

تأثير المعالجة الأولية لمياه التغذية على كفاءة محطات أغشية التناضح العكسي

الدكتور خرفان سعد الدين*

الدكتور النايف ناصر**

علوش أحمد فراس***

(تاريخ الإيداع 8 / 11 / 2009. قُبل للنشر في 22 / 3 / 2010)

□ ملخص □

من الحقائق المعروفة جيدا" أن معالجة المياه بالعمليات الغشائية تعاني من مشكلة اتساخ الأغشية. ولذا فمن الضروري معالجة المياه الداخلة إلى محطة التناضح العكسي لإزالة المواد الصلبة المعلقة والغروية و تعقيم الأحياء الدقيقة التي تسبب عملية اتساخ أغشية التناضح العكسي. وبالرغم من أن معظم منظومات التناضح العكسي تملك معالجة أولية من ضمنها مرشحات بمسام 5 ميكرون، إلا أن الدقائق الأصغر هي التي تسبب اتساخ الأغشية. وبما أن معظم الأغشية المستخدمة في التناضح العكسي اليوم حساسة جدا" للكولور المتبقي فمن الضروري إزالة الكولور المتبقي من المياه الداخلة إلى منظومة التناضح العكسي. ويجب أن تكون قيمة دليل كثافة الطمي SDI المطلوبة أقل من 3 %/دقيقة بسبب طبيعة المواد الصلبة المعلقة في مياه التغذية وللتحقق من ضمان الأغشية من قبل البائعين.

تم في هذه الدراسة مقارنة نوعين من المعالجة الأولية لمياه تغذية محطات التناضح العكسي وتأثيرها على كفاءة المحطة. يتمثل النوع الأول في الطريقة التقليدية في المعالجة الأولية والثاني باستخدام تقانة التخثير الكهربائي كمرحلة رئيسية في المعالجة الأولية لمياه تغذية محطات تناضح عكسي ذات ميل مرتفع لتوسيع الأغشية. أظهرت النتائج أن الطريقة الجديدة في المعالجة وهي طريقة التخثير الكهربائي أعطت قيما" أقل لدليل كثافة الطمي SDI بالمقارنة مع الطريقة التقليدية، حيث وصلت قيم ال SDI إلى 2.05 - 3.25 %/دقيقة، بينما كان دليل كثافة الطمي لمياه التغذية الخام SDI بحدود 40 %/دقيقة. إن انخفاض قيم دليل كثافة الطمي ال SDI مؤشر رئيس على ازدياد كفاءة محطة التناضح العكسي وانخفاض تكرار استبدال المرشحات الخرسونية وانخفاض عدد مرات غسيل الأغشية. والهدف الرئيس لهذه المعالجة هو إطالة عمر الغشاء وتخفيض استهلاكه إلى الحد الأدنى.

الكلمات المفتاحية: المعالجة الأولية للمياه، التناضح العكسي، التخثير الكهربائي.

* أستاذ- قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث - حمص - سورية.

** أستاذ مساعد- قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث - حمص - سورية.

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه)- قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث - حمص - سورية.

The Effect of Feeding Water Pretreatment on the Efficiency of Reverse Osmosis membrane Plants

Dr. Kherfan Sadeddin *

Dr. Alnaif Naser **

Alloush Ahmad Firas ***

(Received 8 / 11 / 2009. Accepted 22 / 3 / 2010)

□ ABSTRACT □

It is a well known fact that treatment of water by membranes suffer from the problem of fouling. So pretreatment of raw water is necessary to remove suspended and colloidal solids and to inactivate microorganisms that might otherwise foul the reverse osmosis RO membranes. Although most water RO treatment plants have filters of 5 microns, it is the particles with smaller dimensions that cause fouling. Because RO membranes used most commonly today are sensitive to oxidation by chlorine, any residual chlorine must be removed prior to RO membrane treatment. A pretreated water quality with Silt Density Index $SDI < 3 \text{ \%} / \text{min}$ is required to ensure warranty guarantees from RO vendors.

The objective of this study is to assess and compare conventional pre-treatment and electro coagulation efficiencies prior to RO treatment for the desalination of underground water with high-fouling tendency. The pilot plant pre-treatment processes both yielded good SDI reduction rates. SDI levels of 2.05 to 3.25 \%/min were achieved by new pre-treatment processes with incoming underground water with SDI level of 40 \%/min . These low SDI values indicate that for a full scale plant there will be a lower cartridge consumption, lower membrane cleaning frequencies and lower membrane replacements rates.

Keywords : water pretreatment, reverse osmosis, electro coagulation.

*Professor, Department of Che. Eng. , Faculty of Che. and Petro. Eng., Al-baath University, Homs, Syria.

**Associate Professor, Department of Che. Eng. , Faculty of Che. and Petro. Eng., Al-baath University, Homs , Syria.

***Postgraduate student, Department of Che. Eng.,Faculty of Che. and Petro. Eng., Al-baath University ,Homs, Syria.

مقدمة:

تعاني محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي من مشكلة اتساخ الأغشية. وتعتبر ظاهرة اتساخ الأغشية من أهم المشاكل التي تتعرض لها الأغشية. وهي ناتجة عن تشكل طبقة متاخمة للغشاء تؤدي إلى حدوث استقطاب تركيزي (للجزيئات) نتيجة ارتفاع تركيز المحلول إلى فوق الإشباع، وبالتالي منع مرور الراشح. ومع استمرار العملية يحدث اتساخ الأغشية. ينتج عن هذه المشكلة انخفاض في التدفق الحجمي للمنتج وارتفاع في فرق ضغط على طرفي غشاء التحلية.^[1-2]

ويعرف الاتساخ بأنه تراكم المواد المحتجزة التي يمكن أن تكون موجودة في مياه التغذية على سطح الفصل للغشاء أو فاصل التغذية إلى أن تصل إلى مستوى يسبب مشاكل في التشغيل. يتضمن مصطلح الاتساخ تراكم كل أنواع الطبقات على سطح الغشاء وواصل التغذية، بما في ذلك تشكل القشور. ويعتبر اتساخ الأغشية من أكثر العوامل الحرجة والمؤثرة على عملية تصميم محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي.^[3]

تعد ظاهرة الاتساخ وتشكل الطبقة الغليظة على سطح الأغشية أثناء عمليات المعالجة من الأمور المعقدة والتي تدخل فيها مؤثرات متعددة تختلف حسب نوع المعالجة وطريقتها. ولذلك هناك عدة طرق يمكن استخدامها لتخفيض اتساخ الأغشية، لأنه من غير الممكن منع هذه الظاهرة نهائياً. ومن الممكن تصنيف هذه العمليات إلى عمليات يمكن إجراؤها على مياه التغذية أو على مواصفات الغشاء أو على نوع الغشاء.^[4]

من الممكن تخفيض اتساخ أغشية RO عن طريق المعالجة الأولية لمياه التغذية بحيث تزال الأجسام الصلبة والغرويات من المياه قبل دخولها إلى الأغشية عن طريق ترشيحها عبر مرشحات ذات مسامات صغيرة أو عن طريق ترشيحها في مرشحات ميكروية MF أو مرشحات فائقة UF. وفي بعض الحالات يمكن امتزاز هذه المكونات عن طريق إمرارها على الفحم المنشط.

