علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره ۴، بهار۹۶

بررسی اثر ارتفاع، اندازه مؤثر و ضریب یکنواختی صافی های شنی نوع تند در حذف کدورت و باکتری های گروه کلی فرم در تصفیه خانه های آب تهران

(مطالعه موردی: پایلوت تصفیه خانه آب شماره یک تهران)

محمد بزرگمهر[۱]

علی ترابیان[۲]

امیرحسام حسنی[۳]

ملیحه علینقی[۴]

نوشین اصول دینی[۵]*

Osouleddini.n@gmail.com

محمدعبداله زاده[۶]

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: تامین آب قابل شرب، با کیفیت مناسب یکی از اهداف اصلی تصفیه‌خانه‌های آب می‌باشد. فیلتراسیون فرآیندی‌است که بیش‌ترین سهم کیفی را در عملیات تصفیه آب و حدود ۲۰ درصد از هزینه تصفیه‌خانه را به خود اختصاص می‌دهد. اصلی‌ترین شاخصی که تاکنون برای بررسی کارایی صافی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، کدورت آب خروجی می‌باشد.

روش بررسی: در این بررسی اثر ارتفاع مختلف بسترصافی(۹۰-۷۰-۵۰-۲۰Cm)، اندازه مؤثر(۱- ۰.۷۵) و ضریب یکنواختی(۱.۵-۱) صافی‌های شنی نوع تند در حذف کدورت و باکتری‌های گروه کلی‌فرم از کانال ورودی به مدت ۴ ماه از خرداد ماه سال ۱۳۸۹ مطابق

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست آب و فاضلاب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست آب و فاضلاب، دانشکده محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق عباسپور، تهران، ایران.

۵*-(مسئول مکاتبات): دانش آموخته دکتری گروه شیمی، دانشکده شیمی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

۶- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب، شرکت تامین و تصفیه آب و فاضلاب تهران، تهران، ایران.

روش‌های استاندارد آنالیز آب از پایلوت موجود و مستقر در کنار کانال آب ورودی نمونه‌برداری و نمونه‌ها بلافاصله در آزمایشگاه‌های تصفیه‌خانه و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته ها: نتایج حاصل از بستر درشت دانه بیان‌گر بیش‌ترین راندمان حذف کدورت، ۸۳.۵۸٪ که مربوط به کدورت NTU ۵ و ارتفاع بستر ۹۰Cmمی‌باشد. کم‌ترین راندمان حذف کدورت ۲۹.۲۵٪ که مربوط به کدورت ۱۰NTU و ارتفاع بستر ۲۰Cm می باشد. بیش‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم ۸۷.۹۲٪ که مربوط به کدورتNTU ۲ و ارتفاع بستر ۹۰Cm می‌باشد. کم‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم در درشت دانه ۳۸٪ که مربوط به کدورت ۱۰NTU و ارتفاع بستر ۲۰Cm می باشد. ارتفاع موثر در درشت دانه در حذف کدورت و کلی‌فرم مربوط به ۹۰Cm می‌باشد. بیش‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر درشت دانه ۳۵ ساعت، و مربوط به کدورت ۲NTU و کم‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر درشت دانه ۲۳ ساعت، مربوط به کدورت ۱۰NTU می‌باشد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج حاصل از بستر ریزدانه شامل، بیش‌ترین راندمان حذف کدورت ۹۳٪ که مربوط به کدورت ۲NTU و ارتفاع بستر ۹۰Cm، کم‌ترین راندمان حذف کدورت ۵۴.۹٪ که مربوط به کدورت NTU ۷و ارتفاع بستر ۵۰Cm می‌باشد. بیش‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم ۹۱/۹۲٪ که مربوط به کدورت NTU ۲ و ارتفاع بستر ۹۰Cm و کم‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم ۴۵٪ که مربوط به کدورت ۱۰NTU و ارتفاع بستر ۲۰Cm می‌باشد. ارتفاع موثر در حذف کدورت و کلی‌فرم مربوط به ارتفاع ۹۰Cm می‌باشد. بنابراین آنچه از نتایج فوق مسلم است، راندمان هر دو بستر به کدورت خروجی و عملکرد واحد قبلی فرآیند(زلال سازی) ارتباط مستقیم دارد. بیش‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر ریز دانه ۲۸ ساعت، و مربوط به کدورتNTU ۲ می باشد. کم‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر ریزدانه ۱۴ ساعت، مربوط به کدورت NTU ۱۰ می‌باشد.

واژه های کلیدی: کدورت، عوامل باکتریایی، تصفیه‌خانه آب، فیلتراسیون، صافی شنی نوع تند.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.4, Spring 2017

Investigating the effects of height, effective size and uniformity coefficient of rapid sand filters on removal of turbidity and coliform bacteria in water treatment plants of Tehran

Mohammad Bozorgmehr [1]
Ali Torabian [2]
Amir Hesam Hasani [3]
Malihe Alinagi [4]
Noushin Osouleddini [5*]
Osouleddini.n@gmail.com
Mohammad Abdollahzadeh [6]

Abstract

Background and objective: Drinking water supply with proper quality is one of the main goals of water treatment plants. Filtration is a process which has the largest share of quality making in water treatment plants and about 20% of the cost is allocated to this process. The main indicator used for filters efficiency is water turbidity at outlet.

