

کارایی صافی درشت دانه افقی در کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی از پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر یاسوج

مسعود احتشامی^۱، افشین تکدستان^{۱*}، نادعلی علوی^۱، نعمت‌الله جعفرزاده حقیقی فرد^۱، مهدی احمدی مقدم^۱، محمدخزایی^۲، عبدالحسین صالحی^۲
^۱دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، ^۲دانشگاه علوم پزشکی قم، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، ^۳آب و فاضلاب شهری استان کهگیلویه و بویراحمد، معاونت بهره برداری
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۴/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: استفاده مجدد از فاضلاب می‌تواند راهکاری مناسب در استراتژی توسعه منابع آب و تأمین نیازهای آبی در نظر گرفته شود. هدف این مطالعه بررسی کارایی صافی درشت دانه افقی در حذف اکسیژن خواهی شیمیایی از پساب ثانویه فاضلاب شهری بود.

روش بررسی: پایلوتی که در این مطالعه استفاده شد، از نوع صافی درشت دانه با جریان افقی است. این پایلوت بر اساس معیارهای طراحی و جلین، طراحی و ساخته شد. حجم نمونه به روش فول فاکتوریال تعیین گردید. نمونه‌ها به صورت روزانه و لحظه‌ای بر اساس تعداد نمونه پیش بینی شده (۲۸ نمونه در هر نرخ فیلتراسیون) از ورودی و خروجی صافی برداشت شد، سپس در آزمایشگاه با دستگاه DR5000 آزمایش گردید. نتایج حاصله با آزمون‌های آماری تحلیل کوواریانس، تست تی زوجی و تی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، میانگین حذف اکسیژن خواص شیمیایی در حالت عملکرد پایدار فیلتر درشت دانه افقی در نرخ‌های فیلتراسیون ۱۰/۵ و ۱/۵ متر بر ساعت به ترتیب ۵۱،۶۰ و ۲۸ درصد بود.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که میانگین‌های خروجی از سیستم فیلتر درشت دانه افقی در هر سه نرخ فیلتراسیون پایین‌تر از حداکثر استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور در خصوص خروجی پساب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: صافی، پساب، فیلتراسیون، اکسیژن خواهی، شیمیایی

* نویسنده مسئول: اهواز، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط
 Email: afshin_ir@yahoo.com

مقدمه

استفاده مجدد از فاضلاب می‌تواند راهکاری مناسب در استراتژی توسعه منابع آب و تأمین نیازهای آبی در نظر گرفته شود. فاضلاب‌هایی که به درستی تصفیه شده اند 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 سالانه است و همین امر آن را به عنوان منبعی مطمئن جهت آبیاری زمین‌های بایر و سایر موارد استفاده دیگر تبدیل می‌نماید (۱). پژوهش‌ها نشان می‌دهد امکان استفاده مجدد از آب، 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، فرآیندهای مبتنی بر جداسازی جامد - مایع نظیر؛ کواگولاسیون شیمیایی، فلوکولاسیون، فیلتراسیون و گندزدایی می‌باشند (۲ و ۳).

فیلتراسیون در تصفیه پیشرفته فاضلاب می‌تواند برای مقاصد شامل؛ فیلتراسیون خروجی ثانویه، فیلتراسیون خروجی ثانویه که به صورت شیمیایی تصفیه شده‌اند و فیلتراسیون فاضلاب‌های اولیه یا خام که به صورت شیمیایی تصفیه شده‌اند، به کار رود. به استثنای برخی از تکنیک‌های جدید فیلتراسیون و فیلتر ماسه‌ای متناوب، صافی‌های مورد استفاده در تصفیه پیشرفته فاضلاب، معمولاً صافی‌های دو بستری و یا چند لایه‌ای می‌باشند (۴). اگر

