پژوهشی

ارزیابی کارایی فیلتراسیون درست دانه با جریان افقی در حذف کدورت از آب

دکتر علی ترابیان
مهندس عبدالله رشیدی مهرآبادی

کلمات کلیدی:

- فیلتراسیون ، فیلتراسیون درشت دانه ، افقی ، فیلتراسیون مستقیم درشت دانه افقی

چکیده:

صافیهای ماسه‌ای کند تکنولوژی مناسبی برای جوامع کوچک در کشورهای در حال توسعه به شمار می روند. بطوریکه با حداقل هزینه بهره برداری و نیاز حداقل به نیروی متخصص دارای حداکثر کارایی می باشند. لیکن این صافیها نسبت به کدورت بیش از ۵۰ ان - تی - یو حساس بوده و در صورتیکه آب حاوی رس باشد، رس به اعماق صافی نفوذ کرده و تمیز کردن صافی را مشکل می سازد. بنابراین در صورتیکه آب خام ورودی دارای کدورت بالاتر از ۵۰ ان - تی - یو باشد، باید مورد پیش تصفیه قرار گیرد.

بهره برداری از روشهای متداول پیش تصفیه در جوامع کوچک بامشکلاتی عدیده مواجه است. بنابراین باید به دنبال روشهایی قابل استفاده تر برای اینگونه جوامع بود. فرایندهای فیلتراسیون درشت دانه با جریان افقی (HRF) و فیلتراسیون مستقیم درشت دانه باجریان افقی (DHRF) فرایندهایی مناسب جهت پیش تصفیه آبهای با کدورت زیاد در اینگونه جوامع به نظر می رسند.

این تحقیق به منظور ارزیابی کارایی دو فرایند فوق الذکر در حذف کدورت از آب صورت پذیرفت و در آن از دو پایلوت به طور موازی استفاده گردید. هر پایلوت دارای سه بخش شامل واحد تهیه آب خام، واحد تهیه و تزریق ماده شیمیایی و انعقاد و صافی درشت دانه بود. صافیها شامل لوله‌ای از جنس P.V.C به قطر ۲۰ سانتی متر شامل دو بخش ۱/۵ متری بودند.بخش اول هر دو صافی توسط گراولهایی با قطر بین ۱۵ تا ۲۵ میلیمتر پر گردید. بخش دوم صافی اول حاوی شنهایی با قطر بین ۳ تا ۵ میلیمتر و بخش دوم صافی دوم حاوی شنهایی با قطر بین ۷ تا ۹ میلیمتر بود. کدورت آب خام ورودی همواره در حد ۳۰۰ ان - تی - یو حفظ گردید. در فرایند فیلتراسیون مستقیم به میزان ۲/۵ میلی گرم در لیتر ماده منعقد کننده کلرورفریک در واحد اختلاط سریع (انعقاد) به آب خام ورودی افزوده شده و سپس آب وارد صافی می‌گردید.

نتایج آزمایش نشان داد که افزایش سرعت فیلتراسیون موجب کاهش کارایی صافی می‌گردد همچنین در سرعتهای فیلتراسیون متداول برای صافیهای درشت دانه، صافی دارای دانه بندی ریزتر کارایی بالاتری دارد. کارایی فرایندDHRF به مراتب بالاتر از فرایند HRF است. بخش اول صافی در فرایند DHRF به خوبی عمل لخته سازی و ته نشینی را انجام می‌دهد. میزان آب مورد نیاز جهت شستشوی صافیها به روش زهکش سریع در حد قابل قبول است و با افزایش زمان ماند لجن در صافی سرعت مورد نیاز جهت شستشو افزایش می‌یابد.

