



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هشتم، شماره دوم، ۱۴۰۰

۲۳-۴۲

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2021.19350.3482

مقاله کامل علمی - پژوهشی

کاربرد شن - ژئولیت - ژئوتکستایل به منظور کاهش نیترات فاضلاب و مقایسه کیفی آن با استانداردها

حمید شیروانی ایچی^۱، سید حسن طباطبائی^{۲*}، مهدی قبادی‌نیا^۳ و نگار نورمهنداد^۴

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، ^۲ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد،

^۳ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، ^۴ استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

چکیده

سابقه و هدف: در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، واکنش‌پذیری سطحی اندک فیلتر شن به منظور تصفیه فیزیکی-شیمیایی باعث شد محیط‌های فیلترکننده دیگری به کار روند که به همراه شن توانایی نگهداری آلاینده‌های فاضلاب را افزایش دهند. هدف از این پژوهش اولاً بررسی مقایسه کاربرد شن و ژئوتکستایل همراه با ژئولیت در فیلترها به منظور کاهش آلودگی نیترات در پساب و ثانیاً مقایسه پارامترهای کیفی پساب دانشگاه شهرکرد با استانداردهای جهانی بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در دانشگاه شهرکرد انجام شد. فاضلاب مورد استفاده از چاهک مشاهده‌ای واقع در نزدیکی درب شرقی دانشگاه شهرکرد تهیه شد. به منظور بررسی وضعیت نیترات موجود در آن، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل تیمار شاهد Ctrl (شن بدون کاربرد ژئولیت)، ژئوتکستایل بدون کاربرد ژئولیت J، شن-ژئوتکستایل بدون کاربرد ژئولیت SJ، شن به همراه ژئولیت SZ، ژئوتکستایل به همراه ژئولیت JZ و شن ژئوتکستایل به همراه ژئولیت SJZ بود. تیمارها درون ستون‌های استوانه‌ای از جنس لوله‌های پی‌وی سی ریخته شد. اندازه‌گیری نیترات فاضلاب ورودی و پساب خروجی با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد و بارمعلق، EC، pH، سدیم و مجموع کلسیم و منیزیم در فاضلاب ورودی تعیین و با استانداردها مقایسه شد. انجام آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد فیلترها بر مقدار نیترات پساب خروجی از ستون‌ها در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت. تیمارهای JZ، SJZ و SZ به ترتیب با کاهش ۵۷، ۵۵ و ۵۲ درصدی، بیش‌ترین کاهش نیترات را نشان دادند. تیمار شن طبق انتظار تأثیری روی نیترات نداشت. اندازه‌گیری‌ها نشان داد میزان نیترات پساب دانشگاه شهرکرد جهت استفاده در آبیاری، از مقدار مجاز بعضی سازمان‌ها، کم‌تر بود اما مطابق استاندارد فائو برای آبیاری مناسب نبود. هم‌چنین میزان EC (۱/۰۲ dS/m) و ذرات معلق (۱۰۹/۶ mg/L) طبق اکثر استانداردها بیش از حد مجاز برای آبیاری بود. حداقل و حداکثر مقدار pH به ترتیب ۷/۲ و ۸/۰۳ بود که از مقدار بیشینه، تمام استانداردها کم‌تر بود. SAR اندازه‌گیری شده پساب ورودی به فیلترها ۲/۱۴ بود که بر اساس استانداردها از نظر کاربرد در آبیاری مجاز بود.

* مسئول مکاتبه: tabatabaei@sku.ac.ir

نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان داد فیلتر شنی به تنهایی تأثیری بر مقدار بار معلق موجود در پساب نداشت اما کاربرد ژئوتکتایل و زئولیت در فیلترهای شنی می‌تواند سبب کاهش آلودگی نیترات ناشی از پساب شود. مقدار سدیم و مجموع کلسیم و منیزیم موجود در پساب از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا بیش‌تر بود. اما مقدار نسبت جذبی سدیم از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق تمام استانداردها کم‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آلودگی، بار معلق، فیلتر

مقدمه

کاربرد بدون برنامه‌ریزی پساب می‌تواند تبعات محیط‌زیستی بسیار نامطلوبی را به وجود آورد. بنابراین پایش و تصفیه مواد مضر از فاضلاب‌ها قبل از استفاده به‌منظور آبیاری امری ضروری است تا از این طریق بتوان حفاظت از محیط‌زیست و بهداشت عمومی را ضمانت کرد. برای به حداقل رساندن اثرات منفی آبیاری با فاضلاب اقدامات احتیاطی، دستورالعمل‌های سخت‌گیرانه و سیستم مناسب بازیافت فاضلاب موردنیاز است (۳۱). افزایش سطح شوری فاضلاب معمولاً در صورت استفاده مستقیم در آبیاری بدون تصفیه مناسب، پیامدهای منفی بر کیفیت خاک و رشد محصول دارد (۵ و ۲۱). در طی مطالعه‌ای مزایا و معایب کاربرد روش‌های مختلف آبیاری در هنگام بهره‌برداری از پساب مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داده شد که روش آبیاری قطره‌ای تنها روشی است که مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را رفع می‌نماید (۲۴). هم‌چنین کاربرد فیلتراسیون در آبیاری قطره‌ای باعث کاهش شاخص‌های آلودگی شد. نتایج مطالعات به این نکته اشاره دارد که کاربرد روش‌های قطره‌ای سطحی (DI) و زیرسطحی (SDI) در کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی در مقایسه با روش آبیاری سطحی بسیار مؤثر است علت این امر این است که در این روش‌ها خاک هم‌چون فیلتر عمل می‌کند و آلودگی

بیولوژیکی کم‌تری وارد محیط خاک سطحی شده است (۱۳، ۲۳، ۲۰ و ۳۰). نتایج پژوهشی بر روی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نشان داد که غلظت نیترات و EC در خاک اشباع تحت‌تأثیر کیفیت آب قرار دارد و این دو پارامتر خاک در تیمارهای آبیاری فاضلاب در مقایسه با آب چاه به میزان قابل‌توجهی بالاتر است. به‌علاوه غلظت نیترات در خاک تحت‌تأثیر عمق نصب و فاصله نصب قطره‌چکان‌ها است (۳۲). در بررسی کاکماکی و سهین (۲۰۲۱) روش‌های قطره‌ای میزان شوری و محتوای فلزات سنگین را به‌میزان قابل‌توجهی کاهش داد (۵). طبق بررسی ناظم و همکاران (۲۰۲۱) در جریان‌های سریع آب مثل جریان در سیستم آبیاری سطحی، بیلان جرمی نیترات انتقال‌یافته به اعماق خاک بیش‌تر و در جریان‌ات کندتر آب مثل آبیاری قطره‌ای با دبی اندک، بیلان جرمی کلراید آبشویی شده بیش‌تر بود (۲۲).

یکی از راه‌حل‌های اقتصادی استفاده مجدد از فاضلاب با شوری بالا، استفاده از زئولیت‌های طبیعی یا مصنوعی به‌عنوان مبدل یونی و جاذب است (۳۳). به‌علاوه یکی از روش‌های بیولوژیکی حذف نیترات نیز استفاده از زئولیت است (۱۵). به دلیل هزینه سنگین و یا کارایی محدود، در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تصفیه طبیعی و کاربرد جاذب‌های ارزان‌قیمت مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. این‌گونه روش‌های طبیعی که تا حد امکان نیاز به

در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، کارایی خوبی در حذف نیترات از خود نشان دادند و با افزایش غلظت نیترات به ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این مقدار به ۲۸/۱٪ رسید (۱۲). احسانگر و همکاران (۲۰۱۳) برای کاهش نیترات از زئولیت اصلاح‌شده با اسیدکلریدریک ۱ نرمال، کربن‌فعال و شن استفاده کردند که نتایج نشان داد قرار گرفتن زئولیت در لایه بالای کربن‌فعال باعث افزایش درصد کاهش نیترات (حدود ۶۰ درصد) می‌شود که علت آن افزایش زمان ماندن پساب در این ستون، به‌علت تأثیر ضریب آگذری کم‌تر زئولیت و تخلخل کم‌تر آن، نسبت به کربن‌فعال ذکر شد (۶). در پژوهش صورت گرفته توسط ملکیان و همکاران (۲۰۱۱) با کاربرد ذرات میلی‌متر و نانومتر زئولیت در لایه سطحی خاک، اثر اندازه‌ی ذرات بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار نشد (۱۴).

