بررسی کارایی صافی دانه درشتِ با جریان افقی در ارتقای کیفیت پساب خروجی از زلالسازِ لاگون‌های با هوادهی در بوکان

حسن خرسندی [۱]، فراز فتحی [۲]، بلال امامی فر [۳]، حمزه شعبانی [۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: لزوم ارتقای کیفیت پسابِ لاگون‌ها یکی از اولویت‌های زیست محیطی طرح‌های فاضلاب است. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی عملکرد صافی دانه درشت با جریان افقی در بهبود پارامترهای جامدات معلق، اکسیژن مورد یاز شیمیایی، کدورت و کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی از زلالساز لاگون‌های با هوادهی به منظور تأمین استانداردهای ملی صورت گرفت.

روش‌ها: این مطالعهٔ تجربی در مقیاس پایلوت در محل تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بوکان انجام شد. طراحی، ساخت و نصبِ پایلوتِ صافی دانه درشت با جریان افقی بر اساس رهنمودهای وجلین صورت گرفت. عملکرد صافی در سه نرخ ۰/۵، ۱ و ۱/۵ مترمکعب بر مترمربع در ساعت در حذف جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کدورت و کلیفرم مدفوعیِ پساب خروجی از زلالساز لاگون‌های با هوادهی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله، با آنالیز کوواریانس (ANCOVA) به وسیله نرم‌افزار SPSS 16 مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: میانگین پارامترهای جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کدورت و کلیفرمِ مدفوعی پساب خروجی از صافی دانه درشت با جر یان افقی در نرخ‌های مختلف فیلتراسیون اختلاف معنی‌داری داشتند ($P< ۰/۰۰۱$). بر این اساس، صافی دانه درشت با جریان افقی در بارگذاری بهینهٔ ۰/۵ مترمکعب بر مترمربع در ساعت، مقدار کل جامدات معلق، اکسیژن موردنیاز شیمیایی و کدورت پساب زلالساز لاگون های با هوادهی را به طور میانگین به ترتیب به ۲۱ mg/L، ۳۵ mg/L و ۸/۳۳ NTU کاهش داد.

نتیجه‌گیری: صافی دانه درشت با جریان افقی به دلیل راندمان مطلوب و راهبری آسان، می‌تواند به عنوان گزینهٔ مناسب برای ارتقای کیفیت پسابِ زلالسازِ لاگون‌های با هوادهی جهت تأمین استانداردهای ملی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پساب، صافی درشت دانه با جریان افقی، فاضلاب، لاگون با هوادهی

ارجاع: خرسندی حسن، فتحی فراز، امامی فر بلال، شعبانی حمزه **بررسی کارایی صافی دانه درشتِ با جریان افقی در ارتقای کیفیت پساب خروجی از زلالسازِ لاگونهای با هوادهی بوکان .** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۴؛ ۱۱(۳): ۶۵۸-۶۵۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۹**

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران (نویسنده مسؤول) Email: hassankhorsandi@yahoo.com

۲. کارشناس تصفیه‌خانه فاضلاب بوکان، شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان‌غربی، بوکان، ایران

۳. کارشناس بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

مقدمه

امروزه لاگون‌های هوادهی به دلیل سهولت بهره‌برداری و عدم نیاز به هاضم‌های مستقلِ لجن، به عنوان یکی از فرایندهای رایج در تصفیهٔ فاضلاب‌های شهری استفاده می‌شوند (۱). با این حال، بروز مشکلات ته‌نشینی و بالا بودن اکسیژن مورد نیازِ بیوشیمیاییِ پنج روزه (BOD_5 یا The five day Biochemical Oxygen Demand)،

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD یا Chemical Oxygen Demand) و کل جامدات معلق (TSS یا Total Suspended Solids) در پساب لاگون‌ها ازجمله معایب آن‌ها می‌باشند. از این رو، بنا به ضرورتِ حفاظت از منابع آبیِ پذیرنده و جلوگیری از آلودگی محیط زیست، ارتقای کیفیت پساب لاگون‌ها یکی از اولویت‌های زیست محیطیِ طرح‌های فاضلاب می‌باشد. در این ارتباط، فیلتر شنی متناوب به عنوان یکی از روش‌های عملیاتی برای افزایش کیفیت پساب خروجی از لاگون‌ها محسوب می‌شود (۳-۲).

