تأثير تغيير بعض العوامل على أداء المرشح الرملي السريع المستخدم في محطات معالجة المياه

هبه بودقة*، ناهد فرهود، محمد حماد*****

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير)، قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب

*قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب

**قسم هندسة الطاقة، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب

الملخص

درس هذا البحث تأثير تغيير معدل التحميل السطحي على كفاءة إزالة العكارة، وتأثير تغير العكارة البدائية للمياه الخام على عكارة المياه الراشحة، وذلك بالنسبة للمرشح الرملي السريع المستخدم في محطات معالجة المياه، فمن أجل معدل تحميل سطحي m/hr 15 كانت أعلى كفاءة إزالة للعكارة (التي كانت عند الانسداد) هي %(97,94.25)، ومن أجل معدل تحميل سطحيm/hr 10 كانت أعلى كفاءة إزالة العكارة (والتي كانت عند الانسداد)%(97.5,95)، وذلك من أجل عكارة مياه خام بدائية NTU(100,40) على التوالي، كما بينت النتائج أنه بازدياد معدل التحميل السطحي تتناقص كفاءة إزالة العكارة من أجل نفس العكارة البدائية للمياه الخام، و بينت النتائج أنه بمرور زمن عمل المرشح تنقص عكارة المياه الراشحة من أجل نفس معدل التحميل السطحي ونفس العكارة البدائية للمياه الخام.

الكلمات المفتاحية :المرشح الرملي السريع، معدل التحميل السطحي، عكارة مياه خام بدائية.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 2017/11/16

قبل للنشر بتاريخ 2018/1/11

Effect of Changing Some Parameters on Performance of Rapid Sand Filter Used in Water Treatment Plants

Heba Bodaka*, Nahed Farhoud, Mohammed Hammad*****

* Postgraduate Student (MSc), Dept. of Environment Engineering, Faculty of Technical Engineering, Aleppo University

** Dept. of Environment Engineering, Faculty of Technical Engineering, Aleppo University

*** Dept. of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Aleppo University

Abstract

This research studied the effect of changing the surface loading rate on turbidity removal efficiency, and the effect of changing the initial raw water turbidity on filtrated water turbidity, for a rapid sand filter used in water treatment plants. For surface loading rate 15 m/hr, the highest turbidity removal efficiency (which was at the clogging) was (97,94.25)%, and for surface loading rate 10 m/hr, the highest turbidity removal efficiency (which was at the clogging) was (97.5,95)%, for initial raw water turbidity of (100,40) NTU respectively. The results show that as the surface loading rate increases, the turbidity removal efficiency decreases for the same turbidity raw water, and as the run length increases, the filtrated water turbidity decreases, for the same surface loading rate and raw water turbidity.

Keywords: Rapid Sand Filter, Surface Loading Rate, Initial Raw Water Turbidity.

Received 16 /11 /2017
Accepted 11 /1/ 2018

1- المقدمة:

المياه الجوفية هي عبارة عن ثروة باطنية من المياه المخزنة في أعماق الكرة الأرضية، ونظراً لعدم كفاية المياه السطحية والانفجار السكاني وتطور الصناعات وتشعبها توجهت أنظار العالم إلى معالجة المياه الجوفية واستخدامها لأغراض مختلفة حسب درجة المعالجة.

تم التطرق في هذا البحث إلى معالجة المياه الجوفية باستخدام المرشح الرملي السريع المستخدم في محطات معالجة المياه ودراسة كفاءته في إزالة العكارة.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تطبيق ودراسة طريقة لمعالجة مياه جوفية ذات عكارات مختلفة ومعدلات تحميل سطحي مختلفة، باستخدام المرشح الرملي السريع المستخدم في محطات معالجة المياه بهدف إزالة العكارة، إذ تعتبر طريقة الترشيح الرملي الثقالي المتبعة في هذا البحث من الطرق الفعالة في معالجة مثل هذا النوع من الملوثات، ومعرفة كفاءة المرشح الرملي السريع في إزالة العكارة عند تغير بعض العوامل.