تجربه‌های حاصل از کاربرد مواد ژئوسنتتیک به‌عنوان فیلتر-زهکش‌ها طی ۵۰ سال گذشته، ثابت کرده که این مواد دارای مزایای قابل‌توجهی نسبت به مواد معدنی متداول (شن و ماسه) می‌باشند (۲۶). استفاده از ژئوتکستایل (به‌عنوان مثال لوله‌های ژئوتکستایل) در برنامه‌های تصفیه فاضلاب در حال افزایش است (۱۰). آنشو و همکاران (۲۰۰۸) در طی پژوهش‌های خود نشان دادند که استفاده از ژئوتکستایل و لایه‌ی شن در بهبود کیفیت رواناب و آب زهکشی برای گیاهان و دام بسیار مناسب بوده و اثر استفاده از این لایه‌ها بر پارامترهایی از جمله: NO_2-N ، TS ، TN ، TP ، COD و EC در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است (۲). طباطبائی و نجفی (۲۰۰۹) کاربرد محفظه‌هایی از شن و ژئوتکستایل را در سیستم SDI در کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها پیشنهاد دادند و بیان کردند کاربرد طولانی‌مدت این سیستم در اطراف قطره‌چکان‌های ناحیه‌ی ریشه برای گیاهان فصلی با ریشه‌های سطحی مناسب است. این

استفاده از ابزارها و دستگاه‌های پیچیده و هزینه احداث دستگاه‌های تصفیه را کاهش می‌دهند، می‌توانند مقرون‌به‌صرفه و مؤثر باشند (۱). زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت به دلیل خاصیت انتخاب‌پذیری بیش‌تر کاتیون‌ها، ظرفیت بالای تبادل یونی، مقاومت به شرایط محیطی و فراوان‌تر بودن، بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۷). تبادل یونی از خواص مهم زئولیت‌ها است که با تحرک کاتیون‌ها و مولکول‌های آب موجود در کانال‌ها و حفره‌های زئولیت و بدون تغییر ساختاری آن میسر می‌شود (۲۹). استفاده از زئولیت‌ها برای جذب مواد آلاینده از خاک، آب و فاضلاب به دلیل کم‌هزینه بودن، در دسترس بودن، خواص مکانیکی و حرارتی خوب، ظرفیت جذب بالا و عدم آلودگی محیط‌زیست به‌سرعت افزایش یافته است (۱۷).

نتایج سلیمانی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد با تغییر بار سطحی کانی، جذب نیترات از آب‌های زیرزمینی با بیش از دو برابر افزایش، به ۱۶ میلی‌اکی‌والان بر گرم زئولیت رسیده است (۲۹). نائیج و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که استفاده از زئولیت اصلاح‌شده به‌وسیله نانوذرات آهن عملکرد مثبتی در حذف نیترات داشته است (۱۹). مهدوی و همکاران (۲۰۱۱) حذف نیترات از زه‌آب کشاورزی با استفاده از زئولیت سمنان به دو صورت طبیعی و اصلاح‌شده توسط هگزادسیل‌تری‌متیل‌آمونیم بروماید را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که زئولیت اصلاح‌شده کارایی خوبی در جذب نیترات از محلول‌های آزمایشگاهی و زه‌آب کشاورزی دارد. وی عنوان کرد زئولیت اصلاح‌نشده با حداکثر میزان حذف ۱۶٪ در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر جذب قابل‌قبولی ندارد و با افزایش غلظت نیترات به ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، میزان حذف به ۵/۴٪ کاهش یافت. اما زئولیت‌های اصلاح‌شده با حداکثر مقدار حذف ۷۹/۷٪

مواد به‌جای شن، پژوهشی در تابستان سال ۱۳۹۳ در دانشگاه شهرکرد انجام شد. فاضلاب مورد استفاده در این طرح از چاهک مشاهده‌ای واقع در نزدیکی درب شرقی دانشگاه شهرکرد، به‌وسیله پمپ کف‌کشی Stream مدل SPC6-39.3-1.5AF با حداکثر فشار ۴۲ متر و حداکثر دبی ۲۴۰ لیتر بر دقیقه (که علاوه بر صافی خود پمپ اطراف آن با یک توری سیمی به‌منظور آشغال‌گیری پوشانده شده بود)، به درون حوضچه ماند پمپاژ می‌شد. و پس از گذشت مدت زمان ماند ۲۴ ساعت به ستون‌های آزمایشی وارد گردید. ستون‌های آزمایشی از جنس پی‌وی‌سی ۱۱۰ به قطر داخلی ۱۰/۵ سانتی‌متر و با ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر انتخاب شد. میانگین مقادیر برخی پارامترهای فاضلاب ورودی به تیمارها در جدول ۱ آورده شده است.

فیلتر هدایت الکتریکی را بهبود بخشیده و هم‌چنین با تأثیر بر پارامترهای آلوده‌کننده، خطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد (۳۰).

هدف از این پژوهش مقایسه پارامترهای کیفی پساب کاربردی با استانداردهای برخی از سازمان‌ها از جمله فائو، محیط‌زیست آمریکا، محیط‌زیست ایران، باکس و ناکایاما (۱۹۸۰) و رو و عبدالمجید (۱۹۹۵) است (۲۵ و ۱۸). هم‌چنین از آن‌جاکه سیستم آبیاری قطره‌ای یکی از سامانه‌های مناسب جهت کاربرد پساب است، فیلتر مناسب جایگزین فیلتر شنی از نظر کاهش آلودگی نترات در آن تعیین شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت نترات موجود در فاضلاب دانشگاه شهرکرد پس از عبور از فیلترهای ژئوتکستایل و ژئولیت و بررسی امکان جایگزینی این

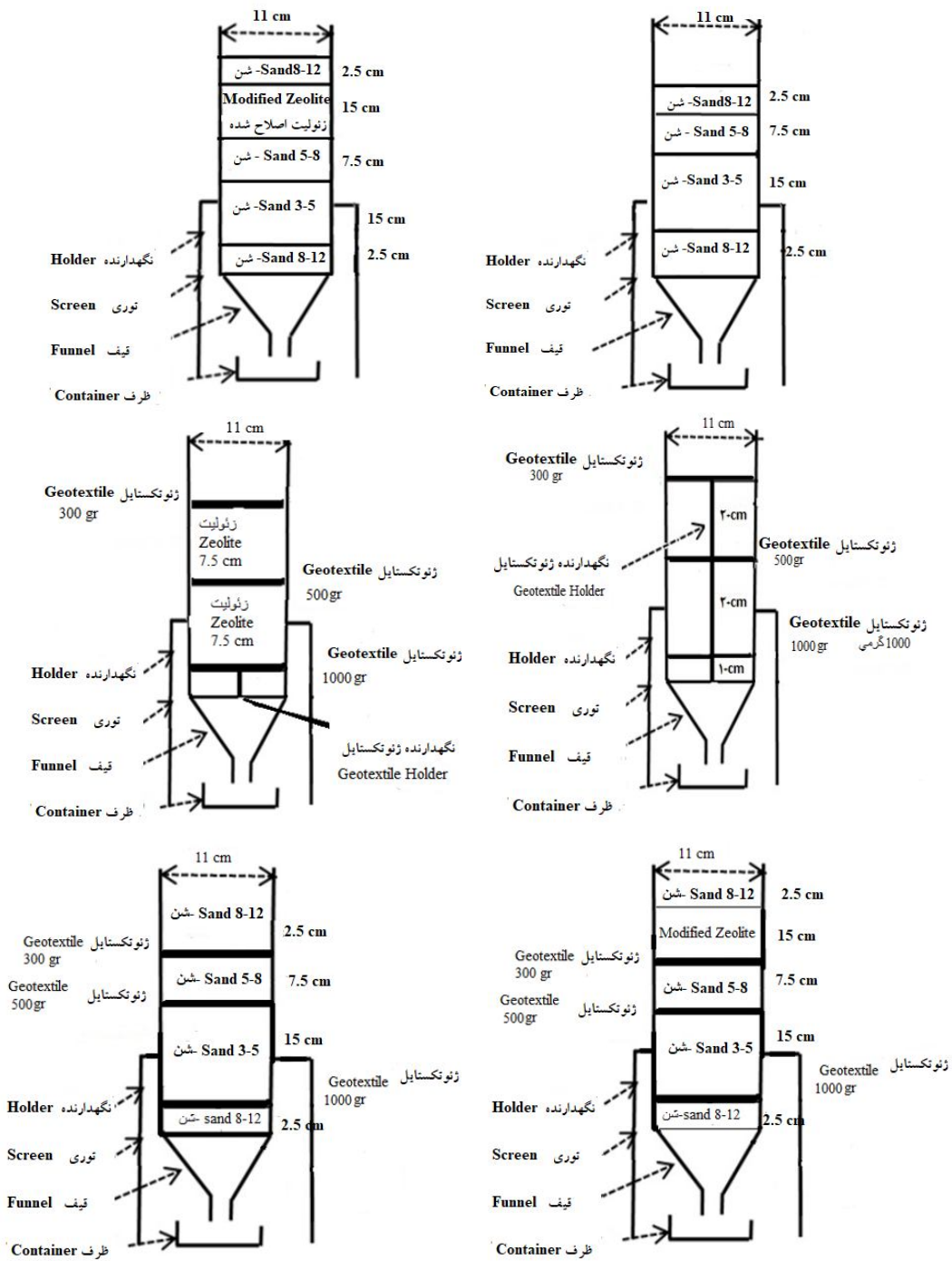
جدول ۱- میانگین برخی پارامترهای فاضلاب دانشگاه شهرکرد

Table 1. Average of some wastewater parameters of Shahrekord University.

