Archive of SID

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان
سال هشتم، شمارهٔ ۴ (پی‌درپی ۳۲) تابستان ۱۳۸۳

بررسی کارایی فیلترهای چند بستری در حذف پاتوژنها از فاضلاب شهری به منظور استفادهٔ مجدد و کاهش کلر جهت گندزدایی*

عبدالمطلب صیدمحمدی[۱]، دکتر سیمین ناصری[۲]، دکتر امیرحسین محوی[۳]، بابک روشنی[۴]، مظفر فیروزمنش[۵]، رضا صالحی[۶]

چکیده

- **مقدمه:** امروزهٔ بسیاری از اجتماعات در سراسر جهان با محدودیتهای تأمین نیازهای آبی مواجه هستند. از این رو بازچرخش و استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده بعنوان یک گزینه مناسب در مدیریت صحیح منابع آبی مطرح شده است. در برنامه‌ریزی استفاده مجدد و بازچرخش فاضلاب، دستیابی به استانداردهای کیفی آب جهت بکارگیری دوباره در هر یک از بخشهای کشاورزی، تغذیه آبهای زیرزمینی، صنعت، پرورش آبزیان و... ضروری است. تأمین استانداردهای میکروبی (باکتریهای بیماریزا و دیگر عوامل پاتوژن) تنها از طریق انجام تصفیه پیشرفته فاضلاب امکان‌پذیر است.
- **مواد و روشها:** در این پژوهش کارایی و تأثیر فیلترهای چند بستری در حذف عوامل بیماریزا و تأثیر آن در کاهش کلر مورد نیاز جهت گند زدائی مورد مطالعه قرار گرفته است. بخش اصلی پایلوت مورد نظر را ستونی به ارتفاع ۲ متر و سطح مقطع ۳۶ سانتی‌متر مربع از جنس پلی‌اتیلن تشکیل داده است. مواد تشکیل دهنده بستر آنتراسیت، ماسه و گارنت بود. کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و نماتد به عنوان عوامل پاتوژن مورد نظر انتخاب شدند. مطالعه بر روی پساب تصفیه ثانویه (تصفیه‌خانه صاحبقرانیه تهران) انجام گرفت. پساب مذکور پس از طی انعقاد و لخته‌سازی در سه بار سطحی (۱۲ m/hr و ۸ و ۵) از صافی عبور داده شد و در نهایت گندزدایی خروجی از فیلتر توسط کلر صورت پذیرفت و کارایی این سیستم در حذف عوامل بیولوژیکی ارزیابی گردید.
- **یافته‌ها:** میانگین حذف کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و نماتد به ترتیب ۴۶/۸۵، ۴۵/۸۴ و ۱۰۰ درصد بوده است. همچنین کلرزنی پساب خروجی از فیلتر به میزان ۱۰mg/l قادر به حذف ۹۹/۹٪ کلیفرم و کلیفرم مدفوعی بود.
- **نتیجه‌گیری:** با استفاده از این روش تصفیه پیشرفته فاضلاب می‌توان به استانداردهای دفع و استفاده مجدد از فاضلاب از جنبه میکروبی برای مصارف مختلف غیر شرب شهری دست یافت. همچنین با استفاده از این روش کلر مورد نیاز جهت گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه به مقدار چشمگیری (۵۰٪) کاهش می‌یابد.
- **واژه‌های کلیدی:** تصفیه پیشرفته فاضلاب، ۰فیلتر چند لایه، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی، نماتد

* تاریخ وصول مقاله: ۸۳/۱۲/۱۸ ـ تاریخ پذیرش مقاله ۸۴/۳/۲۸

۱ـ مربی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کردستان (مؤلف مسؤول)
۲ـ استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳ـ استادیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴ـ مربی گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دانشکدهٔ بهداشت
۵ـ مربی گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دانشکدهٔ بهداشت
۶ـ مربی گروه آمار حیاتی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دانشکدهٔ بهداشت

www.SID.ir

Archive of SID

کلیفرم‌های مدفوعی را به صفر در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر خروجی از فیلتر کاهش داده است (۵). در پژوهشی فیلتراسیون پساب در بار سطحی ۱۲/۵ m/h توسط یک فیلتر با مدیای شناور سبب حذف بیش از ۹۰٪ کلیفرم‌های مدفوعی شده است (۶).

