The Efficiency of Slow Sand Filters in Removal of Coliform and Organic Matter

Shahmansouri, M., School of Public Health

Bina, B.,(Ph.D) School of Public Health

Rezaie, R., School of Public Health

ABSTRACT

In many developing countries, clean water has alaways been a major problem, especially for the rural and small communities. In many such communities, since there is no alternative, have to consume surface water as a source of drinking water. The purity of surface water can not be garanteed and usually needs purification. On the other hand, Slow sand filtration(SSF) is appropriate water treatment for small communities.

Investigations have been made into the use of SSF for removal of turbidity, organic matter and bacteria. Turbidity removal of less than 1 NTU was obtained in this study. It was found SSF to be able in complete removal of organic matter when the initial concentration is less than 50 mg/L. Bacterial cells removal of over 95% was achieved in this investigation.

بررسی کارایی صافی کند ماسه‌ای

در حذف کلیفرمها و مواد آلی

محمدرضا شاهمنصوری* بیژن بینا** رضا رضایی***

چکیده

بسیاری از جوامع ممکن است تنها به آبهای سطحی دسترسی داشته باشند که جهت مصارف شرب نیاز به تصفیه دارند. با توجه به کیفیت آب خام بایستی فرایندهای متعددی جهت سالم نمودن آب پیش بینی گردد. یکی از فرایندهای مهم تصفیه آب فیلتراسیون است که به عنوان قلب تصفیه خانه آب بشمار می‌رود.

صافیها انواع مختلف دارند. یک نوع از این صافیها، صافی کند ماسه‌ای می‌باشد که جهت تامین آب سالم اجتماعات کوچک روستایی بسیار مناسب است.

در این بررسی راندمان صافی کند ماسه‌ای در حذف تیرگی، مواد آلی و کلیفرمها مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص گردید که صافی کند ماسه‌ای قادر است کدورت را به کمتر از ۱ واحد (برحسب NTU) کاهش دهد. همچنین توانایی حذف مقادیر مواد آلی کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر را به میزان ۱۰۰٪ دارا می‌باشد. علاوه بر آن، این صافی می‌تواند بیش از ۹۵ تا ۹۹ درصد کلیفرمهای آب خام را حذف نماید.

مقدمه

جهت تامین آب شرب بسیاری از جوامع روستایی بایستی از آبهای سطحی استفاده نمود. با توجه به کیفیت آب خام و امکانات محلی، فرایندهای متعددی به منظور تصفیه آب خام مورد نیاز می‌باشد. یکی از این فرایندها فیلتراسیون است که معمولاً بدنبال پیش صافی یا ته‌نشینی بکار رفته و برای حذف بقیه ذرات معلق باقیمانده مانند تخم انگلها و باکتریها استفاده می‌شود.

صافی کند یکی از باسابقه‌ترین انواع صافیها است که اولین نمونه آن در سال ۱۸۵۰ در انگلستان ساخته شد [۶]. لذا ضرورت مطالعه برروی این نوع صافی و بررسی کارایی آن لازم به نظر می‌رسد زیرا که طراحی، اجرا، بهره برداری و نگهداری آن بسیار ساده و آسان می‌باشد و علاوه بر آن در این صافیها نیاز به استفاده از هیچگونه مواد شیمیایی و سیستمهای الکتریکی و مکانیکی نیست.

در این مطالعه، راندمان صافی کند ماسه‌ای در حذف تیرگی، کلیفرمها و مواد آلی بررسی گردید.

* - عضو هیات علمی دانشکده بهداشت اصفهان

** - استادیار دانشکده بهداشت اصفهان

*** - دانشجو و کارشناس‌ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه‌اصفهان

مواد و روشها

مطالعات برروی یک فیلتر در اندازه آزمایشگاهی به ارتفاع ۲ متر و ابعاد ۰/۲m × ۰/۲m از جنس شیشه انجام گرفت. ارتفاع بستر ماسه‌ای ۹۰ سانتیمتر و ارتفاع آب ۱۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. آب خام مورد استفاده از رودخانهٔ زاینده رود و به صورت روزانه تامین گردید. ماسه مورد استفاده جهت بستر از نوع ماسه رودخانه‌ای باذرات کروی شکل و دارای اندازه مؤثر[1] ۰/۲۱ میلی متر و ضریب یکنواختی[2] برابر ۴ است. سرعت فیلتراسیون برابر ۰/۱۸ متر بر ساعت و نمونه‌برداری از آب خروجی به منظور انجام آزمایشات با توجه به زمان مورد نیاز جهت طی بستر ماسه‌ای و با درنظر گرفتن تخلخل و ضریب نفوذ پذیری ماسه و سرعت فیلتراسیون انجام گرفته است.