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته	مجموع کلسیم و منیزیم (meq/L)	سدیم (meq/L)	نترات (mg/L)	مواد جامد معلق
EC (dS/m)	pH	Ca+Mg (meq/L)	Na (meq/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	TSS (mg/L)
1.02	7.74	5.14	3.4	26	109.3

هریک از تیمارها با علامت‌های اختصاری خاصی نمایش داده می‌شوند که در جدول ۲ نشان داده شده است. شکل ۱ به‌صورت شماتیک تیمارهای مطالعات ستونی انجام‌شده را نشان می‌دهد.

آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورها عبارت بودند از: فاکتور اول، نوع فیلتر پایه در سه سطح شامل: ۱- ژئوتکستایل، ۲- شن و ۳- شن-ژئوتکستایل. فاکتور دوم، مکمل ژئولیتی در کنار فیلتر پایه در دو سطح شامل: ۱- کاربرد ژئولیت و ۲- بدون کاربرد ژئولیت.



شکل ۱- شماتیک تیمارها (شن ۳-۵، منظور شن با دانه بندی ۳ تا ۵ میلی متر است، شن ۵-۸ منظور شن با دانه بندی ۵ تا ۸ میلی متر و شن ۸-۱۲ منظور شن با دانه بندی ۸ تا ۱۲ میلی متر است).

Figure 1. Schematic of treatments (Sand 3-5 means sand with a grain size of 3 to 5 mm, Sand 5-8 means sand with a grain size of 5 to 8 mm, Sand 8-12 means sand with a grain size of 8 to 12 mm).

جدول ۲- تیمارهای مطالعات ستونی.

Table 2. Column Studies Treatments.

روش کاربرد زئولیت و شن و ژئوتکستایل Method of application of zeolite, sand and geotextile	علامت اختصاری Abbreviation	ردیف Row
فقط شن بدون کاربرد زئولیت (تیمار شاهد) Only sand without zeolite (control treatment)	Ctrl	1
فقط ژئوتکستایل بدون کاربرد زئولیت Only Geotextile without zeolite	J	2
شن و ژئوتکستایل بدون کاربرد زئولیت Sand and Geotextile without zeolite	SJ	3
شن به همراه زئولیت اصلاح شده Sand with modified zeolite	SZ	4
ژئوتکستایل به همراه زئولیت اصلاح شده Geotextile with modified zeolite	JZ	5
شن و ژئوتکستایل به همراه زئولیت اصلاح شده Sand and Geotextiles with modified zeolite	SJZ	6

S بیانگر شن، Z بیانگر زئولیت اصلاح شده و J بیانگر ژئوتکستایل است.

S represents sand, Z represents modified zeolite, and J represents Geotextiles.

از آنجایی که هدف استفاده از ژئوتکستایل در این پژوهش کاهش بار معلق پساب بود و مشخص نبود ذرات با چه اندازه‌هایی قرار است از ژئوتکستایل عبور کند بنابراین ملاک انتخاب ژئوتکستایل اندازه ذرات مجاز برای استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری قطره‌ای در نظر گرفته شد و با توجه به آن ژئوتکستایل‌ها انتخاب گردید. ژئوتکستایل‌های استفاده شده در این پژوهش سه نوع ژئوتکستایل دارای وزن‌های ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم در هر مترمکعب بود که از شرکت بهساز نسج کرمان تهیه شدند.

زئولیت استفاده شده در این طرح از نوع کلینوپتیلولایت، محصول شرکت افرند توسکا بود که با نام تجاری آنزیمیت عرضه می‌شود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی آنزیمیت، به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود نوع زئولیت کلینوپتیلولایت استفاده شده، سدیک پتاسیک کلسیک است.

شن مورد استفاده در این پژوهش، از دو نوع شن‌های سیلیسی معمول مورد استفاده در فیلتر شنی و از شن‌های کوارتزی بود که در سه اندازه ۳-۵، ۵-۸ و ۸-۱۲ میلی‌متری استفاده شد. به منظور زدودن هر نوع آلودگی و ذرات خاک و افزایش دقت کار در اندازه‌گیری بار معلق پساب، شن‌ها قبل از استفاده چندین بار با آب معمولی شستشو داده شد. از آنجاکه از یک ارتفاعی به بعد مواد به کار برده شده در فیلترها توانایی تصفیه بیش‌تر آب را ندارند و حداکثر ارتفاع مؤثر، ۱/۵ متر است، بنابراین معمولاً ارتفاع شن یک متر است که با در نظر گرفتن بستر فیلتر و پخش‌کننده آب ارتفاع فیلترهای شنی به ۱/۵ متر می‌رسد. در این پژوهش به علت کوتاه‌تر بودن ارتفاع فیلترها، ارتفاع هراندازه شن با توجه به مقادیر آن در اندازه‌های معمول فیلترها، متناسب با ارتفاع فیلتر مورد استفاده شده، تعیین شد.

جدول ۳- مشخصات فیزیکی زئولیت.

Table 3. Physical characteristics of zeolite.

توضیح یا مقدار Explanation or amount	پارامتر Parameter
کریستاله - سفید متمایل به سبز روشن - بدون بو Crystal - light greenish white - odorless	ویژگی ظاهری Appearance
140-160	ظرفیت تبادل یونی (میلی اکی والان در صد گرم) Ion exchange capacity (meq/100gr)
1.83 بیش از یک تا حداکثر More than one up to a maximum of 1.83	وزن مخصوص (گرم در سانتی متر مکعب) Specific gravity (gr/cm ³)
85-95	خلوص کانی ها (درصد) Purity of minerals (%)
63	تخلخل (درصد) Porosity (%)
1-2	اندازه ذرات (میلی متر) Particle size (mm)

جدول ۴- مشخصات شیمیایی زئولیت.

Table 4. Chemical characteristics of zeolite.

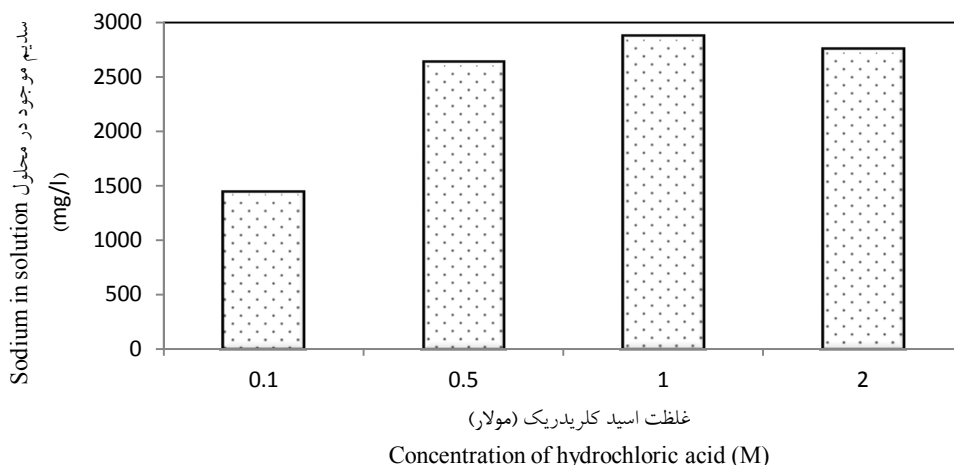
(K ₂ , Na ₂ , Ca, Mg) ₃ Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂ . 24H ₂ O (%)										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	L.O.I
66.5	11.81	0.21	1.3	3.11	0.72	3.12	2.01	0.04	0.01	12.05