استاد یار دانشکده محیط زیست - دانشگاه تهران.
دانشجوی دوره دکترای دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

سرآغاز

تأمین آب یک رکن اساسی توسعه می‌باشد که مستقیماً سلامت، اقتصاد و اشتغال را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵) در اواسط سال ۱۹۹۳ میلادی از سوی کمیسیون جدید سازمان ملل متحد بهبود کیفیت آب به عنوان یکی از نخستین اولویت‌های انتقال تکنولوژی از ممالک غنی به کشورهای محروم به منظور توسعه پایدار مطرح گردید که تأکیدی بر اهمیت نقش آب در سلامت و رفاه بشر بود(۱).

منابع تأمین آب جوامع بشری شامل آبهای زیر زمینی و آبهای سطحی هستند. اغلب آبهای سطحی به خصوص در مناطق گرمسیری حاوی مقادیر زیادی مواد معلق و کلوئیدی است و در بسیاری از موارد این آبها تنها منبع تأمین آب آشامیدنی جامعه هستند. (۳) ذرات معلق و کلوئیدی شامل مواد معدنی مانند رس، سیلت، آزبست یا مواد آلی زنده یا مرده مانند جلبکها، باکتریها و سایر میکروارگانیسمها هستند که می‌توانند به لحاظ زیبا شناختی و بهداشتی مشکلاتی را به وجود آورند. (۷) جهت حذف این مواد از آب و دستیابی به کیفیت مورد قبول نیاز به تصفیه آب می‌باشد. روشهای متداول تصفیه آب سطحی به سرمایه‌گذاری زیاد، استفاده از مواد شیمیایی فراوان و بهره برداری توسط نیروهای ماهر نیازمند است که دستیابی به هر سه مورد در کشورهای در حال توسعه علی الخصوص در شهرهای کوچک و مناطق روستایی با بودجه و امکانات محدود غیر ممکن و یا بسیار مشکل است.

صافی‌های ماسه‌ای کند یک تکنولوژی مناسب برای تصفیه آبهای سطحی هستند. (۵و۹و۱۰) این صافیها یکی از مؤثرترین، ساده‌ترین و کم خرج ترین فرایندهای تصفیه آب بوده بنابراین در مناطق روستایی و شهری کشورهای در حال توسعه قابل استفاده خواهند بود.(۹)

عیب بزرگ این صافیها حساسیت آنها در مقابل کدورت بالای آب می‌باشد (۷و۹و۱۰) اگر آبی که حاوی مواد معلق زیاد است از صافی عبور داده شود به سرعت باعث گرفتگی آن شده و بهره برداری را با مشکل روبرو می‌سازد. (۹و۱۰) افزایش تعداد دفعات تمیز کردن صافی هزینه بهره برداری را افزایش داده (۱۰) و آنرا غیراقتصادی می‌نماید. از طرفی اگر آب حاوی رس باشد ذرات رس به اعماق صافی نفوذ کرده و تمیز کردن آن را از طریق برداشت لایه رویی غیر مؤثر می‌سازد.(۷)

در صورتیکه کدورت آب خام ورودی به صافی در دوره‌های چند هفته‌ای بالاتر از ۵۰ NTU باشد پیش تصفیه ضروری خواهد بود. کدورت توصیه شده برای اینکه صافی به خوبی کارکند کمتر از ۱۰ NTU می باشد در برخی مراجع مقادیر پایین تری نیز پیشنهاد شده است. بطور مثال در یک گزارش مربوط به سال ۱۹۸۴ میلادی پیشنهاد گردیده که کدورت آب کمتر از ۵ NTU باشد.(۷)

فرایندهای مختلفی جهت پیش تصفیه آب وجود دارد. متداولترین این فرایند ها شامل ذخیره طولانی مدت، ته‌نشینی ساده، ته نشینی شیمیایی و شناور سازی می باشد.

مشخصات فرایندهای پیش تصفیه فوق الذکر در جدول شماره(۱) خلاصه گردیده است.

