مقاله پژوهشی
(Original Article)

مجله دانشگاه علوم پزشکی قم
دوره چهارم ـ شماره اول ـ بهار ۸۹
صفحات ۴۲ الی ۴۷

# حذف جامدات معلق از پساب لاگون هوادهی با استفاده از صافی درشت دانه‌ی دارای جریان افقی

**محمد خزایی[۱]، رامین نبی‌زاده[۲]، کاظم ندافی[۲]، نفیسه نوریه[۳]، علیرضا امیدی اسکویی[۴]**

[۱]کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.
[۲]دانشیار بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
[۳]مربی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی خرم آباد، خرم آباد، ایران.
[۴]مربی زبان، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

## چکیده

**زمینه و هدف:** صافی درشت دانه با جریان افقی در نرخ‌های فیلتراسیون کمتر از ۱/۵ متر بر ساعت بدون استفاده از مواد منعقدکننده، توانایی قابل قبولی درکاهش جامدات معلق و بار میکروبی منابع آب سطحی دارد. این مطالعه با هدف تعیین کارایی این نوع صافی در کاهش جامدات معلق پساب ثانویه فاضلاب صورت گرفت.

**روش بررسی:** این مطالعه از نوع تجربی و مبتنی بر ساخت واحد پایلوت می‌باشد. ابتدا در محل ایستگاه پمپاژ پساب تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر قم یک واحد پایلوت صافی درشت دانه نصب گردید که با اقتباس از صافی‌های درشت دانه مورد استفاده در پیش‌تصفیه‌ی آب‌های سطحی طراحی و ساخته شد. عملیات نمونه‌برداری در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت انجام گردید، که شامل برداشت هم‌زمان نمونه از ورودی و خروجی صافی در هر روز به‌منظور انجام آزمایش جامدات معلق بود.

**یافته‌ها:** در حالت عملکرد بهینه، در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ میانگین حذف ۷۸/۵٪، در نرخ فیلتراسیون ۱ میانگین حذف ۶۳/۱٪ و در نرخ فیلتراسیون ۱/۵ میانگین حذف ۶۶/۹٪ به دست آمد. پساب خروجی از پایلوت، از نظر غلظت جامدات معلق شرایط استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست به‌منظور آبیاری کشاورزی و تخلیه به آب‌های سطحی را داشت.

**نتیجه‌گیری:** به‌نظر می‌رسد با توجه به صرفه‌ی اقتصادی، این سیستم‌ها بتوانند گزینه‌ی مناسبی در بهبود کیفیت پساب سیستم‌های کوچک تصفیه‌ی فاضلاب باشند.

**کلید واژه‌ها:** جامدات معلق؛ صافی درشت دانه با جریان افقی؛ تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب؛ لاگون هوادهی.

نویسنده مسئول مکاتبات: دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران؛
تلفن: ۰۹۱۲۳۵۳۲۱۵۹ آدرس پست الکترونیکی: khazaei@muq.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۹

## مقدمه

لاگون‌های هوادهی نوعی از سیستم‌های هوازی رشد معلق هستند که در آنها با استفاده از هوادهی مصنوعی در یک حوضچه و فراهم نمودن شرایط رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها، امکان تبدیل مواد زاید به‌وجود می‌آید. این فرآیندها از نظر استفاده از زمین، ماشین آلات و تجهیزات، اجرا و بهره‌برداری و شوک‌پذیری حدفاصل واحدهای ساده مثل برکه‌های اختیاری و واحدهای کارآمد و فشرده‌تر مانند لجن فعال که از بازگشت لجن استفاده می‌کنند، قرار می‌گیرند. سیستم‌های تصفیه به‌وسیله‌ی لاگون، کارایی چندانی در کاهش غلظت جامدات معلق پساب ندارند (۲،۱). به‌منظور افزایش کیفیت پساب خروجی از لاگون‌ها، روش‌هایی وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان به فیلترهای شنی متناوب و فیلترهای سنگریزه‌ایی اشاره نمود (۳). صافی‌های درشت دانه با جریان افقی (Horizontal Roughing Filter) اصولاً به صافی‌هایی اطلاق می‌شود که اندازه‌ی مؤثر دانه‌ی بستر آنها بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر باشد (۴). در مقایسه با حوض‌های ته‌نشینی،