اضافه و اصلاح به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. سپس فاز جامد جداسازی شد و توسط آب مقطر شستشو داده شد (شستشو تا زمانی که pH زه آب شستشو به ۷ برسد ادامه یافت). بعد از اتمام شستشو زئولیت حاصل در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شد. انتخاب بر اساس تغییرات حاصل، بر پایه افزایش غلظت یون سدیم در محلول پس از اصلاح انجام شد. تغییرات به معنی خروج سدیم از ساختار زئولیت و جایگزینی یون هیدروژن به جای آن به منظور ایجاد ساختاری متخلخل تر با سطح ویژه بیشتر برای زئولیت، به منظور جایگزینی یون نیترات بود. به همین منظور زئولیت در معرض غلظت های مختلف اسید کلریدریک قرار گرفت. به طوری که از شکل ۲

در این پژوهش به منظور افزایش جذب، با توجه به اندازه خود ذرات زئولیت، برای استفاده حداکثری بدون نیاز به اعمال تغییرات در اندازه ذرات، زئولیت ها با الک های مش ۱۰ و ۱۸ الک شد تا اندازه ذرات بین ۱ تا ۲ میلی متر جدا شده و استفاده شود. مراحل اصلاح شیمیایی زئولیت به این صورت بود که ابتدا جهت تمیز شدن زئولیت ها و جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه گیری بار معلق، زئولیت چندین بار با آب معمولی شسته شد و سپس مقداری زئولیت در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد و به ترتیب به هر ظرف مقداری از اسید (با نسبت جرم به حجم یک به ده) با غلظت مولی ۰/۵ مولار (غلظت انتخابی جهت اصلاح اسید با توجه به نتایج آزمایش ها)،

به نسبت زیاد اسیدکلریدریک و هزینه‌بر بودن استفاده از آن با غلظت‌های زیاد جهت اصلاح ژئولیت، تصمیم بر آن شد که از غلظت نیم مولار جهت اصلاح ژئولیت استفاده شود.

مشخص است، غلظت یک مولار کارایی بالاتری از سایر غلظت‌ها نشان داده است. از آن‌جاکه هدف ما از این پژوهش نزدیک شدن به شرایط عملی بوده و نتیجه غلظت نیم مولار هم تفاوت قابل‌توجهی نسبت به غلظت یک مولار ندارد، بنابراین با توجه به قیمت



شکل ۲- اثر غلظت اسیدکلریدریک بر فرایند اصلاح ژئولیت کلینوپتیلولایت با تاکید بر غلظت یون سدیم محلول پس از آزمایش.

Figure 2. Effect of hydrochloric acid concentration on the process of Clinoptilolite zeolite modification with emphasis on dissolved sodium ion concentration after testing.

آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری بار معلق، EC و pH در محل آزمایشگاه آبیاری و اندازه‌گیری نترات، سدیم و مجموع کلسیم و منیزیم در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. برای اندازه‌گیری بار معلق، ۱۰۰ میلی‌لیتر از هر نمونه از صافی عبور داده شد و سپس صافی‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شدند.

در کل مراحل این پژوهش نمونه‌برداری‌ها از پساب ورودی و پساب خروجی، در بطری‌های ۳۰۰ میلی‌لیتری پلی‌اتیلنی سفید ساخته‌شده از مواد درجه یک، که برای جلوگیری از نفوذ نور با پلاستیک‌های تیره‌رنگ پوشانده شده بودند و از قبل اسید شویی شده و سپس با آب مقطر شستشو شده بودند، انجام شد. بطری‌های حاوی نمونه‌ها برای جلوگیری از ورود هوا کاملاً پر شده و داخل یخدان و زیر یخ به آزمایشگاه منتقل شدند و در آنجا در یخچال نگهداری شد و اندازه‌گیری‌ها در اسرع وقت انجام گرفت.

جدول ۵- روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای پساب.

Table 5. Methods of measuring wastewater parameters.

روش اندازه‌گیری Measurement method	پارامتر Parameter
سالیسیلیک اسید (دستگاه اسپکتروفوتومتر) Salicylic acid (spectrophotometer)	نیتрат NO ₃ ⁻
فیلتر و کاغذ صافی Filter paper	کل ذرات معلق TSS
هدایت سنج Conductivity meter	قابلیت هدایت الکتریکی EC
pH متر pH meter	اسیدیته pH
تیتراسیون با EDTA Titration Using EDTA	مجموع کلسیم و منیزیم Ca+Mg
دستگاه فلیم فتومتر Flame photometer	سدیم Na

هریک از تیمارها، تیمار شن به‌عنوان مبنا انتخاب شد و با محاسبه جرم و حجم مقدار مشخصی از لایه‌های مختلف فیلتر، چگالی ظاهری هر لایه محاسبه شد و با داشتن وزن مخصوص حقیقی سیلیس از منابع موجود، تخلخل آن لایه محاسبه گردید. سپس مقدار ۱/۵nv لیتر آب (n تخلخل لایه سیلیس و v حجم لایه سیلیس) برای هر لایه در نظر گرفته شد و با جمع کردن این مقدار برای لایه‌های مختلف، حجم کل فاضلاب ورودی به ستون به دست آمد که مقدار آن ۳/۵ لیتر بود. در ضمن پیش از شروع آزمایش همین مقدار آب مقطر به هریک از تیمارها جهت شستشو تزریق شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فیلترها بر مقدار نیترات پساب خروجی از ستون‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت، هم‌چنین ترکیب آن‌ها با زئولیت نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

به‌منظور انتخاب بهترین تیمارها جهت کاهش نیترات پساب، مطالعات ستونی انجام گرفت. در این آزمایش‌ها درواقع از فیلتر کند استفاده شد که تنها با بارنقل کار می‌کرد. این کار در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه شهرکرد انجام شد. فاضلاب، از چاهک مشاهده‌ای به‌وسیله پمپ کف‌کشی، به درون یک ظرف تمیز پمپاژ شده و به آزمایشگاه مکانیک خاک منتقل شد. برای پر کردن ستون‌ها و حجم فاضلاب ورودی، واحدهای آزمایشی در این پژوهش داخل ستون‌های استوانه‌ای از جنس لوله‌های پی‌وی‌سی ۱۱۰ به قطر داخلی ۱۰/۵ سانتی‌متر و با ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر پیاده شد. در هر ستون مقداری از فضای بالای ستون برای اعمال حجم آب موردنظر رها گردید و ارتفاع مواد داخل ستون‌ها در هر تیمار نیز مشابه اندازه ارتفاع آن‌ها در فیلترهای شنی سیستم تصفیه (شکل ۱) گرفته شد. به‌منظور انسداد بخش انتهایی ستون‌ها و درعین حال برقراری امکان خروج آب از توری فلزی با قطر روزه‌های یک میلی‌متر استفاده شد. برای محاسبه میزان حجم آب ورودی به

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مقدار نیترات پساب در تیمارها.

Table 6. Analysis of variance of wastewater nitrate in treatments.

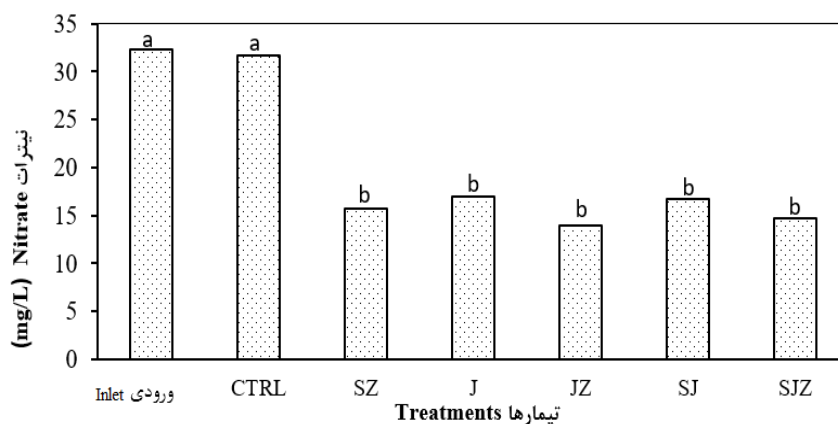
میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of changes
130.7**	2	فیلتر پایه Basic filter
220.5**	1	مکمل Complementary
91.5**	2	پایه در مکمل Basic filter* complementary
6.8	14	خطا Error
12.86		ضریب تغییرات Coefficient of variation

** معنی داری در سطح یک درصد

** Significance at 1 percent

از جمله نیترات ندارد اما در تیمارهای دارای زئولیت به سبب سطح ویژه بالای آن، جذب سطحی نیز افزایش می‌یابد. در واقع زئولیت به علت داشتن خاصیت تبادل یونی بالا، با آزاد کردن برخی یون‌ها و جذب یون نیترات و قرار دادن آن در حفرات و کانال‌های ساختمان خود باعث کاهش نیترات می‌گردد. این موضوع با نظر احسانگر و همکاران (۲۰۱۳) نیز مطابقت دارد (۶).

نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳) نشان داد در تمام تیمارها نیترات کاهش یافت. مقدار این کاهش به جز در تیمار شن، در تمامی تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری با فاضلاب ورودی داشت. هم‌چنین نتایج نشان داد به جز تیمار شن، میزان کاهش نیترات نسبت به فاضلاب ورودی، در تیمارهای مختلف با همدیگر نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. دلیل این موضوع آن است که تیمار شن (CTRL) اغلب به‌عنوان یک فیلتر فیزیکی عمل می‌کند و تأثیری بر جذب مواد

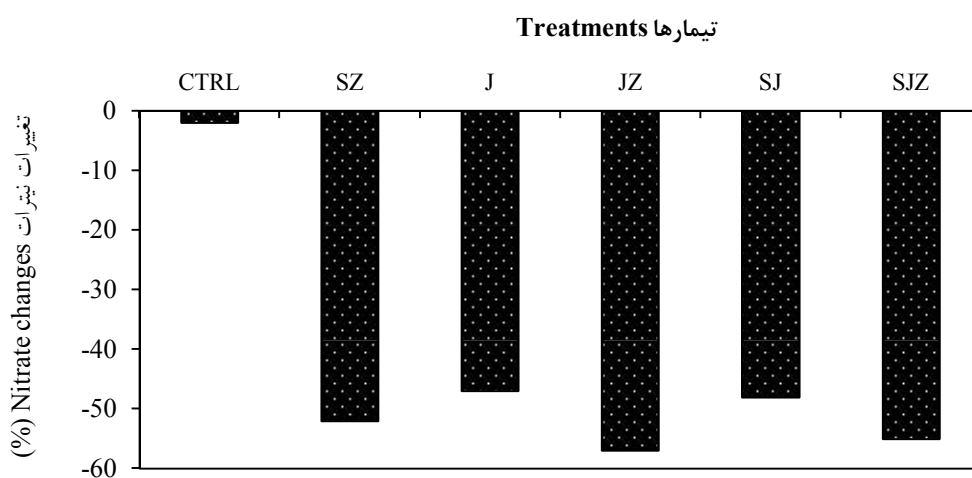


شکل ۳- مقدار میانگین نیترات فاضلاب ورودی و پساب خروجی در تیمارها.

Figure 3. The average of nitrate in the effluent and wastewater in the treatments.

مشاهده کردند که در pH برابر ۷ حداکثر راندمان جذب نیترات توسط زئولیت حدود ۶۹٪ بود (۲۸). طبق بررسی صفری و مظفری (۲۰۱۷) وجود لایه زئولیت باعث کاهش سرعت نفوذ پساب به داخل خاک شده و در نتیجه زمان ماند نیترات داخل خاک افزایش یافته و همین امر باعث کاهش آبشویی نیترات می‌شود (۲۷).

شکل ۴ نشان می‌دهد که تیمارهای JZ، SJZ و SZ بیش‌ترین کاهش نیترات را داشتند که مقدار این کاهش برابر ۵۷، ۵۵ و ۵۲ درصد به ترتیب در تیمارهای ذکر شده بود و بعد از آن‌ها تیمارهای SJ و J با کاهش ۴۸ و ۴۷ درصد، قرار داشت. تیمار شن نیز تقریباً تأثیری بر نیترات نداشت. سیروس‌پور و همکاران (۲۰۱۷) یک سیستم تصفیه نفوذپذیر فعال به‌منظور حذف نیترات موجود در رواناب به‌کاربرده و

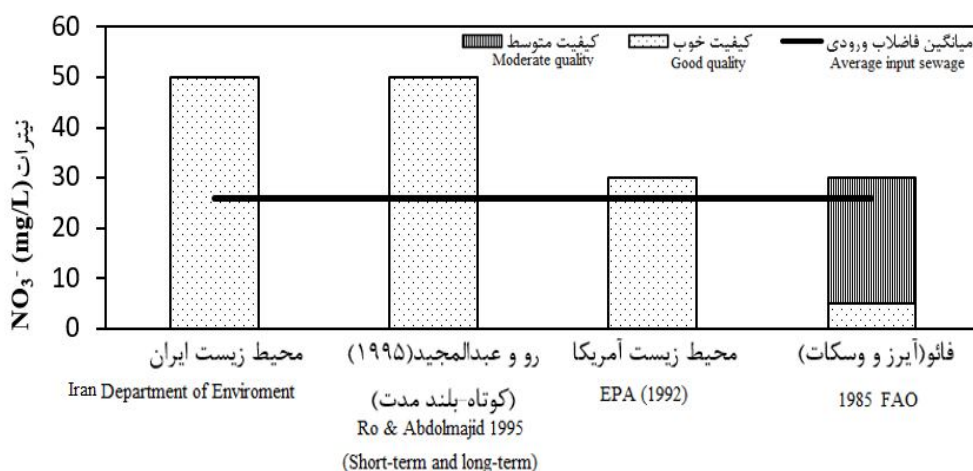


شکل ۴- میانگین درصد تغییرات نیترات فاضلاب در تیمارها.

Figure 4. Mean percentage of wastewater nitrate changes in treatments.

نیترات زیاد در آبیاری استفاده نمود (۳ و ۱۳). اما بر اساس استاندارد محیط‌زیست آمریکا (۱۹۹۲)، رو و عبدالمجید (۱۹۹۵) و محیط‌زیست ایران از نظر نیترات پساب مشکلی وجود نداشت. براساس استانداردهای کیفی کشور اردن جهت استفاده از فاضلاب خانگی برای آبیاری گیاهان علوفه‌ای، جنگلی و صنعتی و سبزیجات پخته نشده، حد مجاز نیترات ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ذکر شده بنابراین مقدار اندازه‌گیری شده در این پژوهش از آن نیز کم‌تر است (۱۳).

مقایسه ویژگی‌های فاضلاب ورودی با استانداردهای موجود نشان داده است که در مورد نیترات موجود در فاضلاب، همان‌طور که از شکل ۵ مشخص است، برخلاف تصور اولیه مبنی بر نامناسب بودن میزان نیترات فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد جهت استفاده در آبیاری، مقدار این پارامتر، از مقدار مجاز بعضی سازمان‌ها، کم‌تر است. اگرچه مطابق استاندارد آیرز و وسکات (در شرایط کیفیت پساب خوب)، نمی‌توان از فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد به خاطر

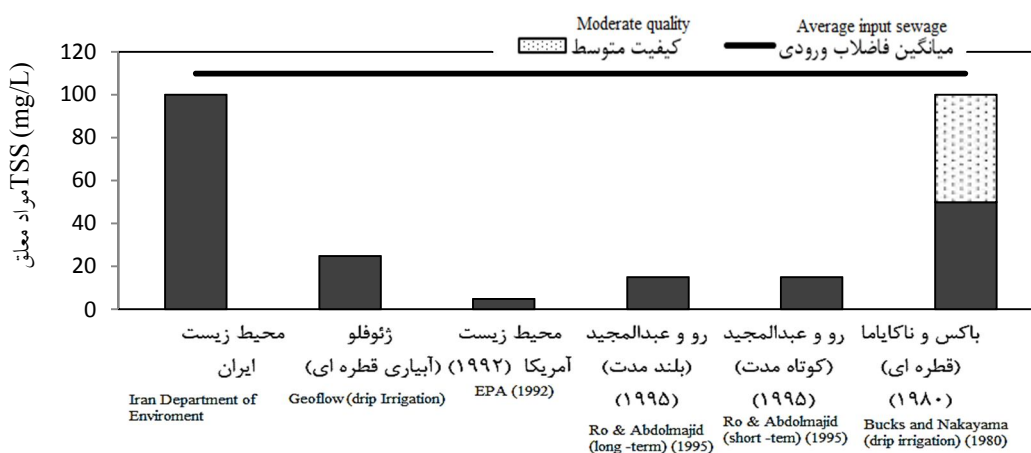


شکل ۵- مقایسه غلظت نترات فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمان‌ها.

Figure 5. Comparison of wastewater nitrate concentration of Shahrekord University with the standard of some organizations.

