

# شركة داو لحلول المياه والمعالجة



## أغشية التناضح العكسي

## الدليل الفني

This is an Arabic translation of the original English version of Dow Water and Process Solutions FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes Technical Manual Form n° 609-00071-1009, which is available at [www.dowwaterandprocesssolutions.com](http://www.dowwaterandprocesssolutions.com). Dow encourages you to reference only the English version, which is fully approved by Dow. Dow is providing you with the Arabic translation upon your request but cautions you that, as a result of translation it is possible that some data may be lost, the literal interpretation may have a different meaning and/or that the content of this non-official translated version will not be totally up to date. If you reference the Arabic translation, you will be doing so at your own risk.

No freedom from any patent owned by Dow or others is to be inferred. Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other government enactments. Dow assumes no obligation or liability for the information in this document. NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED"

## جدول المحتويات

4	1- أساسيات التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة
4	1-1 الخلفية التاريخية
5	2- تقنيات التحلية وعمليات الترشيح
8	3-1 مبدأ التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة
13	4-1 وصف الغشاء
15	5-1 أداء الغشاء
17	6-1 غشاء FILMTEC آمن في معالجة الأطعمة
18	7-1 تركيب العنصر
20	8-1 خصائص العنصر
24	2- كيمياء المياه والمعالجة التحضيرية
	1-2 مقدمة 24
26	2-2 نوع وتحليل مياه التغذية
33	a. 3-2 التحكم في التقشر
	1-3-2 مقدمة 33
35	2-3-2 إضافة الحامض
35	2-3-3 إضافة مثبط التقشر
36	4-3-2 إزالة عسرة الماء برزين تبادل أيوني موجب ذو حمض قوي
37	2-3-5 نزع القلوية برزين مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض ضعيف
38	2-3-6 إزالة عسرة الماء بالجير
39	7-3-2 التنظيف الوقائي
40	2-3-8 تعديل متغيرات التشغيل
40	2-4 حسابات التقشر
40	1-4-2 عام
42	2-4-2 منع تقشر كربونات الكالسيوم
42	1-2-4-2 الماء متوسطة الملوحة
48	2-2-4-2 مياه البحر
53	3-4-2 منع تقشر كبريتات الكالسيوم
55	4-4-2 منع تقشر كبريتات الباريوم /8/
56	5-4-2 منع تقشر كبريتات السترنيتيوم
57	6-4-2 منع تقشر فلوريد الكالسيوم
61	2-4-7 منع تقشر السليكا
65	8-4-2 منع تقشر كربونات الكالسيوم
68	5-2 الوقاية من التلوث الغرواني وتلوث الجسيمات
68	2-5-1 تقييم إمكانية التعرض للتلوث الغرواني
72	2-5-2 الترشيح الوسيط

73	عملية الأكسدة الترشيح	2-5-3
74	الترشح داخل الأنابيب	2-5-4
75	التخثر - التلبد	2-5-5
75	الترشح الدقيق/ الترشح الفائق الدقة	2-5-6
76	الترشح الدقيق باستخدام الخرطوشة	2-5-7
77	أساليب أخرى	2-5-8
77	التصميم واعتبارات التشغيل	2-5-9
78	الوقاية من التلوث الحيوي	2-6
	مقدمة 78	2-6-1
80	تقييم إمكانية التعرض للتلوث الحيوي	2-6-2
80	طرق الاستتبات	1-2-6-2
81	إجمالي عدد البكتريا	2-2-6-2
81	الكربون العضوي القابل للتمثل	3-2-6-2
82	معدل تكون الأغشية البيولوجية الرقيقة	4-2-6-2
82	المعالجة بالكلور / نزع الكلور	3-6-2
87	بيسلفيت الصوديوم	4-6-2
87	مادة DBNPA	5-6-2
88	الكلور المتحد	6-6-2
89	عوامل التعقيم الأخرى	7-6-2
89	الترشح الحيوي	8-6-2
90	الترشح الغشائي فائق الدقة	9-6-2
90	التعريض للأشعة فوق البنفسجية	10-6-2
90	استخدام الأغشية المقاومة للتلوث	11-6-2
91	منع ترسب الكائنات العضوية	7-2
91	منع انحلال الغشاء	8-2
92	منع ترسب الحديد والمنجنيز	9-2
94	منع تلوث الألومنيوم	10-2
95	معالجة مياه التغذية المحتوية على كبريتيد الهيدروجين	11-2
98	المبادئ التوجيهية الخاصة بجودة مياه التغذية	12-2
98	ملخص بخيارات عملية المعالجة التحضيرية	13-2
	فهرس الكلمات المفتاحية	12-9

## 1- أساسيات التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

### 1-1 الخلفية التاريخية

منذ تطوير عمليتي التناضح العكسي والترشيح الفائق كمثالين للعمليات الأساسية التطبيقية في أواخر الخمسينات وأوائل الستينات، ونطاق تطبيقها أخذ في التوسُّع باستمرار. وفي البداية، تم تطبيق عملية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والماء متوسطة الملوحة "المياه قليلة الملوحة". ولقد نجم عن الطلب المتزايد على الصناعة لأغراض المحافظة على المياه والحد من استهلاك الطاقة ومكافحة التلوث واستعادة المواد المفيدة من مجاري النفايات- تطبيقات جديدة جاذبة اقتصاديًا. وعلاوة على هذا، فصور التقدم في مجالات التقنية الحيوية والصناعات الدوائية- بالإضافة إلى التقدم في تطوير الأغشية- قدمت لنا أغشية كخطوة انفصال مهمة إذا ما قورنت بالتقطير حيث توفر في الطاقة ولا تؤدي إلى التحلل الحراري للمنتجات.

يعد بحث الغشاء الأساسي هو الأساس لشركة "فيلم تك كوربوريشن" FilmTec Corporation وعمل غشاء FILMTEC™ FT30 عام 1963.

ومنذ ذلك الحين، جرى تطوير المنتجات الجديدة، مع إخضاع المنتجات الموجودة لعمليات تطوير في قدرتها على تحسين جودة خاصة النفاذية وتقليل التكلفة الإجمالية للمياه.