رهنمودهایی به منظور بازچرخش و استفاده مجدد از پساب که در جدول (۱) آمده ارائه شده است کیفیت میکروبی پساب را به عنوان یکی از پارامترهای مهم برای مصارف مختلف مطرح می‌نماید؛ تا آنجا که استفاده مستقیم از پساب تصفیه بیولوژیکی قادر به تأمین استانداردهای استفاده مجدد نمی‌باشد (۱۰و۷،۸،۹).

فیلترهای مورد استفاده و نحوهٔ قرارگرفتن بسترهای آن بسیار متنوع بوده و نمی‌توان بر روی یک فیلتر خاص که بتواند عملکرد مناسبی داشته باشد تأکید کرد. نوع فیلترها تنوع بسیار زیادی یافته است که در این امر ملاحظات اقتصادی، افزایش دوره کارکرد فیلتر، کارائی آن در حذف آلاینده‌ها و صرفه‌جوئی در مصرف آب جهت شستشوی آن در انتخاب تأثیرگذار است. قبل از استفاده از هر فیلتری در مقیاس بزرگ می‌باید مطالعاتی بر روی پایلوتی در مقیاس آزمایشگاهی انجام گیرد.

بیشتر کاربرد فیلترهای مذکور در عملیات تصفیه آب می‌باشد؛ لذا در عملیات تصفیه پیشرفته فاضلاب از سایر فیلترهای موجود استفاده شده است. این مطالعه با هدف تعیین کارایی فیلترهای چند بستری در حذف پاتوژن‌ها از فاضلاب شهری به منظور استفاده مجدد و کاهش کلر جهت گندزدایی انجام شد.

مواد و روشها

برای انجام این پژوهش از یک پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. پایلوت مورد نظر توسط محققین طراحی و در سال ۱۳۸۲ مورد بهره‌برداری قرار گرفت (شکل ۱).

مقدمه

کمبود آب در مناطق گرمسیری در اغلب کشورهای جهان و از جمله در کشور ما مشکل اساسی می‌باشد. رشد تصاعدی جمعیت و گرایش به توسعه صنعت و فناوری همگام با کاربرد روشهای مدرن کشاورزی نیازمندی به آب را افزایش داده است. در چنین شرایطی استفاده مجدد از فاضلاب می‌تواند راهکاری مناسب در استراتژی توسعه منابع آب و تأمین نیازهای آبی در نظر گرفته شود. فاضلابهای تصفیه شده را می‌توان «منبع جدید» آب به شمار آورد که دلیل عمده آن سهولت دسترسی، عدم نوسان در میزان تولید آن در طول سال و عدم ارتباط با میزان بارندگی سالیانه است و همین امر آنرا به منبعی مطمئن جهت آبیاری زمینهای بایر و سایر موارد استفاده دیگر تبدیل نماید (۱).

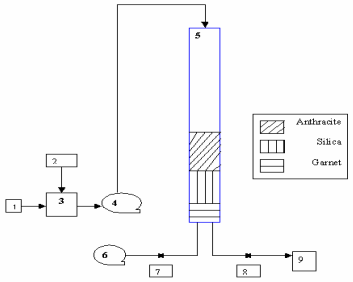
کاربرد فاضلابها جهت مصارف مختلف به دلیل تماس فراوان با انسان، خطرات حاد بهداشتی مرتبط با عوامل بیولوژیکی پاتوژن نظیر باکتریهای بیماریزا، کرمها، پروتوزوآها و ویروسهای روده‌ای را در برخواهد داشت، بنابراین ایمنی در مواجهه با این عوامل میکروبی بیش از هر مورد دیگر باید مورد توجه قرار گیرد (۳ و۲).

