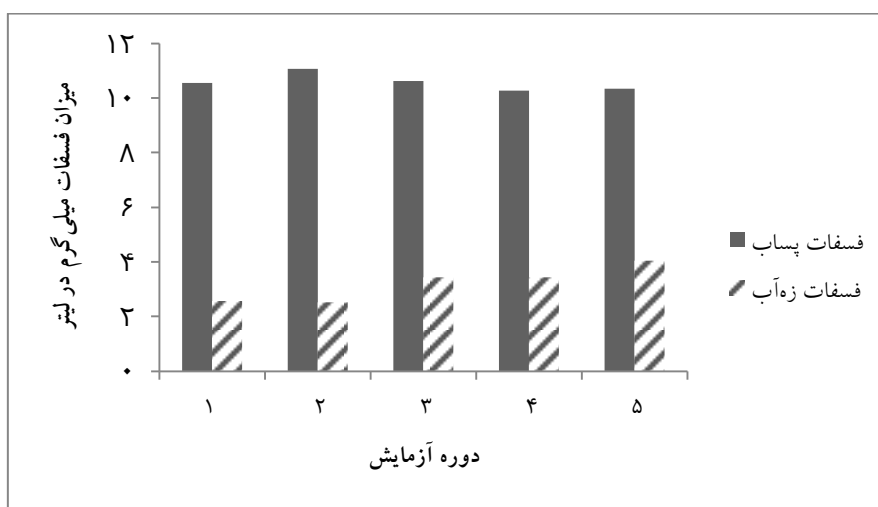
آزمون همبستگی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، به منظور تعیین معنی‌دار بودن یا عدم معنی‌دار بودن نتایج حاصله از عبور پساب از ستون‌های خاک استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات فسفات در حالت غرقابی دائم

لایه اول خاک منطقه با ضخامت ۲۰ متر از جنس رسی سیلتی (SC) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۲ متر) می‌باشد و دارای جرم

مخصوص ظاهری ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. عبور آب از لایه اول خاک در مدت ۲۰ روز به صورت دائم انجام شد و نمونه‌برداری در روزهای اولیه دو بار و بعد از آن هر روز یک نمونه برداشته شد. برای تحلیل بهتر نمودارهای نهایی، هر چهار روز به عنوان یک مرحله آزمایشی و متوسط جذب آن، به عنوان میزان جذب مرحله در نظر گرفته شد. بنابراین، نتیجه اندازه‌گیری فسفات در ۵ مرحله (۲۰ روز) در شکل ۳ آمده است. در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه اول خاک ۷۵/۸ درصد می‌باشد که نهایتاً در مرحله پنجم به ۶۰/۹۹ درصد رسید. شکل ۳ بیانگر این امر است که این ستون خاک توانایی جذب فسفات بالایی داشت.

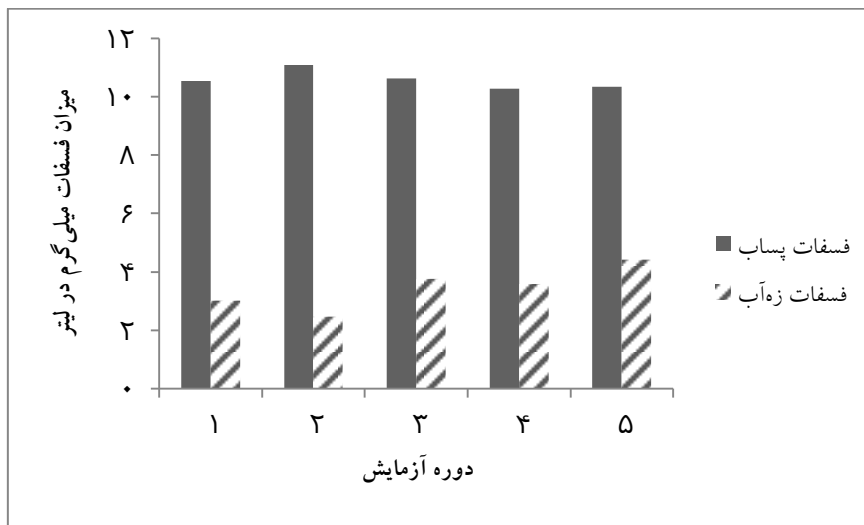


شکل ۳- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون اول در راهبرد غرقاب دائم