Methods: In this research, the effect of various heights (20-50-70-90 cm), effective sizes (0.75-1) and uniform coefficients (1-1.5) sand filter's packing on turbidity removal and coliforms has been studied for four months from May 2010. Sampling was performed according to standard procedures and the samples were analyzed immediately in Tehran Islamic Azad University of Science Research laboratories and water treatment plant laboratory.

Finding: Results of coarse packing filter show the maximum efficiency of turbidity reduction was 83.58% for turbidity of 5 NTU and packing height of 90cm. The minimum turbidity reduction was 29.25% for turbidity of 10 NTU and packing height of 20cm. The maximum coliform reduction was about 87.92% for turbidity of 2 NTU and packing height of 90cm and the minimum coliform reduction was about 38% for turbidity of 10 NTU and packing height of 20cm. The effective height which causes maximum turbidity and coliform reduction is 90cm. The longest operation time in the context of a coarse bed was 35 hours in turbidity of 2 NTU and the shortest operation time in the context of a coarse strainer was 23 hours in turbidity of 10 NTU.

1- MSc Graduate of Environmental Engineering, Water and Wastewater, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran - Iran
2- Professor of Department of Environmental Engineering, Faculty of Environmen, Tehran University, Tehran, Iran
3- Associate Professor Department of Environmental Engineering, Faculty of Environmen, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran - Iran
4- MSc Graduate Civil Engineering,Water and Waste Water, Utilities industry of Abbaspoor University, Tehran, Iran
5- PhD Graduate Department of Chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran. *(Corresponding author)*
6- MSc Graduate of Environmental Engineering-Water and Wastewater, The company supplies and water purification and sewage, Tehran, Iran

Conclusion: Results of fine packing filter show the maximum efficiency of turbidity reduction which was 93% for turbidity of 2 NTU and packing height of 90cm. The minimum turbidity reduction was 54.9% for turbidity of 7 NTU and packing height of 50cm. The maximum coliform reduction was about 91.92% for turbidity of 2 NTU and packing height of 90cm and the minimum coliform reduction was about 45% for turbidity of 10 NTU and packing height of 20cm. The effective height which causes maximum turbidity and coliform reduction is 90cm. According to the results, efficiency of the fine bed and coarse bed filter directly depends on outlet turbidity and operation of previous unit (sedimentation). The maximum and minimum operation times in fine bed were about 28 hours (NTU=2) and 14 hours (NTU=10) respectively.

Keywords: Turbidity, bacteria, water treatment, filtration, rapid sand filter.

مقدمه

بیش از یک قرن است از فیلتراسیون به عنوان مرحله نهایی تصفیه آب استفاده می‌شود. فیلتراسیون یک فرآیندی‌است که در حذف ذرات معلق و آلودگی‌های بیولوژیکی که در برابر ضدعفونی کردن آب مقاومند، مؤثر می‌باشد.در این تحقیق در راستای بهینه کردن اندازه موثر و ضریب یکنواختی بستر فیلترها در راستای افزایش راندمان حذف عوامل فیزیکی آب و باکتریایی نظیر اشریشیاکلی در دو بستر فیلتر با اندازه موثر و ضریب یکنواختی متفاوت مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با تغییر در ارتفاع بستر، اندازه موثر و ضریب یکنواختی بستر فیلترهای شنی می توان کیفیت آب تولیدی را از نقطه نظر کدورت و مقدار آلودگی میکروبی بهبود بخشید ولی این موضوع گاهاً سبب افزایش افت‌فشار فیلتر و کاهش نرخ فیلتراسیون می‌گردد. بنابر این تعیین نقطه کارکرد مناسب از نظر ارتفاع، اندازه موثر و ضریب یکنواختی بستر فیلترهای شنی از نکات مهم و ضروری در عملکرد این فیلترها و کیفیت آب خروجی خواهد بود. هدف از انجام این تحقیق تعیین ارتفاع موثر اندازه موثر و ضریب یکنواختی بسترهای قدیمی و مقایسه آن با بستر-های جدید از نظر مدت زمان کارکرد، میزان افت فشار بستر، اندازه موثر و ضریب یکنواختی بسترهای جدید در حذف کدورت و پارامترهای بیولوژیکی می‌باشد. کدورت در واقع جزء خواص ظاهری آب محسوب می‌شود، اما می‌تواند ناشی از مواد معلق و مواد کلوئیدی و در برگیرنده انواع باکتری‌ها، ویروس‌ها و عوامل انگلی باشد.