در هرگونه آبیاری دیگر نیز بیشتر است. دلیل بالا بودن مواد معلق آن است که بدون طراحی و پیاده‌سازی مجموعه‌های متداول تصفیه فاضلاب و صرفاً به‌منظور بررسی اثر فیلترها برای تصفیه پساب یک مجموعه کوچک از این پساب استفاده شد.

مطابق شکل ۶، مقدار بار معلق موجود در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد علاوه بر این‌که از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری قطره‌ای، طبق استاندارد مؤسسه ژئوفلو و مقدار مجاز اعلام شده توسط باکس و ناکایاما (۱۹۸۰)، بیش‌تر است (۳)، از مقدار مجاز موجود در سایر استانداردها برای استفاده

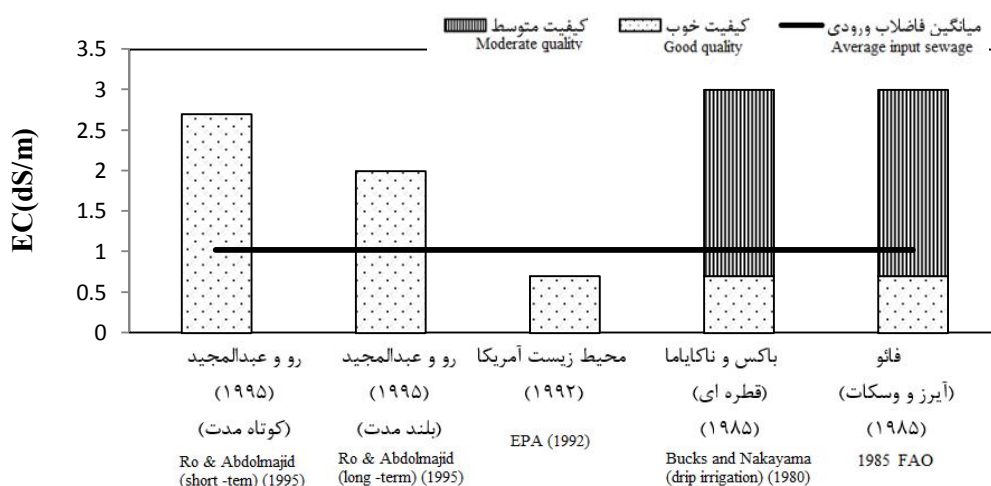


شکل ۶- مقایسه غلظت بار معلق فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمان‌ها.

Figure 6. Comparison of Shahrekord University wastewater TSS with the standard of some organizations.

در آبیاری استفاده نمود (۳). آب‌های آبیاری از نظر کیفی به چهار دسته شوری کم، لب‌شور، شوری متوسط و شوری زیاد تقسیم می‌شود (به نقل از کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۰۰۲) بر این اساس پساب دانشگاه در گروه شوری کم قرار دارد و می‌توان از آن برای آبیاری تمام گیاهان استفاده نمود. این نتیجه با نتایج کابوسی (۲۰۱۵) و قاسمی و دانش (۲۰۱۲) که به ترتیب تصفیه‌خانه بندرگز و شهر مشهد را مورد ارزیابی قرار دادند مطابقت دارد. طبق نتایج آن‌ها و براساس راهنمای آیرز و وسکات از نظر EC پساب تصفیه‌خانه برای آبیاری اراضی محدودیتی نداشت (۸ و ۱۱).

مطابق شکل ۷، مقدار پارامتر EC در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد (۱/۰۲ dS/m)، به جز استاندارد رو و عبدالمجید، از مقدار مجاز بقیه سازمان‌ها بیش‌تر است. البته لازم به ذکر است که در استاندارد آیرز و وسکات و همچنین مقدار مجاز باکس و ناکایاما (۱۹۸۰) برای استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای، مقدار مجاز قابلیت هدایت الکتریکی در شرایط کیفیت متوسط پساب برای استفاده در آبیاری، بین ۰/۷ تا ۳ می‌باشد و این در حالی است که مقدار EC میانگین فاضلاب ورودی ۱/۰۲ dS/m است، بنابراین در این دو استاندارد، با قبول شرایط کیفیت متوسط برای پساب، می‌توان از این فاضلاب

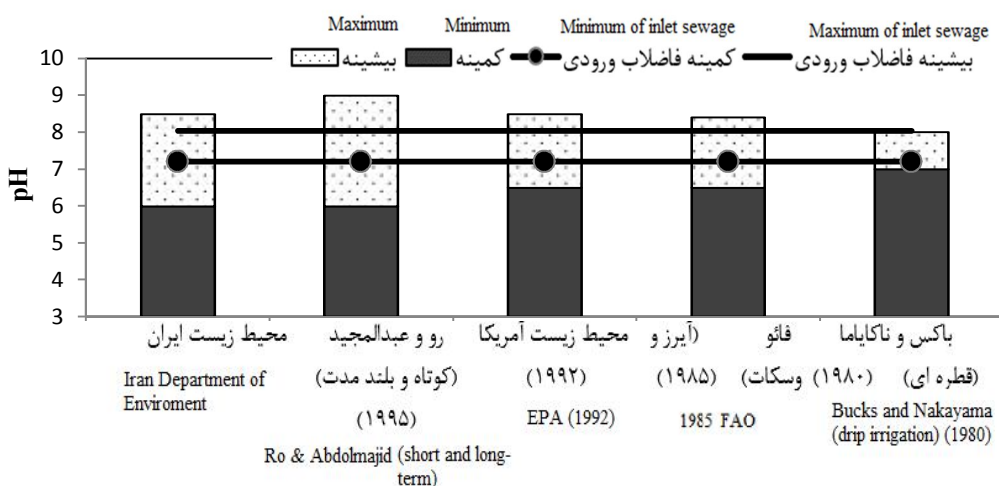


شکل ۷- مقایسه EC فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمان‌ها.

Figure 7. Comparison of Shahrekord University wastewater EC with the standard of some organizations.

آبیاری، از لحاظ مقدار pH وجود ندارد (شکل ۸). این موضوع با استاندارد وزارت نیرو (۲۰۱۰) نیز مطابقت دارد. براساس این استاندارد مقدار pH بین ۶ تا ۸/۵ برای آبیاری مجاز است (۱۶).

مقدار کمینه و بیشینه پارامتر pH در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد، از مقدار کمینه آن در تمامی استانداردها بیش‌تر است و از مقدار بیشینه، در تمامی استانداردها کم‌تر یا مساوی آن است. بنابراین مشکلی در استفاده از فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد در

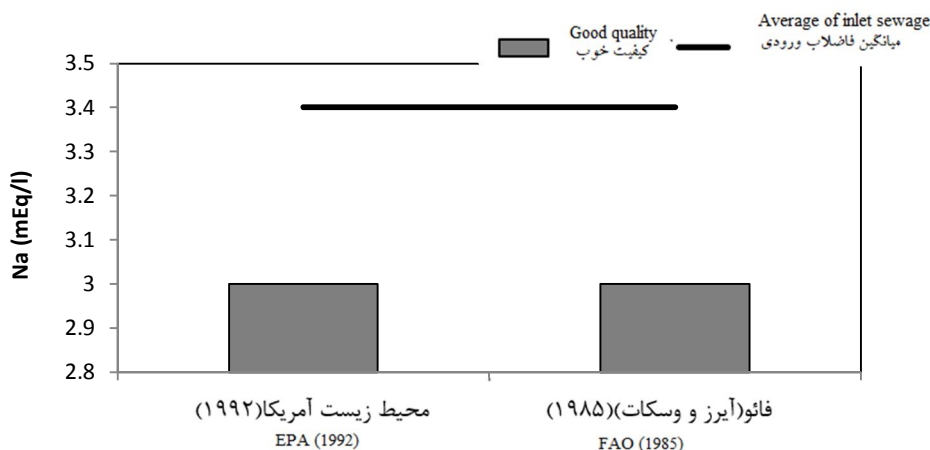


شکل ۸- مقایسه pH فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمان‌ها.

Figure 8. Comparison of Shahrekord University wastewater pH with the standard of some organizations.

سازمان محیط‌زیست آمریکا و فائو بیش‌تر می‌باشد و مناسب آبیاری نیست.