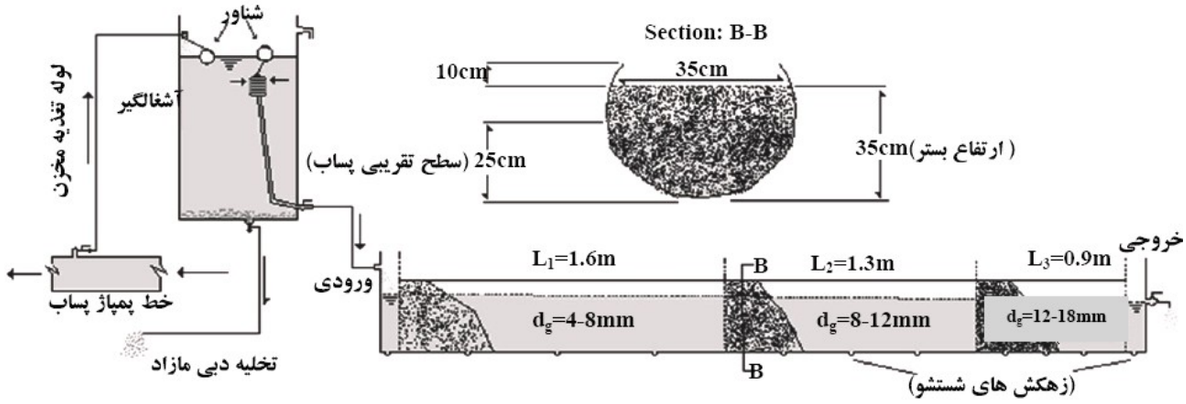
صافی‌های درشت دانه کارایی بالاتری در حذف جامدات دارند (۵). صافی درشت دانه به‌عنوان واحد پیش‌تصفیه‌ی آب‌های سطحی، جهت کاهش غلظت مواد جامد، میکروارگانیزم‌ها و مواد آلی به کار می‌رود (۶). بستر شن و قلوه‌سنگ با هدف تأمین منطقه‌ی پایدار دارای جریان آرام استفاده می‌شود. مواد معلق حین عبور جریان از میان بستر، روی سطوح جمع می‌شوند. برای حذف لجن تولید شده می‌توان از نیروی برشی جریان آب استفاده نمود. بستر صافی درشت دانه، از مواد نسبتاً درشت با اندازه‌ی حدود ۲۵-۴ میلی‌متر تشکیل شده است (۸-۶). صافی‌های درشت دانه به‌صورت چند لایه (معمولاً سه لایه) طراحی می‌شوند. اندازه‌ی دانه‌های صافی در ابتدای مسیر جریان، درشت و در انتهای مسیر ریزتر است. این نوع لایه‌بندی موجب افزایش ظرفیت جذب می‌گردد، زیرا به جای انباشت جامدات جدا شده از جریان ورودی در ابتدای بستر، به علت وجود منافذ بزرگ‌تر در اولین لایه، این جامدات وارد اعماق بستر شده و به‌تدریج با کاهش قطر منافذ، جدا می‌شوند. این موضوع هم‌چنین باعث افت فشار در فواصل زمانی طولانی‌تری شده، تا به مقادیر حداکثر خود برسد (۶). این صافی‌ها دارای ظرفیت بالای تجمع سیلت و مواد رسوبی به علت وجود مواد فیلتری درشت دانه‌ی در محفظه‌ی اول بوده و طول آنها دارای محدودیت نمی‌باشد (۹،۷). اما به‌طور معمول، طول کلی آن بین ۵ تا ۹ متر، عرض آنها حدود ۲ تا ۵ متر و ارتفاع در حدود ۱/۵ متر است (۱۰،۶). صافی‌های درشت دانه افقی با نرخ فیلتراسیون کمتر از یک متر بر ساعت، به میزان ۷۰ تا ۹۰٪ در حذف کدورت و مواد معلق کارایی دارند (۶). Wegelin طی انجام مطالعاتی از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۸ و سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در کشورهای هلند، سوئیس و آفریقای جنوبی، معیارهای طراحی صافی درشت‌دانه، به‌خصوص دارای جریان افقی را تدوین نموده و تئوری، عملکرد و نحوه‌ی راهبری آنها را مورد بررسی قرار داد. از جمله اینکه صافی درشت دانه‌ی افقی قادر است تمام کلی‌فرم‌ها را تا ۲ واحد لگاریتم و کدورت را بیش از ۹۰٪ حذف نماید. نتایج این تحقیقات بعد از مدتی توسط سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان معیارهای طراحی این صافی‌ها پذیرفته شد (۱۰). Sarvmeili در سال ۱۳۸۴ کارایی صافی درشت دانه با جریان افقی را در بهبود کیفیت پساب، جهت مصارف شهری غیرشرب بررسی نمود. در نرخ فیلتراسیون ۲/۵ متر بر ساعت حذف کدورت و TSS به ترتیب ۶۳ و ۲۲٪ گزارش گردید (۸). Galvis در سال ۱۹۹۳ عملکرد HRF را در حذف جامدات معلق پساب صنعت نوشابه‌سازی مطالعه کرده، و مقادیر حذف را ۹۴٪ به دست آورد. حداقل اندازه‌ی مؤثر دانه‌های بستر در این مطالعه ۶ میلی‌متر بود. این مطالعه با هدف تعیین کارایی این نوع صافی در کاهش جامدات معلق پساب ثانویه فاضلاب انجام گرفت.

## روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی و مبتنی بر ساخت واحد پایلوت بود، و راه‌اندازی سیستم از مهرماه سال ۱۳۸۵ شروع گردید. اجرای این پروژه در حدود ۱۱ ماه به طول انجامید و در شهریور سال ۱۳۸۶ خاتمه یافت. و در حدود ۳ ماه پایلوت طراحی و ساخته شد. پس از ساخت، پایلوت به تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب قم منتقل گردید و در آنجا عملیات نصب، تجهیز و راه‌اندازی (Start Up) سیستم با استفاده از پساب خروجی تصفیه‌خانه آغاز شد. دوره‌ی نمونه‌برداری در سه نرخ فیلتراسیون از ۲۶ دی ماه سال ۱۳۸۵ تا پایان اردیبهشت سال ۱۳۸۶ (مجموعاً ۱۳۴ روز) به طول انجامید.

**ساخت و نصب پایلوت:** پایلوت مورد استفاده در این پژوهش از نوع صافی درشت دانه با جریان افقی بوده است. این سیستم با توجه به رهنمودهای وجلین که مورد پذیرش WHO است؛ طراحی و ساخته شد (۱۱،۶). ورق مورد نیاز در ساخت این پایلوت با ضخامت ۳ میلی‌متر از نوع آهن غیرگالوانیزه بود و در آن از دو قطعه ورق به ابعاد ۲×۱/۵ متر استفاده گردید، ورق‌ها پس از عملیات نورد به شکل استوانه‌ی ناقص درآمده و در جهت طول به یکدیگر جوش شدند. ابتدا و انتهای آنها نیز با دو قطعه ورق دایره‌ای شکل بسته شد، و سپس جوشکاری و عملیات نشت‌یابی روی آن صورت گرفت. برای جداسازی لایه‌های بستر، چهار دیواره‌ی مشبک از جنس ورق گالوانیزه به کار برده شد. با استفاده از مته‌ی تراشکاری، منافذی به قطر ۴ میلی‌متر و تراکم ۴ منفذ بر سانتی‌متر مربع در این چهار قطعه‌ی ورق ایجاد گردید. سپس این دیواره‌ها با فواصل ۱/۶ و ۱/۳ متر از ابتدای صافی به بدنه جوش شدند. فاصله‌ی زهکش‌ها در محفظه‌ی اول، دوم و