عمق بستر فیلتر تابعی از اندازه مدیا (L/de) است و در حالت کلی برای بسترهای شنی معمولی تک لایه و دو لایه از رابطه $\frac{L}{de} \geq 1000$ پیروی می‌کند. که L عمق بستر فیلتر به(mm) و de اندازه موثر مدیا فیلتر (mm) می‌باشد. نکته ای که حایز اهمیت می‌باشد این‌است که وقتی اندازه مدیا از ۱.۵ میلی متر تجاوز کند، فاصله بین دانه‌های فیلتر در مقایسه با بستر فیلترهای منظم خیلی بزرگ‌تر خواهد بود. وقتی قطر دو برابر می‌شود، فضاهای خالی سه برابر می‌شوند. بنابراین، تنها زمانی می باید از رابطه $\frac{L}{de} \geq 1000$ استفاده کرد که مدیا بزرگ‌تر از ۱.۵ میلی‌متر باشد و آرایش واقعی آن باید بر اساس پایلوت تعیین شود. همچنین بسیار توصیه می‌شود که در کف بستر تک لایه عمیق درشت دانه از یک لایه شنی استفاده شود.

در حال حاضر بر اساس رابطه $\frac{L}{de} \geq 1000$ با کاهش اندازه موثر ماسه نسبت به پر کردن بستر فیلتر با همان ارتفاع طراحی شده بستر قدیمی اقدام شده است که با روابط حاکم بر فیلتراسیون مغایرت دارد بنابراین برای تعیین ارتفاع موثر بستر جدید نیاز به انجام مطالعات پایلوت و همچنین تعیین ارتفاع موثر و در صورت امکان تعیین ضریب یکنواختی موثر و مطلوب می-باشد.

نمونه برداری و نگهداری

نمونه برداری از عمق‌های مختلف ۲۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰ سانتی‌متری از سطح بستر فیلتر توسط شیرهای نمونه برداری تعبیه شده در عمقهای مختلف پایلوت صورت پذیرفت. نمونه ها بلافاصله مورد آزمایش و آنالیز شیمی‌فیزیک، باکتریایی و بیولوژی قرار گرفت. مطابق با روش‌های کتاب استاندارد متد آنالیز آب و فاضلاب ویرایش ۲۱ سال ۲۰۰۵ نمونه‌برداری و در آزمایشگاه شیمی-فیزیک و میکروبیولوژی تصفیه‌خانه و آزمایشگاه دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران با رعایت قانون نمونه‌برداری"نمونه جزیی از کل باشد" مورد آزمایش قرارگرفت. اصول نمونه‌برداری(ظروف، حجم نمونه، نگهداری و زمان ماند) طبق جدول I : ۱۰۶۰ کتاب استاندارد متد و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا U.S.EPA انجام شد.

