**مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی**
**انجمن علمی بهداشت محیط ایران**
دوره سوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۴۳۱ تا ۴۳۸

# ارتقای صافی های تک بستری تصفیه خانه آب با تغییر بستر صافی

**ولی علی پور[۱]، لیلا رضایی[۲]**

نویسنده مسئول: تهران، میدان انقلاب، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط *valipoor@hums.ac.ir*

دریافت: ۸۹/۰۵/۳۰ پذیرش: ۸۹/۰۸/۲۴

## چکیده

***زمینه و هدف:*** *فیلترهای دو بستری دارای بستری دو لایه ای از جنس ماسه و آنتراسیت هستند. مزیت فیلترهای دو بستری کاربرد طولانی‌تر فیلتر و افزایش میزان صافسازی است. هدف از این مطالعه، دستیابی به یک مدل اجرایی جهت ارتقای صافی های تک بستری تصفیه خانه های آب بود.*

***روش بررسی:*** *دراین مطالعه مقطعی، دو پایلوت، صافی تک بستری و دو بستری ساخته و از آنها نمونه برداری شد. مدت نمونه برداری ۵ ماه و تعداد نمونه ها از ورودی و خروجی هر پایلوت، ۴۰ نمونه بود. بر روی نمونه ها سنجش کدورت و کل کربن آلی و بر روی پایلوت سنجش افت فشار انجام گرفت.*

***یافته ها:*** *میانگین حذف کدورت در پایلوت یک لایه و دو لایه به ترتیب ۶۳ و۶۵ درصد بود. میانگین حذف کل کربن آلی در پایلوت دو بستری و تک بستری به ترتیب ترتیب ۶۶ و ۴۰ درصد و افت فشار در این دو پایلوت به ترتیب دو بستری و یک بستری، ۰/۶۸ و ۱/۱۵ متر بود.*

***نتیجه گیری:*** *در دو پایلوت، اختلاف در میانگین حذف کدورت معنی دار نبود ولی در میزان حذف کل کربن آلی معنی دار بود. میانگین افت فشار در پایلوت تک بستری بیشتر از نوع دو بستری بود. نسبت پارامتر UFRV در صافی دو بستری نسبت به یک بستری معادل (۵۱/۳۰) یعنی ۱/۷۰ است و این بدان معنی است که با تغییر بستر از یک بستری به دو بستری، ظرفیت کمی صاف سازی ۷۰ درصد بهبود می یابد.*

**واژگان کلیدی: صافی، بستر، آنتراسیت، افت فشار، UFRV، بندرعباس**

۱- دانشجوی دکترای بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۲- کارشناس بهداشت حرفه ای، مرکز بهداشت شهرستان بندرعباس

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]

**مقدمه**

فیلترهای بستر عمیق، نوع معمول فیلترهایی مورد استفاده در تصفیه آب هستند که مهم ترین مشخصه آنها وجود بستری دانه‌ای و نفوذپذیر است. متداول ترین این صافی ها، فیلتر شنی تند است که دارای بستری یک لایه از جنس ماسه سیلیس بوده و مقادیرصاف سازی متداول آنها، دارای محدوده‌ای از ۲/۵ تا ۵/۰ مترمکعب بر متر مربع درساعت است (۳-۱).

فیلتر به عنوان قلب تصفیه خانه بوده و حدود ۲۰٪ هزینه کل احداث تصفیه خانه را شامل می گردد، لذا طراحی بهینه این واحد از جنبه اقتصادی حایز اهمیت است (۴). در سال های اخیر روند رو به رشد جمعیت، کمبود آب، عدم استفاده بهینه از انرژی و هزینه بالای تصفیه آب، باعث گردیده تا در مواردی فیلتر های تک بستری کارا نباشند، از این رو نسل جدیدتری از فیلترها، به نام فیلترهای دو بستری مورد توجه قرار گرفتند. بستر، مهم ترین جزو فیلتر است که عمده مکانیسم صاف سازی توسط آن انجام می شود، لذا جهت ارتقای صافی ها، تغییر عمده در بستر آن صورت گرفته است. ماسه سیلیس، از قدیم به عنوان ماده سازنده بستر فیلترهای ماسه ای کاربرد داشته است. در فیلترهای جدید از زغال سنگ آنتراسیت و گارنت به عنوان جانشین یا همراه با ماسه برای بسترسازی استفاده می شود و صافی های دو بستری و چند بستری ایجاد می گردند (۵).

