دراسة كفاءة المرشحات الرملية السريعة لفلترة مياه الصرف الصحي الناتجة عن محطة معالجة سلمية

أ.د.م. محمود فطامة *

د.م نعيمة عجيب **

م. عبد الكافي محمد شميط

***

ملخص البحث:

إن المياه الخارجة من محطات المعالجة التي تعمل بطريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية يكون تركيز المواد الصلبة المعلقة فيها مرتفع، نتيجة وجود الطحالب، ومن أجل إعادة استخدام هذه المياه في الزراعة لا بُدّ من تخفيض تركيز هذه المواد المعلقة، وفي هذا البحث سنتناول إمكانية استخدام الترشيح السريع ومدى كفاءته في إزالة الجسيمات الصلبة العالقة في مياه الخرج النهائي لمحطة معالجة مجاري مدينة سلمية.

ولتحقيق ذلك، تم انشاء وتشغيل محطة معالجة تجريبية في المحطة المذكورة، باستخدام حشوة رملية محلية تم مقارنة عمل الفلتر التجريبي خلال ثلاثة دورات ترشيح وتم الوصول إلى دورة الترشيح الأمثل عند معدل غزارة $6\ m^3/m^2.h$، حيث كانت نسبة كفاءة إزالة العكارة 36.7%، ونسبة كفاءة إزالة TSS 68.8%.

حيث تبين أن هذه المرشحات سهلة الاستثمار، وذات مردود عالي، مقارنةً مع الترشيح بالطريقة التقليدية.

كلمات مفتاحية: فلتر رملي سريع، معالجة ثالثية، رمل محلي.

* أستاذ/ عضو هيئة تدريسية في جامعة حماة/ كلية الهندسة المدنية.

** أستاذ مساعد / عضو هيئة تدريسية في جامعة البعث / كلية الهندسة المدنية/ قسم الهندسة البيئية.

*** طالب دراسات عليا (ماجستير)/ جامعة البعث/ كلية الهندسة المدنية/ قسم الهندسة البيئية.

Efficiency of rapid sand filtration for filtering wastewater from Salamiah treatment station

Pro. Eng. Mahmoud Fattamah *

Dr. Eng. Naeima Ajib **

Eng. Abdul kafi Shmit ***

Research Summary:

Water exiting from treatment stations, which work by the fixing manner in natural oxidization ponds, has a high concentration of solid substances due to the existence of the algae, and for reusing this water for agriculture these substances must be reduced.

In this research, we will highlight the possibility of using the rapid filtration and how its efficiency to remove the solid particles suspended in terminal output water of Salamia station for treating wastewater.

To achieve that, an experimental treatment station has been done, and operated in the previous station, and by using a local sand bed, the action of the experimental filter has been compared over three cycles of filtration and the optimum filtration cycle has been reached at a plenty rate of 6 m3/m2.h ,where the efficiency of removing the turbidity and TSS was 36% and 68.8% respectively.

It is discerned that these filters are easy to be invested and has a high output in comparison with filtrating by the traditional way.

Key words: Rapid sand filter, tertiary treatment, local sand.

* Professor / faculty member at the University of Hama / College of Civil Engineering

** Professor assistant/ faculty member at Al-Baath University / College of Civil Engineering / Department of Environmental Engineering

*** Postgraduate student (Master) / Al-Baath University / College of Civil Engineering / Department of Environmental Engineering

دراسة كفاءة المرشحات الرملية السريعة لفلترة مياه الصرف الصحي الناتجة عن محطة معالجة سلمية

المقدمة

نظراً لمحدودية مصادر المياه الجوفية في المنطقة الشرقية في محافظة حماة لابد من التفكير في إيجاد حلول للاستفادة من المياه المعالجة في محطة معالجة مجاري مدينة سلمية وإعادة استخدام هذه المياه لأغراض الزراعة (سقاية الأراضي الزراعية والمناطق الريفية).

إن المعالجة الثالثية لمياه الصرف قد تكون ضرورية لجعلها مطابقة للمواصفات القياسية السورية للري غير المقيد.

هناك عدة طرق للمعالجة الثالثية أكثرها استخداماً هو الترشيح الثلاثي الذي يعد أحد طرق المعالجة المتقدمة المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي بعد المعالجة الثانوية لإزالة المواد العالقة بغرض جعل المياه صالحة لإعادة الاستخدام ولا سيما لأغراض الري.