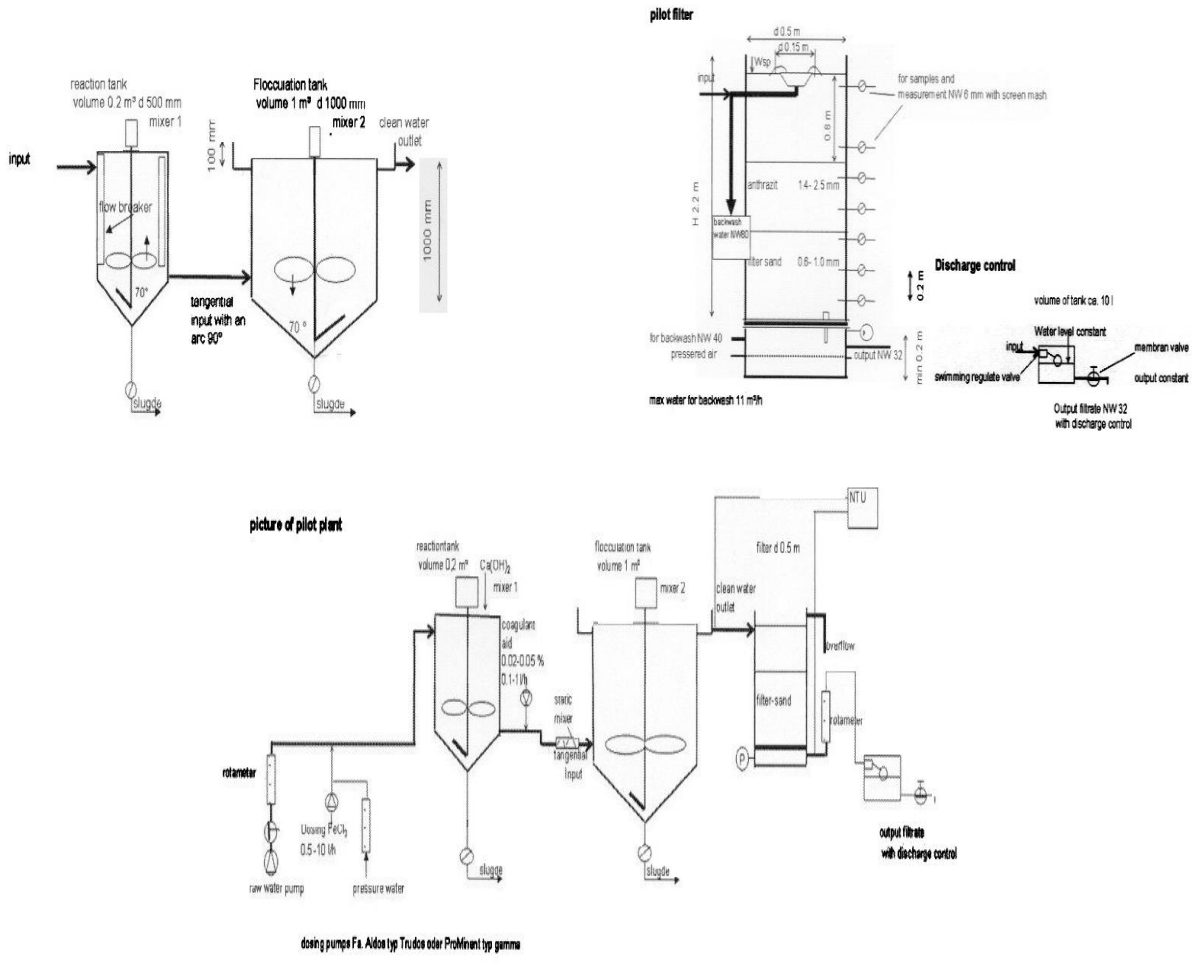
روش بررسی

روش تحقیق در مطالعات حاضر مبتنی بر انجام و بررسی‌های آزمایشگاهی با استفاده از پایلوت با مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است.

طرح اولیه پایلوت تصفیه خانه جلالیه در سال ۱۳۸۴ توسط شرکت P_2m Berlin به عنوان مشاور ساخته و در تصفیه خانه شماره یک در کنار کانال ورودی آب خام نصب گردید، که مشخصات آن مختصرا به شرح ذیل می‌باشد(شکل یک).

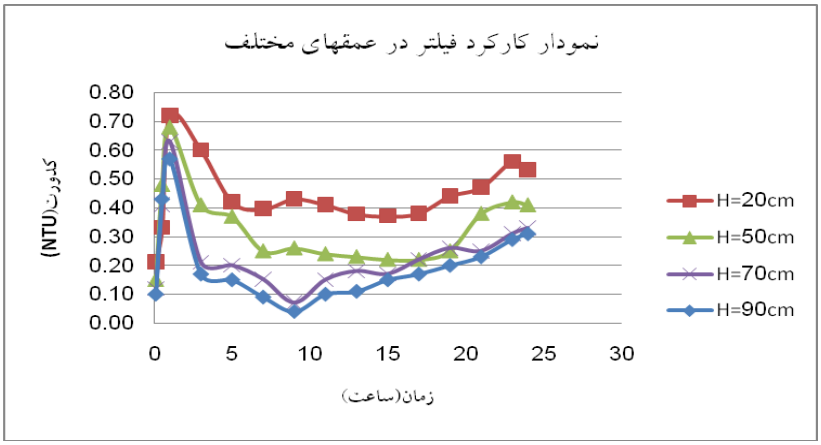
دبی ورودی به پایلوت m^3/h ۲- ۰.۵ که به صورت ثقلی وارد مخزن شده و به کمک یک پمپ با ظرفیت m^3/h ۵- ۰ از طرق لوله‌ای به قطر ۲۰ میلی‌متر که بر سر راه آن یک روتامتر با ظرفیت m^3/h ۴- ۰ قرار گرفته است تنظیم، و سپس به واحد اختلاط سریع پمپاژ می‌شود. حجم کل مخزن اختلاط سریع m^3 ۰/۲۵ با بافل‌هایی که برای جلوگیری از جریانهای میان‌بر در نظر گرفته شده می‌باشد که در دبی m^3/h ۱/۲ زمان ماند در آن معادل ۱۲/۵دقیقه می‌باشد.

مواد شیمیایی با استفاده از دوزینگ پمپ به داخل مخزن اختلاط تزریق می‌گردد(کلروفریک در دبی l/h ۱۰-۰.۵ و هد ۲ بار). پس از انجام عملیات اختلاط در دور مشخص آب وارد مخزن لخته‌سازی و ته‌نشینی می‌شود. حجم مخزن m^3 ۱.۲ می‌باشد که دارای یک مخزن به قطر ۰.۵ متر با سریزهایی جهت جمع آوری آب زلال شده با عرض ۵ سانتی‌متر می‌باشد. تقسیم جریان توسط یک لوله در محیط مخزن، که محل اتصال مخروط و استوانه به صورت یکنواخت با قطر ۵۰ میلی‌متر و زمان ماند یک ساعت که در مجموع برای لخته‌سازی و ته نشینی در نظر گرفته شده است انجام می‌گردد. بخش پایانی پایلوت، صافی می‌باشد که متشکل از استوانه‌ای به قطر ۰.۵ متر که ارتفاع آن از لبه مخزن تا کف سرریز ۲۶۵ سانتی‌متر می‌باشد. در کف مخزن نیز تعداد ۱۳ عدد نازل قرار داده شده است. ارتفاع ماسه سیلیسی در صافی ۹۰ سانتی‌متر و ارتفاع شن ساپورت نیز ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. در طول استوانه نیز تعداد ۴ نقطه به منظور نمونه‌برداری قرار دارد.