سوم به ترتیب ۴، ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر بود. زهکش‌ها از بوشن‌هایی به قطر یک اینچ که به کف صافی جوش شده بودند، تشکیل می‌شد. روی این زهکش‌ها، دریچه‌های مشبک با سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر و تراکم ۷ منفذ بر سانتی‌متر مربع نصب گردید. در سومین زهکش هر محفظه یک پیزومتر جهت تعیین شیب هیدرولیکی جریان نصب شد. خروجی صافی از طریق یک لوله خرطومی به قطر یک اینچ به زهکش کف اتاق پمپاژ هدایت گردید. شکل طرحی از پایلوت مورد استفاده در مطالعه را نشان می‌دهد. شستشوی بستر صافی به‌صورت هیدرولیکی انجام گرفت. در این روش شیر خروجی صافی بسته، و اجازه داده شد تا محفظه‌های صافی کاملاً از پساب پر شود. سپس دریچه‌های زهکش تعبیه شده در کف صافی به‌طور هم‌زمان باز گردید. در نتیجه‌ی این کار نیروی برش هیدرولیکی باعث کنده شدن رسوبات از سطوح بسترها و خروج آنها از زهکش‌های کف شد. استراتژی شستشوی بستر صافی بر اساس تغییر افت فشار استوار بود. در ابتدای راه‌اندازی صافی، سطح پساب در ناحیه‌ی ورودی در فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متری از سطح بستر قرار داشت، به‌تدریج با تجمع رسوبات در بستر، ارتفاع پساب در ناحیه‌ی ورودی افزایش یافت، تا آنجا که با بستر صافی هم‌سطح گردید. در این زمان عملیات شستشوی بستر انجام شد.




**شکل شماره‌ی ۱: طرح شماتیک از پایلوت استفاده شده در این مطالعه**

لازم به ذکر است که علت ممانعت از ایجاد جریان پساب در سطح بستر، اجتناب از ایجاد اتصال کوتاه بین ناحیه‌ی ورودی و خروجی و نیز جلوگیری از رشد جلبک بود. در پایان دوره‌های نمونه‌برداری نیز جهت آماده‌سازی بستر برای نرخ فیلتراسیون بعدی عملیات شستشو انجام شد.

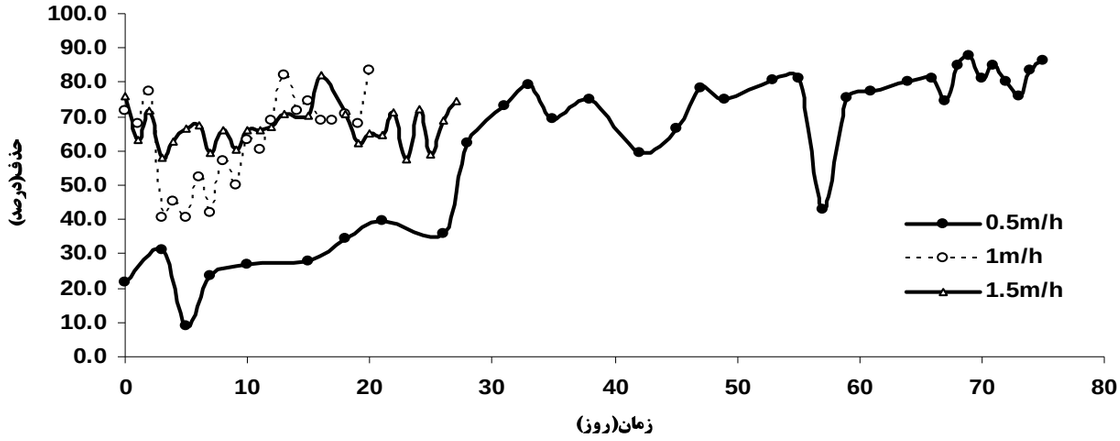
**نمونه‌برداری و آزمایشات:** نمونه‌های مورد نظر در این بررسی از طریق برداشت روزانه و هم‌زمان نمونه از ورودی و خروجی صافی به دست آمده است. نمونه‌های برداشته شده برای آزمایش‌ها جهت سنجش به آزمایشگاه دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم منتقل گردید. عملیات نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با رعایت رهنمودهای کتاب روش‌های استاندارد انجام شد، و آزمایش TSS بر اساس دستورالعمل D 2540 مندرج در کتاب روش‌های استاندارد صورت گرفت. برای ارزیابی یکسانی و یکنواختی مقادیر ورودی و خروجی TSS در سه نرخ ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت، از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد. مقایسه‌ی TSS خروجی در سه نرخ فیلتراسیون با استفاده از آنالیز کوواریانس و در نظر گرفتن داده‌های TSS ورودی به‌عنوان هم‌متغیر (Covariate) صورت گرفت. در تمام موارد $P<0/05$ معنی‌دار تلقی گردید.