تحقیقات نشان داده که امکان استفاده مجدد از فاضلاب مستلزم انجام یک مرحله تصفیه پیشرفته بر روی پساب تصفیه بیولوژیکی است، لذا فرآیند غالب تصفیه پیشرفته به منظور رسیدن به استانداردهای کیفی استفاده مجدد از فاضلاب، فرایندهای مبتنی بر جداسازی جامد و مایع نظیر کواگولاسیون شیمیایی، فلوکولاسیون، فیلتراسیون و گندزدائی می‌باشد (۵ و٤). در این میان نقش فیلترها در حذف نماتدها و تخم انگلها بیش از همه حائز اهمیت است؛ بطوری که استفاده از یک فیلتر شنی جهت تصفیه بیولوژیکی پساب که حاوی ٦ عدد تخم انگل در هر لیتر بوده است پس از عبور از فیلتر به صفر رسیده است (۴). همچنین استفاده از سیستم میکروفیلتراسیون مداوم (CMF) تعداد کلیفرم و

www.SID.ir

Archive of SID

ثانویه و خروجی از فیلتر با استفاده از پودر هیپوکلریت کلسیم با ۳۰ درصد خلوص و در مقادیر مختلف بمنظور رسیدن به باقیمانده ۱mg/l در مدت زمان تماس ۳۰ دقیقه‌ای انجام و نتایج مربوط به تعداد عوامل میکروبی مقایسه گردید. شمارش تعداد کلیفرمها و کلیفرمهای مدفوعی بر اساس روش (MPN/۱۰۰mL) و با استفاده از روش ۱۵ لوله‌ای و انجام آزمایشهای مرحله احتمالی و تأییدی و شمارش تعداد نماتدها با استفاده از میکروسکوپ بر اساس روشهای ارائه شده صورت پذیرفته است (۱۱).



۱.پساب ورودی ۲.ماده منعقد کننده ۳.حوضچه اختلاط ۴.پمپ تزریقی
۵. فیلتر چند بستری ۶.پمپ هوا ۷.شیر تنظیم هوا ۸.شیر خروجی ۹. خروجی

شکل ۱) نمودار پایلوت مورد استفاده

یافته‌ها

بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات انجام گرفته در این پژوهش:

۱) مقادیر میانگین کلیفرم و کلیفرم مدفوعی ورودی به فیلتر $۸۳/۶\times۱۰^{۳}$ (SD=۷۰) و $۴۵/۶\times۱۰^{۳}$ (SD=۳۵) عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر و مقادیر خروجی از فیلتر ۵۳×۱۰^{۳} (SD=۲۶) و ۲۷×۱۰^{۳} (SD=۱۹/۵) عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است (شکل ۲) و جداول (۲، ۳ و ٤).

۲) کارایی این فیلتر در حذف کلیفرم در بارسطحی ۵، ۸ و ۱۲ متر در ساعت ۴۵/۵، ۴۷/۳، ۴۷/۷۵ و کلیفرم مدفوعی ۴۵، ٤٦/۳ و ۴۶/۳ درصد و در حذف نماتدها ۱۰۰ درصد بوده است (شکلهای۳ و ٤ و جداول ٤ـ۲).

اجزاء اصلی این پایلوت شامل یک ستون از جنس پلی‌اتیلن به ارتفاع ۲ متر با سطح مقطع ۳٦ سانتی‌متر مربع با یک سرریز به منظور تنظیم ارتفاع آب روی بستر، شیرهای تنظیم ورودی و خروجی، پمپ بمنظور تنظیم میزان جریان و تجهیزات مربوط به انعقاد و لخته‌سازی شامل همزن و حوضچه انعقاد می‌باشد. ارتفاع کل بسترها در این ستون ۷۵ سانتی‌متر بوده‌که ٤۰ سانتی‌متر آنتراسیت ($D_{۱۰}$=۱/٤mm، Uc=۱/٦) با وزن مخصوص ۱/٦ در بالاترین لایه، ۲۵ سانتی‌متر شن سیلیسی (Uc=۱/٦، $D_{۱۰}$=۰/٦mm) با وزن مخصوص ۲/٦۵ لایه میانی و لایه انتهایی ۱۰ سانتی‌متر گارنت ($D_{۱۰}$=۰/۳mm، c =۱/٦) با وزن مخصوص ٤/۲ اجزاء این بستر را تشکیل داده‌اند. جهت جریان در این فیلتر رو به پایین[1] و عملیات شستشوی معکوس به کمک آب و هوا و پس از هر دورهٔ کاری انجام گردید.