ومن الممكن أيضاً تخفيض الاتساخ البيولوجي للأغشية عن طريق معالجة مياه التغذية بتغيير درجة الحموضة pH أو بالكلورة لقتل الأحياء الدقيقة التي قد تسبب الاتساخ البيولوجي.^[5-6] ومن ثم إضافة مواد مختلفة لتخفيض نسبة المواد المؤكسدة والكلور في مياه التغذية قبل دخولها إلى الأغشية.^[7]

و يمكن إرجاع سبب اتساخ الأغشية لمصدرين رئيسيين هما:

1- المعالجة غير الكاملة لمياه التغذية.

2- سوء تشغيل محطة التحلية (مثل عدم تغيير الفلاتر بشكل دوري والاستخدام الخاطئ للكيمياويات وغيرها).
تحتاج مياه تغذية محطات التناضح العكسي لمعالجة أولية بهدف إزالة المواد الصلبة المعلقة التي تؤدي إلى اتساخ أغشية التناضح العكسي، وإزالة البكتيريا وأي أثر للكلور المستخدم في التعقيم، لأن الأغشية حساسة جداً تجاه المواد المؤكسدة مثل الكلور. و يعتبر تخفيض دليل كثافة الطمي إلى $SDI < 3 \%$ شرطاً لضمان الأغشية من قبل الشركة المنتجة.^[8-9-10]

لذا فإن اتساخ أغشية التحلية يعتبر من أهم العوائق أمام عمل محطات التناضح العكسي. وهذا ما يسبب الخسائر المادية الكبيرة، حيث يؤدي لانخفاض إنتاجية المياه المنتجة من المحطة وجودتها، كما أنه يستدعي عمليات معالجة مكثفة لهذه الأغشية وفي كثير من الأحيان استبدالها بأخرى جديدة.

وهذا ما يزيد من تكاليف تشغيل المحطة وصيانتها.^[1-11] لذلك استخدمت تقنية التخثير الكهربائي كطريقة في المعالجة الأولية لمياه التغذية الخام.^[12-13]

أهمية البحث وأهدافه:

يمكن أن نوضح أهمية البحث من خلال النقاط الثلاث التالية:

- 1- الأهمية البيئية: إن وقاية أغشية التحلية من الاتساخ يؤدي إلى تقليل عدد مرات غسيل ومعالجة هذه الأغشية وبالتالي تقليل كمية المواد الكيميائية المصروفة إلى البيئة المحيطة، وهذه المواد غالباً تعتبر مواد ضارة للبيئة.
 - 2- الأهمية الاقتصادية: حيث أن تكلفة تغيير أغشية التحلية واستبدالها يعتبر مكلفاً اقتصادياً حيث أنه يستورد من الخارج بتكاليف كبيرة تزيد من كلفة المتر المكعب من المياه المنتجة. وبالتالي فإن إطالة عمر أغشية التحلية في محطات تحلية المياه إلى العمر الافتراضي والذي يتراوح من ثلاث إلى خمس سنوات ذو مردود اقتصادي كبير. حيث يتم تقليل تكلفة إنتاج المتر المكعب من المياه، وتوفير في القطع الأجنبي.
 - 3- الأهمية الصحية: إن اتساخ أغشية التحلية وخاصة تلوثها جرثومياً يجعلها مستتبناً لهذه الجراثيم، وبالتالي مصدر خطر كبيراً على صحة الإنسان. لذلك كان العمل على وقاية هذه الأغشية من التلوث الجرثومي يعتبر عملاً مهماً لمنع انتقال الجراثيم للإنسان عبر مياه الشرب المنتجة من محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي.
- هدف البحث هو المساهمة الفعالة مع الأبحاث الأخرى في العالم العاملة في هذا المجال لتأمين أفضل الشروط لوقاية أغشية التحلية والحد من اتساخها، وكذلك معالجة هذا الاتساخ عند حدوثه، بأفضل الطرق وأكثرها اقتصادية، حيث اختير في البحث طريقة جديدة في المعالجة الأولية بالتخثير الكهربائي لمياه تغذية محطات التحلية بالتناضح العكسي. والهدف من ذلك هو زيادة عمر غشاء التحلية ليصل للعمر الافتراضي، حيث أن سلامة الأغشية يحسن من مردود ونوعية المياه المنتجة في محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي.

طرائق البحث ومواده:

وحدة التناضح العكسي Reverse Osmosis Unit:

- استُخدمت وحدتا تناضح عكسي مخبريتان في التجارب، إنتاجية الوحدة 190 ليتر/ اليوم (7.9 ليتر/ساعة) كحد أقصى. الوحدة صناعة تايوانية لكن الغشاء من إنتاج شركة فلنتك الأمريكية. ويوضح الشكل (1) صورة وحدة التناضح العكسي المستخدمة في التجارب. تتضمن كل وحدة المكونات الأساسية التالية:
- 1- غشاء تحلية نوع فلنتك TW30-1812-50 إنتاجية 7.9 ليتر/ساعة.
 - 2- مرشحاً من البولي بروبيلن بمقاس قطر المسام خمسة ميكرون لإزالة المواد الصلبة.
 - 3- مرشحاً لإزالة اللون والرائحة والطعم من حبيبات الكربون النشط.
 - 4- مرشحاً إضافياً مصنعاً من حبيبات الكربون النشط مقاس واحد ميكرون.
 - 5- خزان تجميع المياه المنتجة سعة 14 ليتر.
 - 6- حنفية من الكروم.
 - 7- مرشحاً لإزالة اللون والرائحة والطعم مصنع من حبيبات الكربون النشط على خط المياه المنتجة.
 - 8- مصباح أشعة فوق بنفسجية لتعقيم المياه المنتجة.
 - 9- مقياساً لدرجة الملوحة Total Dissolved solid TDS للمياه المنتجة.



الشكل (1) وحدة تحلية المياه بالتناضح العكسي المستخدمة في التجارب .

المياه الخام المستخدمة :Used Raw water

المياه الخام المستخدمة عبارة عن مياه آبار (زيزون- ادلب) تم تعديلها لتكون مواصفاتها كما في الجدول (1).

الجدول رقم (1): خصائص المياه الخام المدروسة .

رقم	الخاصة	الوحدة	القيمة
1	درجة الحموضة pH	-	7
2	المواد الصلبة الكلية المنحلة TDS	ملغ/ليتر	500
3	العكارة	NTU	10
4	دليل كثافة الطمي SDI	%/min	40
5	درجة الحرارة المحيط	°م	25
6	القساوة الكلية	ملغ/ليتر	210

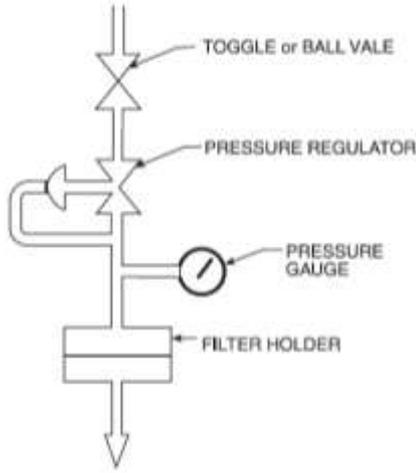
مقياس دليل كثافة الطمي SDI : Silt Density Index

يقاس الـ SDI من خلال قياس حجم 500 ml من المياه المعالجة التي تعبر خلال ورقة ترشيح مسام 0.45 ميكرون تحت ضغط 2.75 بار ويتم قياس الزمن اللازم لعبور هذه الكمية t_1 ثم وبعد مدة 15 دقيقة يتم قياس الزمن اللازم لعبور نفس الكمية وليكن الزمن t_2 فتكون قيمة دليل كثافة الطمي: $SDI = 100(1 - t_1/t_2)/15$

مياه تغذية ضغط 40 psi

صمام تحكم

تحكم بالضغط



الشكل (2) جهاز قياس دليل كثافة الطمي المستخدمة في التجارب .