چه صافی‌سازی با محیط دانه‌ای سال‌های زیادی است که تحت پوشش و بررسی قرار گرفته است، با این وجود هنوز مدل تحلیلی قابل قبولی برای بهینه کردن پارامترهای این فرآیند پیچیده وجود ندارد (۵). یک صافی درشت دانه با جریان افقی دارای ساختمانی چند محفظه‌ای است که به صورت سری، افقی و به ترتیب در جهت جریان از دانه‌های درشت‌تر (۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر تا ریزتر؛ ۲/۵ تا ۴ میلی‌متر پر شده‌اند) (۶). فیلترهای درشت دانه افقی^۱ از دهه‌های نیمه دوم قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۷ و ۸). از این فیلترها برای کاهش بار آلی ورودی اولیه در تصفیه به روش اکسیداسیون یا لجن فعال و همچنین کاهش بار آلی سنگین فاضلاب‌های صنعتی نیز استفاده می‌شود (۹). حذف جامدات معلق از طریق فیلترهای درشت دانه یک فرآیند نسبتاً پیچیده است که شامل؛ ته‌نشینی، جذب سطحی و بیولوژیکی است (۶). اصلی‌ترین فرآیند حذف در صافی‌های درشت دانه با جریان افقی فرآیند ته‌نشینی می‌باشد (۷). در فیلترهای درشت دانه افقی برای کاهش اثرات افت فشار و کنترل پیشروی جبهه گرفتگی از شستشوی هیدرولیکی با استفاده از نیروی هیدروستاتیکی آب استفاده می‌شود. به طوری که با ایجاد جریان با سرعت و تنش برشی زیاد از بین لایه‌های زیرین، مواد تجمع یافته در این نواحی از فیلتر خارج می‌گردد (۷). مزیت ممتاز فیلترهای دانه درشت افقی که باعث کسب اهمیت بیشتر و توجه به استفاده از آنها در صنعت آب و

^۱ Horizontal Roughing Filter (HRF)

هم (۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری) ایجاد شد و بوشن‌هایی به قطر ۱ اینچ زیر سوراخ‌ها جوش داده شد و روی هر کدام یک شیر یک اینچ نصب گردید. روی این زهکش‌ها دریچه‌های مشبک با سوراخ‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر ایجاد شد. در سومین زهکش هر محفظه یک پیرومتر جهت تعیین شیب هیدرولیکی جریان نصب شد (تصویر ۱). برای تهیه مواد بستر صافی نیز از گراول رودخانه‌ای که به وسیله الک‌های استاندارد تفکیک و دانه‌بندی گردید، استفاده شد (۱).

دبی مورد نظر با توجه به هر نرخ فیلتراسیون (در سه نرخ ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت) تنظیم و از طریق شیر ورودی به صافی هدایت شد. شستشوی بستر صافی به روش هیدرولیکی انجام شد، به این طریق که شیر خروجی صافی بسته شد و منتظر ماندیم تا صافی از پساب ورودی کاملاً پر گردد، سپس شیرهای زهکش در کف صافی به طور هم‌زمان باز شدند، در نتیجه نیروی برش هیدرولیکی باعث جدا شدن رسوبات مواد بستر صافی و خروج آنها از صافی شد.

حجم نمونه به روش فول فاکتوریال تعیین شد (۲۸ نمونه در هر نرخ فیلتراسیون). نمونه‌ها به صورت روزانه و لحظه‌ای بر اساس تعداد نمونه پیش‌بینی شده از ورودی و خروجی صافی برداشت شد، سپس در آزمایشگاه با دستگاه DR5000 (ساخت آمریکا) آزمایش شدند.

فاضلاب شده است، شامل؛ عدم استفاده از قطعات متحرک مکانیکی، سادگی احداث و بهره‌برداری و راندمان مناسب می‌باشند (۹). با توجه به کمبود انرژی و نیروی متخصص و بالا بودن هزینه‌های بهره‌برداری تصفیه خانه‌های فاضلاب، می‌توان استفاده از این روش را در این صنعت نویدبخش تحولات مثبتی در عرصه بهره‌برداری و ارتقای کارایی تصفیه خانه‌ها دانست (۹).

در این مطالعه با استفاده از صافی درشت دانه با جریان افقی با ابعادی در حدود مقیاس واقعی و نصب آن در محل خروجی پساب ثانویه تصفیه‌خانه فاضلاب شهر یاسوج با دریافت پیوسته پساب خروجی تصفیه خانه، عملکرد این سیستم در کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی^(۱) بررسی شد.