صافی‌های دانه درشت با جریان افقی (HRF یا Horizontal Roughing Filter) دارای اندازه‌ی مؤثر بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر هستند که به عنوان پیش تصفیه آب‌های سطحی برای کاهش مواد جامد معلق، میکروارگانیزم و کدورت به‌کار می‌روند و در مقایسه با حوض‌های ته‌نشینی، کارایی بیشتری در حذف جامداتِ معلق ریز دارند (۶-۴). صافی‌های دانه درشت افقی معمولاً به صورت چند محفظه‌ای با بستری از شن‌های به قطر ۴ تا ۲۵ میلی‌متر ساخته می‌شوند که به طور متداول، دارای طول ۹ تا ۱۲ متر، عرض ۲ تا ۵ متر و ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متر می‌باشند (۴). از مهم‌ترین مزایای صافی‌های دانه درشت با جریان افقی می‌توان به عدم محدودیت طول صافی، افت فشار کم، پتانسیل گرفتگی پایین و ساختمان و بهره‌برداری سادهٔ آن اشاره نمود. بار هیدرولیکی کم، حساسیت بیشتر به اتصال کوتاه جریان در اثر درجه حرارت متغیر جریان ورودی و نیاز به زمین بیشتر، از معایب صافی‌های دانه درشت با جریان افقی در مقایسه با فیلترهای با جریان عمودی هستند (۱۱-۴).

Wegelin طی بررسی‌های متعدد، تئوری، عملکرد، معیارهای طراحی و اصول راهبری صافی‌های دانه درشت افقی را تدوین و ارائه نمود (۴) که نتایج این تحقیقات، توسط سازمان بهداشت جهانی به عنوان معیارهای طراحی این صافی‌ها پذیرفته شده است. طبق مطالعات وی، صافی دانه درشت با جریان افقی در نرخ فیلتراسیون کمتر از m/hr ۱، قادر به حذف مؤثر مواد معلق، کلیفرم‌ها و کدورت (۷-۵) با مکانیسم فیلتراسیون فیزیکوشیمیایی از طریق برخورد ذرات معلق و کلوئیدی با دانه‌های بستر، ته‌نشینی آن‌ها در فضای متخلخل صافی و چسبندگی به بیوفیلم روی دانه‌های شنی حذف نمایند (۱۱-۱۰، ۵).

مانگ (Maung) در سال ۲۰۰۶ عملکرد چهار فیلتر شنیِ دانه درشت با جریان افقی با بستر سنگ آهکیِ دارای قطر ۱/۹۱، ۴/۹ و ۱۶/۲۸ میلی‌متر و مخلوطی از این دانه‌های سنگ آهکی را در تصفیه فاضلاب خام ورودی به برکه اکسیداسیون مورد مطالعه قرار داد. نتایج این بررسی نشان داد که کدورت بین ۷۴/۶ تا ۹۲/۱٪ ، مواد جامد معلق بین ۷۹/۳ تا ۸۸/۲٪ ، کلیفرم بین ۶۷/۴ تا ۹۶/۱ و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی بین ۵۱/۳ تا ۶۷/۲٪ توسط این چهار فیلتر برحسب قطر دانه‌بندیِ بستر و نرخ فیلتراسیون حذف می‌شوند (۱۱).

نبی‌زاده و همکاران در سال ۱۳۸۶ راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقیِ سه محفظه‌ای به طول‌های ۱/۶ متر، ۱/۳ متر و ۰/۹ متر و حاوی دانه‌های شن به ترتیب با قطر ۱۸mm-۱۲، ۱۲mm-۸ و ۸mm-۴ را در حذف کلیفرم پساب خروجی از لاگون‌های هوادهی شهر قم در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت، ۹۶ درصد تعیین نمودند (۸). در ادامه این مطالعه، خزایی و همکاران، راندمان همان صافی شنی دانه درشت با جریان افقی در حذف جامدات معلق پساب خروجی از لاگون‌های هوادهی شهر قم را در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت، ۷۸/۵٪ تعیین کردند (۹).