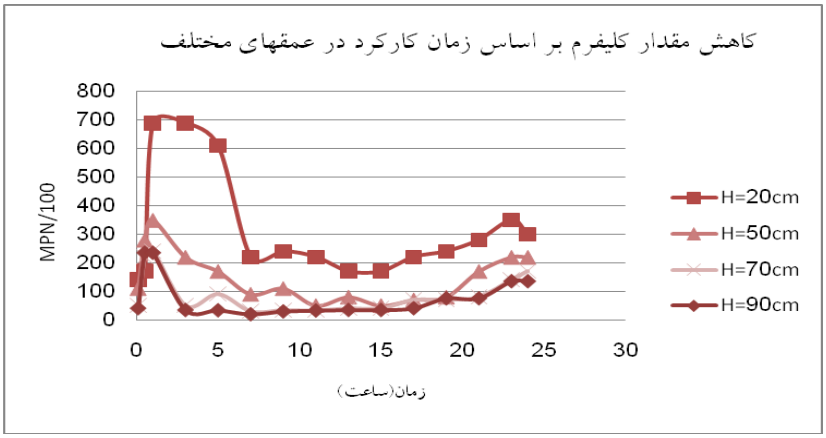
شکل ۱- پایلوت مورد استفاده شده در تحقیق

Figure 1- Pilot used in the research



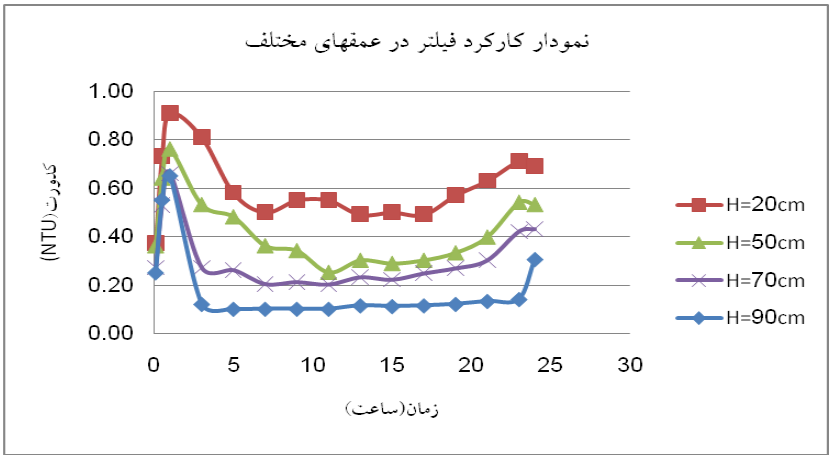
نمودار ۱- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۲

Chart 1- Filter function at different depths for Fine grains bed and Turbidity of inlet WTP 2 NTU



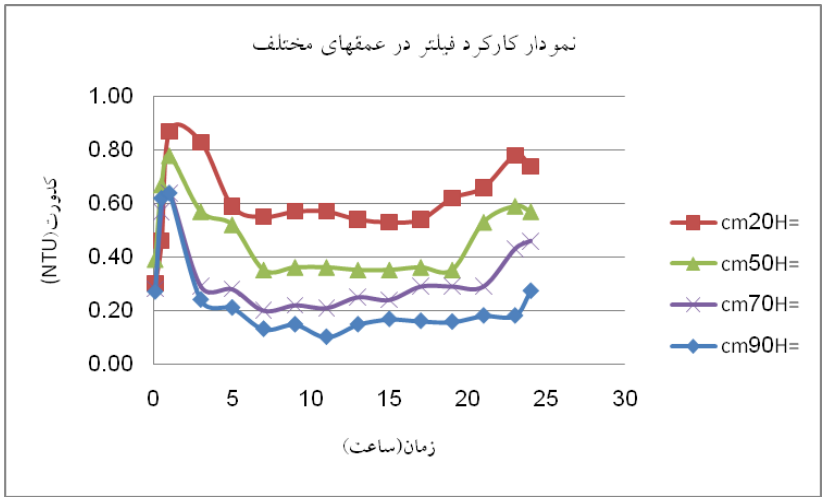
نمودار ۲- کاهش باکتریهای کلی‌فرم در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۲