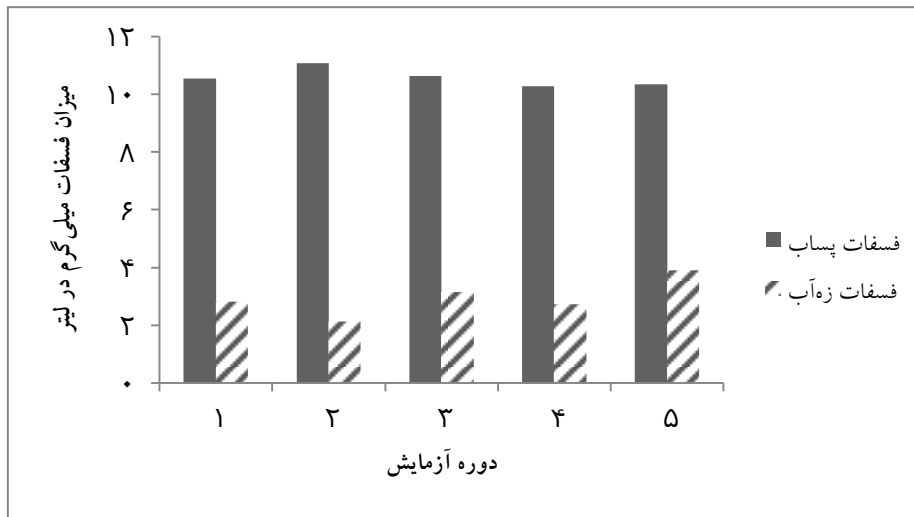
لایه دوم خاک منطقه با ضخامت ۲۰ متر از جنس لومی سیلتی (CL) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۲ متر) می‌باشد و دارای جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. طبق شکل ۵ در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه دوم خاک ۷۳/۲۴ درصد می‌باشد که در مراحل بعدی کم‌تر شده و در مرحله پنجم به ۶۲/۱۵ درصد رسید. شکل ۵ بیانگر این امر است که مقدار کاهش فسفات قابل توجه بوده و مشابه مقادیر لایه اول می‌باشد.

لایه سوم خاک منطقه با ضخامت ۱۰ متر از جنس رسی سیلتی (SC) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۱ متر) می‌باشد و دارای جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. نتیجه اندازه‌گیری فسفات در ۵ مرحله در شکل ۶ آمده است. در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه دوم خاک ۷۰/۵۵ درصد می‌باشد که در مرحله پنجم به ۵۱/۶ درصد رسید. دو لایه دیگر توانایی حذف فسفات بالاتری را دارا بودند که می‌تواند بدلیل ضخامت کم‌تر لایه سوم باشد.