فیلترهای دو بستری دارای بستری متشکل از دو لایه متفاوت هستند که معمولا در تصفیه خانه های آب، دو لایه بستر را، ماسه و آنتراسیت تشکیل می دهند. لایه ماسه در زیر و لایه آنتراسیت در بالای آن قرار می گیرد، عمق لایه ماسه، ۰/۱۵ تا ۰/۴ متر و عمق لایه آنتراسیت ۰/۳تا ۰/۶ متر است (۳ و ۵-۷).

آنتراسیت با ماسه علاوه بر دانسیته، در شکل نیز متفاوت است، ماسه دارای شکلی نسبتا گرد بوده ولی آنتراسیت، به دلیل پردازش گوشه دارست، لذا منافذ بستر آنتراسیتی بیش تر از ماسه است. وجود منافذ بزرگ در لایه آنتراسیت باعث حذف ذرات بزرگ می‌شود و ذرات کوچک تر در لایه ماسه‌ای جذب می‌شوند (۷).

بدین طریق، مزیت فیلترهای دو بستری به کارگیری موثرتر فضای منفذ برای ذخیره است که در نهایت منجر به کاربرد طولانی‌تر فیلتر و میزان صاف‌سازی بیش تر می‌گردد، به عبارت دیگر موجب افزایش واحد حجم آب صافی شده به واحد سطح بستر صافی در هر سرویس (Unit Filter Run Volume :UFRV) می گردد (۹-۷). این شاخص که شاخص بسیار خوبی جهت تعیین راندمان کمی صافی است، حاصل ضرب میزان صاف سازی در دوره کارکرد صافی تقسیم بر سطح صافی می باشد. میزانUFRV برای صافی ماسه ای ۵/۸ و در انواع دوبستری (ماسه و آنتراسیت) ۱۱/۵ مترمکعب آب پالایش شده در ساعت به ازای هر مترمربع از سطح بستر است (۱و۸).

ماسه کوارتز، به دلیل ساختار بلوری درpH نرمال، دارای بار منفی است، لذا قادر است ذرات معلق یا کلوییدی از قبیل بلورهای کربنات، لخته‌های هیدراته اکسید آهن و آلومینیم و هم چنین کاتیون های آهن، منگنز، آلومینیم دارای بار الکتریکی مثبت را جذب کنند، مواد کلوییدی با منشا آلی (که شامل باکتری‌ها نیز هست) غالبا دارای بار منفی هستند، از این رو توسط ذرات بستر جذب نخواهند شد (۳). این در حالی است که ساختار زغال آنتراسیت به گونه ای است که هر دو بار منفی و مثبت را دارا است و لذا در آنتراسیت خاصیت جذب سطحی قوی تری نسبت به ماسه به خصوص برای جذب مواد آلی وجود دارد (۱۰).

در مطالعه رازقی و ترابیان با عنوان مقایسه کارایی فیلترهای تک لایه، دولایه و سه لایه در تصفیه آب، بر ارجحیت کارایی صافی های دو بستری و سه بستری در تصفیه آب بر صافی های تک بستری تاکید گردید (۹).

در یک تصفیه خانه آب در یونان، عملکرد صافی های تک بستری با دو بستری، در حذف مواد آلی، کدورت و بارگذاری هیدرولیکی مقایسه گردید. صافی های تک بستری، دارای بستری از ۱ متر ماسه سیلیس و انواع دو بستری، متشکل از



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]

۶۰ سانتی متر ماسه و ۴۰ سانتی متر زغال آنتراسیت بود. نتایج نشان داد راندمان کمی صافی دو بستری بالاتر از نوع تک بستری است (۱۱).