احتشامی و همکاران در سال ۱۳۹۰ عملکرد فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقیِ سه محفظه‌ای به طول‌های ۳ متر، ۲ متر و ۱ متر و حاوی دانه‌های شن به ترتیب با قطر ۱۸mm-۱۲، ۱۲mm-۸ و ۸mm-۴ را در حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیاییِ پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یاسوج بررسی نموده و نشان دادند فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در نرخ‌های فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر در ساعت قادر ا ست اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی را به ترتیب ۶۰ ٪، ۵۱٪ و ۳۸٪ حذف نماید (۱۲).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

جعفری دستنایی و همکاران در سال ۲۰۰۷ راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی سه محفظه‌ای به ترتیب دارای طول ۳ متر، ۲/۳ متر و ۱/۸ متر و حاوی دانه‌های شن به ترتیب با قطر ۲۵mm–۱۵، ۱۵mm–۸ و ۸mm–۴ را در کاهش کدورت، رنگ، آهن، منگنز، مواد جامد معلق و کلیفرم منابع سطحی آب آشامیدنی در نرخ فیلتراسیون ۱/۸ m/hr به ترتیب ۶۳/۴، ۲۰، ۱۵/۶، ۶۴، ۸۹/۷ و ۹۴٪ تعیین نمودند (۱۳).

لوسلبن (Losleben) در سال ۲۰۰۸ از طریق فیلتراسیون دانه درشت با جریان افقیِ با سه محفظهٔ سری به طول‌های ۳/۵ متر، ۲/۵ متر و ۱ متر و حاوی سنگریزه‌های گرانیتی به قطر ۱۸ mm–۱۲، ۱۲ mm–۸ و ۸ mm–۴ در قالب یک لوله PVC به قطر ۴ اینچ و با نرخ جریان ۲m^3/m^2.hr–۱ توانست کدورت آب دارای ۳۱۳ NTU را به طور متوسط حدود ۸۴٪ کاهش دهد (۱۰).

طبق ضوابط و دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست ایران، حداکثر میانگین ماهیانهٔ TSS، BOD_5 و COD پساب خروجی جهت تخلیه به آب‌های پذیرندهٔ سطحی، به ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (۱۴). در حالی که در تصفیه خانهٔ فاضلاب شهر بوکان، میانگین ماهیانهٔ TSS، BOD_5 و COD پساب خروجی از زلالسازِ لاگون‌های اختیاریِ با اختلاط جزئی به ترتیب بین ۷۰–۵۰ ، ۸۵–۴۰ و ۱۳۰–۸۰ میلی‌گرم در لیتر در نوسان می‌باشد. از این رو ارتقای کیفیت پساب خروجی از این تصفیه‌خانه با توجه به حساسیت زیست محیطی سیمینه‌رود به عنوان منبع پذیرنده، از اهمیت اساسی برخوردار است. بر این اساس، هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیر فیلتراسیون دانه درشت با جریان افقی در کاهش TSS، COD، کدورت و کلیفرم مدفوعیِ پساب خروجی از زلالساز لاگون‌های هوادهی است.

روش‌ها

این مطالعه به صورت تجربی در مقیاس پایلوت، از بهمن ۱۳۹۰ تا شهریور ۱۳۹۱ در محل تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر بوکان انجام گردید. پایلوت مورد استفاده، از نوع صافی دانه درشت با جریان افقی بود که مطابق رهنمودهای وجلین (۱۱–۱۰، ۷، ۵–۴) پس از طراحی و ساخت، در محل تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهر بوکان نصب و تجهیز گردید.

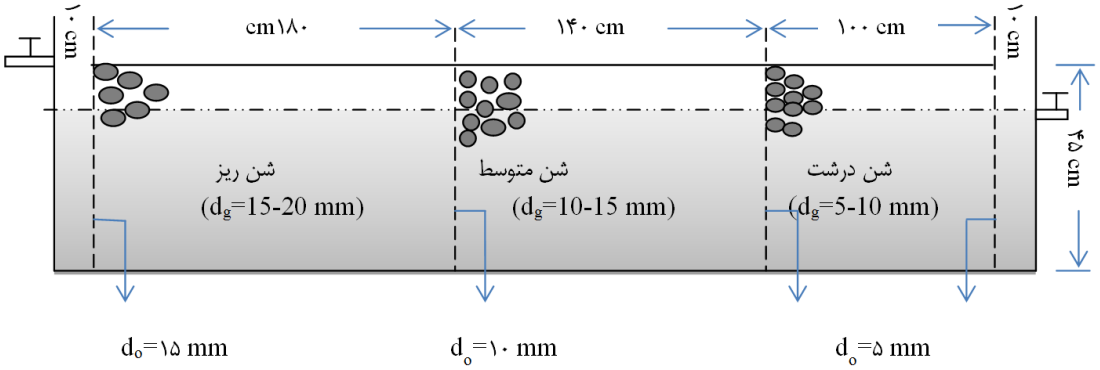
به منظور بررسی تأثیر کارایی فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی بر میزان حذف پارامترهای TSS، COD، کدورت و کلیفرم مدفوعی به عنوان متغیرهای وابسته، بخشی از پساب خروجی از زلالسازِ لاگون‌های هوادهی از نوع اختیاری با اختلاط جزئی بوکان، در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ مترمکعب بر مترمربع در ساعت به عنوان متغیر مستقل بر صافی اِعمال گردید. نمونه‌های لحظه‌ای از ورودی و خروجی فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در هر نرخ فیلتراسیون پس از رسیدن به حالت پایدار، به مدت یک ماه و با دوره تکرار سه روزه مورد بررسی قرار گرفتند (در مجموع ۶۰ نمونه). کلیهٔ آزمایش‌ها بر اساس روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام گردیدند (۱۵) و برای تحلیل نتایج بر اساس نرخ فیلتراسیون به عنوان متغیر مستقل و با در نظر گرفتن تفاوت کیفیت پساب ورودی به فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی، از آنالیز کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد.