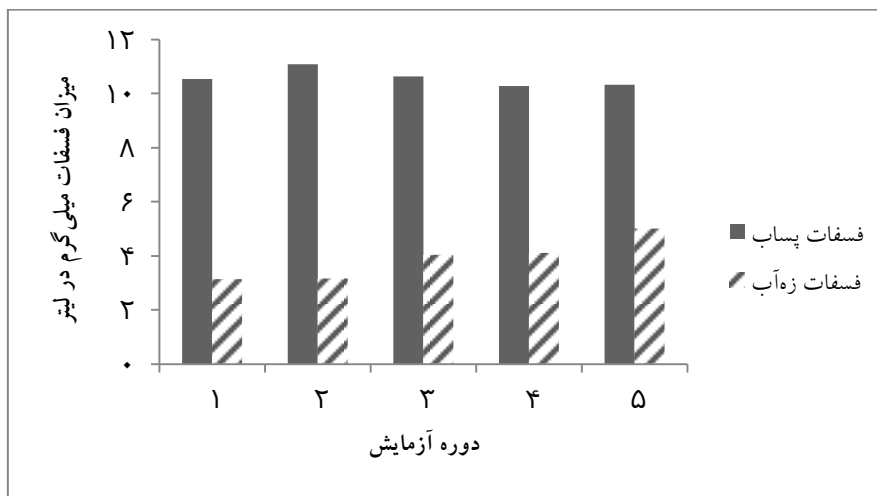
به منظور بررسی اثر ژئولیت پخش شده در سطح خاک در کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه‌های خاک در روی ستون اول خاک (ستون سطحی) حدود ۲۰ سانتی‌متر ژئولیت طبیعی سمنان ریخته شد. دلیل استفاده از ژئولیت طبیعی اصلاح نشده نوع کاربرد موردنظر بود. به طوری که در صورت تاثیر مناسب آن، در حوضچه‌های تغذیه مصنوعی قرار بگیرد و با کاهش آلودگی‌های موردنظر در زمان مناسب تعویض گردد. به هر حال استفاده از ژئولیت اصلاح شده برای کاربرد وسیع موردنظر، هزینه‌بر و بدون صرفه اقتصادی است. شکل ۴، کاهش فسفات، در این ستون طی ۲۰ روز عبور آب به صورت دائم را نشان می‌دهد. در مرحله اول کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه اول خاک با ژئولیت ۷۱/۴۴ درصد و در مرحله پایانی ۵۷/۱۱ درصد می‌باشد. همان‌گونه که مشخص است، وجود ژئولیت اصلاح نشده تغییر چندانی در حذف فسفات نسبت به ستون یک بدون ژئولیت را ندارد. حتی تا حدودی میزان جذب کم‌تری را نشان می‌دهد که احتمالاً به دلیل وجود ناخالصی‌های موجود در ژئولیت است.



شکل ۴- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون اول با زئولیت در راهبرد غرقاب دائم



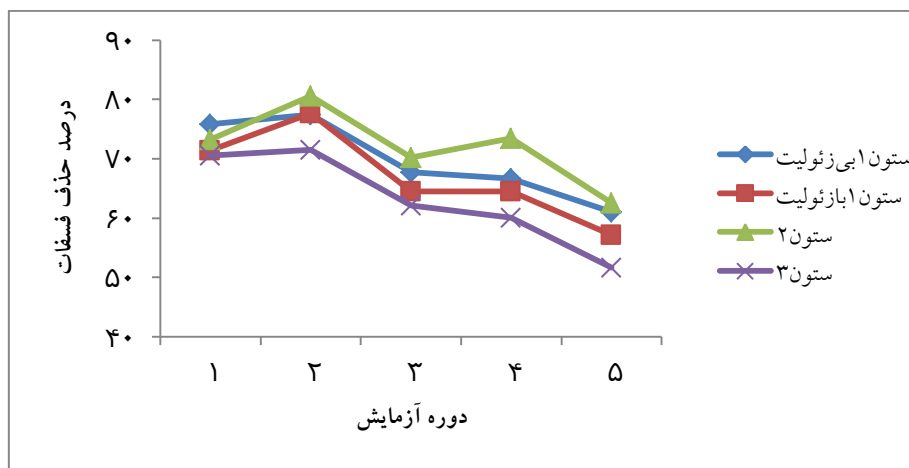
شکل ۵- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون دوم در راهبرد غرقاب دائم



شکل ۶- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون سوم در راهبرد غرقاب دائم

عملکرد خوب و تقریباً یکسانی در حذف فسفات را دارا می‌باشند. به هرحال ستون دوم که دارای بافت سنگین تری است، عملکرد بهتری را نشان داد.