3- الدراسة النظرية والمرجعية:

3-1 دراسة نظرية للمعالجة باستخدام المرشح الرملي السريع :

3-1-1 تعريف عملية الترشيح:

هو عملية فصل الجسيمات الصلبة المعلقة الموجودة في الماء، وذلك بإمراره خلال وسط ترشيح والذي يسمح بعبور المياه ولا يسمح بعبور الجسيمات الصلبة المعلقة، حيث تواجه المياه المطلوب ترشيحها كمية كبيرة من الرمال، وبالتالي فإن الجسيمات سوف تتصادم مع وسط الترشيح وتزال[1,2].

3-1-2 أهمية الترشيح:

تفسد العكارة مظهر الماء وتعطي شعوراً مزعجاً بالنسبة للمستهلك بالإضافة إلى أنها تغطي البكتيريا وهذا يمنع الكلور من الوصول إليها، وبالتالي تضعف فعالية التعقيم كما أنها قد تتفاعل كيميائياً مع المادة المطهرة، مما يقلل من نسبة فاعليتها على الأحياء الدقيقة، وقد تترسب في بعض أجزاء شبكة التوزيع ويترافق ذلك مع نمو

البكتيريا وتغير رائحة المياه ولونها وطعمها، لذلك كان ترشيح المياه عملية ضرورية للتخلص من العكارة، يكون الترشيح أيضاً مطلوباً كمعالجة تمهيدية لتطبيق تقنيات مثل الامتزاز بالكربون والتناضح العكسي وتقنيات أخرى التي تتطلب تركيزاً منخفضاً من الجسيمات الصلبة المعلقة[2].

3-1-3 ميكانيكية الترشيح:

يوجد عدة نظريات وتفسيرات لحصول التغيرات في خواص الماء نتيجة ترشيحه خلال طبقة مسامية وأهم الظواهر المؤثرة في عملية الترشيح:

1- التصفية الميكانيكية: تتشكل بين حبيبات رمل سرير الترشيح مسامات تعمل كمصفاة دقيقة الفتحات تحجز المواد العالقة التي أبعادها أكبر من هذه المسامات[2,3].

2- الترسيب: تعمل المسامات الموجودة بين حبيبات الرمل كأحواض ترسيب متناهية في الصغر تتوضع فيها مواد معلقة أبعادها أقل من أبعاد المسامات بين الحبيبات[2,3,4,5].

3- الامتزاز: الامتزاز هو عملية التصاق المواد الصلبة المعلقة والغروانية وبعض المواد المنحلة في الماء إلى سطوح حبيبات رمل المرشح، هناك عدد من القوى التي تسبب نقل الجزيئات العالقة والغروانية والمنحلة في الماء إلى مجال الامتزاز حول حبة الرمل أهم هذه القوى هي الثقالة والعطالة والانتشار والقوى الهيدروديناميكية وقوى الاضطراب[3].

الفعل الكهربائي: تحمل حبيبات الرمل النظيف بشكل عام شحنة كهربائية سالبة، فإذا وجد في الماء ملوثات تحمل شحنة معاكسة فإنها تنجذب إلى حبات الرمل وتزال من الماء[2,3].

3-2- الدراسة المرجعية:

- في دراسة تمت في سورية صمم فيها جهاز المرشح الرملي السريع، حيث كان القطر الوسطي للرمل فيه 0.89mm ومساميته 41% وارتفاع الرمل في السرير 60cmوقورن بين الترشيح المباشر والترشيح مع التطويف بالهواء المنحل والتيار

المعاكس COCODAFF والتطويف فقط، ولوحظ أن عملية الترشيح مع التطويف بالهواء المنحل والتيار المعاكس ذات كفاءة أكبر بقليل في إزالة عكارة المياه الخام البدائية المطبقة ومدة عمل أكبر من الترشيح المباشر من أجل جميع عكارات المياه الخام البدائية المطبقة وجميع معدلات التحميل السطحي، كما لوحظ أنه بازدياد عكارة المياه الخام البدائية المطبقة تزداد عكارة المياه الراشحة وبازدياد معدل التحميل السطحي تزداد عكارة المياه الراشحة، حيث كانت العكارة الوسطية للمياه الراشحة (1.2,1.4,1.5,1.5NTU) من أجل معدل تحميل سطحي 10m/hr، وكانت العكارة الوسطية للمياه الراشحة (1.5,1.5,1.5,1.5NTU) من أجل معدل تحميل سطحي 15m/hr، وذلك من أجل عكارة مياه خام بدائية مطبقة (40,60,80,100NTU) كما تزداد كفاءة إزالة العكارة بازدياد العكارة البدائية للمياه الخام [6].