إن كفاءة وفعالية عملية الترشيح تعتمد على عدة عوامل أهمها:

- ✓ خصائص مياه الصرف المراد ترشيحها
- ✓ خصائص رمل الترشيح
- ✓ معدل الترشيح

التصميم يكون عادةً بناءً على تجارب حقلية على المياه المراد ترشيحها أو أداء المرشحات في محطات أخرى قائمة تعالج مياه مشابهة[3].

دراسة نظرية ومرجعية

قام الباحث د.وليد زاهد بتقييم أداء الرمل في ترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً بإجراء تجارب حقلية وتوصل إلى إمكانية استخدام رمل حائل لترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة عند معدلات الترشيح 4-8-12 $م^3/م^2$.سا حيث أمكن الوصول إلى

مياه مرشحة بجودة تحقق المقاييس السعودية لجودة المياه المعالجة لأغراض الري غير المقيد والأغراض الترفيهية حيث بلغت نسبة إزالة المواد العالقة عند معدلات 4-8-12 م/سا على التوالي 50-72-56 %، ونسبة إزالة العكارة عند المعدلات 4-8-12 م/سا على التوالي 70-85-45 %[4].

قام الباحث سعود الشمري بتقييم أداء المرشح الرملي السريع الذي يعمل بالجاذبية في محطة في الكويت لمعالجة مياه الصرف الصحي والتي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة لتقييم مردود إزالة TSS,BOD حيث أمكن الوصول إلى مياه مرشحة بجودة تحقق المقاييس الكويتية لجودة المياه المعالجة لأغراض الري المقيد حيث كانت كفاءة إزالة TSS-BOD على التوالي (66-89)% علماً أن متوسط الدخل المياه الداخلة للفلتر على التوالي mg/l (23-25.6) [5].

في اليونان قام الباحث M. Petala بدراسة بغرض إعادة استخدام المياه لأغراض الري في أحد محطات المعالجة التي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة، تم استخدام مرشح رملي سريع ثم عمود كربون منشط ثم التعقيم باستخدام الأوزون ثم الوصول إلى نسبة إزالة لكل من BOD-TSS ، 45-80 % على التوالي[6].

أثبت الباحث إبراهيم الجدهي قدرة الترشيح الثلاثي السريع على إزالة المواد الصلبة العالقة حيث استخدم رمل محلي قطره الفعال 2.4 مم ومعامل الانتظام 1.21 وتدرج حبي 2~ 3.36 مم على ثلاثة سلاسل ترشيح بمعدل 4-8-18 م/سا حيث كان متوسط نسبة إزالة المواد الصلبة 83% على السلاسل الثلاثة وبحد أقصى 98%، متوسط كفاءة إزالة العكارة لثلاثة سلاسل 65% وبحد أقصى 94%، متوسط كفاءة إزالة COD لثلاثة سلاسل 32% وبحد أقصى 75%[7].

تم تقييم أداء المرشحات الرملية السريعة من قبل الباحث حمودة وآخرون في ثلاثة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي في الكويت، حيث كانت كفاءة إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية بين(95-99)%، واستوفت المياه المعالجة ثالثياً متطلبات جودة المياه التي تُستخدم لري المزروعات وفق المواصفات القياسية الكويتية

حيث كان متوسط قيم المواد الداخلة لكل من TSS–COD على التوالي mg/l (13.9–62.5)[8].