به منظور مقایسه درصد حذف فسفات در چهار تیمار مورد پژوهش در راهبرد غرقاب دائم، نمودار مندرج در شکل ۷ ترسیم شد. همان گونه که از نمودار مذکور مشخص می‌شود تمامی تیمارها

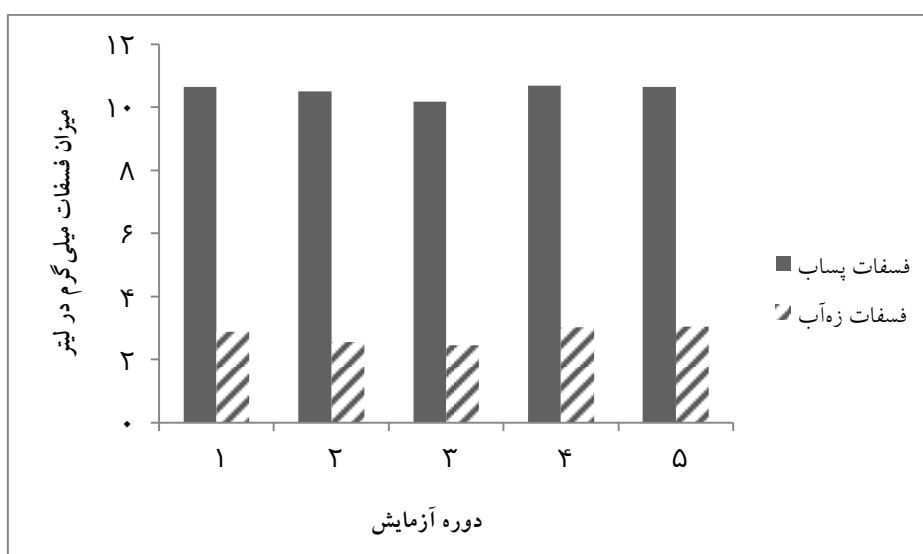


شکل ۷- مقایسه درصد حذف فسفات در چهار تیمار در راهبرد غرقابی

برداشته شد. نتیجه اندازه‌گیری فسفات در ۵ مرحله در شکل ۸ آمده است. در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه اول خاک ۷۲/۷۷ درصد می‌باشد که نهایتاً در مرحله پنجم به ۷۱/۳۳ درصد رسید. شکل ۸ بیانگر این امر است که ستون خاک توانایی جذب فسفات بالایی داشت. مقایسه راهبرد غرقابی - خشکی نسبت به راهبرد غرقابی دائم برای لایه اول نشان دهنده این است که با گذر زمان راهبرد غرقابی - خشکی دارای جذب بالاتری خواهد بود.

بررسی تغییرات فسفات در حالت غرقابی - خشکی

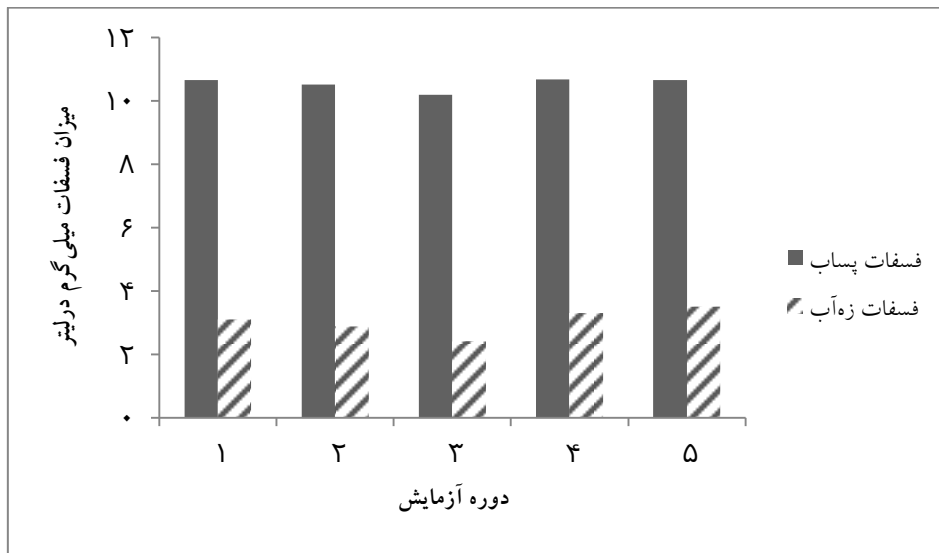
لایه اول زون غیراشباع منطقه با ضخامت ۲۰ متر از جنس رسی سیلتی (SC) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۲ متر) می‌باشد و دارای جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب است. شکل ۸ تغییرات فسفات موجود در پساب را در اثر عبور از این لایه نشان می‌دهد. طبق این جدول عبور آب از لایه اول خاک در مدت ۴۰ روز به صورت غرقابی - خشکی انجام شد و نمونه‌برداری به صورت یک روز در میان و در روزهای اولیه دو بار و بعد از آن هر روز یک نمونه