وبصورة عامة، توفر أغشية التناضح العكسي الآن إمكانية أعلى تنقية للماء من الأملاح عند درجات ضغط تشغيلي منخفضة بشكل كبير ومن ثم نقل التكاليف. كما أن تقنية أغشية الترشيح المتناهي الدقة مزودة بإمكانية الانتقائية في إزالة بعض الأملاح والمركبات عند درجات ضغط تشغيلي منخفضة بصورة نسبية.

تأسست شركة FilmTec Corporation في مينيابولس، بالولايات المتحدة الأمريكية، عام 1977. وبعد إجراء التغييرات المهمة والمطورة للمنتج ومع تطور الشركة ما بين عامي 1981 و1984، أصبحت FilmTec Corporation شركة تابعة ومملوكة بالكامل لشركة داو للكيماويات عام 1985.

ولضمان التزويد بالجودة المستمرة والعالية لمنتجات FILMTEC إلى أسواق التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة المتنامية بشكل سريع، كرّست شركة داو رأس مالها الضخم ومواردها الأخرى لتعزيز قدراتها التصنيعية وتوسيعها داخل شركة FilmTec. ويضمن اتباع برامج الأيزو لضمان الجودة، إضافة إلى الاستثمار في تقنيات ومعدات التصنيع المتقدمة، أعلى مستويات لأداء المنتج واستمراريته.

ومن خلال الجمع بين البيع فقط لشركات معالجة المياه المعتمدة وشبكة مبيعات داو المدعومة بمراكز الدعم الفني، تؤكد داو النجاح الفني لمنتجات FILMTEC الخاصة بها، مع النجاح التجاري والفني لمستهلكيها.

## 2-1 تقنيات التحلية وعمليات الترشيح

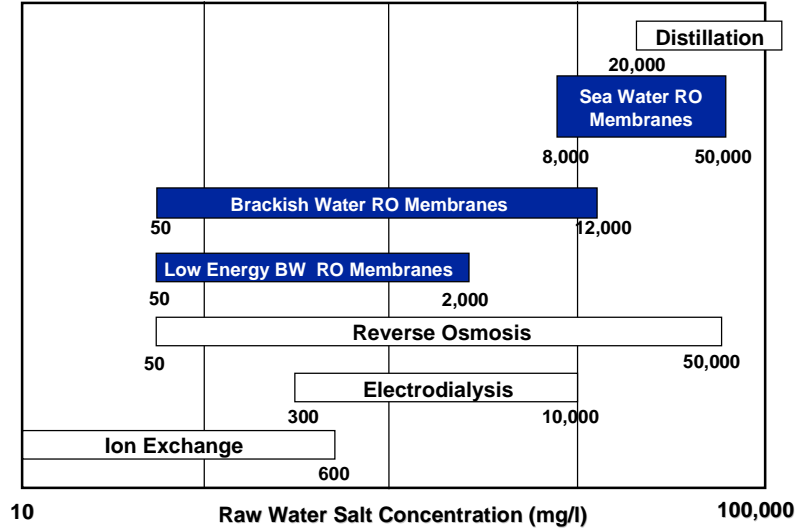
من المعروف على نطاق واسع أن تقنيات غشاء التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة التي تقدمها شركة FILMTEC™ توفر أفضل الحلول العملية المتاحة في الوقت الحالي من حيث الفعالية وأيضًا من الناحية الاقتصادية. وبدءًا من الأنظمة محدودة النطاق ومرورًا بالتحلية واسعة النطاق، ووصولاً إلى قدرة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة على التعامل مع المصادر الجارية الطبيعية للمياه قليلة الملوحة ومياه البحر. وتلبي المياه النقية الناتجة أغلب المعايير المعمول بها حاليًا فيما يخص جودة مياه الشرب.

ويمكن للتناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة تقليل تكاليف التجديد وكذلك النفايات الناتجة وذلك عند تطبيقهما بشكل منفصل كل على حدا، أو تطبيقهما سويًا أو ضمهما إلى العمليات الأخرى مثل التبادل الأيوني. كما يمكنهما أيضًا إنتاج مياه عالية الجودة، أو في حال تم اقترانهما مع عمليات التقطير الحراري عندئذ يمكن تحسين الاستفادة من استخدام الأصول في توليد الطاقة وإنتاج المياه حسب الطلب.

ويوضح الشكل 1-1 تمثيلًا تقريبيًا لنطاق الملوحة الذي يمكن عنده عادةً تطبيق عمليات التحلية الأساسية بصورة اقتصادية.

ويوضح الشكل 1-1 نطاق التشغيل الأكثر نموذجية لعمليات التحلية الأربعة الرئيسية. كما يوضح أيضًا نطاقات التشغيل النموذجية للعديد من أنواع أغشية FILMTEC الشاملة.

الشكل 1-1 عمليات التحلية الهامة

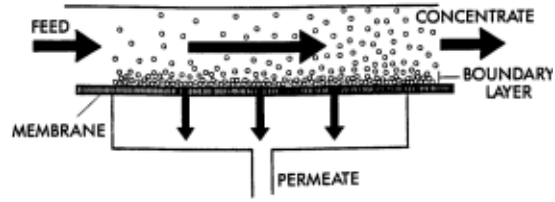


يمكن تصنيف تقنيات الترشيح المتعددة الموجودة حاليًا على أساس حجم الجسيمات التي تمت إزالتها من مجرى التلقيم. ويتحقق الترشيح الكلي للشوائب الصلبة من خلال تمرير محلول التغذية عبر وسيط الترشيح في اتجاه عمودي. ويمر المحلول بالكامل عبر وسيط الترشيح، مُخلفًا مسارًا واحدًا فقط للخروج. وتتضمن أمثلة أجهزة

الترشيح: المرشحات الخرطوشية والمرشحات الكيسية والمرشحات الرملية والمرشحات متعددة الوسائط. وبوجه عام تقتصر إمكانات الفصل الترشيح الكلي على الجسيمات غير الذائبة التي يتعدى حجمها واحد ميكرون.