مقاييس العكارة **Turbidity** والناقلية الكهربائية **Electrical Conductivity EC** ودرجة الحموضة **pH** : استخدمت في التجارب العملية أجهزة القياس التالية: مقياس العكارة و مقياس الناقلية الكهربائية ومقياس درجة الحموضة. مقياس العكارة هو من النوع Turb 550 صنع شركة **WTW** . أما مقياس الناقلية الكهربائية فهو من النوع Cond 720 صنع شركة **WTW** . و مقياس درجة الحموضة من النوع pH 722 صنع شركة **WTW** .



مقياس درجة الحموضة

مقياس الناقلية الكهربائية

مقياس العكارة

الشكل (3) أجهزة قياس العكارة والناقلية ودرجة الحموضة المستخدمة في التجارب .

مفاعل التخثير الكهربائي:

استخدم مفاعل للتخثير الكهربائي حجمه 2 لتر، يحتوي على صفيحتين من الفولاذ عيار 304. أبعاد الصفيحة المغمورة في المياه هو: طول 18 سم عرض 9 سم سماكة 3 ملم. أجريت التجارب بطريقة العمل المستمر عند تدفق للمياه الخام 41 لتر/ساعة، وشدة التيار الكهربائي 1.5 أمبير وفرق الكمون 22.1 فولط، وزمن بقاء في مفاعل التخثير الكهربائي ثلاث دقائق. ملوحة المياه الخام 500 ملغ/لتر.

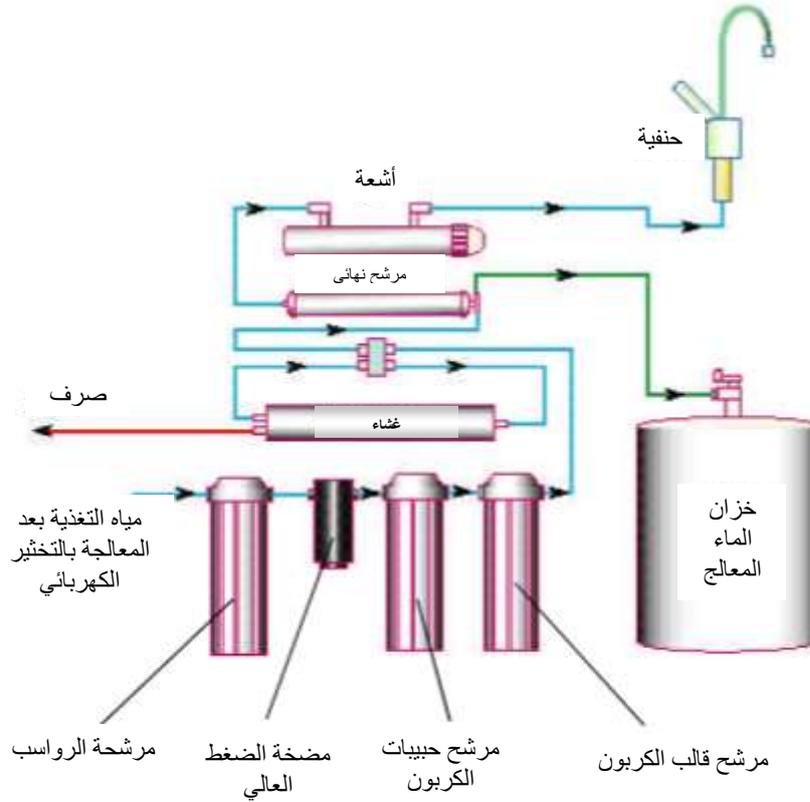


الشكل (4) وحدة التناضح العكسي مع المحول الكهربائي مع مفاعل التخثير الكهربائي.

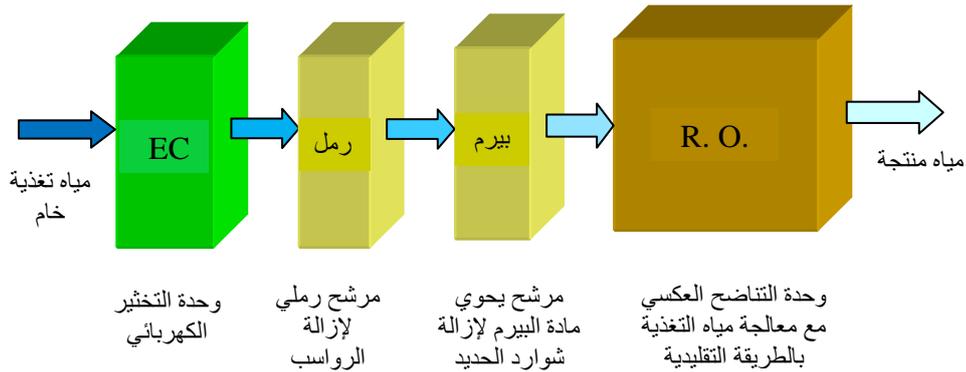
خطوات العمل:

- استخدمت مياه آبار عكارتها بحدود NTU 10 ودليل كثافة الطمي لها مرتفع بحدود $SDI = 40\%/min$. أجريت الدراسة باستخدام طريقتين من المعالجة الأولية لمياه تغذية محطات التناضح العكسي هما:
- 1- الطريقة التقليدية في المعالجة الأولية: تتضمن الترشيح عبر مرشحات (خرطوشات) من الفحم المنشط ومن البولي بروبلين بمسام 5 ميكرون.
 - 2- الطريقة الجديدة في المعالجة الأولية: وتتضمن التخثير الكهربائي باستخدام أقطاب الحديد ثم الترشيح عبر مرشح رملي (إزالة الرواسب المتشكلة في وحدة التخثير الكهربائي) ثم مرشح يحتوي حبيبات من مادة البيرم (لإزالة شوارد الحديد المنحلة التي يجب أن تكون $< 0.1ppm$ للدخول إلى أغشية التناضح العكسي) ثم عبر مرشحات (خرطوشات) من الفحم المنشط ومن البولي بروبلين بمسام 5 ميكرون.
- في كلتا الطريقتين أجريت التجارب بشروط العمل نفسها وثبتت درجة حرارة الوسط المحيط عند $25^\circ C$ ، وثبتت درجة الحموضة للمياه الخام المدروسة باستخدام حمض الكبريت عند $pH= 7.0$.
- أخذت النتائج على مدى ستة أشهر متواصلة.
- أخذت قراءات يومية لكل متغير وفي نهاية الشهر أخذت القيمة المتوسطة الشهرية للمتغير المدروس.
- قيست المتغيرات التالية في طريقتي المعالجة التقليدية والجديدة:
- 1- فرق الضغط على مدخل ومخرج غشاء التحلية P (بار).
 - 2- كمية المياه المنتجة Q (ليتر/ساعة).
 - 3- الأملاح المنحلة الكلية Total Dissolved solid TDS للمياه المنتجة (ملغ/ليتر).
 - 4- دليل كثافة الطمي Silt Density Index SDI للمياه الخام المغذية للأغشية (%/دقيقة).
- استخدمت في هذه الدراسة طريقة العمل المستمر Continuous. كما استخدمت وحدتا تناضح عكسي مخبريتان: الوحدة الأولى استخدمت فيها الطريقة التقليدية في المعالجة، واستخدمت في الوحدة الثانية الطريقة الجديدة في معالجة مياه التغذية. حيث أضيفت وحدة التخثير الكهربائي ثم المرشح الرملي ثم المرشح الذي يحتوي مادة البيرم

(مادة تعمل كوسيط لأكسدة شوارد الحديد الثنائية إلى حديد ثلاثي التكافؤ قابل للترسيب والفصل عن المياه دون أن يترك أي أثر سلبي على المياه المارة من خلاله). كما في الشكل (6).