صافی های تک بستری تند ماسه ای در تصفیه خانه ای در استرالیا، به صافی دو بستری تبدیل شد. بسترقدیم، متشکل از ۹۰ سانتی متر ماسه سیلیس بود و بستر جدید از ۴۰ سانتی متر زغال آنتراسیت و ۳۰ سانتی متر ماسه سیلیس تشکیل شده بود. نتایج مطالعه نشان داد در صافی جدید افزایش پایداری در UFRV صافی و هم چنین بهبود راندمان حذف کدورت ایجاد شده است (۱۲).

در تصفیه خانه کن تهران، تحقیقی در زمینه فیلتراسیون مستقیم از طریق فیلتر دو لایه (زغال آنتراسیت+ ماسه) و فیلتر تک لایه (ماسه) در مقیاس پایلوتی انجام گرفت. نتایج نشان داد زمان کارکرد صافی های دو لایه تقریبا ۱/۵ برابر صافی های یک لایه است (۴).

هدف از انجام این مطالعه، دستیابی به یک مدل اجرایی جهت ارتقای کمی و کیفی تصفیه خانه آب بندرعباس از طریق مدل سازی صافی های آن تصفیه خانه بود تا با استفاده از نتایج آن، نیاز به انجام مطالعات پرهزینه در مقیاس کامل مرتفع گردد.

## مواد و روش ها

در این مطالعه مقطعی، بر اساس مراجع و اختصاصات صافی های تصفیه خانه آب بندرعباس، دو واحد مطالعاتی (پایلوت)، صافی تک بستری و دو بستری ساخته شد (۲و۱۳).

تصفیه خانه آب بندرعباس متشکل از دو فاز یک و دو است که در فاز یک، ۶ عدد صافی به مساحت هر صافی ۹۱ و مساحت کل ۵۴۶ متر مربع و در فاز ۲ تصفیه خانه، ۱۴ عدد صافی به مساحت کل ۱۲۷۴ متر مربع وجود دارد. فیلترهای هر دو فاز مشابه بوده و از ۱متر ماسه سیلیس، ۰/۱ متر لایه نگه دارنده، ۰/۴ متر سیستم زهکش، ۰/۸ متر آب روی بستر، ۱ متر ارتفاع منظور شده جهت افت فشار در صافی و ۰/۳ متر فضای آزاد تشکیل شده است.

سازه پایلوت ها، از جنس فولاد گالوانیزه به ضخامت ۲ و پلاکسی گلاس به ضخامت ۱۰ میلی لیتر بود. ابعاد هر پایلوت، ارتفاع ۳۵۰، طول ۴۰ و عرض ۲۵ سانتی متر بود. از آنجا که تعداد نازل در هر متر مربع صافی های فاز یک، ۸۰ عدد و مساحت هر پایلوت ساخته شده ۰/۱ متر مربع بود از این رو ۸ نازل در هر پایلوت نصب گردید.

بارگذاری هیدرولیکی، معادل صافی های فاز یک تصفیه خانه آب بندرعباس و مساوی $m^3/m^2.h$ ۶/۶ اعمال شد. آب ورودی به پایلوت از طریق یک پمپ واقع در قسمت ورودی یکی از فیلتر های فاز یک تامین گردید. تنظیم دبی خروجی از واحد از طریق حجم سنجی و کنترل شیر خروجی صورت گرفت.