ومن أجل التخلص من الجسيمات الصغيرة والأملاح الذائبة، يُستخدم الترشيح الغشائي بالسريان المتقاطع. ويستخدم الترشيح الغشائي بالسريان المتقاطع (انظر الشكل 1-2) مجرى التلقيم المضغوط والذي يتدفق بالتوازي مع سطح الغشاء. ويمر جزء من هذا المجرى عبر الغشاء، مخلقاً ورائه الجسيمات المنبوذة في الفضلات المتركزة في المجرى. وحيث أن هناك تدفقاً مستمراً عبر السطح الغشائي، فإن الجسيمات المنبوذة لا تتراكم، بل يجرفها التيار المائي الحاشد للنفائيات. وبالتالي يفصل مجرى التلقيم الواحد إلى مسارين للخروج: السائل المار عبر السطح الغشائي (النافذ المتخلل) وبقية التيار المائي الحاشد للنفائيات.

### الشكل 1-2 الترشيح الغشائي بالسريان المتقاطع



توجد أربع فئات عامة للترشيح الغشائي بالسريان المتقاطع ألا وهي: الترشيح بالانتشار الغشائي والترشيح فائق الدقة والترشيح المتناهي الدقة والتناضح العكسي.

### الترشيح بالانتشار الغشائي

يقوم الترشيح بالانتشار الغشائي بإزالة الجسيمات في نطاق يتراوح ما بين 0.1 إلى 1 ميكرون تقريباً. وبصورة عامة، يتم إزالة الجسيمات العالقة والجسيمات الغروانية الكبيرة ونبذها، في حين تمر الجزيئات الكبيرة والمواد الصلبة الذائبة عبر غشاء الترشيح بالانتشار الغشائي. وتتضمن التطبيقات إزالة البكتيريا أو المواد المتلبدة أو المواد الصلبة العالقة كلية. وعادةً ما يكون الضغط عبر الغشائي 10 رطل للبوصة المربعة (0.7 بار).

### الترشيح فائق الدقة

يوفر الترشيح فائق الدقة الفصل الجزيئي الكلي للجسيمات ضمن نطاق يتراوح ما بين 20 إلى 1,000 أنجستروم (حتى 0.1 ميكرون). وتمر جميع الأملاح الذائبة والجزيئات الأصغر عبر الغشاء. وتتضمن المواد التي يزيلها الغشاء الجسيمات المتلبدة والبروتينات والملوثات الحيوية الدقيقة والجزيئات العضوية الكبيرة. ويكون لأغلب

أغشية الترشيح فائق الدقة قيم للوزن الجزيئي تتراوح ما بين 1,000 و 100,000. كما يتراوح الضغط عبر الغشائي ما بين 15 إلى 100 رطل للبوصة المربعة (من 1 إلى 7 بار).

### الترشيح المتناهي الدقة

يشير الترشيح المتناهي الدقة إلى عملية غشائية متخصصة، حيث تطرد الجسيمات التي يُقدر حجمها بحوالي 1 نانومتر (10 أنجستروم)؛ ومن هنا أت المصطلح "الترشيح المتناهي الدقة". ويعمل الترشيح المتناهي الدقة في النطاق ما بين الترشيح فائق الدقة والتناضح العكسي. ويتم طرد الجزيئات العضوية التي تزيد أوزانها الجزيئية عن 200 - 400. وأيضاً يتم التخلص من الأملاح الذائبة ضمن نطاق يتراوح ما بين 20% إلى 98%. و يكون لدى الأملاح التي تحتوي على الأيونات السالبة أحادية التكافؤ (مثل كلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم) قدرة على الإزالة بنسبة تتراوح ما بين 20 إلى 80%، في حين أن الأملاح المحتوية على الأيونات السالبة ثنائية التكافؤ (مثل كبريتات المغنيسيوم) لها قدرة أعلى على الإزالة بنسبة تتراوح ما بين 90 إلى 98%. وتتضمن التطبيقات النموذجية إزالة اللون وكذلك الكربون العضوي الكلي من المياه السطحية وإزالة العُسر أو الراديوم من مياه الآبار والخفض الإجمالي لمجموع المواد الصلبة الذائبة وفصل المواد العضوية عن المواد غير العضوية خاصة في الصناعات الغذائية ومياه الصرف. ويتراوح الضغط عبر الغشائي ما بين 50 إلى 225 رطلاً للبوصة المربعة (من 3.5 إلى 16 بار).

### التناضح العكسي

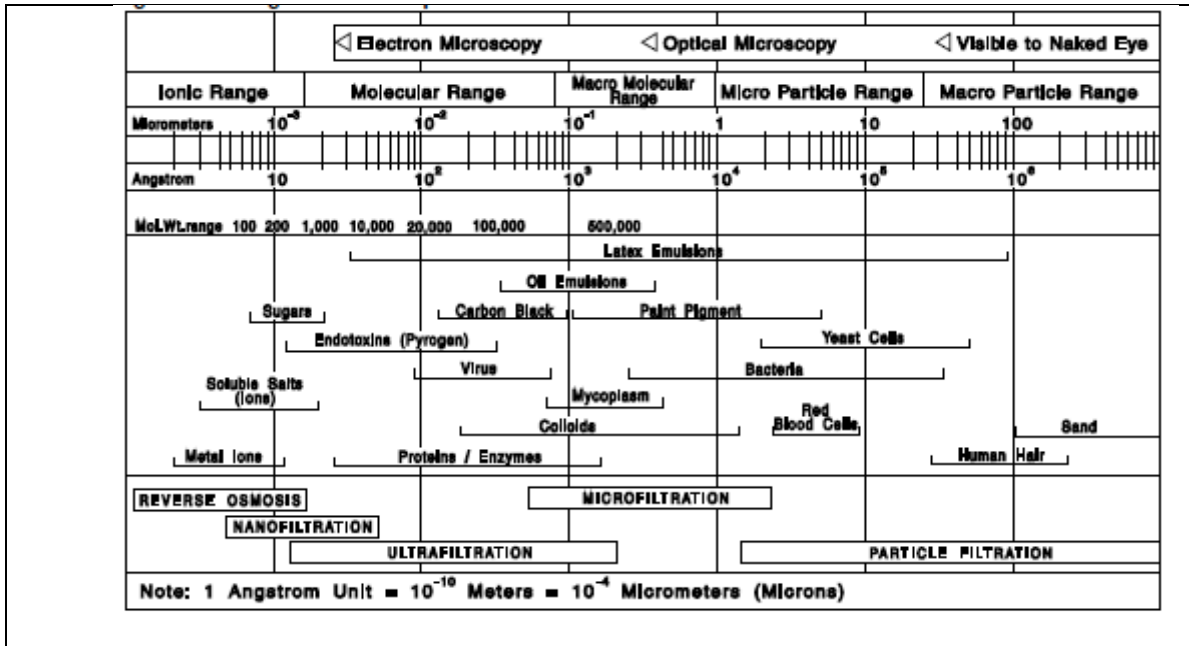
التناضح العكسي هو أدق مستويات الترشيح المتاحة. ذلك لأن غشاء التناضح العكسي يمثل حاجزاً لجميع الأملاح الذائبة والجزيئات غير العضوية، بالإضافة إلى الجزيئات العضوية التي يزيد وزنها الجزيئي عن حوالي 100 تقريباً. ومن ناحية أخرى، تمر جزيئات الماء بسهولة عبر الغشاء، مما يؤدي إلى إيجاد تدفق مائي نقي. وعادةً ما تتراوح نسبة إزالة الأملاح الذائبة من 95% إلى أكثر من 99%.