الشكل (5): مخطط تدفقي للطريقة التقليدية في المعالجة لمياه تغذية محطات التناضح العكسي.



الشكل (6): مخطط تدفقي للطريقة الجديدة في المعالجة

النتائج والمناقشة:

الطريقة التقليدية في معالجة مياه تغذية محطات التناضح العكسي:

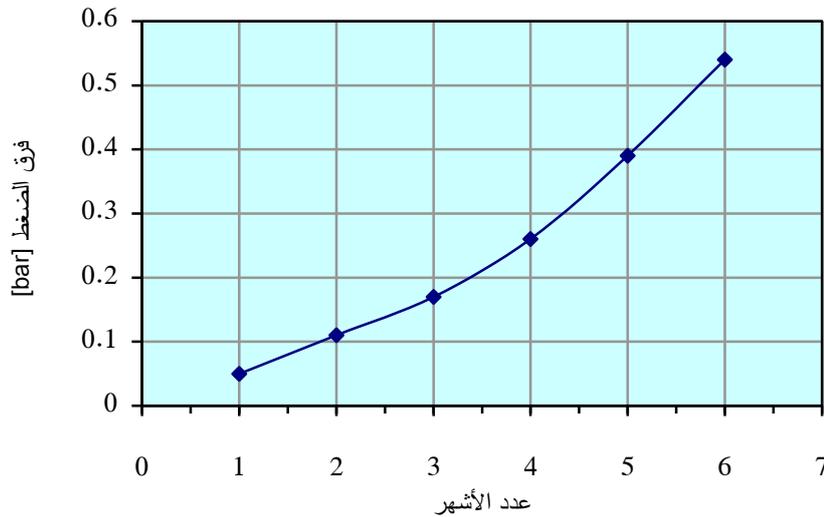
في الطريقة التقليدية غير المرشح الأول (خرطوشة بولي برويلن مسام 5 ميكرون) مرة واحدة كل شهرين، أما المرشحان الثاني (خرطوشة تحتوي حبيبات من الفحم الفعال) والثالث (خرطوشة قالب من الفحم الفعال مسام 5 ميكرون) تم تغييرهما مرة واحدة كل ستة أشهر. وذلك حسب تعليمات الشركة البائعة لوحدة التحلية.

تغير فرق الضغط والـ SDI مع الزمن:

الجدول (2): تغير فرق الضغط ودليل كثافة الطمي مع الزمن في الطريقة التقليدية لمعالجة مياه التغذية.

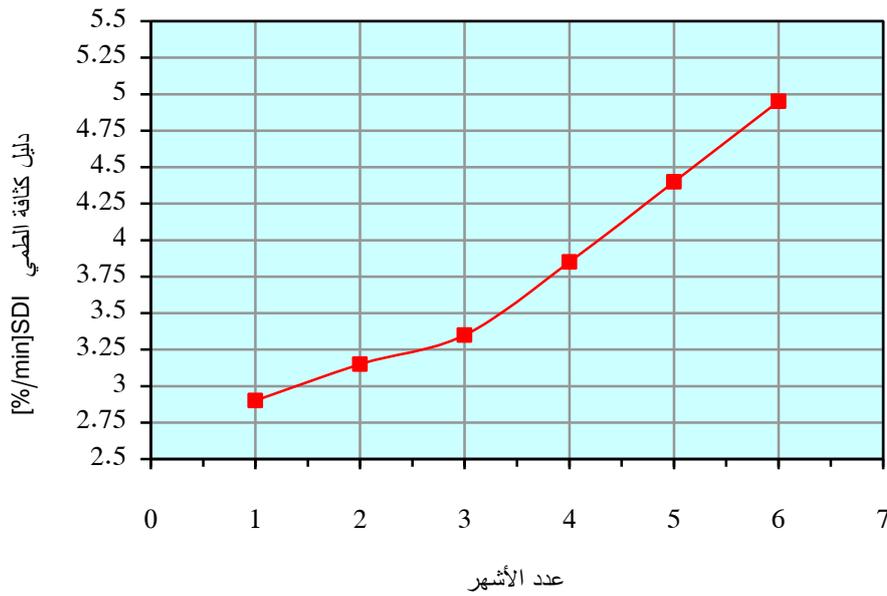
الشهر	الشهر	الشهر	الشهر	الشهر	الشهر	الشهر
السادس	الخامس	الرابع	الثالث	الثاني	الأول	المتغير
0.54	0.39	0.26	0.17	0.11	0.05	ΔP (بار)
4.95	4.40	3.85	3.35	3.15	2.90	SDI (%/دقيقة)

مثلت النتائج الواردة في الجدول (2) في الشكل (7).



الشكل (7) تغير فرق الضغط مع الزمن في الطريقة التقليدية لمعالجة مياه تغذية محطة التناضح العكسي.

ويبين الشكل أن فرق الضغط يزداد مع الزمن المقاس بالأشهر بشكل أسي؛ أي أنه يتسارع مع مرور الزمن. كما مثلت النتائج في الجدول (2) على شكل دليل كثافة الطمي SDI مع الزمن بالأشهر كما في الشكل (8). ويبين الشكل أن SDI تزداد مع الزمن و بشكل متسارع. النتائج تتوافق مع نتائج دراسات مشابهة. [14-15-16]



الشكل (8) تغير دليل كثافة الطمي مع الزمن في الطريقة التقليدية لمعالجة مياه تغذية محطة التناضح العكسي.

تغير ملوحة وكمية المياه المنتجة مع الزمن:

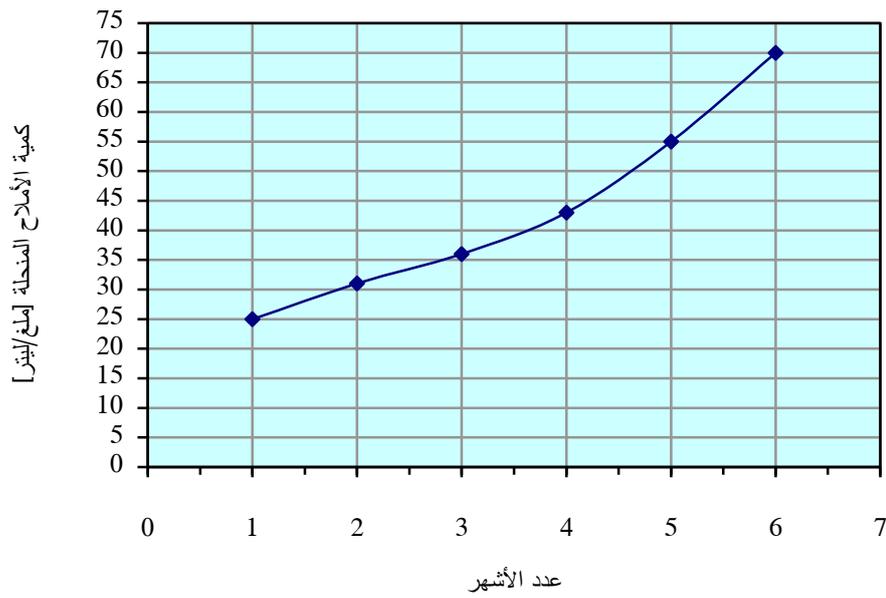
الجدول (3): تغير كمية الأملاح المنحلة في المياه المنتجة وكمية المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة التقليدية لمعالجة مياه التغذية.