در ساخت پایلوت از ورقه‌های آهن غیرگالوانیزه به ضخامت ۵ میلیمتر استفاده شد. ورق‌ها پس از عملیات نورد، به شکل استوانهٔ ناقص به قطر ۶۰ سانتی‌متر درآمده و ابتدا و انتهای آن با دو ورق دایره‌ای مسدود شد. پس از عملیات نشت‌یابی، برای جداسازی محفظه‌های بستر، از چهار دیواره مشبک گالوانیزه‌ای به ترتیب با قطرهای منافذ ۱۵، ۱۰، ۵ و ۵ میلیمتر استفاده شد. فاصله زهکش‌ها در محفظه‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۴۵، ۳۵ و ۲۵ سانتی‌متر بود. برش طولی فیلتر دانه درشت با جریان افقی مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

از تغییر افت فشار در ناحیه ورودی به عنوان شاخص شستشوی بستر صافی استفاده شد. به طوری که در ابتدای بهره‌برداری، سطح پساب در ناحیه ورودی، حدود ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از سطح بستر قرار داشت لکن با گذشت زمان و تجمع جامدات در بستر، ارتفاع پساب در ناحیه ورودی به تدریج افزایش یافته و

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

نهایتاً با بستر صافی هم سطح می‌شد که در این شرایط، شستشوی بستر به صورت هیدرولیکی انجام می‌گرفت. بدین منظور، با بستن شیر خروجی، محفظه‌های صافی را کاملاً از پساب پر نموده سپس دریچه‌های زهکشِ تعبیه شده در کف صافی به طور همزمان باز می‌شدند. در نتیجه‌ی نیروی برشیِ هیدرولیکی، رسوبات از سطح بسترهای شنی جدا شده و از مسیر زهکش‌ها خارج می‌گردیدند. برای ایجاد شرایط یکسان، قبل از تغییر نرخ فیلتراسیون نیز شستشوی بستر انجام می‌شد.



شکل ۱. بُرش طولی فیلتر دانه درشت با جریان افقی مورد استفاده در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بوکان

یافته‌ها

به منظور بررسی راندمان فیلتر دانه درشت با جریان افقی در حذف پارامترهای TSS، COD، کدورت و کلیفرم مدفوعی به عنوان متغیرهای وابسته، بخشی از پساب خروجی از زلالسازِ لاگون‌های هوادهیِ اختیاریِ با اختلاط جزئیِ شهر بوکان، در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ مترمکعب بر متر مربع در ساعت به عنوان متغیر مستقل بر صافی اِعمال گردید که نتایج حاصله در جدول۱ و شکل ۲ ارائه شده است.