وتعد استخدامات التناضح العكسي متعددة ومتنوعة، وهي تشمل تحلية مياه البحر أو المياه قليلة الملوحة لأغراض مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف وتصنيع الأطعمة والمشروبات والفواصل الطبية الحيوية وتنقية مياه الشرب المنزلية ومياه العمليات الصناعية.

وأيضاً غالباً ما يُستخدم التناضح العكسي في إنتاج المياه فائقة النقاء لاستخدامها في صناعة أشباه الموصلات ومجال إنتاج الطاقة (مياه تغذية الغلايات) والاستخدامات الطبية/المعملية. ويلعب استخدام التناضح العكسي قبل التبادل الأيوني دوراً كبيراً في تخفيض تكاليف التشغيل وتواتر إعادة استرجاع نظام التبادل الأيوني. ويتراوح الضغط عبر الغشائي للتناضح العكسي ما بين 75 عيار رطل للبوصة المربعة للمياه متوسطة الملوحة إلى أكثر من 1,200 عيار رطل للبوصة المربعة (84 بار) لمياه البحر.

وفيما يلي توضيح للنطاق العادي لعمليات الترشيح.

الشكل 1-3 نطاقات عمليات الترشيح



### 1-3 مبدأ التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

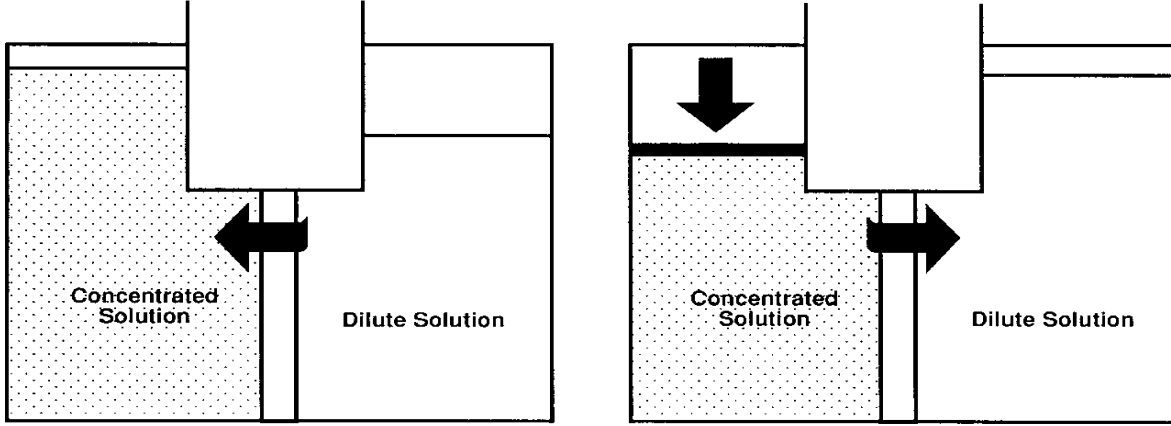
#### كيفية عمل التناضح العكسي

تحدث ظاهرة التناضح عندما تتدفق المياه النقية من محلول ملحي مخفف عبر غشاء إلى محلول ملحي أعلى تركيزاً.

ويوضح الشكل 1-4 ظاهرة التناضح؛ حيث يتم وضع غشاء شبه منفذ بين حجرتين. ويقصد بكون الغشاء "شبه منفذ" أنه منفذ لبعض العناصر وغير منفذ للبعض الآخر. وإذا افترضنا أن هذا الغشاء منفذ للمياه وغير منفذ للملح، ثم وضعنا محلولاً ملحيّاً في إحدى الحجرتين ومياه نقيّة في الحجرة الأخرى. عندئذ سيُسمح للغشاء للمياه بالنفاذ عبره إلى الجانب الآخر؛ غير أن الملح لا يمكنه المرور عبر الغشاء.



الشكل رقم 1-4 نظرة عامة على التناضح



التناضح

التناضح العكسي

تنتشر المياه عبر غشاء شبه منفذ ناحية المنطقة ذات التركيز العالي، من أجل معادلة قوة المحلول. ويكون الفارق في الارتفاع النهائي بين العمودين هو الضغط "التناضحي".

هو الضغط المنطبق بصورة زائدة على الضغط التناضحي، في الاتجاه المعاكس لتدفق المياه. ومن هنا تأتي التسمية "التناضح العكسي".

وكقاعدة أساسية للطبيعة، سيسعى هذا النظام إلى تحقيق التوازن والوصول إليه؛ أي أنه سيحاول الوصول إلى نفس التركيز على كلا جانبي الغشاء. والسبيل الوحيد المحتمل لبلوغ التوازن هو مرور المياه من قسم المياه النقية إلى القسم المحتوي على الملح، من أجل تخفيف المحلول الملحي.

ويتضح أيضًا من الشكل 1-4 أن التناضح قد يتسبب في زيادة نسبة ارتفاع المحلول الملحي. وسيزيد هذا الارتفاع حتى يصبح ضغط عمود المياه (محلول الملح) عاليًا جدًا بحيث توقف قوة عمود المياه تدفق المياه. ويُطلق على نقطة التوازن لارتفاع عمود المياه - من ناحية ضغط المياه على الغشاء - اسم "الضغط التناضحي".