Chart 2- Reduction of coliform bacteria at different depths for Fine grains bed and Turbidity of inlet WTP 2 NTU



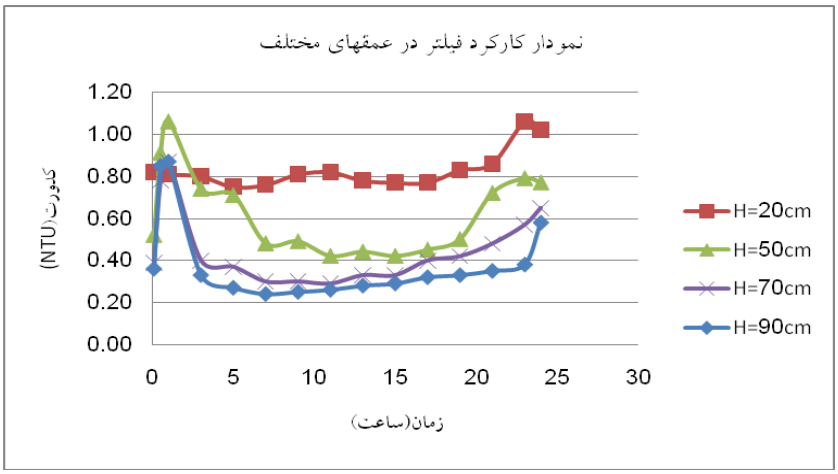
نمودار ۳- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۵

Chart 3- Filter function at different depths for Fine grains bed and turbidity of inlet WTP 5 NTU



نمودار ۴- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۷

Chart 4- Filter function at different depths for Fine grains bed and turbidity of inlet WTP 7 NTU

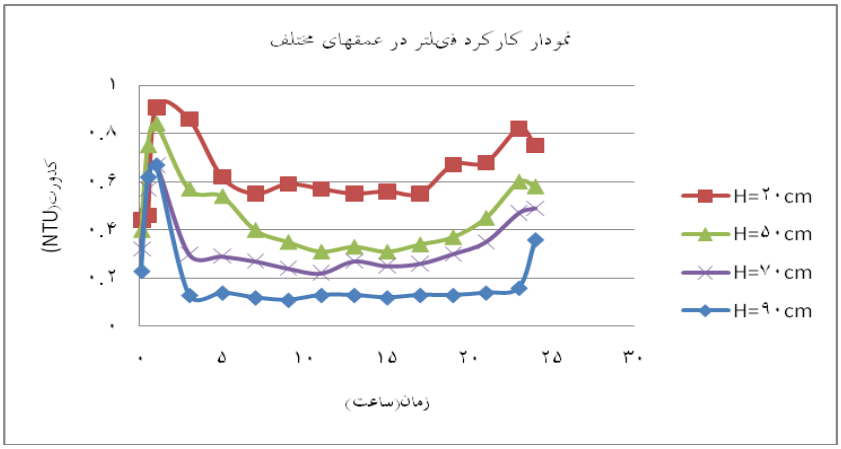


نمودار ۵- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۱۰

Chart5- Filter function at different depths for Fine grains and turbidity of inlet WTP 10 NTU

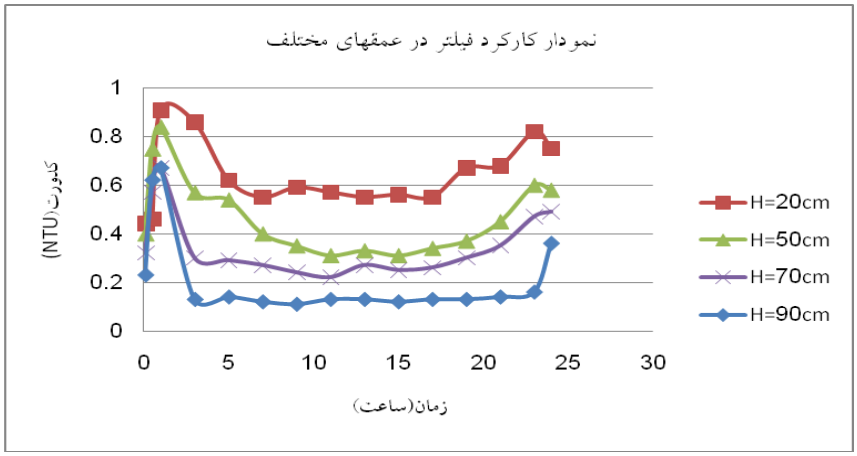
نمودار ۶- کاهش باکتریهای کلی‌فرم در عمق‌های مختلف برای بستر ریزدانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۱۰

Chart 6- Reduction of coliform bacteria at different depths for Fine grains and turbidity of inlet WTP 10 NTU