مشکلات موجود در ارتباط با فرایندهای پیش تصفیه موجب پدید آمدن و آزمایش فرایندی جایگزین بنام فیلتراسیون درشت دانه با جریان افقی گردیدکه موضوع این تحقیق نیز می‌باشد. این فرایند بعنوان روشی مناسب برای پیش تصفیه آبهای باکدورت بالا و با حداقل نیاز به بهره برداری معرفی گردیده است.

روش تحقیق:

به منظور بررسی اهداف تحقیق یعنی کارایی فیلتراسیون درشت دانه افقی HRF و فیلتراسیون مستقیم درشت دانه با جریان افقی DHRF در حذف مواد معلق از آب و تأثیر دانه بندی بستر در کارایی هر دو فرایند از دو واحد پایلوت استفاده شد که هر پایلوت از ۳ قسمت اصلی تشکیل گردیده بود.این سه قسمت عبارتند از سیستم تغذیه آب خام، قسمت انعقاد و صافی افقی درشت دانه. در قسمت تغذیه آبی باکدورت ۳۰۰ NTU با رسوبات رودخانه کارون تهیه و با دبی دلخواه بسته به سرعت فیلتراسیون به صافی منتقل می گردید. سیستم تزریق مواد شیمیایی در فرایند فیلتراسیون مستقیم درشت دانه DHRF مورد استفاده قرار گرفته و ماده منعقد کننده مورد استفاده کلرورفریک بود که از طریق جارتست دوز آن به مقدار ۲/۵ میلی گرم در لیتر تعیین شده و سیستم انعقاد از یکدستگاه همزن دور متغیر با پروانه پارویی و مخزن انعقاد تشکیل شده بود. صافی افقی از جنس P.V.C به طول ۳ متر و قطر ۲۰ سانتی متر بود

که هر صافی از دو قسمت ۱/۵ متری تشکیل گردیده و در قسمت اول صافی اول شن با قطر ۱۵ تا ۲۵ میلی متر در قسمت دوم آن شن با قطر بین سه تا پنج میلی متر ریخته شده بود. قسمت دوم پایلوت دوم مانند قسمت اول پایلوت اول و قسمت دوم آن حاوی شن به قطر هفت تا نه میلی متر می باشد. هر صافی دارای پنج پیزومتر و سه شیر نمونه‌برداری است. جزئیات پایلوت در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. برای فرایند HRF سه دوره آزمایش با هر صافی صورت پذیرفت.(مجموعاً شش آزمایش) در کلیه این آزمایشها کدورت ورودی ۳۰۰ NTU و سرعت فیلتراسیون در هر دوره به ترتیب یک،پنج و ده متر در ساعت می باشد. برای فیلتراسیون مستقیم درشت دانه هم سه دوره آزمایش با کدورت ۳۰۰ NTU و سرعتهای سه، پنج وده متر در ساعت انجام شده است.

یافته ها،بحث و گفتگو:

پس از راه اندازی پایلوت سه دوره آزمایش در فرایند HRF و سه دوره در فرایندDHRF صورت گرفت. همانطوریکه در بالا ذکر شد کدورت ورودی در همه آزمایشها ۳۰۰ NTU بود. نتایج خلاصه شده هر دو فرایند در سرعتهای مختلف و دانه بندیهای مختلف در جدول شماره (۲) نشان داده شده است.

با بررسی نتایج بدست آمده از آزمایشهای انجام شده مشخص شد که با افزایش سرعت فیلتراسیون کارایی حذف کدورت توسط صافی کاهش می یابد.

این مسئله بر اساس مدل ارائه شده توسط ایوز (Ives) نیز قابل پیش بینی می باشد زیرا در این مدل کارایی مکانیزم انتقال دارای نسبت عکس با سرعت جریان و اندازه شنهای بستر صافی است.