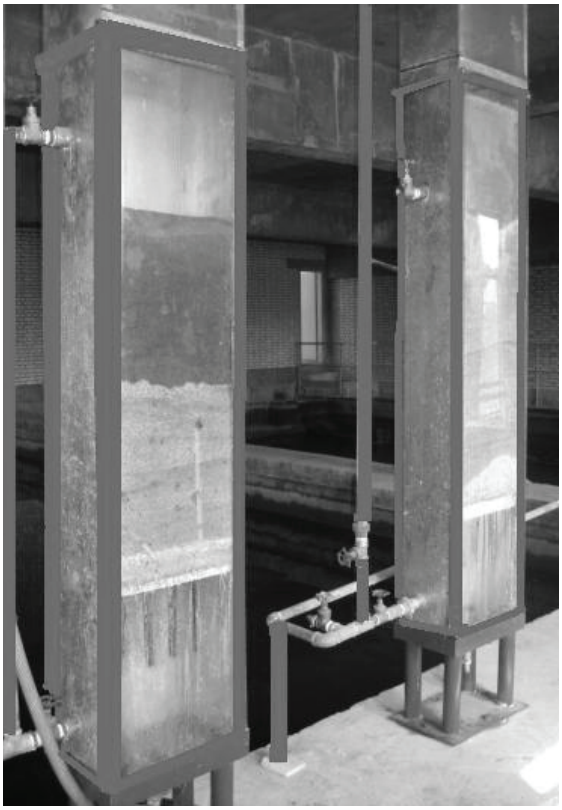
در پایلوت یک لایه، بستر متشکل از ماسه سیلیس با ارتفاع ۱ متر، اندازه موثر ۰/۵ و ضریب یک نواختی ۱/۵ و پایلوت دو لایه بستر متشکل ازیک لایه ماسه سیلیس با ارتفاع ۰/۳ متر، اندازه موثر ۰/۵ و ضریب یکنواختی ۱/۵ و زغال آنتراسیت با ارتفاع ۰/۴ متر بود (شکل ۱).

پس از راه اندازی پایلوت ها در بارگذاری هیدرولیکی یکسان، یک روز به آنها در حال کار فرصت داده شد تا به حالت تثبیت برسد. سپس از آب ورودی و خروجی آنها، نمونه برداری شد. مدت نمونه برداری ۵ ماه بود. هرهفته ۲ نمونه، قبل و بعد از شست وشوی معکوس برداشت گردید، بدین ترتیب در هر ماه ۸ نمونه و در طول دوره ۴۰ نمونه از ورودی و ۴۰ نمونه از خروجی هر پایلوت برداشت گردید. بر روی نمونه ها آزمایش های سنجش کدورت و کل کربن آلی (TOC) انجام شد و در۴۰ مورد نیز افت فشار مورد سنجش قرار گرفت.

در آزمایش TOC، ۲۰۰ میکرولیتر از هر نمونه برداشت و به دستگاه TOC متر مدل DRB۲۰۰ ساخت شرکت مرک آلمان با دقت سنجش۰/۰۰۱ میلی گرم در لیتر تزریق گردید ومقادیر TOC خوانش شد.



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]



شکل ۱: واحدهای مطالعاتی ساخته شده جهت انجام مطالعه

جهت تعیین میزان کدورت، از روش نفلومتر و دستگاه کدورت سنج دیجیتال ساخت شرکت HACH کشور امریکا با دقت این دستگاه ۰/۰۱ NTU استفاده گردید.

جهت تعیین افت فشار هیدرولیکی، یک خط کش در کنار پایلوت نصب گردیده بود و در زمان های یکسان، قبل و بعد از شست وشوی معکوس، افت فشار اندازه گیری گردید.

جهت انجام تحلیل آماری نتایج نیز از آزمون های T–test و نیز شاخص های آماری مرکزی مثل میانگین و انحراف معیار و نرم افزارهای Excel و SPSS استفاده گردید.