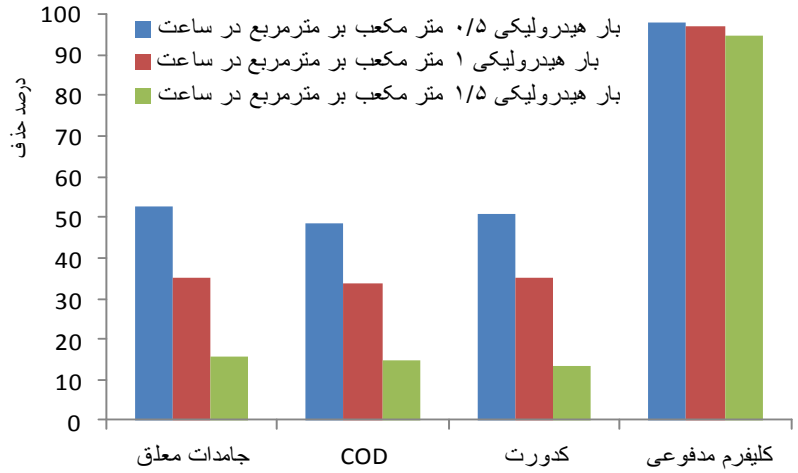
هریک از پارامترهای جامدات معلق، COD، کدورت و کلیفرم مدفوعی در پساب ورودی به فیلتر شنی در نرخ‌های مختلف فیلتراسیون بعنوان هم متغیر(Covariate) در نظر گرفته شدند. بر اساس جدول ۲، آنالیز کوواریانس (ANCOVA یا Analysis of Covariance) ، اختلاف معنی‌داری را در میانگین پارامترهای مذکور در پساب خروجی از فیلتر در سه نرخ فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر مکعب بر متر مربع در ساعت نشان داد (P_{value}<۰/۰۰۱). به طوری‌که طبق جدول ۱، با افزایش نرخ فیلتراسیون، راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی کاهش یافت. بر این اساس، فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در بارگذاری بهینه‌ی ۰/۵ مترمکعب بر مترمربع در ساعت، میانگین مقدار جامدات معلق، COD و کدورت پساب زلالساز لاگون‌های با هوادهی را به ترتیب به ۲۱، ۳۵ mg/L و ۸/۳۳ NTU کاهش داده و استاندارد پساب خروجی را تأمین نمود.

با عنایت به تغییر کیفیت پساب ورودی به فیلتر شنی، درصد تأثیرگذاریِ نرخ فیلتراسیون و کیفیت متغیرهای مورد مطالعه در جریان ورودی، بر کیفیت پساب خروجی از فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود درصد اثرگذاری نرخ فیلتراسیون بر میانگین مقادیر جامدات معلق، COD و کدورت پساب خروجی از فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی بیشتر از درصد اثرگذاری کیفیت پساب ورودی است.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۱. راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در کاهش COD، جامدات معلق، کدورت و کلیفرم مدفوعی

راندمان حذف	پساب خروجی از فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی	پساب ورودی به فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی	واحد	پارامتر	بار هیدرولیکی $m^3/m^2.hr$
٪ ۵۲/۵	۲۱±۳/۶۵	۴۴/۴ ±۵/۱۴۶	mg/L	جامدات معلق	۰/۵
٪ ۴۸/۴۲	۳۵±۴/۳۴۶	۶۸/۴±۸	mg/L	COD	
٪ ۵۰/۸۳	۸/۳۳±۱/۵	۱۶/۹±۲/۵	NTU	کدورت	
۱/۹۹۵ logs	۴×۱۰^{۴}± ۱/۳ ×۱۰^{۴}	۲۰۲ ×۱۰^{۴} ±۱۹/۳ ×۱۰^{۴}	MPN/100 mL	کلیفرم مدفوعی	
٪ ۳۵/۰۷	۳۶/۴±۵/۰۶	۵۶/۱±۶/۳۶۷	mg/L	جامدات معلق	۱
٪ ۳۳/۸۵	۵۸/۸±۹/۸۹۷	۸۹/۵±۸/۸۶	mg/L	COD	
٪ ۳۵/۱	۱۳/۴۳±۱/۳۳	۲۰/۶۹±۲/۴۱۵	NTU	کدورت	
۱/۹۹۵ logs	۴/۸×۱۰^{۴}±۱/۲ ×۱۰^{۴}	۱۶۵ ×۱۰^{۴}±۴/۰۸ ×۱۰^{۴}	MPN/100 mL	کلیفرم مدفوعی	
٪ ۱۵/۹۲	۴۵/۸±۳/۷	۵۴/۵±۴/۳۵۲	mg/L	جامدات معلق	۱/۵
٪ ۱۴/۵۵	۷۰/۲±۶/۹۵۷	۸۲/۱±۷/۰۹۳	mg/L	COD	
٪ ۱۳/۳۴	۱۷/۱۴±۱/۷	۱۹/۸۴±۲/۲۵	NTU	کدورت	
۱/۹۹۵ logs	۷/۷×۱۰^{۴}±۰/۶۱ ×۱۰^{۴}	۲۱۷ ×۱۰^{۴}±۲۸/۷ ×۱۰^{۴}	MPN/100 mL	کلیفرم مدفوعی	



شکل ۲. راندمان فیلتر دانه درشت با جریان افقی در کاهش COD، جامدات معلق، کدورت و کلیفرم مدفوعی از پساب زلالساز لاگون‌های با هوادهی بوکان