- في دراسة تمت في مصر حيث درس تأثير تغير بعض العوامل على أداء المرشح الرملي السريع، الذي يحتوي على رمل ذو قطر فعال مقداره 1.05mm،حيث تم تطبيق ثلاث عكارات بدائية للمياه الخام وهي (10,20,30NTU) وثلاثة معدلات تحميل سطحي ($200,300,400m^3/m^2.day$) وأربعة ارتفاعات للرمل في المرشح الرملي (60,80,100,120cm) ودرس تأثير تغير العكارة البدائية للمياه الخام ومعدل التحميل السطحي وعمق طبقة الرمل على عكارة المياه الراشحة، حيث لوحظ أنه بازدياد عكارة المياه الخام البدائية المطبقة تزداد عكارة المياه الراشحة وبازدياد معدل التحميل السطحي تزداد عكارة المياه الراشحة، وبازدياد عمق الرمل تقل عكارة المياه الراشحة[7].
- في دراسة تمت في مصر حول تأثير تغيير العكارة البدائية وتركيز الحديد في المياه الخام على العكارة وتركيز الحديد في المياه الراشحة، كذلك درس تأثير تغيير معدل التحميل السطحي وعمق الرمل على العكارة وتركيز الحديد في المياه الراشحة، وذلك باستخدام مرشح رملي سريع يحتوي على رمل ذو قطر فعال مقداره 0.682mm، حيث طبق تركيز حديد في المياه الخام (1.5,2,3.33 mg/l)

والتي تعطي بعد تهويتها لمدة 30min عكارات مقدارها(13,20,30NTU) كما تم تطبيق معدل تحميل سطحي مقداره ($60,80,100,120,200m^3/m^2.day$) ولوحظ أنه بازدياد عكارة المياه الخام البدائية المطبقة تزداد عكارة المياه الراشحة، كذلك لوحظ أنه بازدياد معدل التحميل السطحي تزداد عكارة المياه الراشحة، كما أنه بازدياد عمق الرمل تقل عكارة المياه الراشحة[8].

4- مواد وطرائق البحث:

تضمن البحث دراسة نظرية للمعالجة باستخدام المرشح الرملي السريع المستخدم في محطات المعالجة، تلتها دراسة مخبرية لمعالجة المياه الجوفية باستخدام هذا المرشح.

4-1 المواد المستخدمة في البحث:

1- البيلون من أجل تعكير المياه.

2- الشبة كبريتات الألمنيوم المائية ($(Al_2(SO4)_3)_{18}H2O$) نقاوتها (98%).

3- الرمل المستخدم للترشيح هو رمل الكوارتز قطره (1.4mm).

4-2 التجهيزات المستخدمة في البحث:

1- جهاز المرشح الرملي السريع.

2- جهاز قياس العكارة (Turbiditymeter)

4-3 منهجية البحث:

1- تم تطبيق معدلي تحميل سطحي (10,15m/hr) ومن أجل كل معدل تحميل تم تحضير مياه بعكارات (40,100NTU).