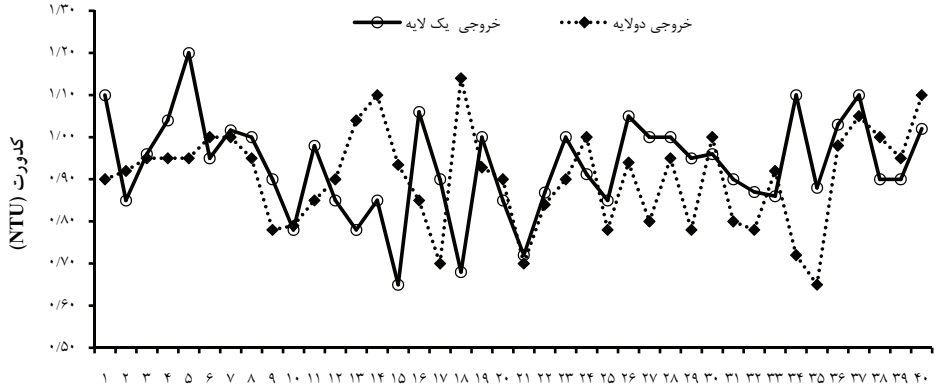
## یافته ها

در این مطالعه، حذف کدورت، TOC و تعیین افت فشار هیدرولیکی به صورت مستقیم صورت گرفت و پارامترهای دیگری مثل دوره کارکرد صافی و UFRV از طریق محاسبه و به طور غیر مستقیم تعیین گردید.

مقایسه حذف کدورت، TOC در دو پایلوت تحت مطالعه به ترتیب در اشکال ۲ و ۳ و مقایسه افت فشار هیدرولیکی بسترها در دو پایلوت نیز در شکل ۴ آمده است.

## بحث

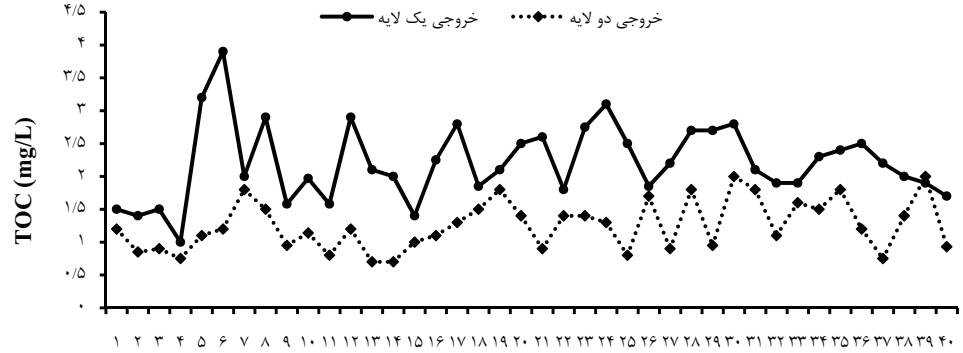
نتایج آزمایش کدورت نشان داد، میانگین کدورت ورودی به هر دو پایلوت NTU ( ۰/۵۴±۲/۶ ) بوده و میانگین کدورت خروجی از پایلوت تک بستری و دو بستری به ترتیب



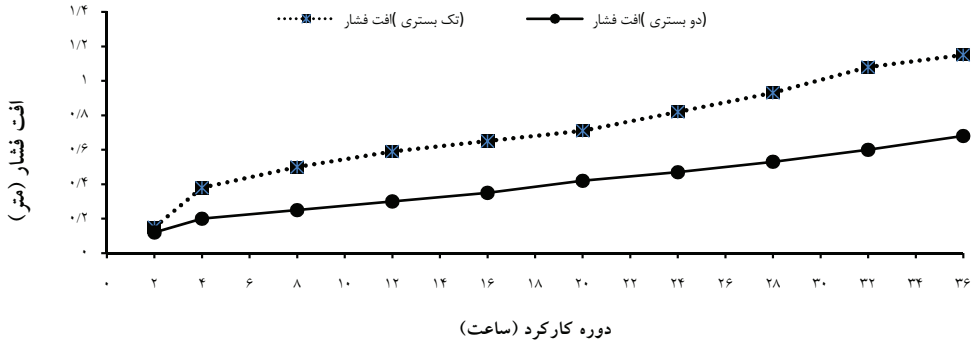

شکل ۲: مقایسه حذف کدورت در واحد مطالعاتی با بستر یک لایه و دو لایه



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]