مطابق شکل ۹، مقدار سدیم موجود در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد، از مقادیر اعلام‌شده توسط

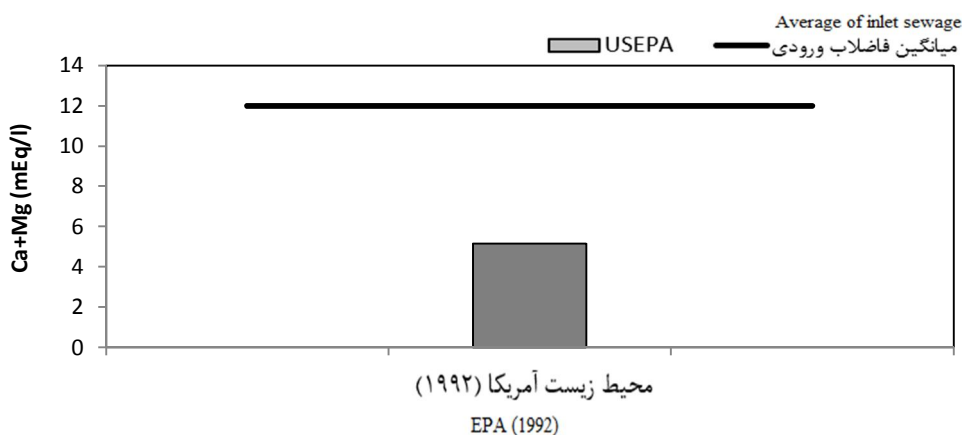


شکل ۹- مقایسه غلظت سدیم فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمان‌ها.

Figure 9. Comparison of Shahrekord University wastewater sodium concentration with the standard of some organizations.

ذکر است سایر سازمان‌ها برای این پارامتر مقداری اعلام نکرده‌اند. البته سازمان محیط‌زیست ایران تنها برای پارامتر منیزیم مقدار ۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر را اعلام کرده است.

مطابق شکل ۱۰، مقدار مجموع کلسیم و منیزیم موجود در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق استاندارد سازمان محیط‌زیست آمریکا بیش‌تر می‌باشد. لازم به

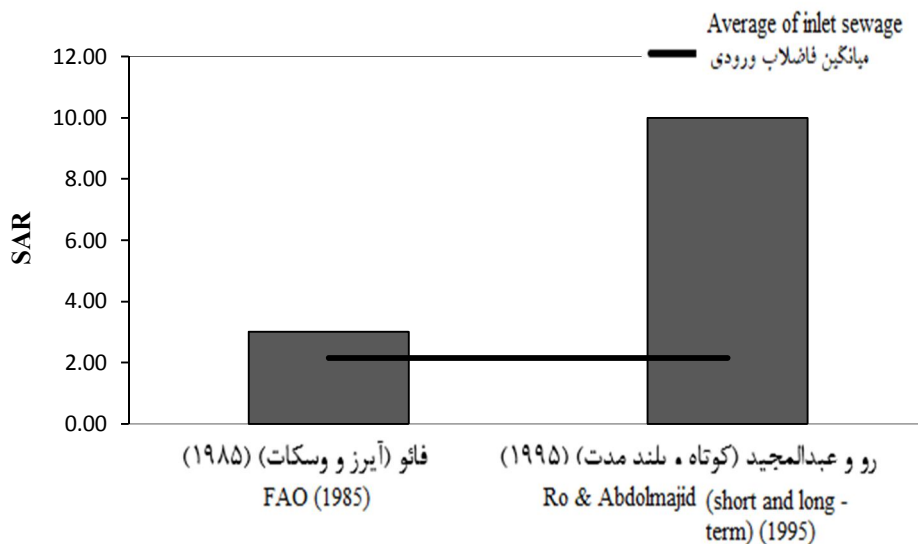


شکل ۱۰- مقایسه غلظت مجموع کلسیم و منیزیم فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمانها.

Figure 10. Comparison of total calcium and magnesium concentration in Shahrekord University wastewater with the standard of some organizations.

پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بهارستان در اصفهان نیز طبق بررسی هنرجو و مردیها (۲۰۱۹) بود که طبق استاندارد فائو بدون محدودیت طبقه‌بندی شد (۹).

مطابق شکل ۱۱، مقدار پارامتر نسبت جذبی سدیم (SAR) موجود در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق استانداردهای موجود کمتر می‌باشد. میزان SAR



شکل ۱۱- مقایسه مقدار SAR فاضلاب دانشگاه شهرکرد با استاندارد برخی سازمانها.

Figure 11. Comparison of SAR wastewater of Shahrekord University with the standard of some organizations.

معنی‌داری داشت به‌گونه‌ای که سبب کاهش نیترات در تمام تیمارها شد. به‌جز تیمار شن، میزان کاهش نیترات نسبت به فاضلاب ورودی، در تیمارهای

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از ژئوتکستایل و ژئولیت بر میزان نیترات در سطح یک درصد تأثیر

داده‌ها و اطلاعات

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته علوم و مهندسی آب بوده و مطالعات آزمایشگاهی این پژوهش در دانشگاه شهرکرد در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ انجام شد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول است که انجام آزمایش‌ها، جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و نگارش مقاله را انجام داده است. نویسنده مسئول و نویسنده سوم اساتید راهنمای پایان‌نامه بودند که در انجام پایان‌نامه، تجزیه و تحلیل داده‌ها کمک کردند و نویسنده چهارم در ترسیم نمودارها، تجزیه و تحلیل و نگارش مقاله همکاری کرد.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

حمایت مالی

پژوهش حاضر در قالب پایان‌نامه دانشجویی و با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد انجام شده است.

مختلف با همدیگر نیز تفاوت معنی‌داری نداشتند. بنابراین چنانچه پساب مورد استفاده در آبیاری نترات زیاد و بالاتر از حد مجاز داشت می‌توان قبل از کاربرد در آبیاری قطره‌ای با یکی از پلاایه‌های دارای ژئولیت و ژئوتکستایل آن را تصفیه نمود. در مقدار بار معلق موجود در پساب دانشگاه شهرکرد از مقدار مجاز تمامی استانداردها برای استفاده در هرگونه آبیاری بیش‌تر است. مقدار پارامتر EC نیز، به‌جز استاندارد رو و عبدالمجید، از مقدار مجاز بقیه سازمان‌ها بیش‌تر بود. البته طبق استاندارد فائو (پسکاد، ۱۹۹۲) و باکس و ناکایاما (۱۹۸۰) برای استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای، با قبول شرایط کیفیت متوسط برای پساب، مشکلی نداشت (۲۴ و ۴). از نظر pH فاضلاب به‌کار برده شده طبق تمامی استانداردها در حد مجاز بود. مقدار سدیم موجود در پساب، از مقادیر اعلام‌شده توسط سازمان محیط‌زیست آمریکا و فائو بیش‌تر بود. مقدار مجموع کلسیم و منیزیم موجود در فاضلاب شهری دانشگاه شهرکرد از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق استاندارد سازمان محیط‌زیست آمریکا بیش‌تر بود. مقدار نسبت جذبی سدیم (SAR) از مقدار مجاز آن برای استفاده در آبیاری طبق تمام استانداردها کم‌تر بود.