الشهر المتغير	الشهر الأول	الشهر الثاني	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس	الشهر السادس
TDS ملغ/ليتر	25	31	36	43	55	70
كمية المنتج Q ليتر/ساعة	7.9	7.4	6.9	6.3	5.8	5.1

يبين الجدول (3) قراءات وحدة التناضح العكسي وكمية الأملاح المنحلة الكلية مع مرور الزمن و كذلك كمية المياه الناتجة مع الزمن.

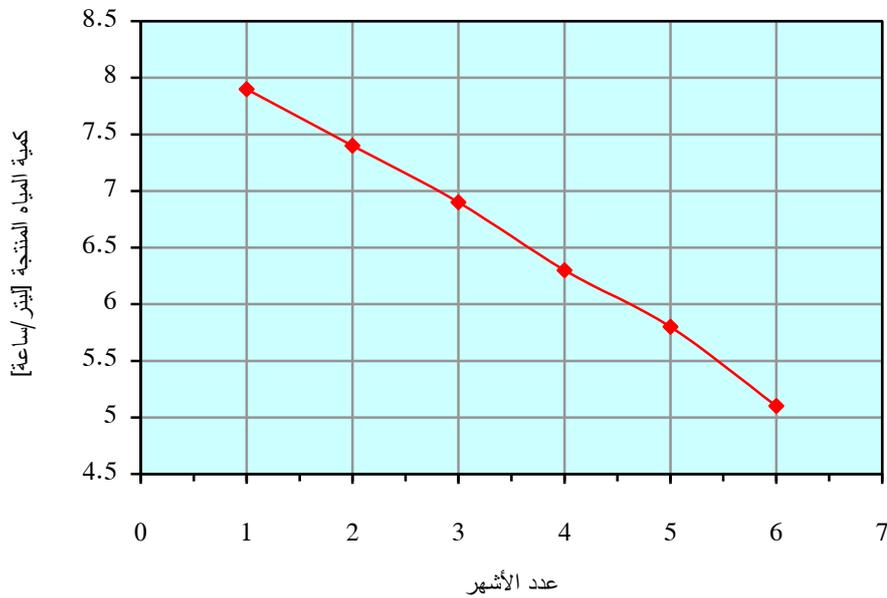
مثلت النتائج في الشكل (9) على شكل كمية الأملاح المنحلة بدلالة الزمن بالشهر.

ويبين الشكل أن ملوحة المياه الناتجة تزداد بمرور الزمن بشكل أسي.



الشكل (9) تغير كمية الأملاح المنحلة في المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة التقليدية

كما يبين الشكل (10) كمية المياه الناتجة مع الزمن، حيث يلاحظ انخفاض كمية المياه بشكل خطي.



الشكل (10) تغير كمية المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة التقليدية

الطريقة المقترحة في معالجة مياه تغذية محطات التناضح العكسي:

الفرق في هذه الطريقة هو إضافة مرحلة التخثير الكهربائي باستخدام أقطاب من الحديد، وكذلك المرشح الرملي لإزالة الرواسب المتشكلة في وحدة التخثير الكهربائي، ثم استخدام مرشح يحتوي مادة البيرم وهي مادة حبيبية تستخدم لإزالة شوارد الحديد المنحلة في المياه والنااتجة عن استخدام أقطاب من الحديد في وحدة التخثير الكهربائي. وكما في طريقة المعالجة التقليدية لمياه تغذية محطة التناضح العكسي، فقد ثبتت قيمة درجة حرارة الوسط المحيط عند 25 °م وثبتت درجة الحموضة للمياه الخام المدروسة باستخدام حمض الكبريت عند القيمة pH= 7.0 وأخذت النتائج على مدى ستة أشهر متواصلة.

أخذت قراءات يومية لكل متغير وفي نهاية الشهر سجلت القيمة الشهرية المتوسطة للمتغير المدروس. في الطريقة الجديدة تم تغيير المرشح الأول (خرطوشة بولي بروبيلن مسام 5 ميكرون) مرة واحدة كل شهرين أما المرشحان الثاني (خرطوشة تحتوي حبيبات من الفحم الفعال) والثالث (خرطوشة قالب من الفحم الفعال مسام 5 ميكرون) تم تغييرهما كل ستة أشهر وذلك حسب تعليمات الشركة البائعة. إضافة إلى الغسيل العكسي للمرشح الرملي ولمرشح البيرم لإزالة الرواسب الموجودة في هذه المرشحات.

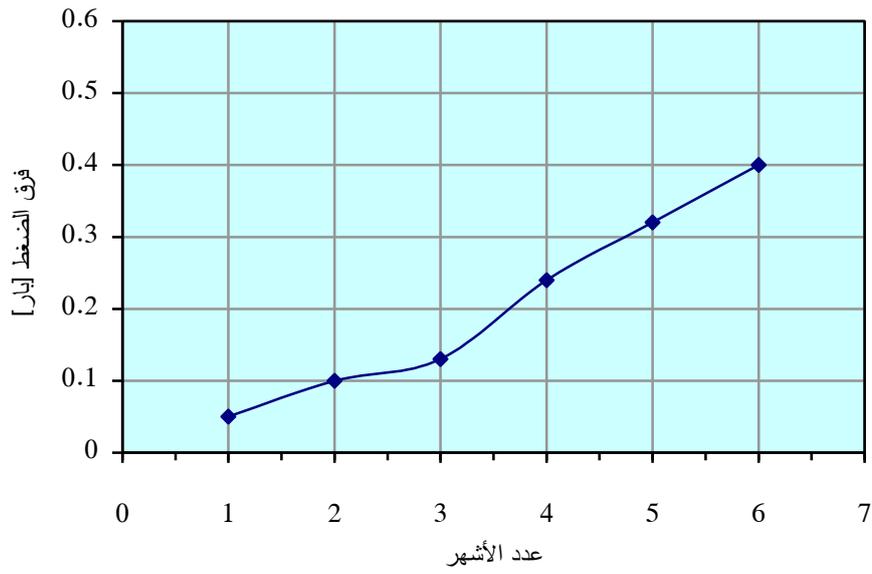
تغير فرق الضغط والـ SDI مع الزمن:

يبين الجدول (4) نتائج قياس فرق الضغط عبر الغشاء مع الزمن بالأشهر. مثلت النتائج في الشكل (11) ومنه نتبين أن فرق الضغط يزداد بسرعة مع تقدم العمل بالتناضح العكسي، وأن هذا التغير سريع ولكن سرعته تزداد بعد الأشهر الثلاثة الأولى.