شکل ۸- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون اول در راهبرد غرقابی - خشکی

فسفات پساب در اثر عبور از لایه اول خاک با زئولیت ۷۰/۸۹ درصد و در مرحله پایانی ۶۷/۱ درصد می‌باشد. همان‌گونه که از شکل ۹ مشخص می‌شود وجود زئولیت اصلاح نشده تغییر چندانی در حذف فسفات نسبت به ستون یک بدون زئولیت را ندارد.

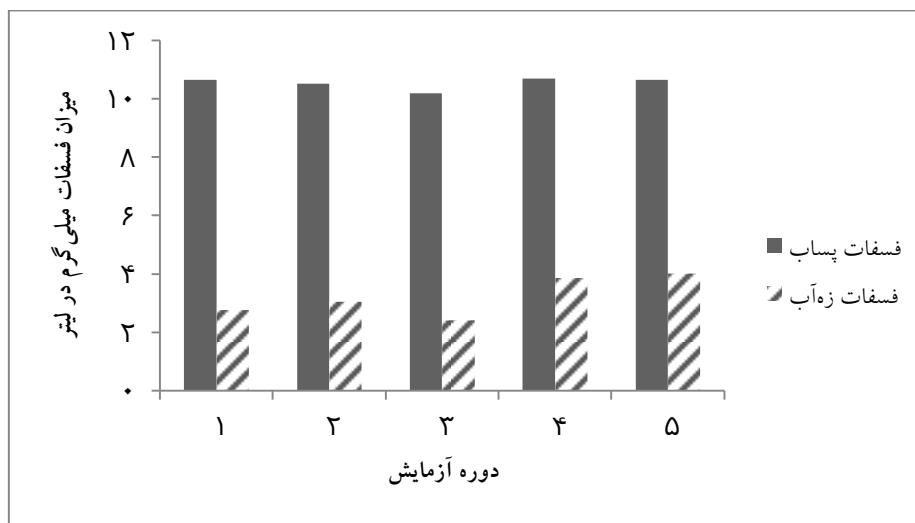
به منظور بررسی اثر زئولیت پخش شده در سطح خاک در کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه‌های خاک در روی ستون اول خاک (ستون سطحی) حدود ۲۰ سانتی‌متر زئولیت ریخته شد. شکل ۹، میزان کاهش فسفات در این ستون طی ۴۰ روز عبور آب به صورت غرقابی - خشکی را نشان می‌دهد. در مرحله اول کاهش



شکل ۹- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون اول با زئولیت در راهبرد غرقابی - خشکی

بعدی کم‌تر شده و در مرحله پنجم به ۶۲/۴ درصد رسید. شکل ۱۰ بیانگر این امر است که مقدار کاهش فسفات در اثر عبور پساب مقدار قابل توجه می‌باشد. لیکن توانایی کاهش فسفات در لایه اول در این راهبرد نسبت به این لایه بیش‌تر بود.