نمونه‌برداری بصورت لحظه‌ای از سرریز استخر ته‌نشینی ثانویه تصفیه‌خانه فاضلاب صاحبقرانیه (تهران) با استفاده از ظروف ۲۰ لیتری دربدار به تعداد ۱۷ نمونه و در مدت زمان سه ماه انجام گرفت. پس از انجام نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به محل آزمایشگاه، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، با اضافه نمودن ماده منعقدکننده ($۸/۵gFe/m^{3}$) و انجام انعقاد و لخته‌سازی در سه بار سطحی (۱۲m/hو۸ و۵) نمونه پساب از فیلتر عبور داده شده است. زمان‌های کارکرد فیلتر در این سه بار سطحی به ترتیب (۲۳hr و ۲۷ و ۲۹) بود.

در مرحله اول آزمایشهای مورد نظر بر روی ورودی و خروجی از فیلتر در فواصل زمانی ۵ ساعت در هر دوره کارکرد فیلتر بمنظور تعیین پارامترهای میکروبی (کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و نماتد) انجام شد. در مرحله دوم گندزدایی مستقیم پساب خروجی از حوض ته‌نشینی

1- Down Flow

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب وجود دارد که به منظور رسیدن به این دستورالعملها انجام مراحل دیگر تصفیه پساب ضروری است.

نتایج بکارگیری این روش در حذف عوامل میکروبی نشان داد که میانگین تعداد کلیفرم‌ها و کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی از تصفیه‌خانه به ترتیب $۸۵/۶\times۱۰^{۳}$ و $۵۳/۶\times۱۰^{۳}$ عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب بوده است که بعد از انجام مراحل انعقاد و لخته‌سازی و عبور از فیلتر در سه بار سطحی این تعداد به $۴۵/۶\times۱۰^{۳}$ و ۲۷×۱۰^{۳} عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر کاهش یافت و درصد حذف آن به ترتیب ٤٦/٨٥ و ٤٥/٨٦ بود (شکل ۲).

بررسی نتایج پژوهشی که استفاده از فیلتر با مدیای شناور را در بارهای سطحی ۵، ۷/۵ و۱۲متر در ساعت و با کاربرد آلوم بعنوان منعقدکننده مورد استفاده قرار داده، حاکی از آن است که میزان حذف کلیفرم به ترتیب ۵۵، ۵۹/۵ و۵۰درصد بوده است (۱۳). این در حالی است که استفاده از بسترهای با منشأ طبیعی علاوه بر فراوانی در طبیعت هزینه بسیار کمتری را درمقایسه با سایر بسترهای با مدیای صناعی در بر خواهد داشت.

همچنین کارایی این فیلتر در حذف نماتدها که به تعداد ٦ عدد در هر یک لیتر پساب موجود بوده‌اند ۱۰۰ درصد بوده است (جدول ۲، ۳و٤). حذف تخم انگل از پساب تصفیه خانه فاضلابی که از فیلتر شنی با ضخامت بستر ۹٦ سانتی‌متر و اندازه موثر ۱/۲ میلی‌متر که از آلوم و پلی الکترولیت آنیونی جهت عملیات انعقاد استفاده نموده به این ترتیب بوده که متوسط تعداد تخم انگل در پساب ورودی ۱/٤٥ و بعد از عبور از فیلتر به میزان ۰/۳۵ عدد در هر لیتر کاهش یافته است (٤).