## یافته‌ها

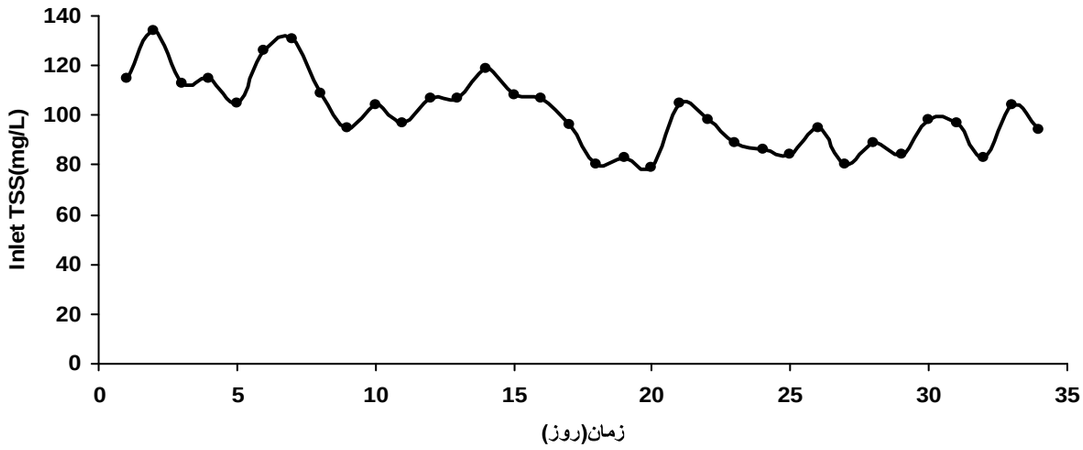
مطالعه‌ی عملکرد HRF در حذف TSS در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت انجام شد. نمودار شماره‌ی ۱ و ۲، نتایج این بررسی را نشان می‌دهند. بررسی بازده‌ی حذف TSS در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت مشخص نمود، که در۶ روز ابتدایی فیلتراسیون، راندمان حذف در حدود ۳۰٪ بوده است، و با گذشت زمان و پس از ۳۴ روز، به ۸۰٪ رسیده است ($P<0/001$). در این فاصله‌ی زمانی نوسان راندمان محسوسی مشاهده نشد. اگر افت

راندمان روز پنجاه و ششم در نظر گرفته شود، پس از ۳۴ روز آغازین فعالیت صافی، راندمان حذف تا پایان نرخ فیلتراسیون ۰/۵متر بر ساعت دچار تغییرات محسوسی نشده است. مقایسه‌ی TSS خروجی در سه نرخ فیلتراسیون با استفاده از آنالیز کوواریانس و در نظر گرفتن داده‌های TSS ورودی به‌عنوان هم‌متغیر نشان‌دهنده‌ی افزایش معنی‌دار داده‌های خروجی با افزایش نرخ فیلتراسیون می‌باشد (P<۰/۰۰۱). میزان تأثیر مقادیر TSS ورودی در این آزمون ۸٪ ($R^2$=۰/۰۸) و میزان تأثیر نرخ فیلتراسیون ۲۷٪ ارزیابی گردید ($R^2$=۰/۲۷).