روش بررسی

در این مطالعه تجربی که در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی اهواز انجام شد، پایلوت مورد استفاده از نوع صافی درشت دانه با جریان افقی است. این پایلوت بر اساس معیارهای طراحی و جلین، طراحی و ساخته شد. طول پایلوت ۶ متر و شکل آن به صورت استوانه ناقص می‌باشد. صافی مذکور به وسیله ورق‌های مشبک به سه محفظه ۱، ۲ و ۳ متری تقسیم شدند. مقدار ۴۰ سانتی‌متر از طول نیز اختصاص به ۴ قسمت فضای ابتدا و انتهای لوله و فضای بین محفظه‌ها هرکدام به اندازه ۱۰ سانتی‌متر دارد. سوراخ‌هایی نیز به عنوان زهکش در کف پایلوت در محفظه اول، دوم و سوم به ترتیب فاصله از

1-Chemical Oxygen Demand (COD)

خروجی از لاگون ها روش هایی وجود دارد که از آن جمله می توان به فیلترهای شنی متناوب و فیلترهای سنگریزه ای اشاره نمود (۶). هدف این مطالعه بررسی کارایی صافی درشت دانه افقی در حذف اکسیژن خواهی شیمیایی از پساب ثانویه فاضلاب شهری بود.

نتایج این مطالعه نشان دهنده افزایش معنی دار راندمان حذف سیستم در طول ۸ روز ابتدایی بود. بعد از این مدت تغییرات خاص و قابل ملاحظه ای در میزان خروجی و راندمان سیستم مشاهده نشد. به همین دلیل از روز نهم در هر نرخ فیلتراسیون داده های خروجی به دست آمده نماینده عملکرد واقعی سیستم محسوب خواهد شد. به عبارتی از این زمان به بعد سیستم دارای عملکرد پایدار می باشد.

راندمان حذف در نرخ فیلتراسیون ۰/۵ متر بر ساعت در روز اول، ۲۰ درصد بود که به مرور زمان در ۲۸ روز نمونه برداری به ۷۱ درصد رسید. در سایر نرخ های فیلتراسیون نیز روند افزایشی در راندمان حذف با گذشت زمان مشاهده شد. علت افزایش راندمان های حذف در هر دوره با گذشت زمان را می توان به تشکیل فیلم میکروبی در بستر صافی درشت دانه منتسب نمود. این پدیده موجب کاهش قطر منافذ، افزایش سطح تماس بستر و غلبه فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیکی در حذف ذرات و بار میکروبی می شود (۶).

داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار Excel و SPSS^(۱) و آزمون های آماری تحلیل کوواریانس^(۲)، تست تی زوجی^(۳) و تست تی تجزیه و تحلیل شدند.

یافته ها

نتایج مطالعه نشان داد که میانگین و انحراف معیار حداقل و حداکثر ورودی به پایلوت به ترتیب نرخ های فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت، با مقادیر خروجی از پایلوت تفاوت معنی داری دارند ($p < 0/05$) (جدول ۱).

نمودار ۱ راندمان حذف را در ۳ نرخ فیلتراسیون در طول زمان بهره برداری از صافی درشت دانه افقی نشان می دهد. به منظور مقایسه اکسیژن خواهی شیمیایی خروجی در سه نرخ فیلتراسیون از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. با احتساب اکسیژن خواهی شیمیایی کل ورودی به عنوان هم پراکنش در این آزمون، افزایش معنی دار داده های خروجی با افزایش نرخ فیلتراسیون مشاهده شد ($p < 0/05$). میانگین حذف اکسیژن خواهی شیمیایی در حالت عملکرد پایدار صافی درشت دانه افقی در نرخ های فیلتراسیون ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ساعت به ترتیب ۵۱، ۶۰ و ۳۸ درصد به دست آمد.