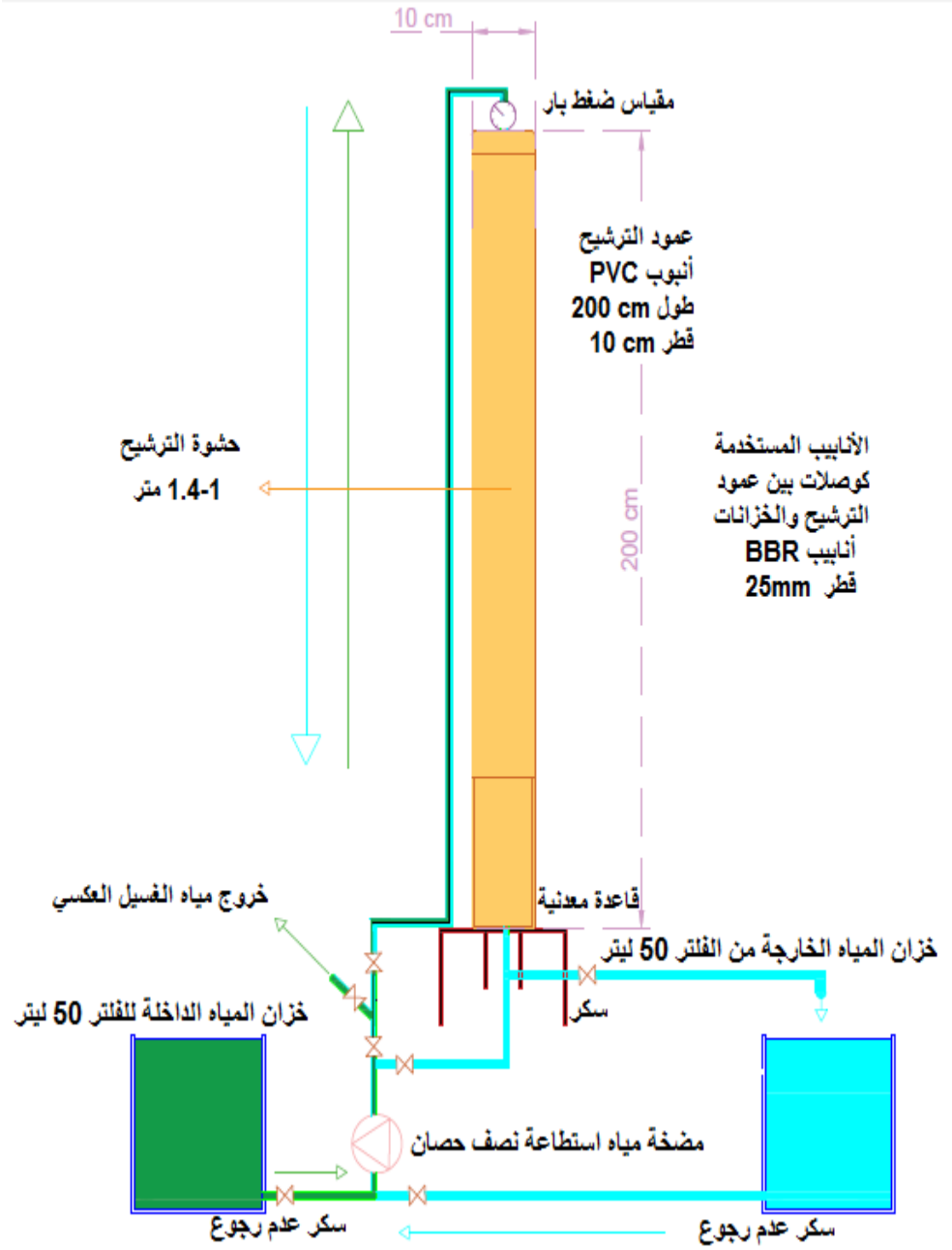
هدف البحث

يهدف البحث إلى تقييم استخدام الرمل المحلي كحشوة ترشيح في الفلاتر الرملية السريعة من أجل زيادة مردود تخفيض مؤشرات TSS، العكارة، في مياه الخرج النهائي الناتجة عن محطة معالجة سلمية بغرض استخدامها في الزراعة، علماً أن طريقة المعالجة المتبعة في المحطة هي طريقة التثبيت في برك الأكسدة الطبيعية التي من بين مساوئها خروج نسبة عالية من الطحالب والأشنيات مع مياه الخرج النهائي، أي أن كمية المواد العالقة فيها تكون كبيرة.

مواد وطرق البحث

تم إجراء البحث باستخدام محطة معالجة تجريبية صُممت ووُضعت في محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة سلمية في محافظة حماة، موضحة في الشكل (1)