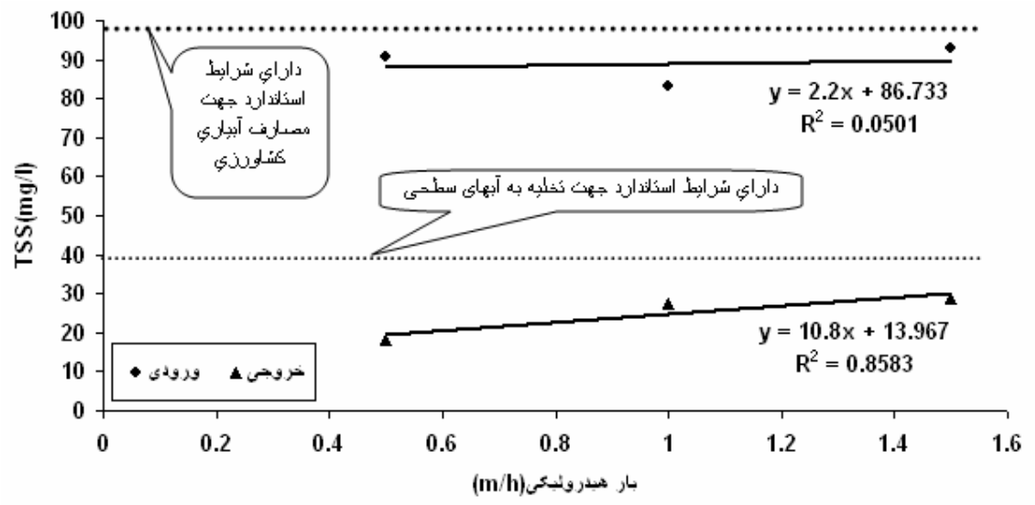
با توجه به نمودار شماره‌ی ۳ مشخص می‌شود که TSS خروجی از HRF، با اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۰۱، آزمون تی) شرایط استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست، به‌منظور آبیاری کشاورزی و تخلیه به آب‌های سطحی را دارا می‌باشد (۱۳).




**نمودار شماره‌ی ۱: تغییرات راندمان حذف TSS در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت، ۱ متر بر ساعت و ۱/۵ متر بر ساعت**




**نمودار شماره‌ی ۲: تغییرات غلظت TSS ورودی به صافی در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت**




**نمودار شماره‌ی ۳: مقایسه‌ی میانگین‌های TSS ورودی و خروجی HRF در نرخ‌های فیلتراسیون مختلف**

## بحث

در این پژوهش داده‌های خروجی HRF در ۳۴ روز ابتدایی نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت، نشان‌دهنده‌ی افزایش معنی‌دار راندمان حذف در طول این مدت بود (P=۰/۰۰۱). پس از این مدت، مقادیر خروجی تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشته و می‌توان سیستم را دارای عملکرد پایدار فرض نمود. (مقایسه‌ی TSS خروجی در سه نرخ فیلتراسیون با استفاده از آنالیز کوواریانس و با در نظر گرفتن داده‌های TSS ورودی به‌عنوان هم‌متغیر (Covariate)، نشان دهنده‌ی افزایش معنی‌دار داده‌های خروجی با افزایش نرخ فیلتراسیون است (P<۰/۰۰۱). میزان تأثیر مقادیر TSS ورودی در این آزمون ۸٪ ($R^2$=۰/۰۸) و میزان تأثیر نرخ فیلتراسیون ۲۷٪ ارزیابی گردید ($R^2$=۰/۲۷). جدول ویژگی‌های کلی پایلوت و عملکرد آن را در حذف TSS نسبت به بررسی‌های مشابه نشان می‌دهد. در این مطالعه در حالت عملکرد بهینه در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ میانگین حذف ۷۸/۵٪، در نرخ فیلتراسیون ۱ میانگین حذف ۶۳/۱٪ و در نرخ فیلتراسیون ۱/۵ میانگین حذف ۶۶/۹٪ به دست آمد، که با یافته‌های SANDEC (در سال ۱۹۹۶) مطابقت داشت (۶). با توجه به نمودار شماره‌ی۳، پساب خروجی از HRF در این بررسی، در هر سه نرخ فیلتراسیون قابلیت استفاده در کشاورزی و تخلیه به آب‌های سطحی را دارد (۱۲). در نمودار شماره‌ی ۳ مشخص می‌شود که TSS خروجی از HRF دارای شرایط استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست در جهت آبیاری کشاورزی و تخلیه به آب‌های سطحی می‌باشد (۱۳).