وفي حال تم استخدام قوة ما على عمود المياه هذا، فيمكن أن ينعكس اتجاه تدفق المياه عبر الغشاء. وهذا هو الأساس لمصطلح التناضح العكسي. جدير بالذكر أن هذا التدفق العكسي ينتج مياه نظيفة عن المحلول الملحي، حيث إن الغشاء غير منفذ للأملاح.

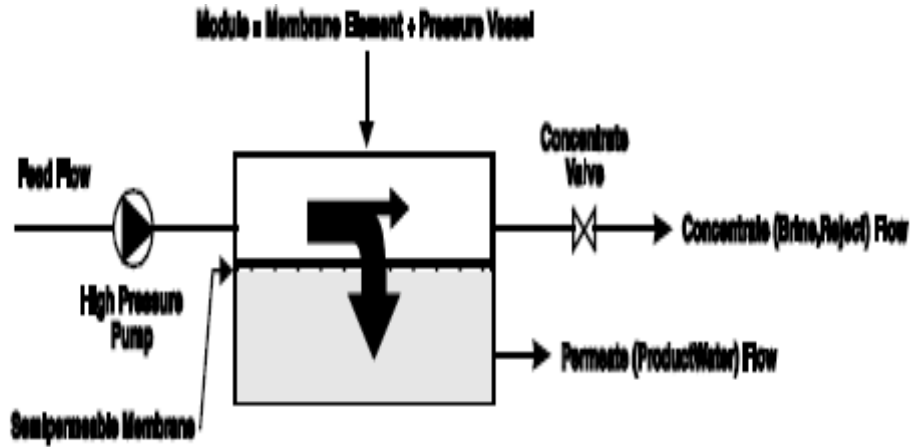
#### كيفية عمل الترشيح المتناهي الدقة

لا يعد غشاء الترشيح المتناهي الدقة حاجزاً كاملاً أمام الأملاح الذائبة. وتكون نفاذية الملح إما منخفضة أو مرتفعة تبعاً لنوع الملح ونوع الغشاء، فإذا كانت نفاذية الملح منخفضة، فقد يصبح الفرق في الضغط التناضحي بين القسمين عالياً كالتناضح العكسي. ومن الناحية الأخرى، فإن نفاذية الملح المرتفعة في الغشاء لا تسمح لتركيزات الملح في القسمين بالبقاء مختلفة إلى حد كبير. وبالتالي يلعب الضغط التناضحي دوراً ثانوياً في حال كانت نفاذية الملح مرتفعة.

#### كيفية استخدام التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة عملياً

وعملياً، يُستخدم كل من التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة كعملية ترشيح بالسريان المتقاطع. ويبسط الشكل 5-1 هذه العملية.

الشكل 5-1 عملية التناضح العكسي



وفي وجود مضخة عالية الضغط، يتم ضخ مياه التغذية باستمرار عند ضغط مرتفع حتى تصل إلى النظام الغشائي. وداخل النظام الغشائي، تنقسم مياه التغذية إلى مياه منخفضة الملوحة و/أو مياه نقية تسمى نافذة ومحلول ملحي عالي الملوحة أو مركز، يُطلق عليه اسم المادة المركزة أو الطاردة. ويقوم صمام تنظيم التدفق، والذي يُطلق عليه صمام التركيز بالتحكم في نسبة مياه التغذية التي تذهب إلى المجرى المائي الحاشد للنفايات وعندئذ يتم الحصول على المياه النقية النافذة من جهاز التلقين "التغذية".

وفيما يلي بيان بأهم المصطلحات المستخدمة في عملية التناضح العكسي/ الترشيح المتناهي الدقة.

الاسترجاع - هو نسبة مياه التغذية للنظام الغشائي التي تأتي من النظام كمياه منتجة أو "نافذة". ويعتمد تصميم النظام الغشائي إلى كمية مياه التغذية المتوقعة، ويتم تحديد عملية الاسترجاع عبر التعديل المبدئي للصمامات على المجرى المائي الحاشد للنفايات. وغالباً ما يُنبت الاسترجاع عند أعلى مستوى يزيد من التدفق النافذ وذلك أثناء منع ترسب الأملاح فوق المشبّعة داخل النظام الغشائي.

الطرء - هو نسبة تركيز المواد المذابة المزالة من مياه تغذية النظام عن طريق الغشاء. وفي التناضح العكسي، يكون للطرء العالي لإجمالي المواد الصلبة الذائبة أهميته، في حين أن المذابات ذات الأهمية في الترشيح المتناهي الدقة محددة، كالطرء المنخفض للعسر والطرء العالي للمواد العضوية.

المروء - هو العملية العكسية "للطرء"، حيث يمثل نسبة المكونات الذائبة (الملوثة) في مياه التغذية المسموح لها بالمروء عبر الغشاء.

المياه الراشحة - هي المياه المنتجة النقية عن طريق النظام الغشائي.

التدفق - تدفق التغذية هو معدل مياه التغذية الواصلة إلى العنصر الغشائي أو النظام الغشائي، وغالبًا ما يُقاس بالغالون لكل دقيقة أو بالمتري المكعب في الساعة. ويكون التدفق المادة المركزة هو معدل التدفق لمياه التغذية غير النافذة والتي تخرج من العنصر الغشائي أو النظام الغشائي. وتحتوي هذه المادة المركزة على معظم المكونات الذائبة المحمولة بالأساس إلى العنصر أو النظام من مصدر التغذية. وعادةً ما يُقاس بالغالون لكل دقيقة أو بالمتري المكعب في الساعة.

الفيض - هو معدل المياه النافذة المنقولة لكل وحدة من وحدات المساحة الغشائية، وعادةً ما يُقاس بالغالون لكل قدم مربع يوميًا أو باللتر لكل متر مكعب في الساعة.