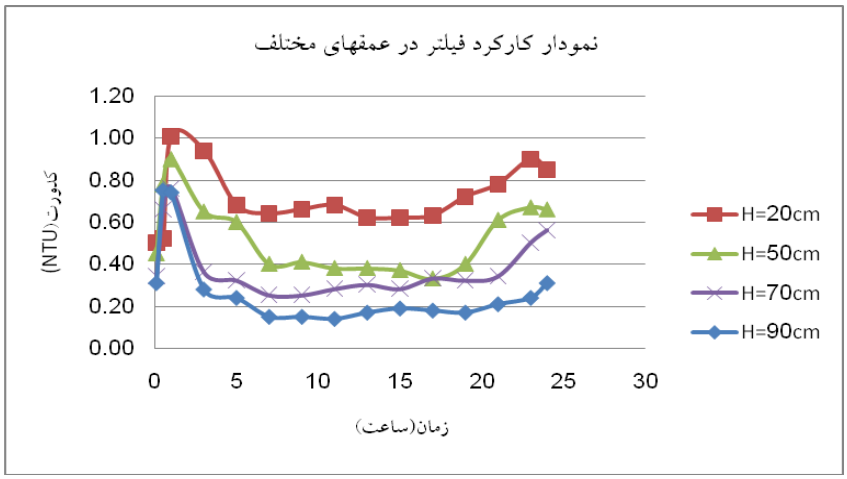
نمودار ۷- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۲

Chart 7- Filter function at different depths for coarse grain and turbidity of inlet WTP 2 NTU



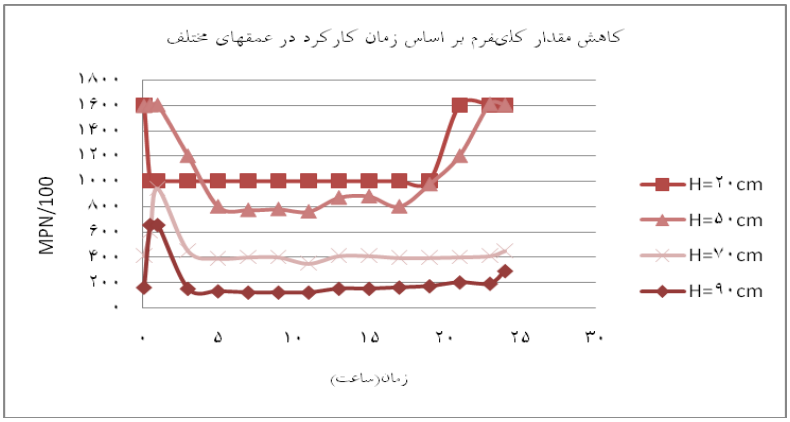
نمودار ۸- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۲

Chart 8- Reduction of coliform bacteria at different depths for coarse grain bed and Turbidity of inlet WTP 2 NTU



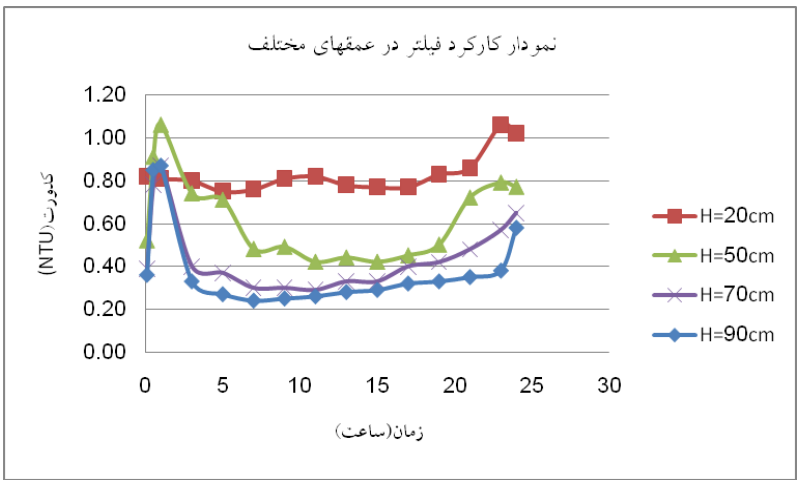
نمودار ۹- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۵

Chart 9- Filter function at different depths for coarse grain and turbidity of inlet WTP 5 NTU



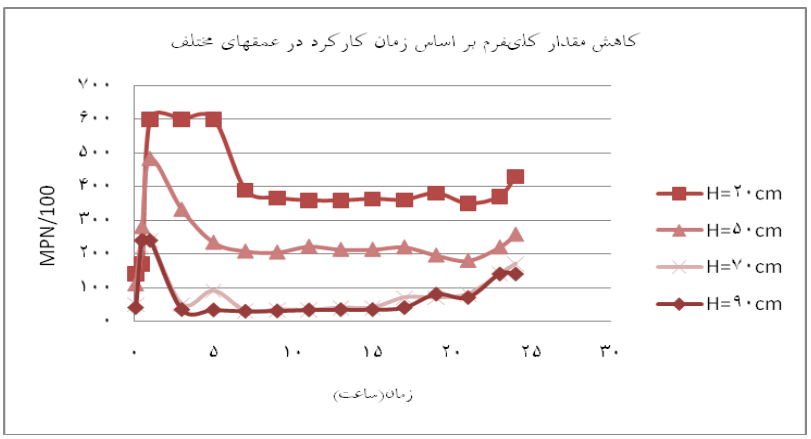
نمودار ۱۰- کاهش کلی‌فرم در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۷