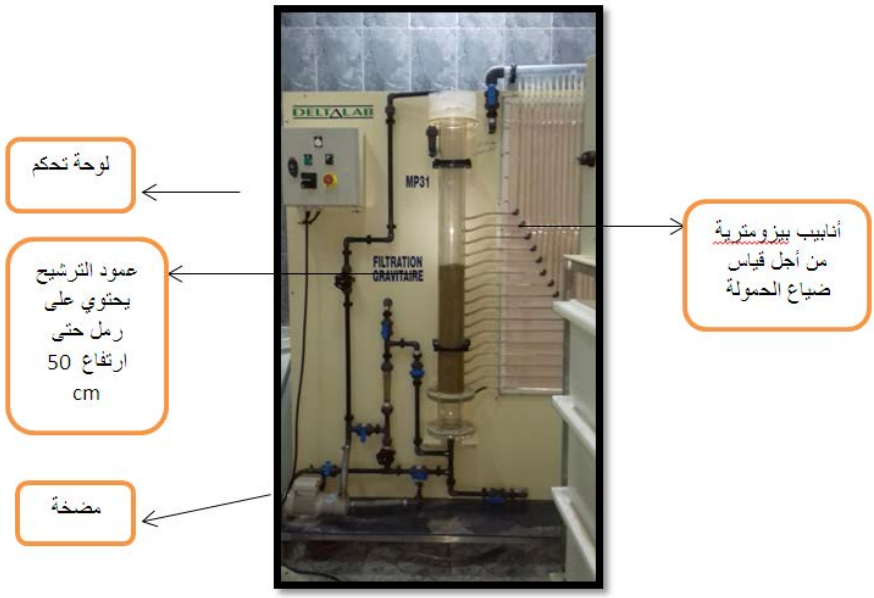
2- من أجل كل معدل تحميل سطحي وكل عكارة بدائية للمياه الخام تم اعتبار زمن عمل المرشح عندما يصبح ضياع الحمولة عبر المرشح (0.8m).

3- تم قياس عكارة المياه الراشحة كل نصف ساعة من عمل المرشح حتى لحظة الانسداد.

4-4 التجارب المخبرية التي أجريت على جهاز المرشح الرملي السريع:

يتألف المرشح الرملي السريع الموجود في كلية الهندسة التقنية- مخبر

محطات المعالجة نموذج(MP31) من شركة Delta Lab، والمستخدم في التجارب من عمود زجاجي أسطواني الشكل، قطره الداخلي 100mm يحتوي على رمل مخصص لترشيح المياه ذو قطر وسطي 1.4 mm، يتوضع حتى ارتفاع 50 cm بدءاً من الأسفل ، وذلك على شبك معدني ذو فتحات أقطارها 630 µm تسمح بمرور الماء الراشح ولا تسمح بمرور الرمل، كما يتصل بعمود الترشيح 16 أنبوب بيزومتري يبعد كل منها عن الآخر مسافة 5cm، يتم ضخ المياه المطلوب ترشيحها إلى الجهاز لتترشح تحت تأثير الثقالة (من الأعلى إلى الأسفل) فيتخلص الماء من العكارة، ثم يراقب خروجها من الأسفل، الشكل (1) يبين شكل المرشح المستخدم في التجارب.



الشكل (1) جهاز المرشح الرملي السريع المستخدم في التجارب

لقد تم تركيب المياه الخام المستخدمة في التجارب مخبرياً، وذلك بمزج كميات متفاوتة من البيلون مع المياه المستخدمة في التجارب وهي مياه بئر المعهد الهندسي، حيث تم تحضير مياه تركيبية ذات عكارات تتراوح بين NTU(100-40)، تم القيام بعملية الترويب (باستخدام مروب الشبة كبريتات الألمنيوم المائية $(Al_2(SO4)_3)_{18}H2O$) نقاوته 98%) للمياه التركيبية، ومن ثم تم ضخ الماء إلى المرشح ومراقبة خروج المياه الراشحة كل نصف ساعة، وبالتالي معرفة كفاءة

المعالجة، يبين الجدول (1) كمية الشبة المضافة تبعاً لعكارة المياه الخام [6].

الجدول (1) كمية الشبة المضافة تبعاً لعكارة المياه الخام

عكارة المياه الخام NTU	40	60	80	100
كمية الشبة المضافة (mg/l)	23	33	45	58

تم استخدام معدلي تحميل سطحي m/hr(10,15) ومن أجل كل معدل تحميل، تم تطبيق عكارتين وهما NTU(40,100)، تم اعتبار زمن عمل المرشح بين غسيلين عكسيين عندما تصبح قيمة ضياع الحمولة عبر المرشح m 0.8، تم قياس عكارة الماء الراشح كل نصف ساعة، وذلك من أجل معرفة مدى صلاحية الماء الراشح للشرب من حيث العكارة، حيث أنه بمرور الوقت ستصغر مسامات المرشح، وبالتالي سوف تتناقص عكارة المياه الراشحة، وتصبح المياه صالحة للشرب عندما لا تزيد عكارة المياه الراشحة عن (NTU 5) اعتماداً على المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب[9].