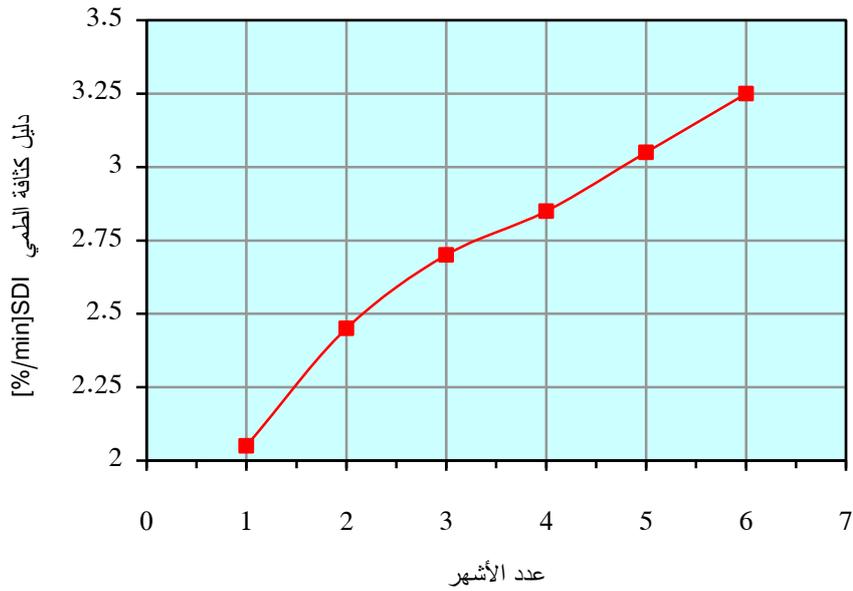
الجدول (4): تغير فرق الضغط ودليل كثافة الطمي مع الزمن في الطريقة الجديدة لمعالجة المياه.

الشهر المتغير	الشهر الأول	الشهر الثاني	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس	الشهر السادس
ΔP (بار)	0.05	0.10	0.13	0.24	0.32	0.40
SDI (%/دقيقة)	2.05	2.45	2.70	2.85	3.05	3.25

كما مثلت النتائج في الجدول (4) المتعلقة بالتغير في دليل كثافة الطمي SDI بدلالة الزمن بالأشهر في الشكل (12). ومنه نستنتج أن التغير في SDI يزداد أيضا مع زمن المعالجة بالتناضح العكسي. النتائج تتوافق مع نتائج دراسات مشابهة. [14-15-16]



الشكل (11) تغير فرق الضغط مع الزمن في الطريقة الجديدة لمعالجة مياه تغذية محطة التناضح العكسي.



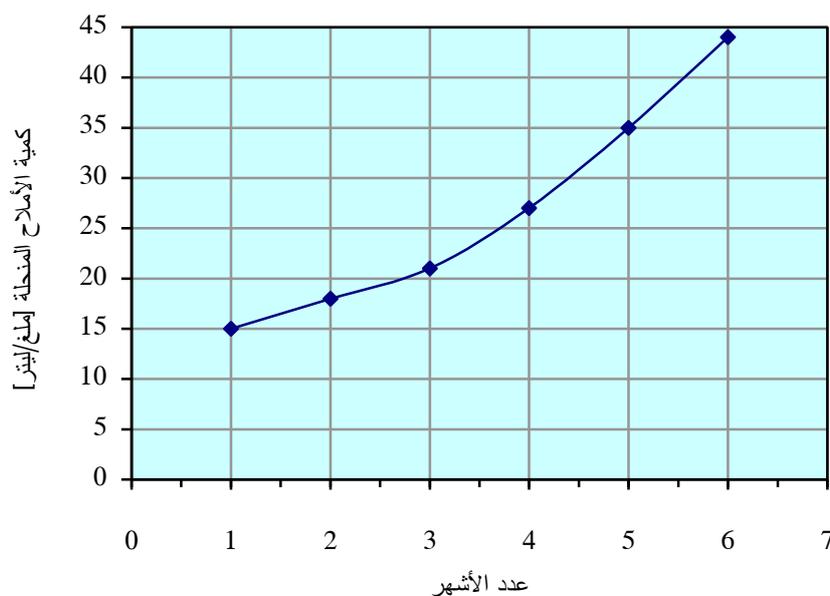
الشكل (12) تغير دليل كثافة الطمي مع الزمن في الطريقة الجديدة

تغير الصلب الكلي المنحل TDS وكمية الترشيح مع الزمن:

يبين الجدول (5) قراءات وحدة التناضح العكسي لتغير كمية الأملاح الكلية المنحلة TDS في المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة الجديدة لمعالجة المياه بالتخثير الكهربائي. مثلت النتائج في الشكل (13) الذي يظهر أن كمية الأملاح المنحلة تزداد مع الزمن بالأشهر، خاصة بعد مرور ثلاثة أشهر على عمل الغشاء نتيجة اتساخه.

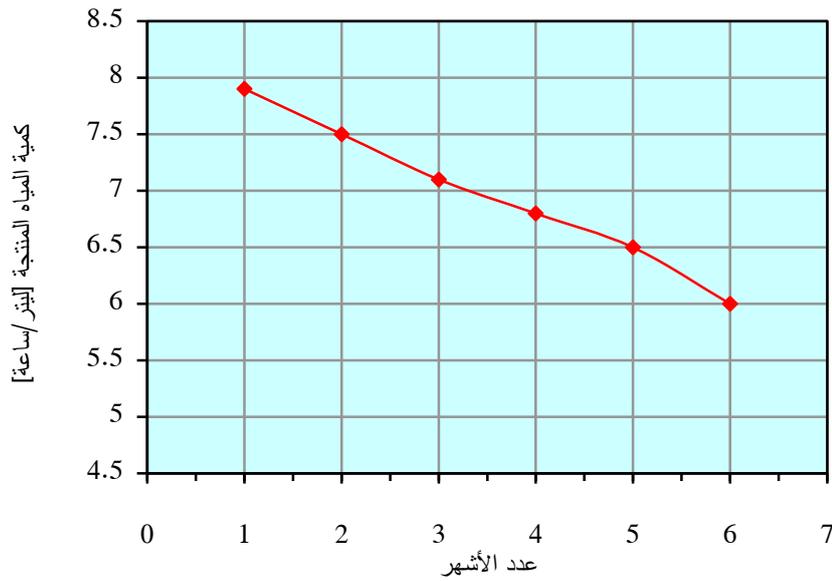
الجدول (5): تغير كمية الأملاح المنحلة في المياه المنتجة وكمية المياه المنتجة مع الزمن

رقم الشهر المتغير	الشهر الأول	الشهر الثاني	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس	الشهر السادس
TDS ملغ/ليتر	15	18	21	27	35	44
كمية المنتج Q ليتر/ساعة	7.9	7.5	7.1	6.8	6.5	6.0



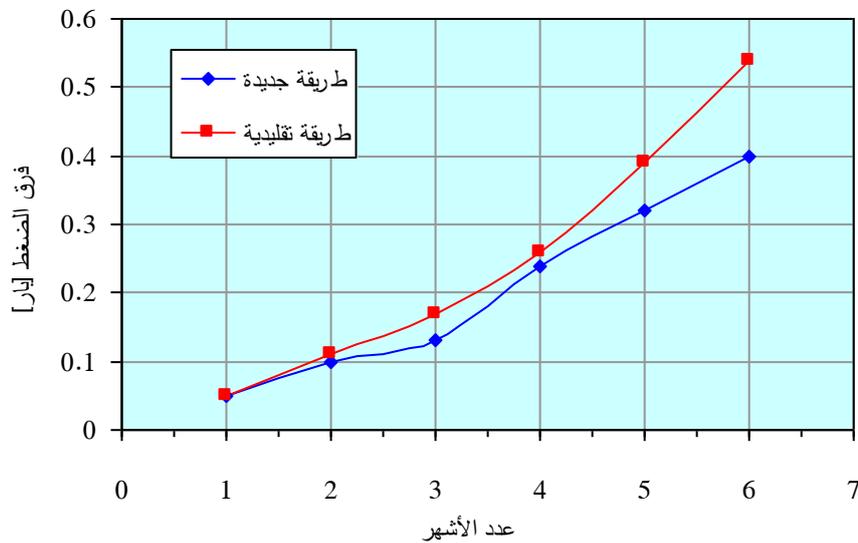
الشكل (13) تغير كمية الأملاح المنحلة في المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة الجديدة

كما يبين الجدول (5) قراءات وحدة التناضح العكسي لتغير كمية الماء المنتج من التناضح العكسي مع الزمن. ومثلت النتائج في الشكل (14) الذي يظهر أن التدفق يتناقص مع مرور الزمن بسبب اتساخ الغشاء.