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۲. درصد تأثیرگذاری نرخ فیلتراسیون و کیفیت پساب ورودی بر عملکرد فیلتر دانه درشت با جریان افقی بر اساس آنالیز کوواریانس (ANCOVA)

درصد تأثیرگذاری بر روی متغیر وابسته توسطِ		اختلاف میانگین‌های هم متغیر در جریان ورودی	اختلاف میانگین‌های متغیرِ وابسته، در سه نرخ فیلتراسیون	متغیر وابسته
مقدار متغیر در جریان ورودی	نرخ فیلتراسیون			
۵۳/۴	۸۵/۲	P < 0.001	P < 0.001	جامدات معلق پساب خروجی از فیلتر
۶/۵	۷۳/۱	P = 0.191	P < 0.001	COD پساب خروجی از فیلتر
۷۲/۸	۹۲/۷	P < 0.001	P < 0.001	کدورت پساب خروجی از فیلتر

بحث

تصفیه ناقص فاضلاب‌های خانگی و صنعتی یکی از عوامل اصلی تهدید محیط زیست از جمله منابع آبی پذیرنده می‌باشد. از آن جایی که امروزه به دلیل محدودیت منابع آب شیرین، استفاده مجدد پساب‌ها از اهداف مهم تصفیه فاضلاب به شمار می‌روند، انتخاب روش‌های کارا در طرح‌های جدید و اصلاح تصفیه‌خانه‌های موجود فاضلاب از برنامه‌های کاربردی شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد. در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با عنایت به وضعیت بحرانی آن، این موضوع از اهمیت دوچندانی برخوردار بوده و ارزیابی ارتقای کیفیت بهداشتی پساب خروجی از زلالسازِ لاگون‌های با هوادهی شهر بوکان بوسیله صافی دانه درشت با جریان افقی در این راستا مورد مطالعه قرار گرفته است.

فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در نرخ بهینهٔ ۰/۵ $m^3/m^2.hr$ به استناد جدول ۱، با راندمان ۵۲/۵٪ حذف جامدات معلق، ۴۸/۴۲٪ حذف COD و ۵۰/۸۳٪ حذف کدورت قادر است استاندارد ملی پارامترهای مذکور را در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بوکان برای تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی و یا استفاده در کشاورزی تأمین کند.

در این مطالعه، هرچند راندمان حذف کلیفرم مدفوعی توسط فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در نرخ فیلتراسیون بهینه ۹۸٪ بود، لکن بر اساس MPN کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی، برای حصولِ حداکثر مجاز آن جهت تخلیه به آب‌های پذیرنده، انجام گندزدایی پسابِ فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی ضروری است.

نتایج این مطالعه در خصوص تعیین بارگذاری بهینه با یافته‌های خزایی و همکاران و نبی زاده و همکاران در تصفیه‌خانه فاضلاب قم و احتشامی و همکاران در تصفیه‌خانه فاضلاب یاسوج کاملاً همخوانی دارد (۱۳–۱۲، ۹–۸) به طوری که بارگذاری بهینه در این مطالعات نیز برابر با ۰/۵ مترمکعب بر متر مربع در ساعت تعیین شده است. با این وجود، به دلیل اختلاف در مقدار طول محفظه‌های فیلتر دانه درشت با جریان افقی، اندازه مؤثر و خصوصیات سطحیِ مواد شنیِ استفاده شده در بستر فیلتر، نوع و یا عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب در شهرهای مطالعه شده و پساب ورودی به فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی، تفاوت‌هایی بین نتایج مطالعهٔ حاضر با مطالعات مذکور در راندمان حذف پارامترهای بررسی شده وجود دارد.

با توجه به دلایل فوق، راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در مطالعهٔ احتشامی و همکاران با بکارگیری طول بیشتر محفظه‌های فیلتر دانه درشت با جریان افقی و دانه بندی کوچکتر بستر صافی، حدود ۱۲٪ از نتایج مطالعه حاضر در حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی بیشتر است (۱۲). خزایی و همکاران، راندمان فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در حذف جامدات معلق را با استفاده از قطر پایین دانه‌های بستر، حدود ۲۶٪ بیشتر از راندمان مطالعه حاضر به دست آورده‌اند (۸). لوسلبن با استفاده از طول بزرگتر محفظه‌های فیلتر دانه درشت با جریان افقی، قطر پایین دانه‌ها و بستر گرانیتی، حدود

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

۲۳٪ کارایی بیشتری را در حذف کدورت در مقایسه با مطالعه فعلی فراهم نموده است (۱۰). وابستگی عملکرد فیلتر دانه درشت با جریان افقی به دانه‌بندی بستر و نرخ فیلتراسیون با مطالعه مانگ کاملاً همخوانی دارد. طبق نتایج مانگ، بیشترین راندمان فیلتر دانه درشت با جریان افقی در نرخ فیلتراسیون کم و دانه‌بندی کوچک‌تر حاصل می‌شود (۱۱).