**جدول: مقایسه‌ی راندمان حذف TSS به‌وسیله‌ی صافی‌های درشت دانه**

| نوع صافی | $d_g$ (mm) | طول (متر) | نرخ فیلتراسیون(متر برساعت) | دوره‌ی مطالعه (روز) | TSS ورودی (میلی‌گرم بر لیتر) | نوع ورودی | جنس بستر | درصد حذف TSS | مرجع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| HRF | ۶-۱۹ | ۷/۱ | ۰/۷ | ۲۲۰ | ۱۴۶-۳۳۳ | پساب کارخانه نوشابه | گراول | ۹۴ | (۹) |
| HRF | ۳/۵-۲۵ | ۴ | ۱ | ۳۸ | ۲۰۰ | سنتتیک | گراول و کوارتز | ۹۵ | (۱۰) |
| HRF | ۲/۵-۱۱ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۲۸ | ۱۰۰۰ | سنتتیک | گراول و کوارتز | ۵۴-۸۳ | (۱۱) |
| | | | | | | | بستر بالغ شده توسط توده‌ی جلبکی | ۷۵-۹۷ | |
| HRF | ۴-۱۸ | ۳/۸ | ۰/۵-۱/۵ | ۱۳۰ | ۷۰-۱۲۵ | پساب لاگون هوادهی | گراول | ۷۰-۹۵ | مطالعه‌ی حاضر |

بازده‌ی حذف TSS در نرخ فیلتراسیون ۱/۵ متر بر ساعت بیش از نرخ ۱ متر بر ساعت است که بر خلاف فرض کاهش بازده‌ی حذف با افزایش نرخ فیلتراسیون می‌باشد. باید توجه داشت که در این مطالعه فاضلاب ورودی به صافی از نوع سنتتیک نیست؛ بلکه جریان پیوسته فاضلاب ورودی به صافی با مقادیر متغیر TSS برقرار است. بازده‌ی حذف، متأثر از نوسانات مقادیر ورودی به صافی درشت دانه است. در واقع متوسط غلظت TSS خروجی (نه بازده‌ی حذف) با افزایش نرخ فیلتراسیون افزایش یافته، که با فرض ذکر شده اخیر سازگار می‌باشد. در حالت عملکرد پایدار، در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متوسط غلظت خروجی ۱۸ میلی‌گرم بر لیتر، در نرخ فیلتراسیون ۱ متوسط حذف ۲۹ میلی‌گرم بر لیتر و در نرخ فیلتراسیون ۱/۵ متوسط حذف ۳۱ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. پس از هر مرحله شستشو با گذشت زمان بازده‌ی صافی در حذف جامدات معلق افزایش یافت. چنانکه از نمودار شماره‌ی ۱ مشهود است این افزایش بازده‌ی تدریجی بوده و پس از گذشت حدود ۱۰ روز به نقطه‌ی حداکثر خود می‌رسد، و بعد از آن روند تقریباً ثابتی را دنبال می‌کند. پدیده‌ی مذکور با فرض تشکیل تدریجی فیلم میکروبی در منافذ گراول‌های بستر صافی توجیه می‌شود. چنانکه می‌توان گفت اگر از تأثیر تشکیل بیوفیلم تنها مکانیسم‌های ته‌نشینی و بیزش (Sieving) عامل حذف باشد؛ بازده‌ی حذف صافی ناچیز خواهد بود (۱۰). نتایج به دست آمده تأییدکننده‌ی یافته‌های Galvis و Collins است که تشکیل توده‌ی بیولوژیکی را در افزایش بازده‌ی حذف مؤثر می‌دانند (۱۱،۹). از مقایسه‌ی یافته‌های این پژوهش و مطالعات Wegelin، می‌توان نتیجه گرفت که مکانیسم‌های بیولوژیکی در سیستم‌های مواجه با پساب فاضلاب شهری، مؤثرتر از سیستم‌هایی است که با هدف پیش‌تصفیه‌ی آب سطحی منابع آب سطحی به کار می‌روند (۱۰،۸،۶). نتیجه‌ی این تحقیق با چند مورد از پژوهش‌های مشابه در جدول مقایسه شده است.