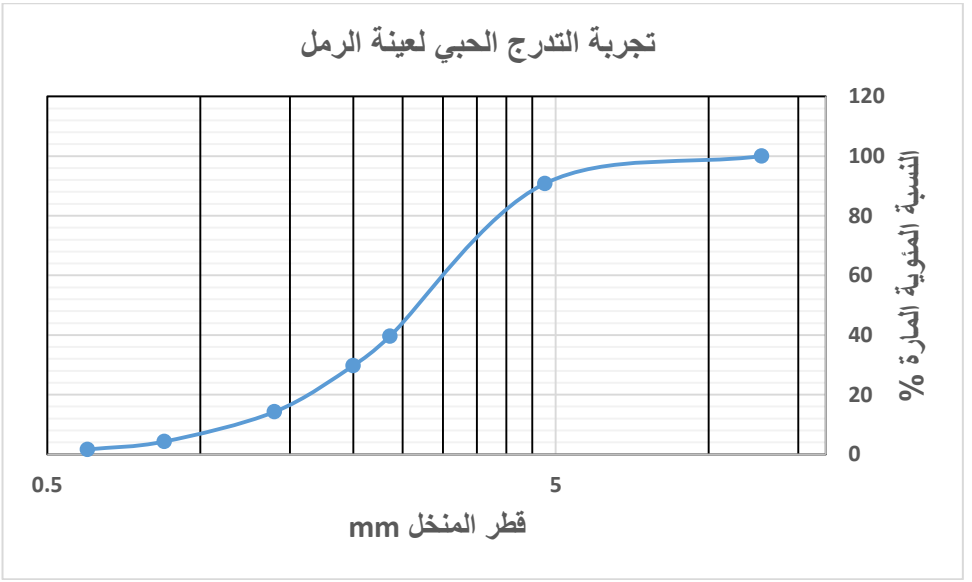
الشكل (1) المحطة التجريبية المصممة



الشكل (2) كروكي للمحطة التجريبية المصممة

مواصفات عينة الرمل المستخدم في دورات الترشيح

تم إجراء تجربة التحليل الحبي على عينة الرمل في المخبر وكانت النتائج على الشكل التالي:



الشكل(3) المنحني الحبي لعينة الرمال

الشكل(4) المناخل المستخدمة لتجربة التحليل الحبي

بالإضافة إلى ذلك تم قياس نسبة الذوبان في الأحماض والوزن النوعي وفق الجدول(1) المبين على الشكل التالي:

الجدول(1) المواصفات العامة لعينة الرمل المستخدمة في الترشيح

الاختبار	النتيجة	AWWA Standards (B 100-80)
نسبة الذوبان في الأحماض	1%	**5%>**
الوزن النوعي	2.52	**2.5<**
المواد الأصغر من 75 ميكرو متر في المقاس	%0.8	**2%>**
اختبار المناخل: القطر الفعال E.C d_{10} عامل عدم الانتظام U.C d_{60}/d_{10} مقاس الحبيبات	 1.4 2.14 0.6–4.76mm	 – – –

تشغيل المحطة التجريبية

تمت الدراسة بواسطة فلتر تجريبي مؤلف من:

1- أنبوب الترشيح (PVC) بطول (200 cm) وقطر (10 cm) مثبت على قاعدة معدنية مساحة مقطع الترشيح $0.00785\ m^2$.

2- مقياس ضغط بار مثبت في أعلى الأنبوب.

3- خزانين للمياه الداخلة إلى الفلتر والخارجة من الفلتر سعة كل منهما 50 ليتر.

4- مضخة مياه استطاعة نصف حصان وسكر عدم رجوع عند الخزانات وسكورة عادية للتحويل بين المياه المفلترة ومياه الغسيل العكسي.

5- أنابيب (BBr) قطر (25 mm) تستخدم كوصلات بين أنبوب الترشيح والخزانات.

تم إجراء ثلاثة دورات ترشيح كان ارتفاع حشوة الترشيح 1 m تم استخدام الرمل المحلي كحشوة ترشيح ومعدلات ترشيح على التوالي 6-8-20 $m^3/m^2.h$ ، تم حساب مردود المعالجة باستخدام المعادلة التالية: $M = \frac{Cin - C\ out}{C\ in} * 100$

حيث أن: M - مردود المعالجة %.

C_{in}-تركيز الملوثات الداخلة إلى الفلتر mg/l.

C_{out}-تركيز الملوثات الناتجة عن المعالجة mg/l.

مردود المياه المفلترة= كمية المياه المفلترة - كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل

إن زمن دورات الترشيح تجريبي وهو من بين المعايير التي يتم تحديدها ضمن البحث من أجل اختيار دورة الترشيح الأمثل، يحدد زمن دورة الترشيح بعد إيقاف الفلتر وإجراء عملية الغسيل العكسي وذلك عند انسداد الفراغات بين حبيبات الرمل وانخفاض مردود الفلترة حيث ينصح باتباع الترتيب التالي عند عملية الغسيل العكسي للفلتر: لمدة دقيقة واحدة 6 $l/sec.m^2$ ولمدة 5 دقائق 3 $l/sec.m^2$ ولمدة دقيقتين 6 $l/sec.m^2$ [2].

أي أن غزارة الغسيل العكسي للفلتر (مساحة مقطعه تساوي $0.00785\ m^2$) 2.8 l/min لمدة دقيقة، & 1.4 l/min لمدة 5 دقائق، & 2.8 l/min لمدة دقيقتين.

تحليل نتائج البحث ومناقشتها

دورة الترشيح الأولى

يوضح الجدول (2) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الأولى حيث تم ضبط سكر التحكم بالمياه لتزويد الفلتر بتدفق قدره 6 $m^3/m^2.h$ وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (3).