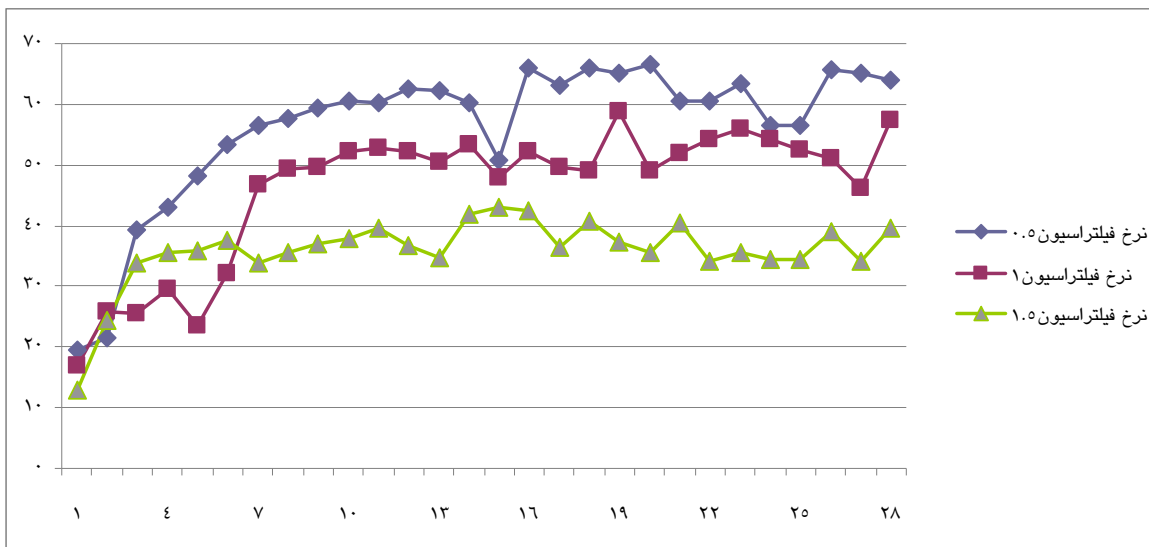
بحث

پساب لاگون ها عموماً از شرایط استاندارد تبعیت نمی کند، به منظور افزایش کیفیت پساب

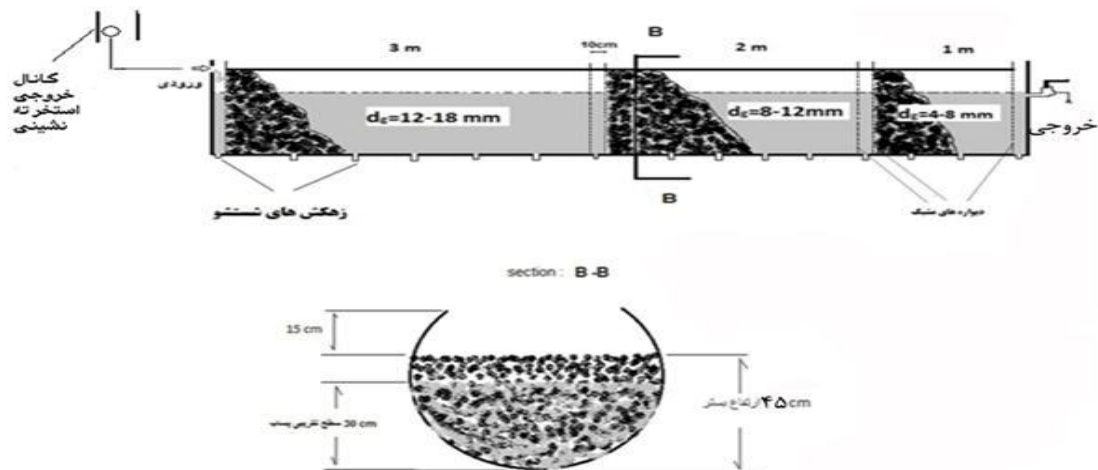
1-Statistical Package for Social Sciences
2-Analysis of Covariance
3-Paired-Samples Test
4-T-Test

جدول ۱: مقایسه میانگین و انحراف معیار حداقل و حداکثر ورودی و خروجی پایلوت در آزمایش اکسیژن خواص شیمیایی (تعداد نمونه = ۲۸)

سطح معنی داری	خروجی انحراف معیار ± میانگین	ورودی انحراف معیار ± میانگین	نرخ فیلتراسیون (متر بر ساعت)
< ۰/۰۵	۶۱ ± ۱۵	۱۳۸ ± ۱۲	۰/۵
< ۰/۰۵	۶۹ ± ۱۸	۱۲۸ ± ۱۳	۱
< ۰/۰۵	۸۱ ± ۹	۱۲۳ ± ۱۵	۱/۵