اندازه‌گیری کدورت با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل ۲۰۰۱ شرکت HACH انجام شده است.

آزمایش میکروبی به روش فیلتر غشایی ۰/۴۵ میکرومتر و شمارش تعداد کل کلیفرم انجام شده است و جهت پوشش دادن دامنه وسیعی از غلظتهای باکتریایی حداقل سه رقت بکار رفته است که یک روش استاندارد است.

نتایج و بحث

کارایی صافی کند در حذف کدورت

در جدول شمارهٔ ۱ نتایج کدورت ورودی و خروجی و راندمان حذف نشان داده شده است. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که صافی کند قادر است کدورت را به کمتر از ۱ واحد NTU کاهش دهد که این کدورت برای کلرزنی مناسب است. آنچه که مسلم است میزان کدورت آب ورودی روی کدورت آب خروجی تاثیر چندانی ندارد ولی آنچه که در اینجا بایستی بیان شود این است که کدورت آب خام ورودی باید به اندازه‌ای باشد که دوره بهره‌برداری صافی را کاهش نداده و بتواند آبی با کیفیت مناسب تولید نماید. لذا لازم است که کدورت ورودی به صافی با استفاده از روشهای پیش تصفیه به کمتر از حدود ۲۰ واحد برحسب NTU کاهش یابد که به میزان بسیار زیادی روی کار صافی کند تاثیر می‌گذارد و دوره بهره‌برداری را بالا می‌برد.

کارایی صافی کند در حذف مواد آلی

در جدول ۲ نتایج آزمایشات COD ورودی و خروجی و راندمان حذف مواد آلی نشان داده شده است.

آنچه که مشخص است میزان حذف مواد آلی در روز چهارم ۲۵ درصد بوده که با افزایش سن لایه زنده در روز هفتم مقدار ۳۰ میلی گرم بر لیتر مواد آلی را تا میزان ۱۰۰ درصد حذف می‌نماید. در روز نهم نیز مقدار ۳۶ میلی‌گرم بر لیتر را به میزان ۱۰۰ درصد حذف نموده است که نشان دهنده این است که دانسیته جمعیت میکروبی افزایش یافته و میزان حذف مواد آلی با آن رابطه مستقیم دارد. در روز پانزدهم با افزایش ناگهانی مواد آلی به مقدار ۸۴ میلی گرم برلیتر تنها قادر به حذف ۵۲ درصد آن شده است و نمایانگر آن است که صافی کند در مقابل شوکهای ناگهانی مواد آلی کارایی مطلوب را نداشته و راندمان آن کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. می‌توان گفت که صافی کند، مقادیر مواد آلی کمتر از ۵۰ میلی گرم برلیتر را پس از گذشت چند روز از شروع کار صافی و تشکیل لایه زنده و از دیاد جمعیت میکروبی بطور کامل حذف می‌نماید. مکانیسمهای عمده در حذف مواد آلی در صافی کند جذب و تجزیه بیولوژیکی می‌باشد.

تحقیقات تورمن (۱۹۸۵) نشان می‌دهد که مواد آلی مانند کربوهیدراتها، آلدئیدها و اسیدهای آلی نسبت به مواد هیومیکی[3] بیشتر قابل تجزیه می‌باشند.[۸].

سن لایه زنده و دانسیته جمعیت میکروبی با میزان حذف مواد آلی رابطه دارد و حذف مواد آلی بواسطه تجزیه بیولوژیکی صورت می‌گیرد [۳و۷].

مقدار زیاد مواد آلی محلول در آب خام می‌تواند سبب کاهش دوره بهره برداری و گرفتگی سریع بستر شود[۴].