کارایی حذف مواد معلق توسط صافی درشت دانه با جریان افقی (HRF) در بهترین شرایط مورد آزمایش، یعنی در سرعت یک متر در ساعت در صافی با دانه بندی ریزتر معادل ۷۵٪ و در صافی دوم معادل ۶۹٪ بوده است که کارایی مناسبی نمی باشد آب خروجی از این فرایند دارای کدورت بیش از حد مجاز برای ورود به صافی ماسه‌ای کند است که این مسئله به دلیل کوتاه بودن طول صافی و در نتیجه کوتاه بودن طول زمان تماس می باشد. بنابراین برای آبهای با کدورت بالا بایستی سرعت فیلتراسیون راکاهش داد و یا طول صافی را افزایش داد.

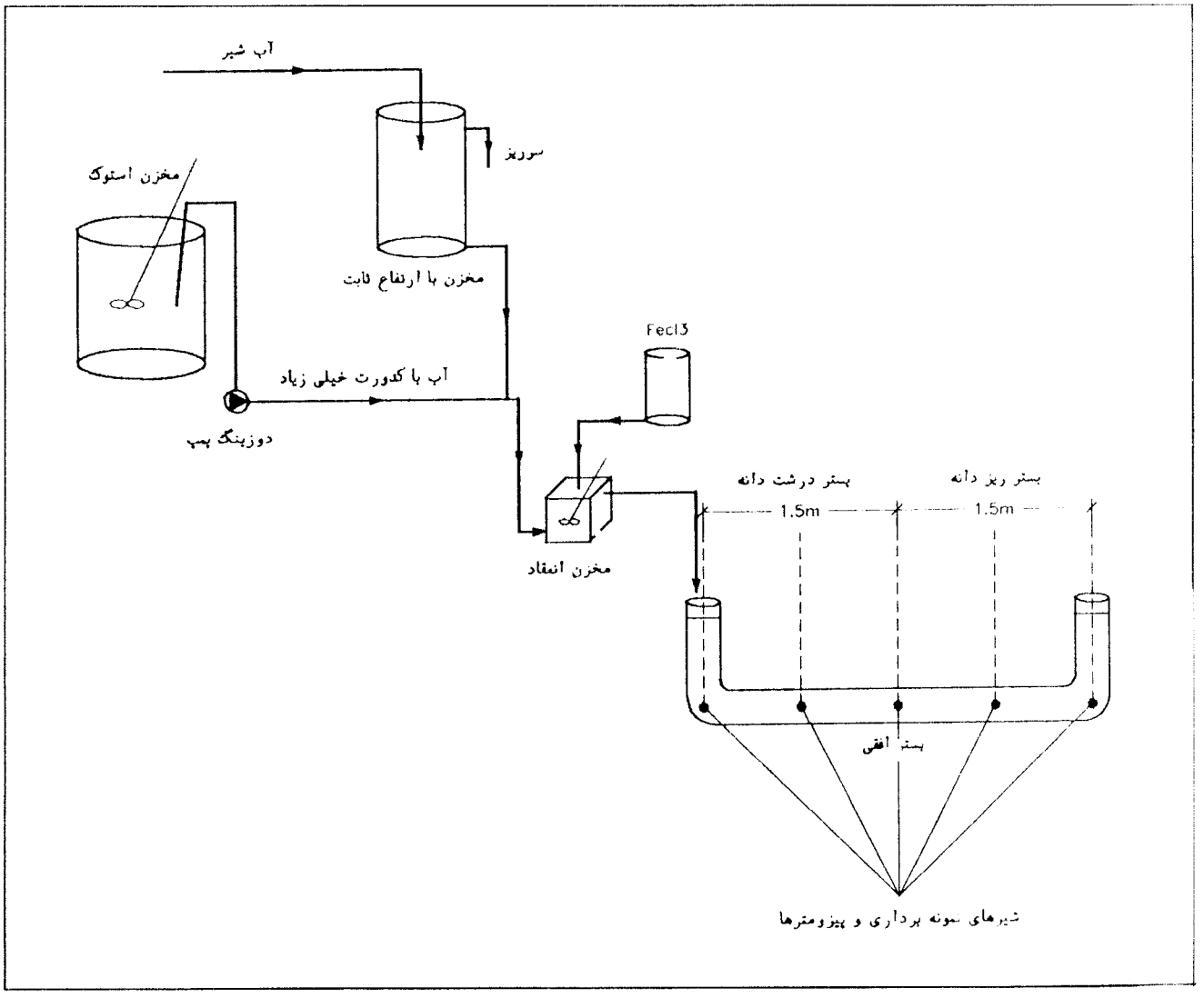
مقایسه بین کارایی دو فرایند فیلتراسیون درشت دانه با جریان افقی (HRF) و فیلتراسیون مستقیم درشت دانه با جریان افقی (DHRF) نشان می دهد که کارایی فرایند دوم (DHRF) خیلی بیشتر از فرایند HRF است بدین معنی که فرایند فیلتراسیون مستقیم درشت دانه را می توان با سرعتهای فیلتراسیون بالاتر از فرایند فیلتراسیون درشت دانه به کار گرفت. در نتیجه حجم عملیات ساختمانی آن بسیار کمتر خواهد بود. همچنین به دلیل سرعت فیلتراسیون بالاتر امکان استفاده از آن به عنوان سیستم پیش تصفیه قبل از صافیهای ماسه‌ای تند، در تصفیه آب شهرهای بزرگتر نیز محتمل می باشد.