5- النتائج والمناقشة:

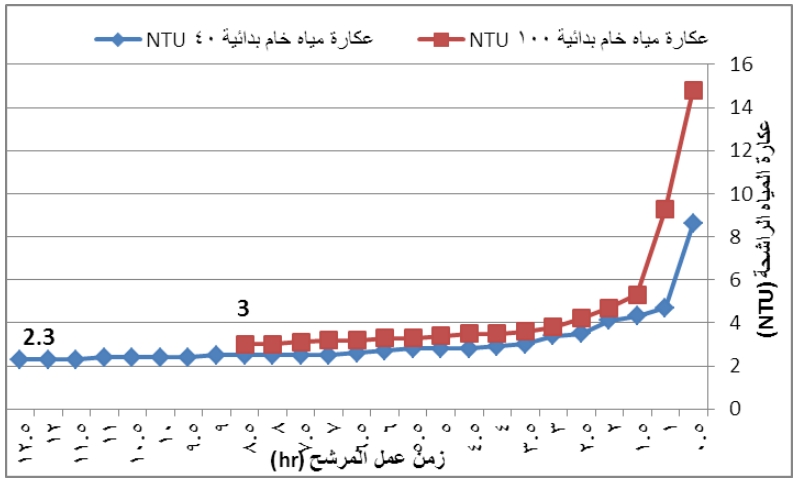
عند تطبيق معدل تحميل سطحي m/hr 15 وعكارة مياه خام بدائية 100 NTU، تم حساب عكارة المياه الراشحة كل نصف ساعة فحصلنا على النتائج كما هو مبين في الجدول(2).

	معدل تحميل سطحي (10m/hr)			معدل تحميل سطحي (15m/hr)		
العكارة البدائية للمياه الخام(NTU)	زمن عمل المرشح(hr)	عكارة المياه الراشحة(NTU)	كفاءة إزالة العكارة(%)	زمن عمل المرشح(hr)	عكارة المياه الراشحة(NTU)	كفاءة إزالة العكارة(%)
40	0.5	5.3	86.75	0.5	8.6	78.5
	1	4.5	88.75	1	4.7	88.25
	1.5	4	90	1.5	4.3	89.25
	2	3.3	91.75	2	4.1	89.75
	2.5	3	92.5	2.5	3.5	91.25
	3	3	92.5	3	3.4	91.5
	3.5	2.6	93.5	3.5	3	92.5
	4	2.5	93.75	4	2.9	92.75
	4.5	2.5	93.75	4.5	2.8	93
	5	2.5	93.75	5	2.8	93

93	2.8	5.5	94	2.4	5.5	
93.25	2.7	6	94.25	2.3	6	
93.5	2.6	6.5	94.25	2.3	6.5	
93.75	2.5	7	94.25	2.3	7	
93.75	2.5	7.5	94.5	2.2	7.5	
93.75	2.5	8	94.5	2.2	8	
93.75	2.5	8.5	94.5	2.2	8.5	
93.75	2.5	9	94.5	2.2	9	
94	2.4	9.5	94.5	2.2	9.5	
94	2.4	10	94.5	2.2	10	
94	2.4	10.5	94.75	2.1	10.5	
94	2.4	11	94.75	2.1	11	
94.25	2.3	11.5	94.75	2.1	11.5	
94.25	2.3	12	95	2	12	
94.25	2.3	12.5	95	2	12.5	
			95	2	13	
			95	2	13.5	
			95	2	14	
85.2	14.8	0.5	88.8	11.2	0.5	100
90.7	9.3	1	94.7	5.3	1	
94.7	5.3	1.5	95.5	4.5	1.5	
95.3	4.7	2	96.1	3.9	2	
95.8	4.2	2.5	96.3	3.7	2.5	
96.2	3.8	3	96.6	3.4	3	
96.4	3.6	3.5	96.7	3.3	3.5	
96.5	3.5	4	96.9	3.1	4	
96.5	3.5	4.5	97	3	4.5	
96.6	3.4	5	97.2	2.8	5	
96.7	3.3	5.5	97.3	2.7	5.5	
96.7	3.3	6	97.3	2.7	6	
96.8	3.2	6.5	97.4	2.6	6.5	
96.8	3.2	7	97.4	2.6	7	
96.9	3.1	7.5	97.5	2.5	7.5	
97	3	8	97.5	2.5	8	
97	3	8.5	97.5	2.5	8.5	
			97.5	2.5	9	
			97.5	2.5	9.5	