الجدول(2) مواصفات ومردود مياه فلترة دورة الترشيح الأولى

ارتفاع الحشوة m	$Q_{in}= Q_{out}$		الزمن min	كمية المياه المفلترة L	مياه الغسيل العكسي L	المردود L
	$m^3/m^2.h$	l/min				
1	6	0.8	90	72	15.4	56.6

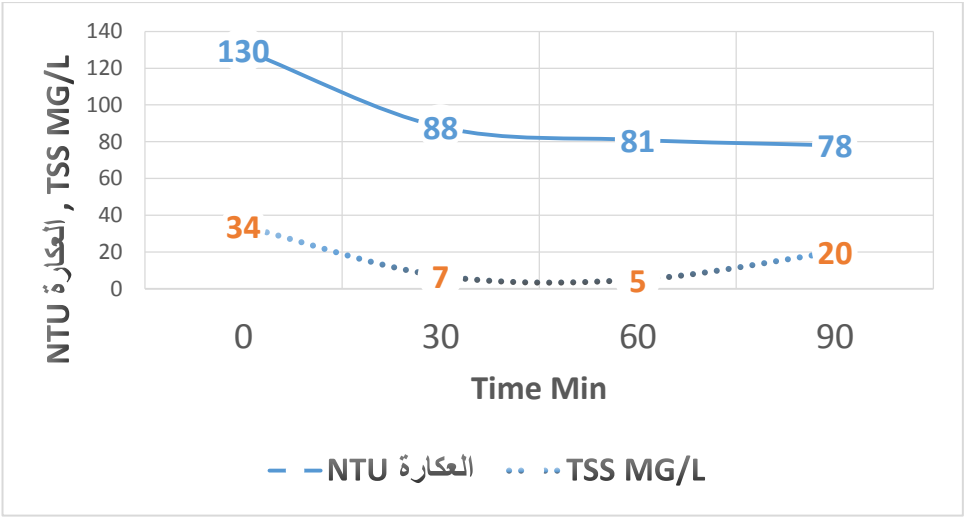
الجدول(3) نتائج تجارب دورة الترشيح الأولى عند معدل غزارة 6$m^3/m^2.h$

رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l
الدخل	130	34
1	88	7
2	81	5
3	78	20
متوسط الخرج	82.3	10.6
مردود المعالجة %	36.7	68.8

تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل نصف ساعة بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل المخبرية عليها في مخبر المحطة، تم إيقاف الفلتر بعد مرور ساعة ونصف من العمل لتغير مواصفات المياه الخارجة حيث بدت المياه الداخلة مقاربة إلى حد كبير المياه الخارجة من الفلتر، حيث كانت قيمة TSS قبل عملية الفلترة 34 mg/l وبعد تشغيل الفلتر انخفضت إلى 7 mg/l واستمرت عملية الفلترة حتى ارتفاع قيمتها لـ 20 mg/l. ، وبالتالي انخفاض مردود المعالجة ولذلك تم إيقاف عمل الفلتر لإجراء عملية غسيل عكسي بعد ساعة ونصف من العمل، لم يتم

ملاحظة أي إشارة على مقياس الضغط لأن معدل الغزارة قليل وحشوة الترشيح ذات تدرج حبي كبير وذات مسامية مرتفعة نسبياً.

تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الأولى بيانياً كما هو موضح في الشكل (5) حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS عبر الزمن.



الشكل(5) نتائج دورة الترشيح الأولى

دورة الترشيح الثانية

تم زيادة الغزارة لتصبح بمعدل 8 $m^3/m^2.h$، تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل نصف ساعة بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل المخبرية عليها، تم إيقاف عملية الفلترة بعد مرور ساعتين من العمل، يوضح الجدول (4) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الثانية، وكانت النتائج وفق ما هو موضح في الجدول (5).

تم حساب كمية المياه المفلترة من خلال العلاقة:

كمية المياه المفلترة=متوسط المياه الخارجة من الفلتر 0.9l/min(من الشكل 6)* الزمن

الجدول(4) مواصفات ومردود مياه فلترة دورة الترشيح الثانية

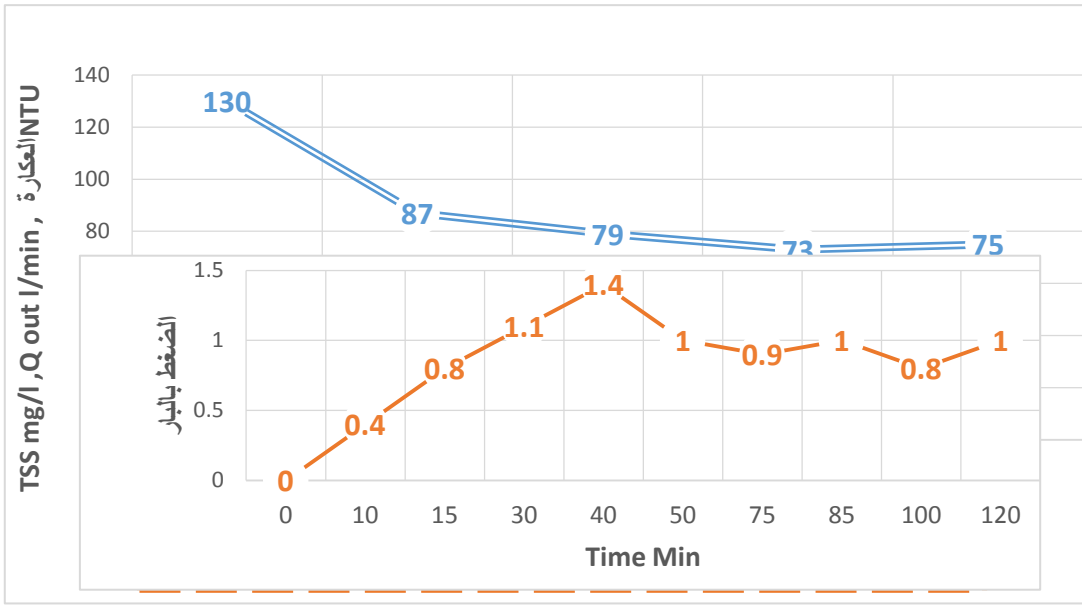
ارتفاع الحشوة m	Qin		الزمن min	كمية المياه المفلترة l	كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل l	المردود l
	$m^3/m^2.h$	l/min				
1	8	1.1	120	108	15.4	92.6

الجدول(5) نتائج تجارب دورة الترشيح الثانية عند معدل غزارة $8m^3/m^2.h$

رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l
الدخل	130	34
1	87	17
2	79	19
3	73	20
4	75	25
متوسط الخرج	78.5	20.3
مردود المعالجة %	39.62	40.29

في هذه الدورة لوحظ تأرجح قيم الضغط عند مرور الزمن وذلك لانقطاع التيار الكهربائي المتكرر أثناء عملية الفلترة، عند انقطاع التيار الكهربائي تأخذ المياه الموجودة في أنبوب الترشيح وضع الراحة بسبب توقف تدفق المياه خلال الفلتر مما يؤدي الى

انسياب المواد الصلبة العالقة لأسفل حشوة الترشيح، وجزء من هذه العوالق يرتص ويدخل ضمن الحشوة وتقل رطوبته مما يؤدي إلى زيادة مسامية الحشوة بشكل مؤقت وبالتالي بعد استمرار العمل بالمرشح أثناء عودة التيار الكهربائي يعود الفلتر إلى دورته الطبيعية، تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الثانية بيانياً كما هو موضح في الشكل (6) حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS عبر الزمن، وفي الشكل (7) تم تمثيل تغيرات مؤشر الضغط مع الزمن في دورة الترشيح الثانية.



الشكل(6) نتائج دورة الترشيح الثانية

الشكل(7) قيم الضغط في دورة الترشيح الثانية

دورة الترشيح الثالثة

تم زيادة الغزارة لتصبح بمعدل $20\ m^3/m^2.h$، تم تسجيل الغزارة الخارجة من الفلتر كل عشر دقائق بالإضافة إلى أخذ عينة من المياه الخارجة من الفلتر لإجراء التحاليل

المخبرية عليها، يوضح الجدول (6) مواصفات ومردود المياه الناتجة عن الفلترة في دورة الترشيح الثانية، وكانت النتائج وفق ما هو موضح في الجدول (7).