نمودار ۱: تغییرات راندمان حذف در سه نرخ فیلتراسیون



تصویر ۱: طرحی از پایلوت استفاده شده در مطالعه

در این مطالعه صافی درشت دانه افقی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی ورودی به صافی داشت. هم‌چنین افزایش معنی‌دار داده‌های خروجی با افزایش نرخ فیلتراسیون مشاهده شد. به عبارتی افزایش نرخ فیلتراسیون باعث کاهش راندمان حذف در صافی گردید. این موارد با یافته‌های مطالعه خزائی (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد (۶).

گالویس و همکاران^(۱) (۱۹۹۳) عملکرد صافی درشت دانه افقی را در حذف جامدات معلق پساب کارخانه نوشابه‌سازی مطالعه کردند و مقادیر حذف این پارامتر را ۹۴ درصد به دست آوردند. این مطالعه با هدف تعیین کارایی این صافی در کاهش جامدات معلق پساب ثانویه فاضلاب انجام شد (۱۰).

نوردین ادلان و همکاران^(۲) (۲۰۰۸) به منظور ارزیابی میزان کارایی فیلترهای دانه درشت با جریان افقی در تصفیه فاضلاب، از بستر سنگ آهکی با سه دانه‌بندی مختلف استفاده نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که میزان کارایی صافی بستگی به اندازه مدیای صافی و میزان جریان دارد (۱۱). محوی و نوری (۲۰۰۱)، در مقیاس پایلوت عملکرد دو صافی دانه درشت با جریان افقی و با جریان عمودی را با هم مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که صافی‌های با جریان افقی به نسبت کارایی بالاتری دارند به طوری که نوع با جریان افقی توانایی پذیرش کدورت ۵۰۰-۱۰۰۰ واحد نفلومتری و نوع با جریان عمودی تا حد ۱۵۰ واحد نفلومتری را خواهد داشت (۱۲).

سرومیلی^(۳) (۲۰۰۸) میزان کارایی صافی دانه درشت با جریان افقی را در بهبود کیفیت پساب، جهت مصارف شهری غیر شرب بررسی نمود و در این تحقیق با نرخ صاف‌سازی ۲/۵ متر بر ساعت میزان حذف کدورت، جامدات معلق و اکسیژن خواهی شیمیایی به ترتیب ۶۳، ۲۲ و ۳۷ درصد به دست آمد (۱۳).

در این مطالعه میانگین‌های خروجی در هر سه نرخ فیلتراسیون پایین‌تر از حداکثر استاندارد خروجی پساب بود. به این مفهوم که تمام نرخ‌های فیلتراسیون قادر به تأمین استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور جهت تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جانبد در خصوص خروجی برای تصفیه خانه فاضلاب شهر یاسوج بودند.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی استفاده از صافی درشت دانه افقی در صنعت تصفیه آب و فاضلاب حذف یا کاهش بار مواد معلق می باشد، اما در این مطالعه مشاهده شد که این سیستم در تصفیه پساب فاضلاب، قادر به کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی نیز می باشد. با توجه به این نکته که نرخ فیلتراسیون بالاتر در صورتی که بتواند شرایط استاندارد را تأمین نماید از اولویت بالاتری در انتخاب برخوردار است. اگر سایر شرایط

1-Galvis et al
2-Nordin Adlan et al
3-Sarvmeily

و استاندارد های خروجی پساب در نظر گرفته نشوند و هدف عمده حذف اکسیژن خواهی شیمیایی از پساب باشد، بنابراین بهترین نرخ فیلتراسیون جهت بهره برداری از صافی، نرخ ۱/۵ متر بر ساعت است.

تقدیر و تشکر

این مطالعه با حمایت مالی شرکت آب و فاضلاب شهری استان کهگیلویه و بویراحمد و با همکاری دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز انجام شد.