العوامل المؤثرة على أداء التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

يعد كل من الفيض النافذ وطرء الملح معايير أساسية لأداء عملية التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة. وفي ظل الظروف المرجعية المحددة، يعتبر كل من الفيض والطرء خصائص ذاتية للأداء الغشائي. وفي الواقع يتأثر كل من الفيض والطرء في النظام الغشائي بالمعايير المتغيرة والتي تشمل:

- الضغط
- درجة الحرارة
- الاسترجاع
- التركيز الملحي لمياه التغذية

ونشير الرسومات التوضيحية التالية إلى تأثير كل من هذه المعايير عند ثبات المعايير الثلاثة الأخرى. ومن الناحية العملية، فإنه عادةً ما يكون هناك تداخلًا لاثنتين أو أكثر من التأثيرات. وتعد الأشكال 1-6 و 1-7 و 1-8 و 1-9 أمثلة نوعية على أداء التناضح العكسي. ويمكن فهم المهام باستخدام نموذج انتشار المحلول الموضح تفصيلًا في [القسم الفرعي 3-11-2](#). وفي الترشيح المتناهي الدقة، يقل اعتماد طرد الملح على الظروف التشغيلية.

وهناك العديد من العوامل الرئيسية التي لا ينبغي تجاهلها، حيث أنها لا تُلاحظ بشكل مباشر في الأداء الغشائي. وأهم تلك العوامل صيانة المحطة وتشغيلها، بالإضافة إلى التصميم المناسب لما قبل المعالجة. ويعد الاهتمام بهذه "المعايير" الثلاث -والتي لها بالغ الأثر على أداء نظام التناضح العكسي- ضرورة لكل شركة من شركات تصنيع المعدات الأصلية وكذلك المستخدم النهائي لهذا النظام.

### الضغط

وفي ظل زيادة ضغط التغذية الفعال، تتخفض المواد الصلبة الذائبة الكلية النافذة بينما تزيد نسبة الفيض النافذ كما هو موضح في الشكل 1-6.

### درجة الحرارة

في حال زيادة درجة الحرارة وثبات كافة معاملات المعايير الأخرى، سيزيد الفيض النافذ كما سيزيد مرور الملح (انظر الشكل 1-7).

### الاسترجاع

الاسترجاع هو نسبة التدفق النافذ إلى تدفق التغذية. وفي حال زيادة الاسترجاع، سينخفض الفيض النافذ ويتوقف، وذلك إذا بلغ التركيز الملحي قيمة يكون عندها الضغط التناضحي للتركيز عاليًا كضغط التغذية المستخدم. وسينخفض طرد الملح مع زيادة نسبة الاسترجاع (انظر الشكل 1-8).

### التركيز الملحي لمياه التغذية

يوضح الشكل 1-9 أثر التركيز الملحي لمياه التغذية على الفيض النافذ وطرد الأملاح.

Figure 1.6 Performance vs. pressure

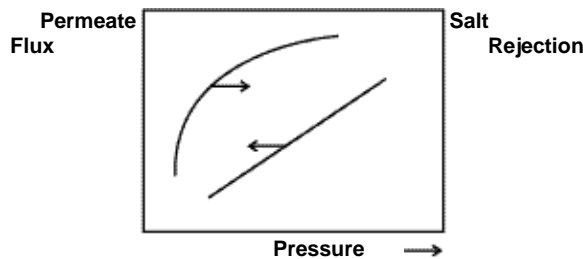
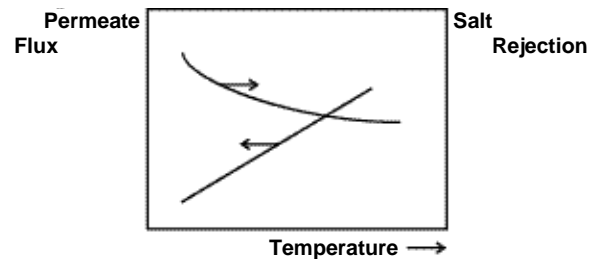
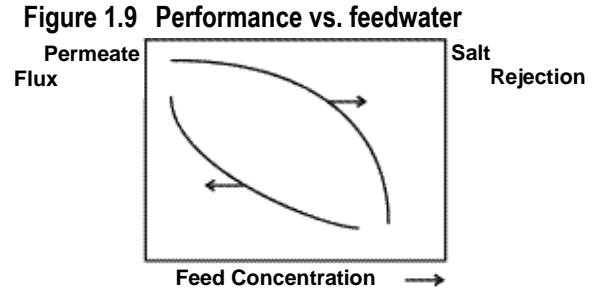
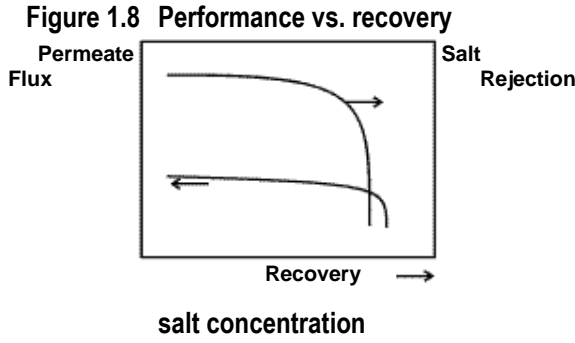


Figure 1.7 Performance vs. Temp





يوضح الجدول 1-1 ملخصًا للعوامل المؤثرة على أداء التناضح العكسي لدى المحطة

الجدول 1-1 العوامل المؤثرة على أداء التناضح العكسي

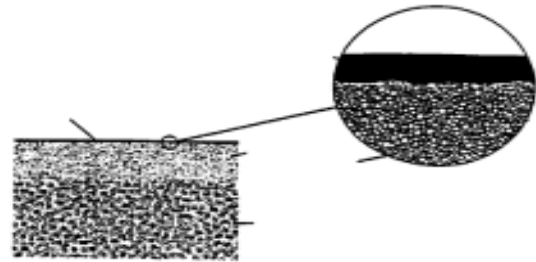
Increasing	Permeate Flow	Salt Passage
Effective pressure	↑	↓
Temperature	↑	↑
Recovery	↓	↑
Feed salt correction	↓	↑

Increasing ↑ Decreasing ↓

#### 4-1 وصف الغشاء

غشاء FILMTECTM هو غشاء مركب رقيق يتكون من ثلاث طبقات: شبكة دعم من البوليستر، وطبقة بيئية من بولي سلفون دقيقة المسام، وطبقة حاجز متعدد الأميد فائقة الرقة أعلى السطح. ويتم إعداد كل طبقة وفق متطلبات محددة. ويوضح الشكل 10-1 رسمًا بيانيًا تخطيطيًا للأغشية.