نکته قابل توجه آن است که کارایی این فیلتر در حذف عوامل میکروبی هیچگونه ارتباطی با میزان بار سطحی عبوری از فیلتر ندارد. در این حالت و در مقایسه با رهنمودهای موجود خروجی از فیلتر تنها از جنبه تعداد نماتد می‌تواند استانداردها را جهت استفاده مجدد از

۳) نتایج مربوط به کیفیت میکروبی پساب ضد عفونی شده قبل از پالایش آن نشان دهنده آن است که علاوه بر افزایش مقدار کلر مورد نیاز جهت گندزدایی (۲۰mg/l) بمنظور تأمین کلر باقیمانده ۱mg/l در مدت زمان تماس ۳۰ دقیقه تعداد کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی به ۷٤ و ٥٤ عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر پساب رسیده است (شکل ۲). این در حالی است که انجام مرحله گندزدایی خروجی از فیلتر علاوه بر آنکه به میزان قابل توجهی کلر مورد نیاز را کاهش داده و ۹۹/۹ درصد کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی را نابود کرد (جدول ۲، ۳و ٤).

٤) زمانهای کارکرد فیلتر در این سه بار سطحی ۵، ۸ و ۱۲ متر در ساعت به ترتیب (۲۳hr و ۲۷ و ۲۹) بوده است.

۵) مقدار مورد نیاز کلر قبل از عملیات فیلتراسیون جهت رسیدن به باقیمانده ۲۰۱mg میلی‌گرم در لیتر و بعد از عملیات پالایش ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بودکه حاکی از کاهش ۵۰ درصدی مقدار کلر مورد نیاز است (شکل ۳).

بحث

اخیراً فاضلاب بعنوان یک منبع جدید آب که کمترین نوسانات را دارد، مورد توجه متخصصین محیط زیست قرار گرفته است. پساب حاصل از تصفیه بیولوژیکی در بیشتر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجود در ایران بدون هیچ محدودیت و کنترل قابل توجهی در مصارف مختلف و غالباً جهت آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در معدود نقاطی نیز عملیات گندزدائی پساب انجام می‌شود. در این راستا پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب صاحبقرانیه نیز پس از طی مرحله گندزدائی به نهرهای اطراف وارد شده و هیچگونه استفاده خاصی از آن به عمل نمی‌آید. از طرفی قوانین سختگیرانه‌ای از سوی سازمانهای بهداشتی و حفاظت محیط زیست در رابطه با استفاده مجدد از

www.SID.ir

Archive of SID

لحاظ مسائل اقتصادی بسیار حائز اهمیت است حذف ۹۹/۹٪ کلیفرمهای مدفوعی امکانپذیر خواهد بود جدول (۲، ۳ و ٤).

نتایج این تحقیق و مقایسه آن با استانداردهای میکروبی دفع پساب و استفاده مجدد از فاضلاب حاکی از کارایی قابل قبول این روش تصفیه پیشرفته در حذف عوامل میکروبی دارد بطوری‌که از این حیث استفاده از این روش قادر به تأمین پسابی برای استفاده مجدد در مصارف مختلف نظیر آبیاری زمینهای کشاورزی، تغذیه آبهای زیرزمینی، پرورش آبزیان و... می‌باشد. این مهم در کشور ما که با مشکل کم آبی در بسیاری از نقاط روبرو است حائز اهمیت بسیار است. بنابراین با انجام مرحله فیلتراسیون که در مقایسه با دیگر روشهای تصفیه پیشرفته، بدلیل کارایی بالا، هزینه کم و عدم نیاز به نیروی متخصص از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گشته است و گندزدائی می‌توان به آبی جهت استفاده در مصارف مختلف دسترسی پیدا نمود.

سپاسگزاری

از مسؤولین و پرسنل زحمتکش تصفیه‌خانه فاضلاب صاحبقرانیه تهران که در انجام پروژه یاریگر ما بوده‌اند سپاسگزاریم.