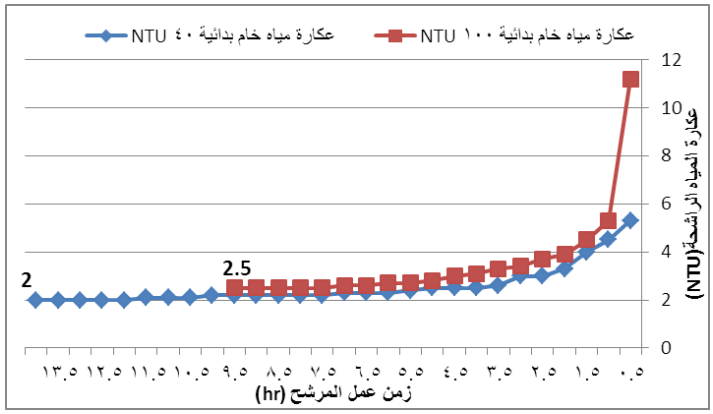
نلاحظ من الجدول (2) أنه بمرور زمن عمل المرشح تنخفض عكارة المياه الراشحة وتزداد كفاءة إزالة العكارة، وذلك بسبب تراكم الجسيمات الصلبة المعلقة بين حبيبات وسط الترشيح وتصغير المسامات[2,8]، ويمكن أخذ المياه لتكون صالحة للشرب بعد مرور (1,1.5hr) عمل المرشح حيث أصبحت عكارة المياه الراشحة (4.5,4.5)NTU وبالتالي فهي صالحة للشرب حسب المواصفة القياسية السورية[9]،

وذلك عند تطبيق معدل تحميل سطحي (10m/hr) وعكارة بدائية للمياه الخام (40,100NTU) على التوالي، كذلك يمكن أخذ المياه لتكون صالحة للشرب بعد مرور (1,2hr) على عمل المرشح إذ أصبحت عكارة المياه الراشحة (4.7,4.7NTU) على التوالي، وبالتالي فهي صالحة للشرب حسب المواصفة القياسية السورية[9]، وذلك عند تطبيق معدل تحميل سطحي (15m/hr) وعكارة بدائية للمياه الخام (40,100NTU) على التوالي، الشكل (2) يبين عكارة المياه الراشحة خلال عمل المرشح من أجل معدل تحميل سطحي 15 m/hr وعكارة بدائية للمياه الخام NTU (100,40].



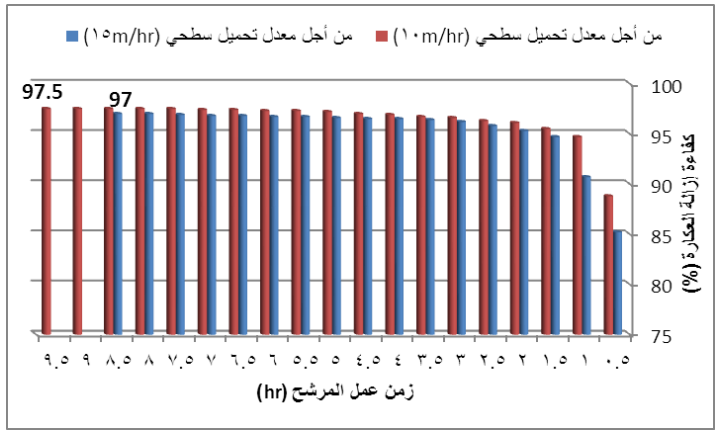
الشكل (2) عكارة المياه الراشحة كل نصف ساعة خلال عمل المرشح عند تطبيق معدل تحميل سطحي 15m/hr وعكارة مياه خام بدائية NTU(100,40).