مقایسه بین کارایی فرایند HRF و DHRF در جدول شماره (۴) نشان داده شده است.

با مقایسه پروفیل حذف کدورت در دو فرایند HRF و DHRF افزایش قابل توجهی در میزان حذف کدورت در بخش اول صافی در فرایند DHRF نسبت به فرایند HRF ملاحظه می گردد. فرایند اصلی حذف ذرات معلق در بخش اول صافی ته نشینی می باشد و علت تفاوت در کارایی دو فرایند تبدیل ذرات ریز به ذرات درشت‌تر و با سرعت ته نشینی بیشتر بر اثر فرایند انعقاد و لخته سازی می باشد. این تفاوت نشان می دهد که عمل لخته سازی در جان فیلتر به خوبی صورت گرفته است و بخش اول صافی علاوه بر یک ته نشین کننده، به عنوان لخته ساز گراولی نیز به خوبی انجام وظیفه نموده است. جدول شماره ۳ کارایی بخش اول و کل صافی را در حذف مواد معلق در سرعتهای مختلف فیلتراسیون نشان می دهد. با توجه به نتایج حاصل از تحقیقات برخی محققین پیش بینی می شود. در صافی با اندازه واقعی که دارای طول بهینه‌ای بین ۷ تا ۸ متر می باشد حداکثر کدورت خروجی در فرایند DHRF کوچکتر از ۱۰ NTU و طول دوره عملکرد به دلیل ۲ تا ۳ برابر بودن ظرفیت ذخیره رسوبات بین دو تا سه برابر مدل مورد آزمایش می باشد. جدول شماره ۴ اثر دانه بندی بستر صافی بر روی کارایی آن را نیز نشان می دهد. هر چند تفاوت چشمگیری بین کارایی دو صافی که دانه بندی بستر بخش دوم آنها باهم متفاوت است ملاحظه نمی گردد و اختلاف کارایی بین ۳ تا ۶ درصد می باشد، لیکن یک نکته قابل توجه وجود

جدول شماره ۱ - برخی مشخصات فرایندهای متداول پیش تصفیه برای حذف مواد معلق (۵)

فرایند	حد غلظت ورودی (میلیگرم در لیتر)	کارایی حذف (درصد)	سطح مراقبت مورد نیاز	ملاحظات
ذخیره طولانی مدت	بدون محدودیت	۵۰-۷۰	پایین	فقط ذرات قابل ته نشینی راحذف می کند خطر رشد جلبک دارد
ته نشینی ساده	بدون محدودیت	۳۰-۵۰	پایین	تنها ذرات معدنی بزرگتر از ۲۰ میکرون حذف می گردند
ته نشینی با لخته سازی	بدوم محدودیت	۹۰-۹۸	متوسط	نیاز به منعقد کننده دارد - نسبت به تغییرات کیفی آب حساس است
شناورسازی	۲۰-۱۰۰	۹۰-۹۸	زیاد	نیازبه‌ماده‌منعقدکننده‌وهوای‌محلول دارد. نسبت به تغییرات‌کیفی‌آب حساس‌است.