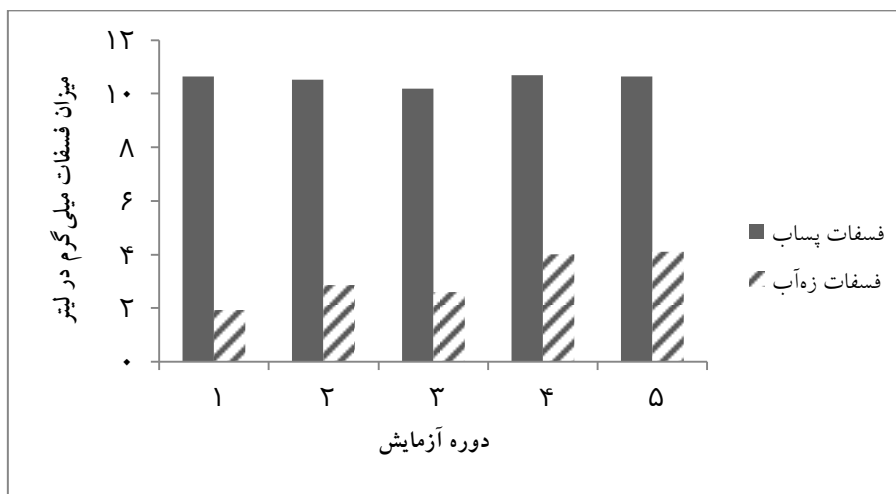
لایه دوم خاک منطقه با ضخامت ۲۰ متر از جنس لومی رسی (CL) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۲ متر) می‌باشد. شکل ۱۰ تغییرات فسفات موجود در پساب را در اثر عبور از این لایه نشان می‌دهد. طبق شکل ۱۰، در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه دوم خاک ۷۴/۸ درصد می‌باشد که در مراحل



شکل ۱۰- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه‌آب ستون دوم در راهبرد غرقابی - خشکی

سوم خاک ۷۲/۵۳ درصد می باشد که در مراحل بعدی کم تر شده و در مرحله پنجم به ۶۱/۴۷ درصد رسید. درصد حذف فسفات در این مرحله تقریباً شبیه لایه دوم بوده و از لایه اول کم تر است.

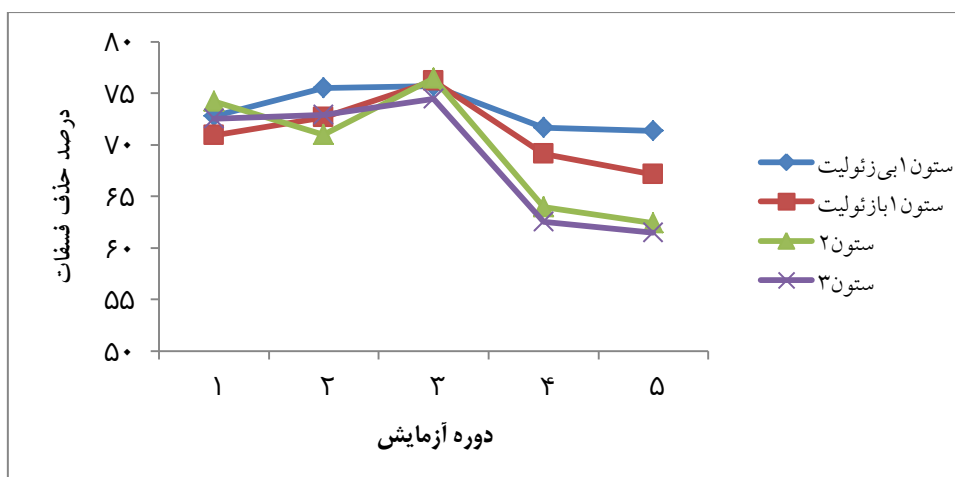
لایه سوم خاک منطقه با ضخامت ۱۰ متر از جنس رسی سیلتی (SC) (ضخامت لایه در مدل فیزیکی ۱ متر) می باشد. شکل ۱۱ تغییرات فسفات موجود در پساب را در اثر عبور از این لایه، نشان می دهد. در مرحله اول میزان کاهش فسفات پساب در اثر عبور از لایه



شکل ۱۱- مقایسه فسفات موجود در پساب و زه آب ستون سوم در راهبرد غرقابی - خشکی

خشکی نمودار مندرج در شکل ۱۲ ترسیم شد. همان گونه که از نمودار مذکور مشخص شد تمامی تیمارها عملکرد خوب و تقریباً یکسانی در حذف فسفات دارا می باشند.