نلاحظ من الشكل (2) أنه بمرور زمن عمل المرشح تنخفض عكارة المياه الراشحة، وذلك بسبب تراكم الجسيمات الصلبة المعلقة بين حبيبات وسط الترشيح وتصغير المسامات، كما لوحظ أنه تزداد عكارة المياه الراشحة بزيادة عكارة المياه الخام البدائية[6,7,8]، إذ وصلت قيمة العكارة في التدفق الراشح إلى NTU (3,2.3) عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية NTU(100,40) على التوالي، ويعلل ذلك بسبب زيادة تركيز الجسيمات الصلبة المعلقة في الماء الخام، الشكل (3) يبين عكارة المياه الراشحة كل نصف ساعة من عمل المرشح عند تطبيق معدل تحميل سطحي 10 m/hr وعكارة مياه خام بدائية NTU (40,100).



الشكل (3) عكارة المياه الراشحة كل نصف ساعة خلال عمل المرشح عند تطبيق معدل تحميل سطحي 10m/hr وعكارة مياه خام بدائية NTU(40,100).

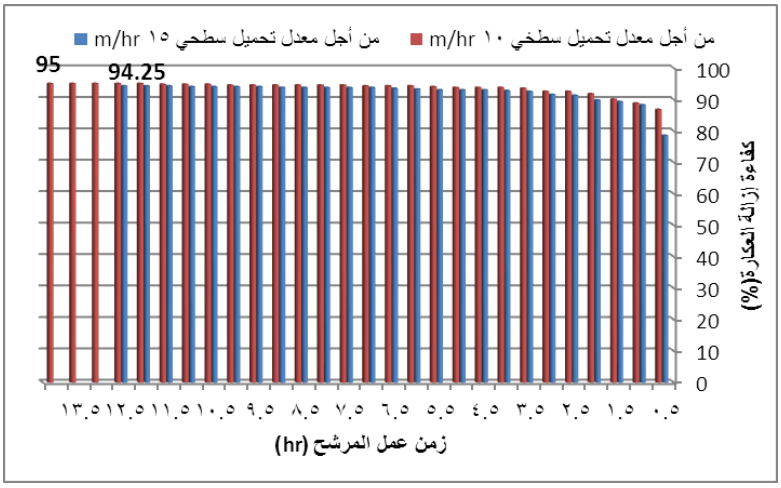
نلاحظ من الشكل (3) أنه بمرور زمن عمل المرشح تنخفض عكارة المياه الراشحة، وذلك بسبب تراكم الجسيمات الصلبة المعلقة بين حبيبات وسط الترشيح وتصغير المسامات، كما لوحظ أنه تزداد عكارة المياه الراشحة بزيادة عكارة المياه الخام البدائية[6,7,8]، إذ وصلت قيمة العكارة في التدفق الراشح إلى NTU (2.5,2) عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية NTU(100,40) على التوالي، ويعلل ذلك بسبب زيادة تركيز الجسيمات الصلبة المعلقة في الماء الخام، الشكل (4) يبين كفاءة إزالة العكارة عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية 100NTU ومن أجل معدلي تحميل سطحي m/hr(10,15).



الشكل (4) كفاءة إزالة العكارة عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية 100 NTU، من أجل معدلي تحميل سطحي (10,15) m/hr.

نلاحظ من الشكل (4) أنه بازدياد معدل التحميل السطحي تتناقص كفاءة إزالة العكارة[6,7,8]، حيث كانت كفاءة إزالة العكارة عند الانسداد %(97.5,97) وذلك عند تطبيق معدلي تحميل سطحي m/hr(10,15) على التوالي، ويعلل ذلك بسبب زيادة سرعة الماء داخل سرير الترشيح التي تحول دون التصاق وإمساك الجسيمات الصلبة.

الشكل (5) يبين كفاءة إزالة العكارة عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية 40 NTU ومن أجل معدلي تحميل سطحي m/hr(10,15).