فاضلاب تأمین نماید و بمنظور استفاده از آن لزوم انجام یک مرحله گندزدایی ضروری است.

استفاده از فیلترها با مدیاهای مختلف می‌تواند نقش مؤثری در کاهش کلر مورد نیاز جهت گندزدائی پساب داشته باشد. بطوری که استفاده از فیلتر یک بستری با بارگذاری سطحی (۱۰-٤۰m/hr) با مدیای از جنس ماسه با ضخامت ۱ متر و غلظت کلر موردنیاز ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ضمن آنکه تعداد $۶/۵\times۱۰^{۸}$ کلیفرم را در ۱۰۰ میلی‌لیتر به ۳٤۰ عدد رسانده است قادر است به میزان قابل توجهی کلر مورد نیاز را کاهش دهد (۱۵و۱٤). گندزدایی مستقیم پساب خروجی از استخر تەنشینی ثانویه با مقادیر متفاوت کلر (٤۰-۵mg/l) انجام گرفته است که در طی یک مدت زمان تماس ۳۰ دقیقه‌ای در غلظت ۲۰mg/l با باقیمانده کلر ۱mg/l در پساب حاصل شده است و طی آن تعداد کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی ۷٤/۱۰۰mL و ۵٤/۱۰۰mL بوده‌اند که در این حالت ضمن نیاز به کلر بیشتر، استفاده از آن جهت مصارفی نظیر آبیاری محصولات کشاورزی، تغذیه آبهای زیرزمینی و ... میسر نخواهد بود. در حالیکه انجام عملیات گندزدایی بر روی خروجی از فیلتر که در مقادیر (۳۰-۵mg/l) انجام گرفته است نشان می‌دهد که ضمن نیاز به کلر کمتر (۱۰mg/l) که به

جدول ۱) استانداردهای میکروبی استفاده مجدد از فاضلاب در مصارف مختلف.

نوع مصرف	کلیفرم (MPN/۱۰۰mL)	کلیفرم مدفوعی (MPN/۱۰۰mL)	نماتد (تعداد/1 lit)
آبیاری محصولاتی که بصورت خام مصرف می‌شوند. آبیاری پارکهای عمومی و زمینهای بازی (۷)	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱
آبیاری مناظر طبیعی (۷)	<۲۰۰	<۲۰۰	<۱
آبیاری قطره‌ای و سطحی محصولات کشاورزی و غذایی، مناظر طبیعی نظیر پارکها که تماس آن با انسان زیاد است (۹)	<۲/۲	<۲/۲	*
آبیاری چراگاههای تأمین علوفه حیوانات شیرده (۹)	<۲۳	<۲۳	*
تغذیه آبهای زیرزمینی و منابع آب سطحی (۷)	<۲۰۰	<۲۰۰	*
حوضچه‌های تفریحی (۱۰)	*	<۲/۲	*
پرورش آبزیان (۱۲)	*	$۱۰^{٤}$	*

* هیچ استانداردی ارائه نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲) کارایی فیلتر چند بستری در حذف عوامل میکروبی در بار سطحی ۵ m/hr

مشخصات میکروبی	گندزدایی پساب خروجی از فیلتر			خروجی از فیلتر بدون گندزدایی			گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه	
	راندمان حذف٪	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی	راندمان حذف ٪	خروجی	ورودی	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی
کلیفرم (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	۲	۴۲×۱۰^{۳}	۴۷/۷۵	۴۲×۱۰^{۳}	۸۰×۱۰^{۳}	۱۴۰	۸۰×۱۰^{۳}
کلیفرم مدفوعی (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	<۲	۲۵×۱۰^{۳}	۴۶/۳	۲۵×۱۰^{۳}	۵۴×۱۰^{۳}	۱۰۵	۵۴×۱۰^{۳}
نماتد (۱Lit/نماتد)	–	–	–	۱۰۰	صفر	۷	–	–