**شکل ۳: مقایسه حذف TOC باقی مانده در در واحد های مطالعاتی با بستر یک لایه و دو لایه**




**شکل ۴: مقایسه میانگین افت فشار در پایلوت های یک لایه و دو لایه**

NTU (۰/۱۲ + ۰/۹۳) و NTU (۰/۱۲+ ۰/۹۰) بود. بر این اساس، میانگین حذف کدورت در پایلوت یک لایه و دو لایه به ترتیب ۶۳ و۶۵ درصد بود. آزمون آماری t– test گردیدو در نهایت مشخص گردید این دو مقدار از لحاظ آماری با هم اختلاف معنی داری ندارند (P <۰/۰۵).

میانگین غلظت کل کربن آلی ورودی به هردو پایلوت ۳/۷۳±۰/۷۴ میلی گرم در لیتر و میانگین خروجی از پایلوت دو بستری و تک بستری به ترتیب۰/۳۸± ۱/۲۵ و ۰/۵۸±۲/۲۱ میلی گرم در لیتر بود. بدین ترتیب، میانگین حذف کل کربن آلی در پایلوت دو بستری و تک بستری به ترتیب ۶۶ و ۴۰ درصد بود. چنان که مشخص است اختلاف در میزان حذف کاملا فاحش است و آزمون آماری T-Student با میزان قطعیت بالا این اختلاف را تایید کرد (P < ۰/۰۰۰۳). این تفاوت در حذف TOC مربوط به خاصیت جذب سطحی آنتراسیت است، البته طبیعی است که پس از مدتی ظرفیت جذب آنتراسیت اشباع گردیده و میزان حذف مواد آلی کاهش خواهد یافت.

چنان که از شکل ۴ نیز مشخص است طی یک دوره ۳۶ ساعته، میانگین افت فشار در پایلوت دولایه ۰/۶۸ متر بود در صورتی که افت فشار در همین مدت در پایلوت تک بستری به ۱/۱۵ متر رسید. دلیل این بهبود وضعیت در پایلوت دو بستری، معکوس بودن گرادیان دانه بندی بستر فیلتر است که موجب گردیده تا زمان مسدود شدن بستر، طولانی تر گردد. به عبارت



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]

دیگر، اگر فرض شود حداکثر افت فشار مجاز برای صافی یک متر است در این صورت در صافی یک لایه این زمان حدود ۳۰ ساعت است این در حالی است که با یک رگرسیون خطی، این زمان در صافی دو لایه حدود۵۱ ساعت خواهد بود. این پارامتر به عنوان دوره کارکرد صافی لحاظ می گردد و با توجه به این که میزان صاف سازی و سطح بستر در هر دو صافی یکسان بوده است.

## نتیجه گیری

می توان اظهار داشت زمان کارکرد می تواند تعیین کننده UFRV باشد. از آن جایی که UFRV بیان گر راندمان عمل کرد کمی صافی می باشد، می توان چنین استنتاج کرد که نسبت این پارامتر در صافی دو بستری نسبت به یک بستری معادل (۵۱/۳۰) یعنی ۱/۷۰ است به عبارت دیگر با دو بستری کردن صافی یک بستری به دو بستری در شرایط مشابه مطالعه انجام شده، ظرفیت کمی صافی ۷۰ درصد بهبود خواهد یافت. این نتیجه با مطالعات انجام شده قبل کاملا مطابقت دارد (۷،۱۰ و ۱۱).

## تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی شرکت مهندسی آب و فاضلاب استان هرمزگان انجام پذیرفته است. نویسندگان این مقاله لازم می دانند از جناب آقای مهندس خادمی مدیریت عامل محترم و معاونین محترم بهره برداری، برنامه ریزی و فنی و مدیران شرکت آب و فاضلاب هرمزگان، مدیر تصفیه خانه آب و کلیه کارکنان تصفیه خانه آب بندرعباس که در این تحقیق صمیمانه همکاری داشتنه اند، تشکر و قدردانی نمایند.