به منظور بررسی و مقایسه میزان درصد حذف فسفات در چهار تیمار مورد پژوهش (ستون اول خاک بی زئولیت، ستون اول خاک بازئولیت، ستون دوم خاک، ستون سوم خاک) در راهبرد غرقابی -



شکل ۱۲- مقایسه درصد حذف فسفات در چهار تیمار در راهبرد غرقابی - خشکی

H_1 (راهبرد غرقابی دائمی موثرتر است) در نظر گرفته شد. اگر مقدار P -value به دست آمده در جدول از مقدار $\alpha = 0.05$ بزرگ تر باشد، فرض H_0 پذیرفته می شود و در غیر این صورت رد می شود. چهار متغیر ۱- ستون اول بدون زئولیت، ۲- ستون اول با زئولیت، ۳-

مقایسه آماری کاربرد دو راهبرد غرقابی دائمی و غرقابی خشکی برای مقایسه تاثیر راهبرد غرقابی - خشکی نسبت به راهبرد غرقابی دائمی از آزمون t در نرم افزار SPSS استفاده شد. برای انجام آزمون، دو فرض H_0 (راهبرد غرقابی - خشکی موثرتر است) و

همبستگی کمی بین داده‌ها وجود دارد و از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد که این مساله می‌تواند به علت وجود ناخالصی در ژئولیت باشد. اما در ستون‌های دیگر، نتایج آزمون نشان دهنده ضریب همبستگی بالای ۰/۸ می‌باشد و همبستگی خوبی وجود دارد. هم‌چنین تجزیه کوواریانس تغییرات فسفات در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاصله بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارهای مختلف از نظر کاهش میزان فسفات در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد.

ستون دوم و ۴- ستون سوم در نظر گرفته شد. P-value به دست آمده از آزمون برای متغیرهای مذکور در دو حالت غرقابی - خشکی و غرقابی داریم به ترتیب مقادیر ۰/۵۳، ۰/۸۳، ۰/۴۶ و ۰/۶۲ را نشان می‌دهد که از مقدار $\alpha = 0.05$ بیش‌تر است و فرض H_0 پذیرفته می‌شود و روش غرقابی - خشکی موثرتر است. هم‌چنین جهت تعیین معنی‌دار بودن نتایج به دست آمده برای کل تیمارها آزمون همبستگی با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام گردید. نتایج حاکی از آن است که در تیمارهای حاوی ژئولیت به خصوص در سنجش پارامتر فسفات

جدول ۱- تجزیه کوواریانس تغییرات و روند کاهش فسفات توسط ستون‌ها

منابع تغییرات	تعداد	فسفات
تکرار	۲	ns/۰.۳
ستون‌های خاک	۴	**۰/۰۱
مرحله نمونه‌برداری	۵	**۰/۰۸
ستون*مرحله	۲۰	**۰/۵۶
متغیر کووریت	۱	**۰/۱۶
خطا	۳۲	۰/۲۳۰
ضریب تغییرات	-	۹/۶۵