## نتیجه‌گیری

اگرچه عملکرد مطلوب HRF به نرخ‌های فیلتراسیون کمتر از ۱/۵ متر بر ساعت محدود می‌شود و این صافی‌ها هنوز دارای سیستم شستشوی کارآمدی نیستند، اما مزایای قابل توجهی چون عدم محدودیت در طول به دلیل ساختار افقی، عدم نیاز به وسایل و تجهیزات پیچیده و گران‌قیمت، راهبری آسان در استفاده از مصالح محلی دارند. اثر قابل قبول این نوع سیستم در کاهش جامدات معلق به‌خصوص در مواردی که گندزدایی پساب جزء اهداف راهبران تصفیه‌خانه باشد، بسیار حایز اهمیت است.

## References:


1. Arcivala SJ, Asolekar SR. Wastewater Treatment for Pollution Control and Reuse. 3rd ed. New Delhi: TATA McGraw-Hill; 2007. p. 201-204.

2. Karia GL, Christian RA. Wastewater Treatment. New Delhi: Prentice Hall; 2004. p. 177-179.

3. Crites R, Tchobanoglous G. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 1998. p. 781-783.

4. Ahmadi Moghadam M. Evaluation of Removal Alternatives Against Seasonal Runoff Turbidity Events in Water Treatment Plants. Tehran: TUMS. Health Faculty; 2004. p. 80-82. [Thesis in Persian]

5. Crittenden JC, Rhodes R, Hand DW, How KJ, Tchobanoglous G. Water Treatment، Principles and Design. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 2005. p. 829.

6. Wegelin M. Surface Water Treatment by Roughing Filters. A Design, Construction and Operation Manual. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG) and Department Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC). 1996. p. 107. Available From: http://www.Sandec.com/Filtration/date. Accessed September 23, 2008.

7. Azimi AA, Zamanzade M. Surface Water Treatment in Developing Countries. Tehran: Tehran University Publication; 2003. p. 307-311. [Text in Persian]

8. Sarvmeili M. Upgrading of Wastewater Effluent Quality for Municipal Non-Potable Applications by Horizontal Roughing Filter. Tehran: TUMS. Health Faculty; 2006. p. 39-41. [Thesis in Persian]

9. Galvis G, Fernandez J, Visscher JT. Comparative Study of Different Pre-Treatment Alternatives. J Aqua 1993;42:337-346.

10. Wegelin M, Boller M, Schertenleib R, Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. J Aqua 1987;2:80-90.

11. Collins MR. Evaleation of Roughing Filteration Design Variables. J Wat Sci Tech 1994;30(6):173-179.

12. [USEPA] United States Environmental Protection Agency. Guideline for Water Reuse; Technology Transfer Manual. EPA, Office of Research and Development 1992;625/R-92/004. Washington D C.

13. Ghaneian M. Mesdaghinia A. Ehrampoush M. Principeles of Wastewater Reuse; Applications, Standards and Side Effectes. Tehran: Teb Gostar; 2001. p. 2-204. [Text in Persian]

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.