شکل شماره ۱ - نمای شماتیک پاپلوت مورد استفاده

جدول شماره ۲ - ارزیابی کلی فرایندهای فیلتراسیون درشت دانه و فیلتراسیون مستقیم درشت دانه

شماره پایلوت		۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲
سرعت فیلتراسیون (متردرساعت)		۱		۳		۵		۱۰	
کارایی حذف	DHRF	-	-	۹۳	۹۰	۸۹	۸۳	۶۸	۷۲
کدورت (٪)	HRF	۷۵	۶۹	-	-	۴۴	۴۱	۲۸	۳۳
کدورت باقیمانده	DHRF	-	-	۱۸	۲۹	۳۳	۵۱	۹۷	۸۵
(ان-تی-یو)	HRF	۷۴	۹۱	-	-	۱۷۱	۱۷۹	۲۱۸	۱۹۹
دوره عملکرد	DHRF	-	-	۱۰۵	۱۰۵	۶۶	۶۴	۴۷	۵۲
(ساعت)	HRF	۱۴۳	۱۳۸	-	-	-	-	-	-

دارد که در سرعتهای فیلتراسیون یعنی ۱ تا ۵ متر در ساعت کارایی صافی اول بهتر از صافی دوم بوده که این مسئله با مدلهای قابل پیش بینی مطابقت دارد. لیکن در سرعت ۱۰ متر در ساعت کارایی صافی دوم بهتر بوده که منطبق با مدلها نبوده و نیاز به بررسی بیشتری دارد.

نتایج شستشوی صافی به روش زهکشی سریع در جدول شماره ۵ - نشان می دهد که نسبت آب مصرفی جهت شستشوی صافی به کل مقدار آب تصفیه شده در غالب موارد کمتر از ۵٪ و در حد قابل قبول است.

جدول شماره ۳. کارایی بخش اول و کل صافی در سرعتهای فیلتراسیون مختلف در فرایندDHRF

سرعت فیلتراسیون (متر در ساعت)	اندازه شنها در بخش دوم صافی (میلیمتر)	کارایی حذف دربخش اول صافی (درصد)	کارایی حذف در کل طو صافی (درصد)
۳	۴ ۸	۷۶ ۷۶	۹۳ ۹۰
۵	۴ ۸	۷۲ ۷۲/۷	۸۹ ۸۳
۱۰	۴ ۸	۵۴/۶ ۵۰	۶۸ ۷۲

جدول شماره ۴. مقایسه بین کارایی فرایندهای HRF و DHRF

سرعت فیلتراسیون (متر در ساعت)	اندازه شنها در بخش دوم صافی (میلیمتر)	کارایی فرایند(٪) HRF	کارایی فرایند(٪) DHRF	تفاضل (٪)
۱	۴ ۸	۷۵ ۶۹	- -	- -
۳	۴ ۸	۷۵ ۶۹	۹۳ ۹۰	- -
۵	۴ ۸	۴۴ ۴۱	۸۹ ۸۳	۴۵ ۴۲
۱۰	۴ ۸	۲۸ ۳۳	۶۷ ۷۲	۳۹ ۳۹