الجدول(6) مواصفات ومردود مياه فلترة دورة الترشيح الثالثة

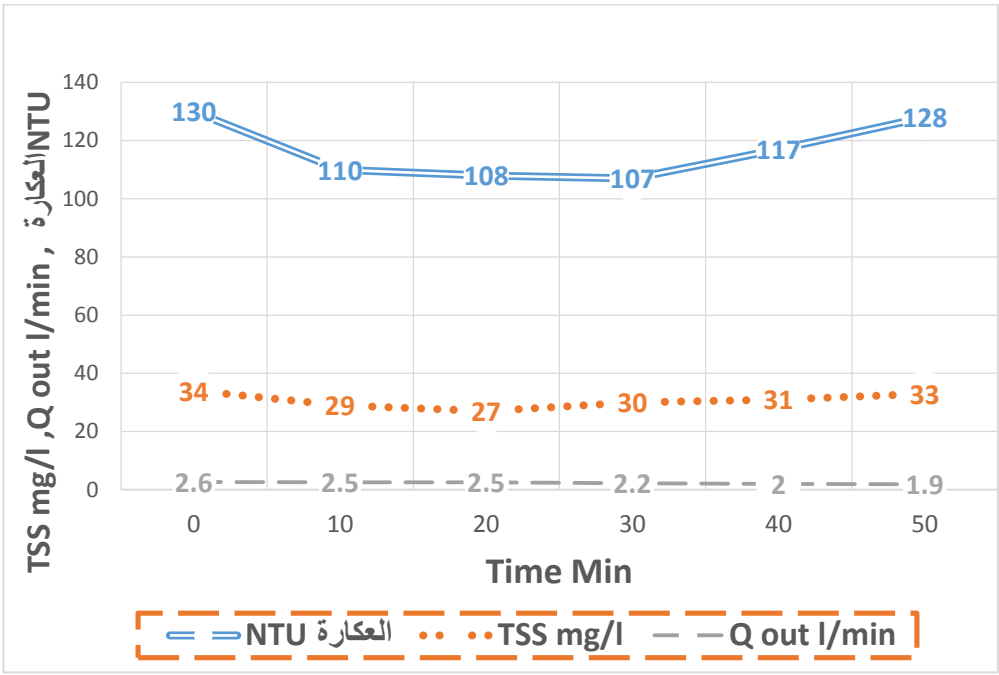
ارتفاع الحشوة m	Qin		الزمن min	كمية المياه المفلترة l	كمية المياه المستهلكة خلال عملية الغسيل l	المردود l
	$m^3/m^2.h$	l/min				
1	20	2.6	50	111	15.4	95.6

الجدول(7) نتائج تجارب دورة الترشيح الثالثة عند معدل غزارة $20m^3/m^2.h$

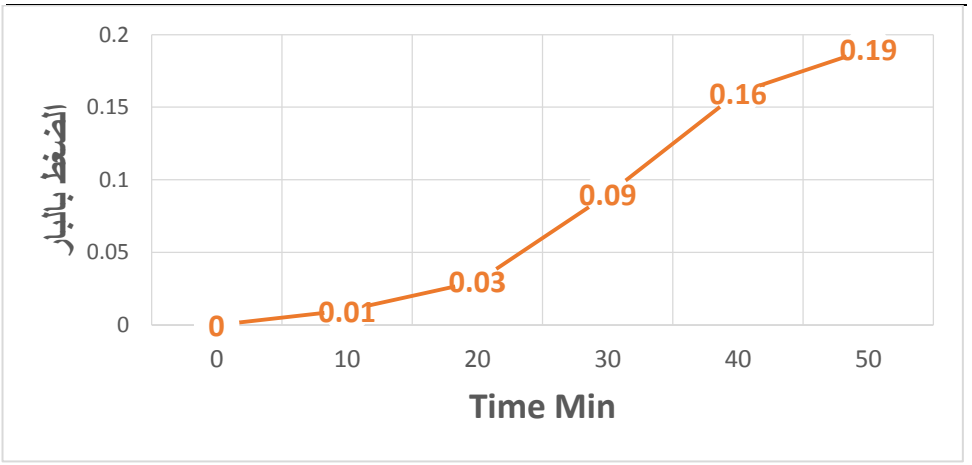
رقم العينة	العكارة NTU	TSS mg/l
الدخل	130	34
1	110	29
2	108	27
3	107	30
4	117	31
5	128	33
متوسط الخرج	114	30
مردود المعالجة %	12.31	11.76

لوحظ تقارب كبير في قيم المؤشرات الداخلة والخارجة من الفلتر وذلك بسبب الخلخلة الكبيرة لحبيبات الرمل وعدم قدرة المواد العالقة على الالتصاق بحبيبات الرمل، عند زيادة

الغزارة أكثر من استطاعة المرشح قد تكون النتائج سلبية ولا يمكن اعتماد النتائج، لذلك تم توقيف الفلتر بعد 50 دقيقة وإجراء عملية غسيل عكسي، تم تمثيل نتائج دورة الترشيح الثانية بيانياً كما هو موضح في الشكل (8) حيث يبين العلاقة بين تغير تراكيز مؤشرات العكارة، TSS عبر الزمن، وفي الشكل (9) تم تمثيل تغيرات مؤشر الضغط مع الزمن في دورة الترشيح الثانية.