تقدیر و تشکر

از تمامی حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه شهرکرد به‌منظور انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ansari, A. 2003. Removal of heavy elements from aqueous solutions by Iranian natural zeolite minerals. Master Thesis. Department of agriculture, Isfahan University of Technology. 145p. (In Persian)
2. Anshu, S., Jose, R., Stephen, B., and Workman, R. 2008. Runoff and drainage water quality from geotextile and gravel pads used in livestock feeding and loafing areas. *Bioresource Technology*. 99: 3224-3232.
3. Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1994. *Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage paper*, 29 Rev 1. FAO. Rome, 174p.
4. Bucks D.A., and Nakayama F.S. 1980. Injection of fertilizer and other chemicals for drip irrigation. Technical conference Proceedings-Irrigation Association. Houston, Texas. USA. Silver Spring, Maryland. pp. 166-180.
5. Cakmakci, T., and Sahin, U. 2021. Productivity and heavy metal pollution management in a silage maize field with reduced recycled wastewater applications with different irrigation method. *J. of Environmental Management*. 291: 112602.
6. Ehsangar, M., Charm, M., and Farokhiyan Firozabadi, A. 2013. Investigation of the possibility of adsorption of nitrate in Ahvaz municipal wastewater by columns of zeolite, activated carbon and sand. Iranian National Conference on Environmental Research. 31 October. Shahid Mofateh College of Hamadan. (In Persian)
7. Gedik, K., and Imamoglu, I. 2008. Removal of cadmium from aqueous solutions using clinoptilolite, Influence of pretreatment and regeneration. *J. of Hazardous Materials*. 155: 385-392.
8. Ghasemi, A.A., and Danesh, S.H. 2012. Application of Wastewater Treatment Plants' Effluent in Agriculture and Evaluation of Potential Impacts on Soil and Crops. *JWSS*. 16: 61. 109-124. (In Persian)
9. Honarjoo, N., and Mardiha, A. 2019. Possibility of Applying Municipal Wastewater of Baharestan City to Remediate Saline and Sodic Soils of Margh Plain of Isfahan. *J. of Geography and Environmental Planning*. 30: 2. 1-15. (In Persian)
10. Jahan, I., Wood, M., Lake, C.B., and Gagnon, G.A. 2018. Using a geotextile with flocculated filter backwash water and its impact on aluminum concentrations. *Geotextiles and Geomembranes*. 46: 6. 759-769.
11. Kaboosi, K. 2015. The Assessment of Medium- term Application of Treated Wastewater on Soil Physical and Chemical Properties (Case Study: Bandargaz Wastewater Treatment Plant). *J. of Land Management*. 2: 2. 95-110. (In Persian)
12. Mahdavi, A., Liaghat, A.M., and Sheikh Mohammadi, Y. 2011. Nitrate removal from agricultural wastewater using modified zeolite. *Iranian J. of Water Research*. 8: 117-124. (In Persian)
13. Malekian, R., Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard, B., and Abedi Koupai, J. 2008. Effect of surface and subsurface irrigation with treated wastewater on bermudagrass properties. *J. of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 15: 4. 248-257. (In Persian)
14. Malekian, R., Abedi-Kuopai, J., and Eslamian, S.S. 2011. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified Clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *J. of Hazardous Materials*. 185: 970-976.
15. Mateju, V., Cizinska, S., Krejei, J., and Janoch, T. 1992. Biological water denitrification, a review. *Enzyme Microbial Technology*. 14: 170-18.
16. Ministry of Energy. 2010. Environmental criteria for the reuse of returned water and wastewater. pp. 135-535. (In Persian)
17. Misaelides, P. 2011. Application of natural zeolites in environmental remediation, a short review. *Microporous and Mesoporous Materials*. pp. 144-151.
18. Mohammadi, P., Siyahi, M.K., Naseri, M., Liaghat, A.M., Adl, M., Ehteshami, M., Ashrafi, A., Ghodosi, F., and

- Zarankabi, M.R. 2010. A review of standards and experiences of using wastewater for irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage publication. 45p. (In Persian)
19. Naeef, O.B., Mohseni Bandpi, A., Jonidi Jafari, A., Esrafil, A., and Rezaei Kalantary, R. 2012. Removal of Nitrate from Water using Supported Zero-Valent Nano Iron on Zeolite. Iranian J. of Health and Environment. 5: 3. 343-354. (In Persian)
 20. Najafi, P., Mousavi, S.F., and Feizi, M. 2006. Effect of using subsurface drip in irrigation of tomato and eggplant with treated municipal wastewater. J. of Soil and Water Sciences. 20: 1. 155-163. (In Persian)
 21. National Committee for Irrigation and Drainage of Iran. 2002. Use of saline water in sustainable agriculture. Publications of the National Committee for Irrigation and Drainage of Iran, Publication Number, 69: 224. (In Persian)
 22. Nazem, Z., Tabatabaei, S.H., Hosseinpour, A., Najafi, P., and Ghobadinia, M. 2021. Effect of drip and surface irrigation systems on contaminant transport in a soil affected by cracking pathway. Water and Soil Conservation. 28: 1. 219-236. (In Persian)
 23. Oron, G. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management. 38: 223-234.
 24. Pescod, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Irrigation and Drainage Paper 47, 113p.
 25. President deputy strategic planning and control. 2010. Environmental criteria for the reuse of wastewater and sewage. No 535. 155p. (In Persian)
 26. Rahimi, H., Ghobadinia, M., and Ahmadi, H. 2004. Application of geosynthetic materials as drainage under canal cover. Workshop of Drainage system under canal cover. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID) publication. No. 93: 113-134. (In Persian)
 27. Safare, S., and Mozaffari, J. 2017. Laboratory investigation on Perlite, Zeolite and resin effects on reducing wastewater nitrate and phosphate for agricultural use; Case study wastewater in Mahallat city. J. of irrigation and water engineering. 7: 2. 112-126. (In Persian)
 28. Sirouspour, S., Parvizi, M., Parvin Nia, M., and Shokrollahi, A. 2017. The elimination of nitrate from urban storm runoffs by multi-filters process. Water and Soil Conservation. 24: 1. 85-101. (In Persian)
 29. Soleimani, M., Ansari, A., Haj Abassi, M., and Abedi, J. 2008. Investigation of Nitrate and Ammonium Removal from Groundwater by Mineral Filters. 19: 3. 18-26. (In Persian)
 30. Tabatabaei, S.H., and Najafi, P. 2009. Effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil properties in arid and semi - arid regions. Irrigation and Drainage. 58: 551-560.
 31. Tabatabaei, S.H., Nourmahnad, N., Kermani, S.G., Tabatabaei, S.A., Najafi, P., and Heidarpour, M. 2020. Urban wastewater reuse in agriculture for irrigation in arid and semi-arid regions- A review. International J. of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 9: 2. 193-220. (<https://dx.doi.org/10.30486/ijrowa.2020.671672>)
 32. Tabatabaei, S.H., Mousavi, S.M., Mirlatifi, S.M., Sharifnia, R.S., and Pesarakli, M. 2017. Effects of municipal wastewater on soil chemical properties in cultivating turfgrass using subsurface drip irrigation. Journal of Plant Nutrition. 40: 8. 1133-1142. (<https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1264422>)
 33. Wen, J., Dong, H., and Zeng, G. 2018. Application of zeolite in removing salinity/sodicity from wastewater: a review of mechanisms, challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production. 197: 1435-1446.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 28(2), 2021
<http://jwsc.gau.ac.ir>
DOI: 10.22069/jwsc.2021.19350.3482

Research Full Paper

Use of sand-zeolite-geotextile in order to reduce the nitrate from wastewater and compare its quality with standards

H. Shirvaniichi¹, S.H. Tabatabaei^{*2}, M. Ghobadinia³ and N. Nourmahnad⁴

¹Former M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran,

³Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran,

⁴Assistant Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 07.24.2021; Accepted: 09.22.2021

Abstract

Background and Objectives: In drip irrigation systems, the low surface reactivity of the sand filter for physical-chemical treatment led to the use of other filter media that increase the retention capacity of wastewater contaminants along with the sand. The purpose of this study was firstly to compare the application of sand and geotextile with zeolite in filters to reduce nitrate pollution in wastewater and secondly to compare the quality parameters of Shahrekord University effluent with international standards.

Materials and Methods: This research was conducted at Shahrekord University in 2014-2015. The wastewater used in this project was prepared from an observation well located near the east door of Shahrekord University. In order to investigate the nitrate status, a factorial experiment was performed in a completely randomized design with three replications. Treatments include control treatment Ctrl (sand without application of zeolite), geotextile without application of zeolite (J), sand-geotextile without application of zeolite (SJ), sand with zeolite (SZ), geotextile with zeolite (JZ), and geotextile sand with zeolite (JSZ). The treatments were poured into cylindrical columns made of PVC tubes. Inlet effluent nitrate and wastewater were measured with a spectrophotometer. The total suspended solid, EC, pH, sodium, calcium and magnesium in the effluent were determined and compared with the standards. Statistical analysis was performed using SAS software.

Results: The results showed that the filters had a significant effect on the effluent nitrate passed from the columns ($P < 0.01$). JZ, SJZ, and SZ treatments showed the highest nitrate reduction with 57, 55, and 52%, respectively. Sand treatment did not affect nitrate as expected. Measurements showed that the amount of nitrate in Shahrekord University effluent for irrigation was less than the allowable amount of some organizations, but was not suitable for irrigation according to the FAO standard. Also, the amount of EC (1.02 dS/m) and suspended solid (109.6 mg/L) was too much for irrigation according to most standards, but the pH and SAR of the effluent were sufficient to be used for irrigation. The minimum and maximum pH values were 7.2 and 8.03, respectively, which were lower than the maximum value of all standards. The measured SAR of the effluent entering the filters was 2.14, which was allowed according to the standards in terms of application in irrigation.

* Corresponding Author; Email: tabatabaei@sku.ac.ir

Conclusion: This study showed that sand filters alone did not affect the amount of suspended load in the effluent, but using geotextiles and zeolite in sand filters can reduce nitrate pollution from effluent. The amount of sodium, and total calcium and magnesium in the effluent was higher than the allowable amount for use in irrigation according to the standards of the US Environmental Protection Agency. But the amount of sodium absorption ratio was less than the allowable amount for use in irrigation according to all standards.

Keywords: Filter, Irrigation, Pollution, Suspended solid