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر جهت بررسی اثرات کاربرد پساب تصفیه شده خانگی حاصل از تصفیه‌خانه شهر اراک برای تغذیه مصنوعی انجام گردید. برای این هدف، لایه‌های زون غیراشباع منطقه تا سطح آب زیرزمینی در آزمایشگاه شبه‌سازی گردید. پساب از محل خروجی تصفیه‌خانه برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. در این مطالعه حذف پارامتر فسفات در اثر عبور از لایه‌های زون غیراشباع تا سطح آب زیرزمینی در دو راهبرد غرقابی داریم و غرقابی - خشکی بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد اجرای این عملیات در حذف پارامتر فسفات موثر خواهد بود. از سه لایه آزمایشگاهی، لایه دوم با بافت لومرسی نتیجه بهتری را در حذف فسفات از خود نشان داد. لایه دوم نسبت به دو لایه دیگر دارای بافت سنگین‌تری است. هم‌چنین، به کار بردن یک لایه ژئولیت اصلاح نشده روی لایه اول تاثیر معنی‌داری در کاهش فسفات نداشت. نهایتاً راهبرد غرقابی - خشکی تاثیر بیش‌تری در حذف فسفات نسبت به راهبرد غرقابی داریم خواهد داشت.

منابع

ژئولیت و رزین بر کاهش نیترات و فسفات پساب برای استفاده در کشاورزی. مطالعه موردی پساب شهر محلات. فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۲۶: ۱۱۲-۱۲۵.

طاهری سودجانی، ه. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر استفاده از پساب شهرکرد و ذرات میکروژئولیت بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهرکرد.

حسن اقلی، ع و لیاقت، ع. ۱۳۸۸. تاثیر اجرای عملیات تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده شهرک اکباتان بر انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک به آبخوان کم‌عمق. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳: ۱-۱۴۳-۱۵۱.

Bouwer, A.N., Hamdi, M.R and Tarawneh, Z. 2009. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. Desalination. 237.1-3: 162-174.

Bekele, E., Toze, S., Patterson, B and Higginson, S. 2011. Managed aquifer recharge of treated wastewater: Water quality changes resulting from infiltration through the vadose zone. Water Research. 45.11: 5764-5772.

Rice, R and Bouwer, H. 1984. Soil- aquifer treatment using primary effluent. Journal of Water Pollutant.

شادکام، س.، دانش، ش.، علیزاده، ا و پروان، م.و. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر رقیق کردن پساب بر کاهش آلودگی منابع آب در استفاده مجدد از آن. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، یزد.

صفری، ا. و مظفری، ج.و. ۱۳۹۵. بررسی آزمایشگاهی اثر پرلیت،

Laboratory Simulation of the Effect of Wastewater Recharge on the Transfer of Phosphate Contamination to Aquifer (Case study: Arak Plain)

F. Mazaheri¹, J. Mozaffari^{2*}, M.J.Nahvinia³

Recived: Jun.14, 2018

Accepted: Sep.14, 2018

Abstract

In this research, Gavkhaneh area located in the north of Arak was selected to investigate the effect of wastewater recharge on aquifer contamination. For this purpose, layers in the unsaturated zone of the region were simulated to the surface of the ground using cylindrical columns made of PVC with a diameter of 25 cm. Three columns of soil were considered at 2, 2 and 1 meters respectively. Also, to study the effect of zeolite filter, the first column of soil was considered in two treatments of without Zeolite and with Zeolite. For implementation of artificial recharge with wastewater, two strategies of permanent submerging for 20 days and submerging-dryness for 40 days (one day of submerging and one day of drying) were used. The amount of phosphate for the input and output of wastewater was measured. The results show a high percentage of removal of phosphate in soil layers up to 75%. Also, better removal of phosphate in the second layer with heavier soil was done than the other two layers. The application of zeolite also has no effect on the reduction of phosphate levels. Finally, studies have shown that the submerging-dryness strategy is more effective than permanent submerging to remove phosphate. So that final absorption increased in the first layer up to 15% and in the third layer up to 16% than to permanent submerging. But in the second layer with a heavier texture, no change in final absorption was achieved.

Keywords: Artificial, Aquifer recharge, Phosphate, Wastewater

1- MSc student, Water Sciences and Engineering Department, Arak University

2- Assistant Professor, Water Sciences and Engineering Department, Arak University

3- Assistant Professor, Water Sciences and Engineering Department, Arak University

(*- Corresponding Author Email: Javad_370@yahoo.com)