1- Effective size 2- Uinformity coefficient

3- Humic substance

جدول شماره ۱ : نتایج کدورت ورودی و خروجی و راندمان حذف

ردیف	تاریخ	کدورت (NTU)		راندمان حذف (٪)
		ورودی	خروجی	
۱	۷۴/۵/۱۵	۱۲	۰/۵	۹۵/۸
۲	۷۴/۵/۱۶	۱۳	۰/۴	۹۶/۹
۳	۷۴/۵/۱۷	۱۶	۰/۴	۹۷/۵
۴	۷۴/۵/۱۸	۱۳	۰/۴	۹۶/۹
۵	۷۴/۵/۲۱	۱۵	۰/۶	۹۶/۰
۶	۷۴/۵/۲۲	۱۱	۰/۶	۹۴/۵
۷	۷۴/۵/۳	۱۴	۰/۵	۹۶/۴
۸	۷۴/۵/۲۵	۱۰	۰/۴۵	۹۵/۵
۹	۷۴/۵/۲۸	۱۵	۰/۴۵	۹۷
۱۰	۷۴/۵/۲۹	۲۵	۰/۴۵	۹۸/۲
۱۱	۷۴/۵/۳۰	۲۵	۰/۴۵	۹۸/۲
۱۲	۷۴/۵/۳۱	۲۷	۰/۴۵	۹۸/۳
۱۳	۷۴/۶/۱	۱۵	۰/۴۵	۹۷
۱۴	۷۴/۶/۴	۲۱	۰/۵	۹۷/۶
۱۵	۷۴/۶/۵	۱۶	۰/۴	۹۷/۵
۱۶	۷۴/۶/۶	۱۴	۰/۴	۹۷/۱
۱۷	۷۴/۶/۷	۲۱	۰/۶	۹۷/۱
۱۸	۷۴/۶/۸	۱۳	۰/۴	۹۶/۹
۱۹	۷۴/۶/۱۱	۲۳	۰/۵	۹۷/۸
۲۰	۷۴/۶/۱۲	۱۵	۰/۵	۹۶/۷
۲۱	۷۴/۶/۱۳	۱۲	۰/۵	۹۵/۸
۲۲	۷۴/۶/۱۴	۱۲	۰/۵	۹۵/۸
۲۳	۷۴/۶/۱۵	۱۳	۰/۵	۹۶/۲
	مقدار متوسط	۱۶	۰/۵	۹۷/۰

جدول شماره ۲ : نتایج آزمایشات COD ورودی و خروجی و راندمان حذف مواد آلی

ردیف	تاریخ	COD (mg/L)		راندمان حذف (٪)
		ورودی	خروجی	
۱	۷۴/۵/۱۸	۳۲	۲۴	۲۵
۲	۷۴/۵/۲۱	۳۰	۰	۱۰۰
۳	۷۴/۵/۲۳	۳۶	۰	۱۰۰
۴	۷۴/۵/۲۸	۹/۵	۰	۱۰۰
۵	۷۴/۵/۳۰	۸۴	۴۰	۵۲/۴
۶	۷۴/۶/۴	۲۰	۰	۱۰۰
۷	۷۴/۶/۶	۲۰	۰	۱۰۰
۸	۷۴/۶/۱۱	۸۰	۸	۹۰

جدول شماره ۳ : نتایج آزمایشات باکتریولوژیکی ورودی و خروجی و راندمان حذف

ردیف	تاریخ	تعدادکل‌کلیفرم(۱۰۰ml)		راندمان حذف (٪)
		ورودی	خروجی	
۱	۷۴/۵/۱۷	۳۵۰۰	۵۰۰	۸۵/۷
۲	۷۴/۵/۲۲	۱۶۰۰	۱۰۰	۹۳/۷
۳	۷۴/۵/۲۵	۵۲۰۰	۳۰۰	۹۴/۲
۴	۷۴/۵/۲۸	۱۳۰۰	۹۰	۹۳/۱
۵	۷۴/۵/۲۹	۱۶۰۰۰	۱۰۰۰	۹۳/۷
۶	۷۴/۶/۴	۳۰۰۰	۲۰۰	۹۳/۳
۷	۷۴/۶/۷	۸۰۰۰	۱۱۰	۹۸/۶
۸	۷۴/۶/۱۲	۱۵۰۰۰	۲۰۰	۹۸/۷
	مقدار متوسط	۶۷۰۰	۳۱۲/۵	۹۵/۳

میزان حذف مواد آلی برحسب COD از ۳۰ تا ۷۰ درصد، TOC از ۱۵ تا ۳۰ درصد و اسید هیومیک، دترجنت، فنل و برخی حشره کشها و آفت کشها از ۵۰ تا بیش از ۹۹ درصد می‌باشد[۵ و ۹].

راندمان صافی کند در حذف کلیفرمها

در جدول ۳ نتایج آزمایشات باکتریولوژیکی ورودی و خروجی و راندمان حذف آنها نشان داده شده است.

صافی کند در شروع کار دوره بهره برداری می‌تواند بیش از ۸۵ درصد کلیفرمها را حذف نماید و با کامل شدن‌لایه زنده راندمان به سرعت افزایش یافته به طوری که با گذشت کمتر از یک هفته بیش از ۹۳ درصد حذف کلیفرمها صورت می‌گیرد. همچنین میزان حذف به تعداد کلیفرم آب خام ورودی نیز ارتباط دارد. به طور مثال، در صورتی که تعداد کلیفرمهای ورودی به صافی ۵۲۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر باشد میزان حذف ۹۴/۲ درصد و تعداد کلیفرم خروجی برابر ۳۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر است، اما در صورتیکه تعداد کلیفرمهای ورودی به صافی ۱۳۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر باشد میزان حذف ۹۳ درصد بوده و تعداد کلیفرم خروجی برابر ۹۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر می‌باشد. بنابراین با بالا بودن بار میکروبی آب خام ورودی، با توجه به اینکه صافی دارای راندمان حذف بیشتری است، تعداد کلیفرمهای خروجی به مراتب زیادتر است. بالاخره اینکه، با افزایش سن لایه زنده، درصد حذف افزایش می‌یابد. به طور مثال در اواخر دوره بهره برداری ۱۵۰۰۰ عدد کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر به ۲۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر کاهش می‌یابد که در این حالت راندمان صافی کند برابر ۹۸/۷ درصد است.