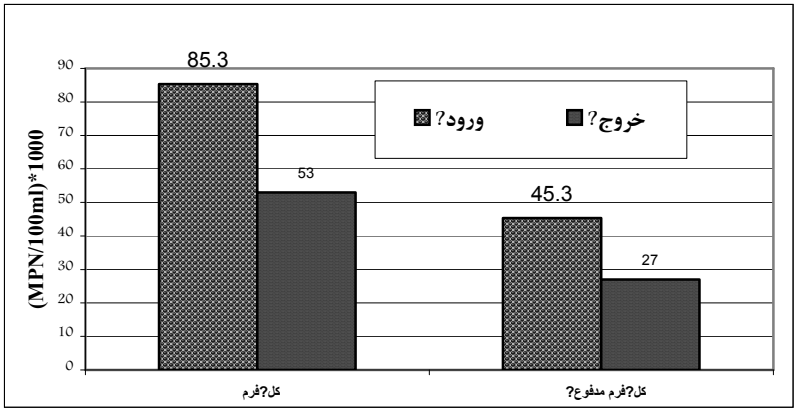
جدول (۳) کارایی فیلتر چند بستری در حذف عوامل میکروبی در بار سطحی ۸ m/hr

مشخصات میکروبی	گندزدایی پساب خروجی از فیلتر			خروجی از فیلتر بدون گندزدایی			گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه	
	راندمان حذف٪	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی	راندمان حذف ٪	خروجی	ورودی	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی
کلیفرم (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	۲	۴۹×۱۰^{۳}	۴۷/۳	۴۹×۱۰^{۳}	۹۳×۱۰^{۳}	۱۷۰	۹۳×۱۰^{۳}
کلیفرم مدفوعی (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	<۲	۲۹×۱۰^{۳}	۴۶/۳	۲۹×۱۰^{۳}	۵۴×۱۰^{۳}	۱۲۷	۴۹×۱۰^{۳}
نماتد (۱Lit/نماتد)	–	–	–	۱۰۰	صفر	۵	–	–

جدول ٤) کارایی فیلتر چند بستری در حذف عوامل میکروبی در بار سطحی ۱۲ m/hr

مشخصات میکروبی	گندزدایی پساب خروجی از فیلتر			خروجی از فیلتر بدون گندزدایی			گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه	
	راندمان حذف٪	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی	راندمان حذف ٪	خروجی	ورودی	بعد از کلرزنی	قبل از کلرزنی
کلیفرم (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	۲	۴۶×۱۰^{۳}	۴۵/۵	۴۶×۱۰^{۳}	۸۴×۱۰^{۳}	۱۲۱	۸۴×۱۰^{۳}
کلیفرم مدفوعی (MPN/۱۰۰mL)	۹۹/۹	<۲	۲۹×۱۰^{۳}	۴۵	۲۹×۱۰^{۳}	۵۳×۱۰^{۳}	۷۵	۵۳×۱۰^{۳}
نماتد (۱Lit/نماتد)	–	–	–	۱۰۰	صفر	۶	–	–

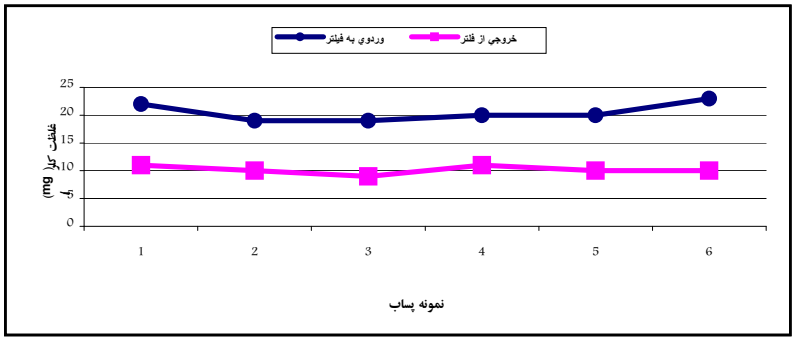
شکل۲) کارایی فیلتر سه بستری در حذف کلیفرم و کلیفرم مدفوعی از پساب