Chart10- Reduction of coliform bacteria at different depths for coarse grain bed and Turbidity of inlet WTP 7 NTU



نمودار ۱۱- کارکرد فیلتر در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۱۰

Chart 11-Filter function at different depths for coarse grain and turbidity of inlet WTP 10 NTU



نمودار ۱۲- کاهش کلی‌فرم در عمق‌های مختلف برای بستر درشت دانه و کدورت آب خام ورودی NTU ۱۰

Chart12- Reduction of coliform bacteria at different depths for coarse grain bed and Turbidity of inlet WTP 10 NTU

بحث و نتیجه گیری

بررسی نتایج و نمودارها نشان می‌دهد که با افزایش کدورت آب خام، راندمان حذف کدورت در هر دو بستر کاهش می‌یابد. نسبت راندمان حذف در بستر ریزدانه به درشت دانه۵۲/۸۲٪ افزایش نشان می‌دهد. با افزایش کدورت آب خام، راندمان حذف باکتری کلی‌فرم۱۵/۵۶٪ افزایش نشان می‌دهد. بیش‌ترین راندمان حذف کدورت در بستر ریزدانه ۹۳٪ که مربوط به کدورت NTU ۲ و ارتفاع بستر۹۰ سانتی‌متر می باشد. کم‌ترین راندمان حذف کدورت در بستر ریزدانه۵۴/۹ ٪، مربوط به کدورتNTU ۷ و ارتفاع بستر۵۰ سانتی‌متر می‌باشد.بیش‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم در ریز دانه۹۱/۹۲٪ مربوط به کدورت ۲NTU و ارتفاع بستر۹۰ سانتی‌متر می‌باشد. کم‌ترین راندمان حذف کلی‌فرم در ریز دانه ۴۵٪ که مربوط به کدورت NTU ۱۰ و ارتفاع بستر ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. ارتفاع موثر در ریزدانه در حذف کدورت و کلی‌فرم، مربوط به ارتفاع۹۰ سانتی-متر می‌باشد. بنابراین آنچه از نتایج فوق مسلم است، راندمان هر دو بستر به کدورت ورودی و عملکرد واحد قبلی فرایند (زلال سازی) ارتباط مستقیم دارد. بیش‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر درشت دانه ۳۵ ساعت، مربوط به کدورت ۲NTU می‌باشد. کم‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر درشت دانه ۲۳ ساعت، مربوط به کدورت NTU ۱۰ می‌باشد. بیش‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر ریز دانه ۲۸ ساعت، مربوط به کدورت NTU ۲ می‌باشد. کم‌ترین زمان کارکرد صافی در بستر ریز دانه ۱۴ ساعت، مربوط به کدورت ۱۰NTU می‌باشد. در پایان لازم به توضیح می‌باشد، با کاهش مدت زمان کارکرد فیلتر، حجم پساب تولیدی حاصل از شستشوی فیلتر افزایش یافته و به تناسب آن هزینه‌های بهره‌برداری نظیر مصرف انرژی، استهلاک پمپ‌ها، دمنده‌ها افزایش خواهد یافت. فلذا با بررسی کیفی و استانداردهای جهانی موجود و به دنبال آن استاندارد ملی هر جامعه می‌بایست نسبت به طراحی اندازه موثر و ضریب یکنواختی بستر صافی‌ها اقدام نمود. لذا برابر نتایج حاصل شده از این تحقیق می‌توان بیان نمود که با استفاده از قانون اقتصاد مهندسی و محاسبات دقیق کلیه جنبه‌ها، بتوان به نقطه کارا و موثری دست پیدا کرد.

تشکر و قدردانی

از مشاور محترم وزیر و مدیر عامل محترم شرکت مهندسی آبفای‌کشور که حمایت های لازم را در این راستا مبذول داشتند نهایت تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

منابع

1- Standard methods for the examination of water and wastewater (2005) 21 St Edition.
2- American Water Works Association" Filter Troubleshooting and Design Hand-book "2005
3- Edwald. J. K; Tobiason. J. E, 1999, "Enhaced Coagulation: Us Requirements and A Broader View ", J.Wat. Sci. Tech, Vol. 40, No.9, PP.63-70.
4- U. S .Environmental Protection Agency Ground Water and Drinking Water, 2002,"Current Drinking Water Standards ".
5- Available from: http://www. epa.gav/ safewater/mdbp.html
6- Tseng.T:Edward.M, 1999,"Predicting Full-scale TOC Removal:, j,AWWA,Vol,91,No, 4,PP,159-170.