بلامی و همکاران (۱۹۸۵) نتیجه گرفتند که حذف میکروبی با افزایش سرعت فیلتراسیون، کاهش دمای آب، کاهش ضخامت بستر و افزایش اندازهٔ مؤثر کاهش می‌یابد [۱و۲]

آنها همچنین گزارش نموده‌اند که بین جمعیت میکروبی فیلتر ماسه‌ای با کارایی آن در مورد حذف کلیفرمها و کیفیت آب خروجی رابطه مثبت وجود دارد. [۱ و ۲].

با افزایش سرعت فیلتراسیون از ۰/۰۴ متر بر ساعت به ۰/۱۲ متر بر ساعت میزان حذف کل کلیفرم از ۹۹/۹۹۱ درصد به ۹۹/۹۸۱ درصد کاهش یافت. گر چه سرعت فیلتراسیون روی راندمان صافی تأثیر دارد، ولی در حدی نیست که مشکلی از نظر کیفیت آب خروجی بوجود آورد و بایستی سرعت فیلتراسیون را به اندازه‌ای انتخاب کرد که

از نظر هزینه‌های اولیه و بهره برداری و نگهداری توجیه اقتصادی داشته باشد [۱و۲].

علاوه بر آن حذف کل کلیفرم در یک بستر با ماسه تازه و با سرعت فیلتراسیون ۰/۴ متر بر ساعت ۹۰ درصد و در یک بستر با ماسه کثیف و دارای لایه زنده کامل با همان سرعت فیلتراسیون ۹۹/۹۹ درصد می‌باشد. [۱و۲].

با کم کردن ضخامت بستر ماسه از ۱ متر به ۰/۵ متر میزان حذف کلیفرمها از ۹۷ درصد به ۹۵ درصد کاهش یافت که نشان دهندهٔ این است که میزان حذف باکتریها به ضخامت بستر ماسه بستگی نداشته و تنها در افزایش راندمان مؤثر است.[۱و۲].

اندازهٔ مؤثر ماسه با میزان حذف کلیفرمها رابطه مستقیم دارد بدین صورت که میزان حذف کلیفرم در بستربا اندازه‌های مؤثر ۰/۶۱۵ ، ۰/۲۷۸ و ۰/۱۲۸ میلی‌متر به ترتیب ۹۶ درصد، ۹۸/۶ درصد و ۹۹/۴ درصد می‌باشد[۱و۲]

مراجع

1- Bellamy, W. D., Silverman, G. P., Hendricks D.W., and Logsdon, G. S.,(1985) "Removing Giardia Cysts with Slow Sand Filteration", Jour. A.W.W.A, Vol. 2, No. 77.

2- Bellamy, W.D., Hendricks, D.W. and Logsdon, G. S., (1985) "Slow Sand Filtration: Influences of Selected process variables., "Jour. A.W.W.A Vol. 2, No.77

3- Dahm, C.N., (1981) "Pathways and Mechanisms for Removal of Dissolved Organic Carbon From Leachate in streams", Can. Fish. Aquat. sci., Vol.38, No. 68.

4- Greesey,G.G., Mittelman, M.W. and Liev,V.T., (1987) "Evaluation of slime Production: Bacteria in oil field core flood Experiments", Jour. Appl. Envir. Microbial., Vol. 53, No. 2.

5- Hrubec, J. et al. (1991) "Gerdrag Van Enkele Gesubstit Ueerde Bezene Destrij Dings middelen en Complex Vormers Tijdens Langzame Zand filtratie In H_2O", Vol. 24, No. 13.

6- Haisman, L., and Wood,W.E., (1974) "Slow Sand filtration." WHO, Geneva, Switzerland.

7- Rittman, B.E., "Analyzing Biofilm Processes Used in Biological Filtration. "Jour. A.W.W.A, Vol. 28, No.12.

8-Thurman, E.M., (1985) "Organic Geochemistry of Natural Waters, " Martinus Nijhoff Dr. W. Junk Publ. Dordcecht, The Netherlands.

9- Visscher, J.T., Pamasivam, R., Raman, A., and Heijnen, H.A., (1987) "Slow Sand Filtration For Community Water Supply: Planning, Design, Construction, Operation", The Netherlands.