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]

## منابع


1. Qasim SR, Motley EM, Zhu G. Water Works Engineering; Planning, Design and Operation. New Delhi: Prentice–Hall, Inc.; 2006.
2. Kawamura S. Integrated Design of Water Treatment Plant Facilities, 2nd Ed., John Willey & sons, New York, 2000.
3. AWWA. Water Treatment; Principles and Practices of Water Supply Operations. Denver: AWWA; 1995.
4. Torabeyan A, Kafi Badjestani H. Comparison of single and double bed filters in direct filtration. Water and Wastewater. 2001;40:24-31 ( in Persian)
5. Peavy HS, Rowe DR, Tchobanoglous G. Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill, Inc.; 1985.
6. Reynolds TD, Richards PA. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. 2nd ed. Michigan: Lewis Publisher; 1995.
7. Ahsan T. Rapid Filtration. Delft: AHE Pub; 1990.
8. ASCE, AWWA. Water Treatment Plant Design. 2nd ed. New York: McGraw–Hill, Inc.; 1990.
9. Razeghi N, Torabeyan A. comparison of single, double and triple bed filters in water treatment. Water and Wastewater. 2001;37:24-30 ( in Persian).
10. Fuerstenau DW, Rosenbaum JM, You YS. Electrokinetic behavior of coal. Energy Fuels. 1988;2(3):241-45.
11. Shin JY, OMelia CR. Pretreatment chemistry for dual media filtration; model simulations and experimental studies. Water Sci Technol. 2006;53(7):167-75.
12. Zouboulis A, Traskas G, Samaras P. Comparison of single and dual media filtration in a full-scale drinking water treatment plant. Desalination. 2007;213(1-3):334-42.
13. Lau LL. Filter refurbishment at Pyramid Hill water treatment plant. Proceedings of 71st Annual Conference of Water Industry Engineers and Operators; Australia: Bendigo Exhibition Centre; 2008.
14. Khandaker NR, Bardy PV. Design of pilot plants and the issue of simulated with full scale systems in water treatment applications. Final report. California; Sandia Corporation 2002.


[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]

# Upgrading of the Mono Media Filters in Water Treatment Plants by Changing Filter Media

***Alipour V.[1] , Rezaei L.[2]**

[1]Department of Environmental Health Engineering of Hormozgan Medical Sciences University, Hormozgan. Iran

[2]Department of Environmental Health Engineering of Tehran Medical Sciences University, Tehran. Iran

Received; 21 August 2010 Accepted; 15 November 2010

## ABSTRACT

**Background and Objectives:** Dual media filters have two different layer beds consist of sand and Anthracite. Advantage of dual media filters is longer run duration and more filtration rate. The purpose of this study was to achieve a performable model to improve single media Filters in water treatment plants.

**Materials and Methods**: in this cross-sectional study, two pilots; mono and dual media were made and in a 5 month period samples taking were done. Total samples taken from input and output of each pilot, was 40. The samples then introduced for the measurment of turbidity and total organic carbon. Meanwhile the filters head loss also quantified in 40 times head loss measurement was done.

**Results**: Average turbidity removal in mono and two layer pilots were 63 and 65 percent respectively. Average removal of Total Organic Carbon in mono and two media pilots were 40 and 66 percent respectively. Head loss in dual and single media pilots were 0 .68 and 1.15 m respectively.

**Conclusion:** Although average torbidity removal disparity between two pilots was not significant the amount of total organic carbon removed was considerable. Average head loss in single media pilot was more than dual media type. Ratio of UFRV in dual media to mono media filter was 51:30 it shows that filtration rate capacity will be improved up to70 percent by changing media type.

**Key words:** Filter, Media, Anthracite, Head loss, UFRV, Bandar Abbas

***Corresponding Author:** *valipoor@hums.ac.ir*
***Tel:****+98 917 3686708* ***Fax:*** *+98 761 3336202*

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-20 ]