الشكل (14) تغير كمية المياه المنتجة مع الزمن في الطريقة الجديدة.

المقارنة بين الطريقة التقليدية والطريقة الجديدة المقترحة في معالجة المياه:
مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير فرق الضغط مع الزمن:



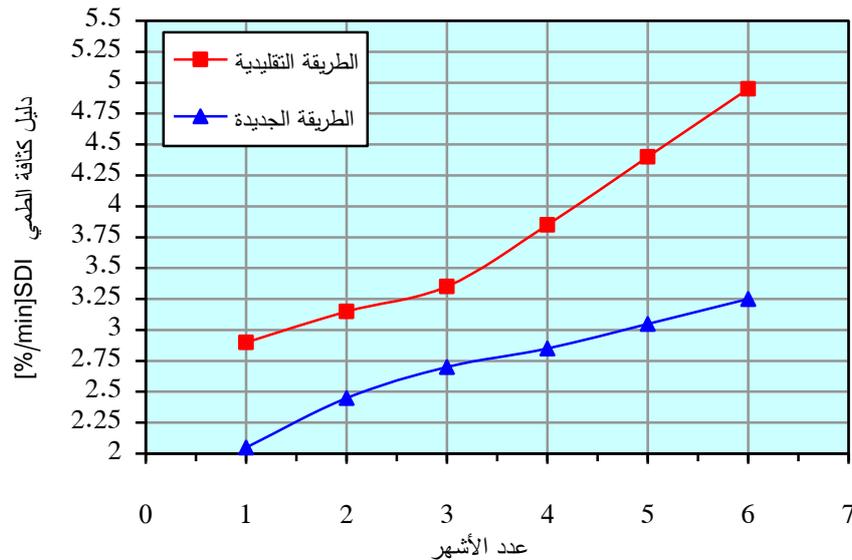
الشكل (15) مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير فرق الضغط مع الزمن.

يمثل الشكل (15) مقارنة بين طريقتي المعالجة، حيث مثل فرق الضغط في كل من الطريقتين بالنسبة للزمن. ومنه نتبين أن طريقة المعالجة بالتخثير الكهربائي قللت من هبوط الضغط عبر الغشاء. كان هذا الفارق في هبوط الضغط بسيطاً في البداية لكنه أصبح أكبر بعد مضي ثلاثة أشهر على عمل الغشاء. وهذا دليل على أن معالجة المياه

الداخلية بالتخثير الكهربائي قللت من كمية الترسب على الغشاء، وبالتالي من عملية اتساخها وبالتالي من هبوط الضغط عبرها.

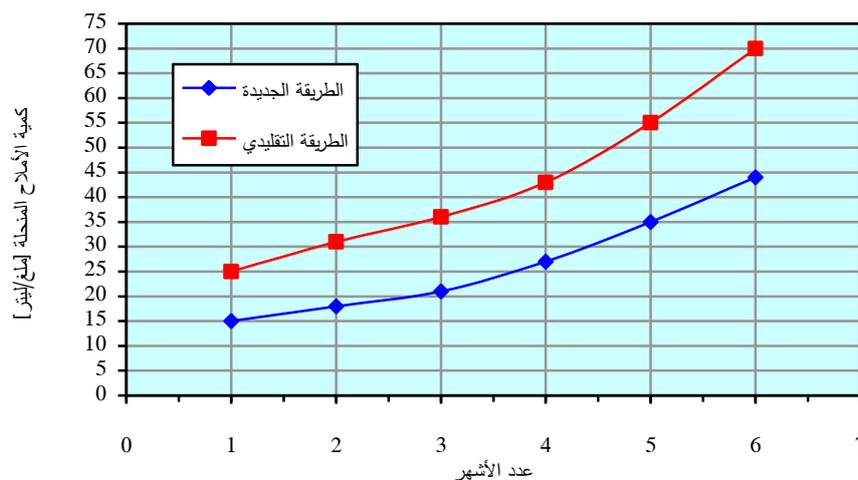
مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير الـ SDI مع الزمن:

مثلت نتائج التغير في دليل كثافة الطمي مع الزمن بالنسبة لطريقتي المعالجة الشكل (16). ومنه أن طريقة المعالجة الجديدة بالتخثير الكهربائي كانت أكثر فاعلية وكفاءة في تخفيض الـ SDI وبالتالي تخفيض اتساخ غشاء الـ RO. وهذا يدل على نظافة الغشاء وعدم تراكم الأوساخ على سطحه، وبالتالي عمر أطول لغشاء التحلية.



الشكل (16) مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير دليل كثافة الطمي مع الزمن.

مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير الـ TDS مع الزمن:

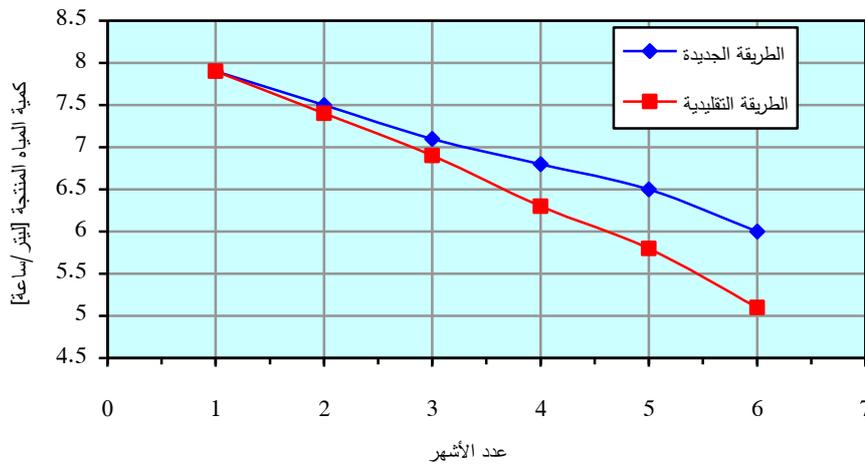


الشكل (17) مقارنة تأثير طريقتي المعالجة على تغير كمية الأملاح المنحلة في المياه المنتجة مع الزمن.

نلاحظ من مقارنة نتائج طريقتي المعالجة التقليدية و المعالجة الجديدة لمياه تغذية محطة التناضح العكسي وتأثير الطريقتين في تغير كمية الأملاح المنحلة TDS في المياه المنتجة مع الزمن، أن الطريقة الجديدة كانت أكثر فاعلية وكفاءة في تخفيض الـ TDS. كما هو موضح في الشكل (17).

مقارنة تأثير طريقتي المعالجة في تغير كمية المياه المنتجة مع الزمن:

نلاحظ من مقارنة نتائج طريقتي المعالجة التقليدية و المعالجة الجديدة لمياه تغذية محطة التناضح العكسي وتأثير الطريقتين في تغير دليل كثافة الطمي الـ SDI مع الزمن أن الطريق الجديدة كانت أكثر فاعلية وكفاءة في تخفيض الـ SDI وبالتالي تخفيض كبير لاتساخ غشاء التحلية كما هو موضح في الشكل (18).