الشكل (5) كفاءة إزالة العكارة عند تطبيق مياه خام ذات عكارة بدائية NTU 40، من أجل معدلي تحميل سطحي m/hr (10,15).

نلاحظ من الشكل (5) أنه بازدياد معدل التحميل السطحي تتناقص كفاءة إزالة العكارة[6,7,8]، حيث كانت كفاءة إزالة العكارة عند الانسداد %(95,94.25) وذلك عند تطبيق معدلي تحميل سطحي m/hr(10,15)، على التوالي، ويعلل ذلك بسبب زيادة سرعة الماء داخل سرير الترشيح التي تحول دون التصاق وإمساك الجسيمات الصلبة.

6- الاستنتاجات:

نلاحظ بمقارنة النتائج السابقة مايلي:

1- بمرور زمن عمل المرشح تنخفض عكارة المياه الراشحة، ويعلل ذلك بسبب تناقص حجم مسامات المرشح بسبب تراكم الجسيمات الصلبة المعلقة فيها، وبالتالي تمنع مرور الجسيمات المسببة للعكارة.

2- نلاحظ أنه بازدياد عكارة المياه الخام البدائية المطبقة تزداد عكارة المياه الراشحة من أجل معدل التحميل السطحي ذاته، ويعلل ذلك بسبب زيادة تركيز الجسيمات الصلبة المعلقة الموجودة في المياه الخام.

3- نلاحظ أنه بازدياد معدل التحميل السطحي تتناقص كفاءة إزالة العكارة عند تطبيق العكارة البدائية ذاتها، ويعلل ذلك بسبب زيادة سرعة الماء داخل سرير الترشيح التي تحول دون التصاق الجسيمات الصلبة المعلقة بوسط الترشيح.

4- التوصيات:

نوصي باستخدام أقطار أخرى للرمل ومعرفة تأثير تغير المسامية على كفاءة المعالجة، وكذلك بتغيير ارتفاع الرمل، وأيضاً استخدام طبقتين مختلفتين من المواد المستخدمة في الترشيح مثل (الرمل- فحم الأنتراسيت.....) ومعرفة تأثير ذلك على كفاءة المعالجة.

5- المراجع:

1- LEE C.C.; LIN S.D., 2007- **Handbook of Environmental Engineering Calculations**. McGraw-Hill companies,2nd Ed, 1712 pages.

2- **د. بنود** عبد الحكيم ، **د. فرهود** ناهد، 2012- **معالجة مياه الشرب**. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب.254 صفحة.

3- د.حجار سلوى، 2006- **معالجة مياه الشرب**. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب. 473 صفحة.

4- NYER E. K.,2009-**Ground Water Treatment Technology**. John wiley&sons,Inc.,Hoboken, New Jersey,3rd Ed, Canada ,432 pages.

5- SALEH F.M.A., 1981- **Theory of Granular Bed Filtration and Contact Flocculation** .*Iowa State University*,339 pages

6- عيروض ناديا ، **د. ضاي** محمد، رسالة ماجستير ،2011- **تأمين تزويد مياه الشرب للمجمعات السكانية الصغيرة قرب مدينة حلب من قناة الري في السفيرة**

باســـتعمال مرشـــحات التطويـــف بـــالهواء المنحـــل وبالتيـــار المعـــاكس COCODAFF.كلية الهندسة المدنية– جامعة حلب.

7- **Amin** H. M.,**Mohamed** A.A.**,**2014 - **Effect of Some Parameters on Performance of Direct High Rate Filtration in Water Treatment.** *Journal of Engineering Sciences Assiut University Faculty of Engineering*,42(3),(609-628 pages).

8- Ahmed E., **Ali** N.A., **Ali** A.A.,**Dardir** M.S.,2009-**Purification of Aerated Ground-Water using Rapid Sand Filters**.*Journal of Engineering sciences*.38(1),(29-43 pages).

9– هيئـة المواصـفات والمقـاييس العربيـة السـورية،2007–المواصـفة القياسـية السـورية لمياه الشرب، المراجعة الثانية رقم 45–الجمهورية العربية السورية، وزارة الصناعة.