بر اساس اصول علمی، هرچند اندازه مؤثر بستر فیلتر و بار هیدرولیکی سطحی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر راندمان فیلتراسیون می‌باشند. اما ذرات شنی کوچک در بستر فیلترها، علیرغم تأمین راندمان‌های بیشتر، از افت فشار و پتانسیل گرفتگی بالایی برخوردار بوده و منجر به افزایش هزینه‌های بهره‌برداری می‌شوند. بنابراین در طراحی و بکارگیری فیلترهای شنی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب بایستی بین راندمان و افت فشار، یک تعامل عملیاتی برقرار نمود (۱۶، ۱۱، ۴). رشد جلبک در لایه‌های فوقانی فیلترهای دانه درشت با جریان افقی یکی از عوامل ایجاد گرفتگی فیلترها به شمار می‌روند لکن فیلترهای دانه درشت با جریان افقی به دلیل قطر بالای ذرات و فضاهای بزرگتر بین دانه‌های بستر در مقایسه با فیلترهای شنی کند از پتانسیل گرفتگی کمتری برخوردار هستند (۱۰، ۴).

برای افزایش استقرار بیوفیلم بر سطوح مدیاها و افزایش راندمانِ فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی (۱۷)، استفاده از قلوه سنگ‌های پامیس می‌تواند طی مطالعهٔ اختصاصی، مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

با عنایت به محدودیت منابع آبی درحوضه آبریز دریاچه ارومیه، استفاده مجدد از پساب‌های تصفیه شده به عنوان یکی از راهکارهای عملی در مدیریت منابع در استان آذربایجان غربی و احیای دریاچه ارومیه تعیین شده است. با این حال، تصفیه تکمیلی پساب و تأمین استانداردهای ملی برای پساب خروجی از فرایندهای متعارف تصفیه فاضلاب در این حوضه از ضرورت بیشتری برخوردار است. با توجه به نتایج حاصله از این مطالعه، فیلتر شنی دانه درشت با جریان افقی در بارگذاری بهینهٔ ۰/۵ $m^3/m^2/hr$ با عنایت به تأمین استاندارد ملی TSS ، COD و کدورت پساب زلالساز لاگون‌های با هوادهی، می‌تواند به عنوان یکی از سامانه‌های مؤثر و ساده برای ارتقای کیفیت پساب نهایی لاگون‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه در انجام این مطالعه در قالب طرح تحقیقاتی به شماره ۱۰۴۲ مورخ ۹۰/۱۲/۱۹ و همکاری شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی تشکر می‌نماید.

References

1. Tchobanoglous G, BurtonFL, Stensel HD. Wastewater engineering treatment and reuse. 4 th ed. New York: McGraw- Hill; 2003. P .840-52.
2. Arcivala SJ, Asolekar SR. Wastewater treatment for pollution control and reuse. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2007. P. 201-4.
3. Crites R, Tchobanoglous G. Small and decentralized wastewater management systems. 2 nd ed. New York: McGraw-Hill; 1998. P. 781-3.
4. Wegelin M. Horizontal-flow roughing filteration (HRF): A design, construction and operation manual. Duebendorf: International Reference Centre For Waste Disposal (IRCWD); 1986:1-21.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