الشكل 10-1 مقطع مستعرض تخطيطي من غشاء تصنيعي رقيق من نوع FILMTEC.

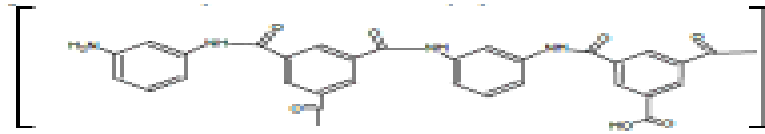


متعدد الأميد، ومتعدد سلفون دقيق المسام، وشبكة دعم من البوليستر وطبقة حاجزة فائقة الدقة 0.2 ميكرو متر، و 40 ميكرو متر و 120 ميكرو متر.

تقوم FILMTEC بإنتاج نوعين مختلفين من أغشية متعدد الأميد لاستخدامها في تنقية المياه. الغشاء الأول هو FT30 متعدد أميد أروماتي ويستخدم في جميع أغشية FILMTEC ذات التناضح العكسي وأغشية NF90 ذات الترشيح المتناهي الدقة المعدة والتي منحت براءة اختراعها لجون كادوتي في عام 1969. بينما النوع الثاني هو متعدد أمين أروماتي وأليفاتي مختلط يستخدم في جميع أغشية الترشيح المتناهي الدقة وقام بتطويره في الأصل جون كادوتي في FILMTEC. وقد أدت ثلاثون عامًا من الابتكارات الكثيرة في FILMTEC إلى أكبر مجموعة من أغشية الترشيح المتناهي الدقة وأغشية التناضح العكسي في المجال. تغطي أغشية FILMTEC نطاق أداء فيض يتراوح ما بين 0.04 إلى 0.55 غالون لكل قدم مربع في اليوم/رطل على البوصة المربعة (1 إلى 14 لتر/متر مربع في الساعة بار) ويتم تغطية تباين الطي بمقدار 14 في نفاذية المياه بنوعين من متعدد الأميد بجانب تغييرات بسيطة في التركيب وتغييرات كبيرة في محتوى مياه الغشاء: غشاء FT30 الأروماتي وغشاء الترشيح المتناهي الدقة الأليفاتي/الأروماتي. ويشار أحيانًا إلى النوع الأخير باسم غشاء متعدد البييرازين.

الشكل 1-11 يمثل الهيكل التقريبي لغشاء متعدد الأميد الأروماتي FT-30. ويظهر فيه وجود كل من مجموعتي النهاية الأمين والكاربوكسيل.

الشكل 1-11 طبقة حاجزة من غشاء FT30 الأروماتي متعدد الأميد



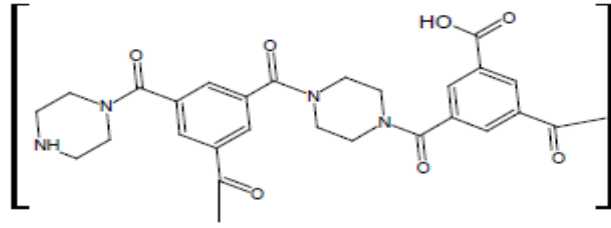
الكاربوكسيلات

أمين حر

غشاء FT-30 هو غشاء أروماتي متعدد الأميد مصنوع من 1,3 فينيل ثنائي الأمين وكلوريد حمض البنزين الثلاثي وهو نوع من البوليمرات التي تتسم بمقاومتها الكيميائية الكبيرة والقوية تركيبًا بشكل ملحوظ حيث يحتوي على حمض كربوكسيلي وأمينات حرة (غير متفاعلة) على مختلف المستويات وأهله استقراره الكيميائي العالي ليكون أكثر المواد الغشائية المتوفرة تحملاً وسهولة في التنظيف.

يظهر الهيكل التقريبي لمعظم أغشية FILMTEC ذات الترشيح المتناهي الدقة في الشكل 1-12. وهو يمثل متعدد أميد أروماتي/أليفاتي مع المجموعتين النهائييتين الأمين والكاربوكسيل.

الشكل 1-12 طبقة حاجزة من غشاء الترشيح المتناهي الدقة الأروماتي/الأليفاتي متعدد الأمين.



الكاربوكسييلات

أمين حر

ويسبب وجود العناصر الإضافية غير الأساسية وثوابت الانحلال المختلفة للبيرازين الموجود في هذا البوليمر، استطعنا الحصول على سلسلة أكبر سواء من الأملاح أحادية التكافؤ أو ثنائية التكافؤ من خلال هذا البوليمر. وقد أتاح لنا هذا تصميم سلسلة كبيرة من أغشية الترشيح المتناهي الدقة ذات الانتقائية الملحية المتفاوتة لعمليات الفصل المختلفة.

وتوفر الشبكة غير المجذولة الدعم الهيكلي الرئيسي والتي تم صقلها لنتج سطحًا أملسًا صلبًا خاليًا من الألياف السائبة اللينة. وحيث أن نسيج البوليمر غير منظم بالمرّة ومسامي يوفر قوامًا مناسبًا للطبقة الحاجزة للملح، فإنه يتم صب طبقة دقيقة المسام من البلاستيك الهندسي (متعدد السلفون) على سطح الشبكة النسيجية.

ويلاحظ بأن طبقة الغشائية لبولي سلفران بها مسام سطحية تم ضبط قطرها بحيث يكون 150 أنجستروم تقريبًا. ويمكن للطبقة الحاجزة، بسلك 2,000 أنجستروم تقريبًا، تحمل الضغط العالي بسبب الدعم الذي توفره طبقة متعدد السلفون. وقد تم تحسين تركيبة نسيج البوليمر وطبقة بولي سلفران لمقاومة النفاذية العالية للمياه في الضغط العالي.

تتسم الطبقة الحاجزة بالكثافة النسبية؛ مما يجعل أغشية FILMTEC مقاومة للغاية للضغوط الميكانيكية والتحلل الكيميائي.