جدول شماره ۵. درصدآب مصرف‌شده‌برای‌شستشوبه‌روش‌زهکش سریع

نوع فرایند	شماره پایلوت	سرعت فیلتراسیون (متر در ساعت)	کل آب تصفیه شده (لیتر)	آب مصرف شده (درصد)
HRF	۱	۱	۴۴۹۶	۸/۵
DHRF	۱	۳	۹۹۰۴	۳/۳
DHRF	۲	۳	۹۹۰۴	۳/۳
DHRF	۱	۵	۱۰۳۷۵	۴/۲
DHRF	۲	۵	۱۰۰۶۱	۴/۴
DHRF	۱	۱۰	۱۴۶۰۸	۴/۵
DHRF	۲	۱۰	۱۶۱۶۱	۳/۷

مراجع:

۱- آب و توسعه. ۱۳۷۳. فصلنامه امور آب وزارت نیرو، ویژه نامه شماره ۱. ص ۳۷-۳۶.

۲- رشیدی، مهرآبادی عبداله. ۱۳۷۵. ارزیابی کارایی فیلتراسیون درشت دانه با جریان افقی و فیلتراسیون مستقیم درشت دانه با جریان افقی در حذف کدورت آب - پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۲- فاضلی، مجتبی. ۱۳۷۳. ارزیابی عملکرد فیلتراسیون مستقیم در آب- سمینارنامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

4 - Ahsan T. et al. 1991. Direct horizontal - flow roughing filtration the filtration society filtech 91 conference congress centre - Karlsrohe.

5 - Ahsan T. 1995. Process analysis and optimization of direct horizontal- flow roughing filtration . Doctoral thesis.IHE/TUD Delft , Netherlands.

6 - AWWA. 1990. Water treatment plant design - Second edition

7 - AWWA. 1990. Water quality and treatment - Fourth edition

9- IRC. 1990. Pre - Treatment Methods for community water supply (eds, smetj. E.C and visscher J. T.) 2 nd ed. IRC. The Hague

10 - Rezaei H. 1994. Direct Horizontal - Flow roughing Filtration investigation of the coagulation mechanisms. Particle Rerhocal and cleaning procedure M. SC. Thesis Report Delft Netherlands

11 - Weglin M. 1986. Horizontal-Flow Roughing Filtration (HRF) Design Construction and operation manual . IRCWD Report no.06/86 switzerland.

Evaluation of Horizontal - Flow Roughing Filteration Performancc in turbidity removal

Torabian, Ali. (Ph.D) *
Rashidi, A. (Ph.D student)**

Abstract :

Slow Sand Filtration (S.S.F) is a main process in the water treatment technology and generally considered as most appropriate for application in rural and small urban areas in developing countries. However, performance of the S.S.F is very sensitive to high turbidity levels. Therefore, pretreatment is necessary for such waters.

Horizontal - Flow Roughing Filtration (HFRF) and Direct Horizontal - Flow Roughing Filtration (DHRF) have been porposed as two effective pre-treatment technologeis, prior to S.S.F.

In this study two parallel lab - scale pilot plants were used. Each pilot consisted of three units: Raw water supply unit, coagulation unit and horizontal filter. The filter was made of P. V. C. tubes, each 20 cm in diameter. Each filter consisted of a 1.5 m long first compartment (15 to 25 mm grains) and 1.5 m second compartment (3-5 mm grains in first filter and 7-9 mm grains in second filter).

Initial turbidity was 300 NTU. The coagulant dose in DHRF was 2.5 mg/L Fecl3.

The results of the experiments indicated that the efficiency of filtration decreases as the filtration rate is increased. Also, a fine graded filter, has a higher efficiency than a coarse graded one. In the first compartment of the filter in a DHRF procosses, floculation and sedimentation are efficiently achieved. The amount of wash water in the fast drainage method is acceptable. The scour velocity increases with the increased sludge age.

Keywords:

Filtration, Horizontal - Flow Roughing.Filtration - (HRF) , Direct Horizontal - Flow Roughing Filtration - (DHRF)

* - Assist. prof. Faculty of Environment University of Tehran.

** - Graduate Student, Faculty of Environment University of Tehran.