الشكل(8) نتائج دورة الترشيح الثالثة



الشكل(9) قيم الضغط في دورة الترشيح الثالثة

تم مقارنة مياه الصرف قبل وبعد عملية الفلترة موضحة في الشكل(10)، وفي الشكل (11) يوضح مياه الغسيل العكسي بعد خروجها من الفلتر حيث بدت محمَّلة بالمواد الصلبة العالقة بين حبيبات الرمل.

الشكل(10) مقارنة مياه الصرف قبل وبعد الفلترة

الشكل(11) مياه الغسيل العكسي الخارجة من الفلتر

نتائج البحث والمقترحات والتوصيات

النتائج

- ✓ دلت النتائج أن كفاءة إزالة TSS باستخدام الرمل المحلي كحشوة ترشيح هي 68.8–40.29–11.76 % عند معدلات الترشيح $m^3/m^2.h$ 6–8–20 على التوالي حيث يلعب معدل الترشيح مع ارتفاع الحشوة دوراً أساسياً في كفاءة المعالجة.
- ✓ مناسبة الرمل المحلي لترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة ثانوياً باستخدام برك الأكسدة الطبيعية في محطة معالجة مياه مجاري مدينة سلمية عند معدل الترشيح $6\ m^3/m^2.h$ في دورة الترشيح الأولى حيث كان مردود المعالجة بالنسبة لـ TSS: 68.8 %–العكارة: 36.7 % حيث أمكن الحصول على مياه راشحة تحقق المقاييس العربية السورية لجودة المياه لأغراض الري غير المقيد والأغراض الترفيهية م.ق.س.2008/2752[1].
- ✓ استناداً إلى الخلاصة المرجعية تبين أن النتائج التي تم الحصول عليها ذات كفاءة ومردود أفضل مما توصل إليه الباحثين السابقين وهذا يعود إلى نوعية المعالجة ونوعية المياه التي قمنا بإجراء التجارب عليها ضمن موصفات الفلتر وحشوة الترشيح الواردة في متن النص.

المقترحات والتوصيات

- ✓ استخدام مثل هذه المرشحات في فلترة مياه الصرف الصحي بعد المعالجات الثانوية من أجل تحسين مواصفات المياه قبل الاستخدام أو الرمي في الأحواض المائية.
- ✓ يمكن استخدام المياه المفلترة بالري للمحاصيل غير المقيدة بطرق الري الحديثة.

- ✓ يوصي البحث بدراسة أبحاث على نماذج فلاتر مختلفة ومتباينة حيث يمكن استخدام طبقة فلترة غير هذه الطبقة وبالتالي خصائص ومواصفات مختلفة للحشوة.
- ✓ يوصي البحث أيضاً بالتجريب على مرشحات بالجريان الحر تحت الضغط الجوي.
- ✓ من أجل أبحاث مستقبلية يمكن الأخذ بعين الاعتبار إزالة جزء من العوالق عن طريق معالجة كيميائية فيزيائية عن طريق الترسيب باستخدام الترويب قبل الفلترة.

References

1- الزعبي، حسين وآخرون. استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة. سوريا: منشورات وزراة الزراعة والإصلاح الزراعي-الهيئة العامة للبحوث العلمية والزراعية.

2- د.قصير، أحمد(2004).الإمداد بمياه الشرب2. سوريا: منشورات جامعة تشرين.

3- HUISMAN, I 2004-Rapid filtration. Delft University of Technology, Holland, 198 P.

4- ZAHID, W 2003 - Tertiary Filtration of Wastewater Using Local Sand. *1. King Saud Univ.*, Vol. 16, *Eng. Sei.* (1), pp. 23-36, Riyadh (1424/2003)

5- Saud B. Al-Shammari. Quality Evaluation of Tertiary Treatment Effluent in Jahra Sewage Plant, Environmental Health Departments, College of Health Science, The Public Authority for Applied Education and Training, P.O. Box 14281, Faiha 72853, Kuwait, 2018.

6- M. Petalaa, V. Tsiridisa, P. Samarasb, A. Zouboulisc, G.P. Sakellaropoulosa. Wastewater reclamation by advanced treatment of secondary effluents:Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece,2006.

7- AI-JADHAI, I 2003 - Pilot-Plant Study of the Tertiary Filtrationof Wastewater Using Local Sand. *J. King Salld Univ.*, Vo!. 16, *Ellg. Sei*, (1), pp. 83-96, Riyadh (1424/2003).

8- HAMODA, M, A1-Ghusain,I, AL-Mutairi,N 2004-Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse.

Department of Civil Engineering, Kuwait University, Desalination 164 (2004) 203-211.