REFERENCES:

1. Friedler E. Water reuse-an integral part of water resources management. *Wat Sci Tech* 2001; 3: 29-39.
2. Jimenez B. Sand and synthetic medium filtration of advanced primary treatment effluent from Mexico City. *Wat. Sci Tech* 2000; 34(2): 473-80.
3. Goter A. Membrane processes for recovery and reuse of wastewater in agriculture. *Wat Sci Tech* 2001; 1: 187-92.
4. Torkian A, Jafarzadeh MT. *Operational and processes units in environmental engineering*. 4th ed. Industrial Estate: Tehran; 2000; 367-8.
5. Jegatheesan V, Vigneswaran S. The effect of concentration on the early stages of deep bed filtration of submicron particles. *Water Research* 1997; 31(11): 2910-3.
6. Khazayi M. The study of Performance of horizontal roughing filter (HRF) and hydrogen peroxide complex - a series of silver ions to reduce the bacterial load in the effluent, city of Qom. Thesis Environmental Health Engineering, School of Public Health Research Institute, Tehran University of Medical Sciences and Health Services, 2007.
7. Fazeli M, Torabian A. Development the Methods for washing the filter with coarse horizontal direct current (DHRF). *Mohit Shenasi* 2002; 31: 13-20.
8. Mukhopadhyay B, Majnmy M, Barman RN, Roy PK, Mazumder A. Verification of filter efficiency of horizontal roughing filter by Wegelin design criteria and artificial neural network. *Water Eng* 2009; 2: 21-7.
9. Alami I, Rashidi M, Fazeli M. Assessing the usefulness of the horizontal roughing filter (HRF) in wastewater treatment. Fourteenth National Congress on Civil Engineering Students Conference 2008.
10. Galvis G, Fernandez J, Visscher JT. Comparative study of different pre-treatment alternatives. *J Aqua* 1993; 42: 337-46.
11. Nordin adlan M, Abdul aziz H, Thein Maung H. Performance of horizontal flow roughing filter using limestone media for removal of turbidity, suspended solids, biochemical oxygen demand and chlorine forming organisms from wastewater. *Int J of Environment and Waste Management* 2008; 2(3): 203-14.
12. Mahvi AH, Nuri J, Tabatabaie N. Investigation of roughing filter efficiency on turbidity and parasite egg removal from raw water. *Iranian J Publ Health* 2001; 30(1-2): 21-6.
13. Sarvmeily M. Improving the quality of treated wastewater for non-potable uses in urban areas using coarse filtration with horizontal flow. Master's Thesis, Environmental Engineering Tehran University School Environment, 2005.

Efficacy of HRF in COD Removal from Secondary Effluent of Yasuj Municipal Wastewater

Ehteshami M¹, Takdastan A^{1*}, Alavi N¹, Jafarzadeh Haghighifard NA¹, Ahmadi Moghdam M¹, Khazayi M², Salehi AB³

¹Department of Environmental health engineering, Health Faculty, Jondi Shapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran, ²Department of Environmental health engineering, Health Faculty, Gom University of Medical Sciences, Gom, Iran, ³Urban Water & Waste Water CO. Kohgiluyeh & Boyer-Ahmad, Operation Vice
Received: 23 Jun 2011 Accepted: 2 Aug 2011

Abstract

Background & Aim: Re-use of wastewater is an appropriate approach for development of water resources and water supply strategies. The purpose of this study was to determine the efficacy of HRF in COD removal from secondary effluent of municipal wastewater in Yasouj.

Methods: The pilot which was used in the present study was a horizontal roughing filter designed and prepared according to the Wegelin's Design Criteria. The Samples were removed daily and instantaneous based on the predicted number of samples (28 samples at each filtration rate) from the input and output filter, and then tested in the laboratory by the D5000 device. The collected data was analyzed using ANOVA and paired t-test.

Results: The results indicated that the average COD removal in the filtration rate of 0.5, 1, and 1.5 were 60, 51, and 38 percent respectively.

Conclusion: The average output of the HRF for all three filtration rates was lower than the maximum EPA standard of Iran.

Keywords: Filter, Wastewater, Filtration, Oxygen pro-Chemical

* **Corresponding Author:** Takdastan A, Department of Environmental health engineering, Health Faculty, Jondi Shapour University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
Email: afshin_ir@yahoo.com