الشكل (18) مقارنة تأثير طريقتي المعالجة على تغير كمية المياه المنتجة مع الزمن.

وبوضح الجدول (6) مقارنة لمؤشرات اتساخ غشاء التحلية بين طريقتي المعالجة التقليدية والطريقة المقترحة الجديدة لمياه تغذية محطات تحلية المياه، بعد تشغيل وحدتي التحلية لمدة سنة أشهر.

الجدول (6) مقارنة مؤشرات اتساخ غشاء التحلية بين طريقتي المعالجة التقليدية والجديدة لمياه التغذية.

مؤشر الاتساخ	الطريقة المقترحة الجديدة	الطريقة التقليدية	نسبة الفرق %
ΔP (bar)	0.40	0.54	26%
SDI (%/min)	3.25	4.95	34%
TDS (mg/l)	44	70	37%
كمية المنتج (l/hr)	6.0	5.1	18%

من الناحية الاقتصادية إن عدد مرات غسيل الأغشية ثم استبدالها بعد ذلك في وحدة التناضح العكسي في الطريقة التقليدية ستكون أكثر منها في الطريقة الجديدة في معالجة مياه تغذية محطات التحلية بالتناضح العكسي.

حيث نلاحظ في الطريقة التقليدية إزدياد دليل كثافة الطمي الـ SDI 34% و كذلك إزدياد فرق الضغط 26% وهذا يقصر العمر الافتراضي للغشاء بسبب زيادة الاتساخ على الغشاء، وكذلك انخفاض إنتاجية وحدة التناضح العكسي 18% وزيادة ملوحة المياه المنتجة 37%.

الاستنتاجات والتوصيات:

✓ أظهرت النتائج أن الطريقة الجديدة المقترحة في المعالجة قد أعطت قيمة أقل لدليل كثافة الطمي الـ SDI مع تفوق واضح على الطريقة التقليدية، حيث وصلت قيم الـ SDI إلى $2.05 - 3.25$ %/min بينما كان دليل كثافة الطمي لمياه التغذية الخام بحدود $SDI = 40$ %/min. إن انخفاض قيم دليل كثافة الطمي الـ SDI مؤشر رئيسي على إزدياد كفاءة محطة التناضح العكسي، وهذا يعني انخفاض عدد مرات استبدال واستهلاك الفلاتر الخرطوشية الميكرونية، وكذلك انخفاض عدد مرات غسيل الأغشية. والعنصر المهم الرئيسي هو إطالة عمر الغشاء وتخفيض استهلاكه للحد الأدنى.

✓ نستنتج مما سبق أن إضافة مرحلة التخثير الكهربائي مع مرشح مادة البيرم قبل غشاء التناضح العكسي في معالجة مياه تغذية محطات التناضح العكسي له تأثير إيجابي كبير في تحسين فاعلية وكفاءة المحطة وفي إطالة عمر غشاء التحلية.

✓ بناء على النتائج السابقة نوصي جميع الشركات والمصانع وغيرها ممن يستخدمون محطات التناضح العكسي باستخدام الطريقة الجديدة المقترحة؛ أي استخدام عمليات التخثير الكهربائي بأقطاب حديدية مع الطريقة التقليدية في معالجة مياه تغذية المحطات. وخاصة محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم كميات كبيرة من المياه السطحية والجوفية. والتي غالباً ما تكون المياه الخام فيها بحاجة كبيرة للمعالجة الأولية. ونخص بالذكر هنا شركة توليد الطاقة الكهربائية في زيزون، وكذلك شركة توليد الطاقة الكهربائية في الزارة وغيرهما.

المراجع:

- 1- KAI, L. C.; LIANFA, S.; SAY, L. O. ; WUN, J. N. *The development of membrane fouling in full-scale reverse osmosis processes*. Journal of Membrane Science, Vol. 232, Issues1-2, 2004, 63-72.
- 2- KWEE, G. T. ; LINFA, S. *A more effective method for fouling characterization in a full-scale reverse osmosis process*. Desalination, Vol. 177, Issues 1-3, 2005. 95-107.
- 3- DUDLEY, L. *Combating the Threat of Silica Fouling in RO Plant – Practical Experiences*. Desalination & Water Reuse, 12,4, 2003. 28.
- 4- ZHU, X. ; ELIMELECH. M. *Fouling of Reverse Osmosis Membranes by Aluminum Oxide Colloids*. Journal of Environmental Engineering, December 1995. 884-892.
- 5- CHRISTOPHER, J. ; GABELICH, T. I.; YUN, K. P.; ISHIDA, M. B. L.; JANA, S. *The effect of naturally occurring biopolymers on polyamide membrane fouling during surface water treatment*. Desalination, Vol. 161, Issue 3, 2004, 263-276.
- 6- SUHAN, K. ; ERIC, M.V. *Interactions controlling biopolymer fouling of reverse osmosis membranes*. Desalination, Vol. 202, 2007, 333-342.
- 7- ROBERT, Y. ; NING, T. ; TROYER, L. ; ROGER, S. *Chemical control of colloidal fouling of reverse osmosis systems*. Desalination, Vol. 172, Issue 1, 2005, 1-6.

- 8- NORBERG, D. ; HONG, S. ; TAYLOR, J. ; ZHAO, Y. *Surface characterization and performance evaluation of commercial fouling resistant low-pressure RO membranes*. Desalination, Vol. 202, 2007, 45–52.
- 9- HOW, Y. N. ; MENACHEM, E. *Influence of colloidal fouling on rejection of trace organic contaminants by reverse osmosis*. Journal of Membrane Science, Vol. 244, Issues 1-2 , 2004. 215-226.
- 10- KOYUNCU, I.; MARK, R. W.; CECILE, B. GABRIEL, C. MALIK, D. ; JACQUES, C. *Bench-scale assessment of pretreatment to reduce fouling of salt-rejecting membranes*. Desalination, Vol. 197, Issues 1-3, 2006. 94-105.
- 11- VROUWENVELDER, J.S.; PAASSEN, J. A. M.; WESSELE, L. P.; VAN, A. F.; BAKKER, S. M. *The Membrane Fouling Simulator: A practical tool for fouling prediction and control*. Journal of Membrane Science, Vol. 281, Issues 1-2 , 2006. 316-324.
- 12- HOLT, P. K.; BARTON, G.W.; Mitchell, C. A. *Deciphering the science behind electro coagulation to remove suspended clay particles from water*. Water Science and Technology, Vol. 50, No 12, 2007, 177–184.
- 13- VIK, E. A.; CARLSON, D. A.; EIKUN, A. S.; GJESSING, E.T. *Electro coagulation of potable water*. Water Research, Vol. 18, 1984, 1355–1360.
- 14- CHANHYUK, P.; HANA, K.; SEUNGKWAN, H.; CHOI, S. *Variation and prediction of membrane fouling index under various feed water characteristics*. Journal of Membrane Science, Vol. 284, Issues 1-2 , 2006, 248-254.
- 15- TAYLOR, J.; Hong, S. *Potable water quality and membrane technology*. J. Lab. Med., vol. 31, 2000, 10.
- 16- LUO, M.; WANG, Z. *Complex Fouling and Cleaning-in-Place of a Reverse Osmosis Desalination System*. Desalination, Vol. 141, 2001, 1-15.