5. Wegelin M. Surface water treatment by roughing filters, A design, construction and operation manual. Gallen: Swiss Center For Development Cooperation In Technology And Management (SKAT); 1996:27-67.
6. Patil VB, Kulkarni GS, Kore VS. Performance of horizontal roughing filters for wastewater: a review. International Research Journal of Environment Sciences 2012; 1(2): 53-5.
7. Wegelin M, Boller M, Schertenleib R. Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration, J Aqua 1987; 2: 80-90.
8. Nabizadeh R, Naddafi K, Vaezi F, Khazaei M, Saftari M. Efficiency of horizontal roughing filter (HRF) in coliform removal from aerated lagoon effluent. Journal 2008; 66: 2-9. [In Persian]
9. Khazaei M, Nabizadeh R, Naddafi K, Noureyeh N, Omidi Oskouei AR. Elimination of suspended solids from aerated lagoon effluent by horizontal roughing filter, Qom University of Medical Sciences J 2010; 4(1): 42-7. [In Persian]
10. Losleben TR. Pilot study of horizontal roughing filtration in northern ghana as pretreatment for highly turbid dugout water. submitted to the department of civil and environmental engineering in partial fulfillment of the requirements of the degree of master of Engineering in Civil and Environmental Engineering, Massachussets Institute of Technology, Cambridge, Massachussetts, USA 2008; 35-121.
11. Maung UHT. A study on the performance of limestone roughing filter for the removal of turbidity, suspended solids, biochemical oxygen demand and coliform organisms using wastewater from the inlet of domestic wastewater oxidation pond. [MsC Thesis] submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, 2006, Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malayia; 7-24.
12. Ehteshami M, Takdastan A, Alavi N, Jafarzadeh Haghighifard NA, Ahmadi Moghdam M, Khazayi M, Salehi AB. Efficacy of HRF in COD removal from secondary effluent of Yasuj municipal wastewater. Armaghane-danesh, Yasuj University of Medical Sciences Journal (YUMSJ) 2011; 64: 391-9. [In Persian]
13. Dastanaie J. Use of horizontal roughing filtration in drinking water treatment. Int. J. Sci Technol 2007; 4(3): 379-82. Tehran Province Water &Wastewater, Standards of Wastewater Effluent. 1994; [In Persian]
14. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed. Washington D.C. :APHA, AWWA, WEF; 2005.
15. Ochieng GM, Otieno FAO. Verification of Wegelin's design criteria for horizontal flow roughing filters (HRFs) with alternative filter material, Water SA 2006; 32(1): 105-9.
16. Ibrahim HT, Qiang H, Al-Rekabi WS, Qiqi Y. Improvements in biofilm processes for wastewater treatment. Pakistan Journal of Nutrition 2012; 11(8): 610-36.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]

A Study of the Horizontal Roughing Filter Efficiency to Improve the Quality of Effluent from Boukan Polishing Pond Following Aerated Lagoons

Hassan Khorsandi [1], Faraz Fathi [2], Belal Emamifar [3], Hamzeh Shaabani [3]

Original Article

Abstract

Background: The need to improve the quality of lagoon effluent is one of the environmental priorities for wastewater projects. Thus, the study objective was to investigate horizontal roughing filter (HRF) performance in reducing total suspended solides (TSS), chemical oxygen demand (COD), turbidity and fecal coliform in the effluent from polishing pond following aerated lagoons in order to comply with the national effluent standards.

Methods: A pilot-scale experimental study was carried out on-site in the wastewater treatment plant of Boukan, Iran. Design, manufacture and installation of horizontal roughing filter pilot were performed according to Wegelin guidelines. HRF Performance for the removal of TSS, COD, turbidity and fecal coliform was studied in three filtration rates of 0.5, 1 and 1.5 m^3/m^2.hr. The results were analyzed by analysis of covariance (ANCOVA) using SPSS software, V.16.

Findings: The mean TSS, COD, turbidity and fecal coliform in the horizontal roughing filter effluent had significant difference within various hydroulic loading rates ($P<0.001$). Accordingly, in hydroulic loading rate of 0.5 m^3/m^2.hr as optimum loading rate, the HRF reduced TSS, COD and turbidity of effluent from the polishing pond following aerated lagoons to 21 mg/L, 35 mg/L and 8.33 NTU, respectively.

Conclusion: The HRF can be used as appropriate option, due to high efficiency and easy operation, to improve the quality of effluent from the polishing pond following aerated lagoons in order to reach the national discharge standards.

Key Words: Effluent, Horizontal Roughing Filter, Wastewater, Aerated Lagoon

Citation: Khorsandi H, Fathi F, Emamifar B, Shaabani H. **A Study of the Horizontal Roughing Filter Efficiency to Improve the Quality of Effluent from Boukan Polishing Pond Following Aerated Lagoons.** J Health Syst Res 2015; 11(3):650-658

Received date: 12.10.2014 **Accept date: 30.06.2015**

1. Associate Professor, Environmental Health Engineering Department, Social Determinants of Health Research Center , School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran (Corresponding Author) Email: hassankhorsandi@yahoo.com
2. B.S of Boukan Wastewater Treatment plant, West Azerbyjan Water and Wastwater Company, Boukan, Iran
3. B.S of Environmental Health Engineering, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-12]