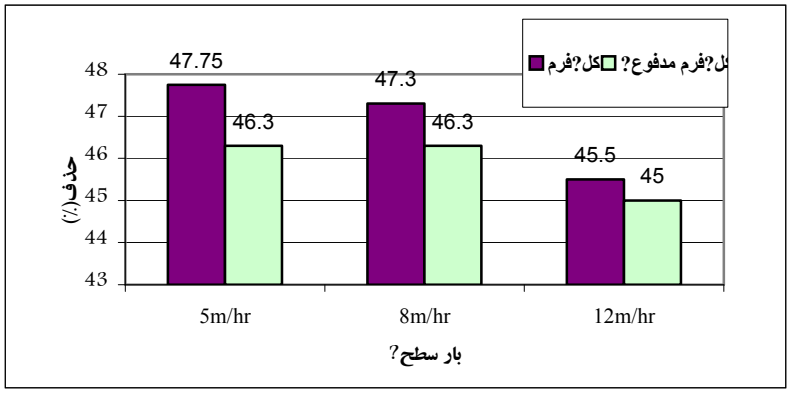
www.SID.ir

Archive of SID

شکل۳) کارایی فیلتر در کاهش کلر مورد نیاز



شکل ۴) میانگین درصد حذف کلیفرم و کلیفرم مدفوعی از پساب در بارهای سطحی مختلف



References:

1. Friedler, E., (2001), "Water reuse-an integral part of water resources managment", Wat. Sci. Tech., 3. 29-39.
2. Tay, J. and. Jeyaseelan, S., (1995), "Membrane filtration for reuse of wastewater form beverage industry", Wat. Sci. Tech., 15, 33-40.
3. Adin, A. and Asano, T., (1998), "The role of Physical-Chemical treatment in Wastewater reclamation and reuse", Wat. Sci. Tech. 37, (10), 79-90.
4. Jimennez , B., et al., (2000), "Sand and synthetic medium filtration of advanced primary treatment effluent from Mexico city", Wat. Sci. Techl. 34(2), 473-480.
5. Goter, A., et al., (2001), "Membrane Processes for the Recovery and Reuse of Wastewater in Agriculture", Wat. Sci. tech, Vol 137, PP. 187-192.
6. Jaop, H.J.M., et al., (1998), "Experiments on High Rate Effluent Filtration in the Netherlands", Wat. Sci.Tech, Vol. 38, No. 3, PP. 127-134.
7. Ayres, R., Marad, D., (1996), "Analysis of wastewater for use in agriculture", WHO, Geneva.
8. USGA, (1994), "Wastewater reuse for Golf course Irrigation, lewis. Publication.
9. Grook, J., et al., (1996), "Water reclamation and reuse criteria in the U. S", Wat. Sci. Tech, 33(10-11). 451-462.
10. World Health Organization, (1989), "Health guidelines for the use of wastewater treatment and Health safe guides, Tech. Bull. Ser. 77, WHO, Geneva, Switzerland.
11. APHA/AWWA/WEF, (1995), "Standard method of the examination of water and wastewater", 19th Edition, APHA, Washington.
۱۲. مصداقی‌نیا، علیرضا و یغمائیان، کامیار (۱۳۷۵)، "رهنمودهای در خصوص کاربرد صحیح فاضلاب در

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی و پرورش آبزیان''، معاونت پژوهش معاونت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی.

۱۳. صفری، غلامحسین، (۱۳۸۰)،'' بررسی کارائی روش فیلتراسیون با مدیای شناور در آماده‌سازی پساب ثانویه برای مصارف غیر شرب شهری''، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

14. Jimenez, B., et al., (1999), "Alternative Treatment for Wastewater Designed for Agricultrual Use", Wat. Sci. Tech, vol. 40, No. 4-5, PP. 355-362.

۱۵. واعظی ، فروغ و صید محمدی، عبدالمطلب، (۱۳۸۲)، ''مقررات گندزدائی آب و بهره‌برداری از گندزداها''، انتشارات سه استاد.

www.SID.ir