## 1-5 أداء الغشاء

توفر أغشية FILMTEC التركيبية الرقيقة أداءً متميزًا لعدد كبير من التطبيقات بما في ذلك استخدام ماء الصنبور منخفض الضغط وتحلية مياه البحر وتحلية الماء متوسطة الملوحة والمعالجة الكيميائية ومعالجة النفايات. ويقدم هذا الغشاء أداءً رائعًا فيما يخص كلا من التدفق والملح وطرده المواد العضوية والمقاومة الحيوية الدقيقة. ويمكن لمكونات FILMTEC العمل في ظل معدل حموضة يزيد عن 2 إلى 11 كما أنها مقاومة للانضغاط ومناسبة لدرجات الحرارة التي تصل إلى 45 درجة مئوية. كما يمكن تنظيفها بفعالية عند

درجة حموضة 1 ودرجة حموضة 13. ويظل أداؤها ثابتًا على مدى أعوام عديدة حتى في ظل ظروف العمل القاسية.

ويُظهر الغشاء بعض المقاومة للهجوم قصير الأجل للكlor (هيبوكlorيت). إن معدل تحمل الكلور الحر للغشاء > 0.1 جزء في المليون. إلا أن التعرض المتواصل للكlor قد ينتج عنه تلف الغشاء ويُصح بتجنب ذلك. وفي ظل ظروف معينة، يتسبب وجود الكلور الحر وغيره من العوامل المؤكسدة إلى التلف المبكر للغشاء. وحيث أن الضمان لا يشمل التلف بالأكسدة فإن FILMTEC توصي بإزالة الكلور الحر المترسب وذلك عن طريق المعالجة التحضيرية قبل تعرض الغشاء للكlor. يرجى الرجوع إلى [القسم الفرعي 2-6-3](#) لمزيد من المعلومات.

إن أهم المعاملات التي يتميز بها أداء الغشاء هي نفاذية المياه ونفاذية المواد المذابة. ويتمتع الغشاء ذو التناضح العكسي المثالي بنفاذية عالية للمياه ونفاذية صفرية للمواد المذابة. كما يتسم غشاء الترشيح المتناهي الدقة المثالي بنفاذية عالية للغاية للمياه إلا أن النفاذية المثالية للمواد المذابة قد تكون صفرًا أو قيمة موجبة، ويتوقف ذلك على نوع المذاب وطريقة الاستخدام، على سبيل المثال النفاذية الصفرية للمبيدات الحشرية ونفاذية 50% لأيونات الكالسيوم.

وعادةً ما يتم تصميم أنظمة الغشاء وتشغيلها عند متوسط تدفق ثابت، انظر [القسم 3](#)، تصميم نظام الغشاء. تتطلب الأغشية ذات النفاذية العالية للمياه ضغط تغذية منخفض ومن ثم طاقة منخفضة للتشغيل عند تدفق معين. ويعطينا الجدول 1-2 مقارنة بين أداء الأغشية المختلفة استنادًا إلى تدفق معين على النحو الذي تتم مواجهته عادة في أنظمة الأغشية.

الجدول 1-2 أداء بعض أغشية FILMTEC

	SW30HR	BW30	XLE	NF270
Feed pressure (psi)	370	150	70	50
Feed pressure (bar)	25	10	5	3.5
<b>Rejection (%)</b>				
Sodium chloride NaCl	99.7	99.4	98.6	80
Calcium chloride CaCl <sub>2</sub>	99.8	99.4	98.8	50
Magnesium sulfate MgSO <sub>4</sub>	99.9	99.7	99.2	99.3

عند 18 قدم مربع في اليوم (30 لتر/المتر المربع في الساعة)، 2,000 مللي غرام/لتر من تركيز المادة المذابة، 25 درجة مئوية، درجة الحموضة 7-8، 10% استعادة لكل عنصر 40 بوصة.

وكقاعدة عامة، تتمتع الأغشية التي تتسم بنفاذية عالية للمياه (ضغط تغذية منخفض) بنفاذية عالية للمذاب مقارنة بالأغشية التي تتسم بنفاذية منخفضة للمياه. وتقل نفاذية المذابات (زيادة الطرد) بزيادة كل من:

- درجة الانحلال: يتم طرد الأحماض الضعيفة، مثل حمض اللكتيك، بصورة أفضل عند درجات

الحموضة العالية عندما تكون درجة الانحلال مرتفعة.



- الشحنة الأيونية: بمعنى أن الأيونات ثنائية التكافؤ يتم طردها بصورة أفضل من الأيونات أحادية التكافؤ.
- الوزن الجزيئي: يتم طرد الأنواع ذات الوزن الجزيئي المرتفع بشكل أفضل.
- انعدام القطبية: يتم طرد المواد الأقل قطبية بشكل أفضل.
- درجة الإمهاء: الأنواع عالية الإمهاء مثل الكلوريد يتم طردها بصورة أفضل من الأنواع الأقل إمهاء مثل النترات.
- درجة التفرع الجزيئي: مثل الأيسوبروبانول الذي يتم طرده بشكل أفضل من إن - بروبانول.

## 6-1 غشاء FILMTEC آمن في معالجة الأطعمة

وفقاً لأحكام الإضافات الغذائية الخاصة بالقانون الفيدرالي للأغذية والأدوية ومستحضرات التجميل، فإن أسطح التلامس للمكونات المستخدمة في إنتاج الأغذية بما في ذلك المياه، يجب أن تخضع للوائح والتنظيمات التي حددتها إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية بغرض الحصول على موافقة بالاستخدام الآمن. وبموجب التزامها طويل الأمد بالجودة، فقد تم تقديم طلبات إلى إدارة الأدوية والأغذية الأمريكية بشأن غشاء FILMTEC™ FT30 ذو التناضح العكسي وجميع أغشية الترشيح المتناهي الدقة من FILMTEC لتقييمهم وأخذ الموافقة عليهم.

يتسم إجراء اعتماد إدارة الأغذية والأدوية بالدقة والصرامة. حيث يتم أولاً تقديم طلب اعتماد إضافة غذائية إلى إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية. ويتضمن هذا الطلب معلومات حول الهوية الكيميائية والتركيب الكيميائي للمكون وخصائصه المادية والكيميائية والحيوية. كما يلزم مقدم الطلب وصف الاستخدام المقترح للمكون بما في ذلك جميع التوجيهات والتوصيات والاقتراحات. ويجب تضمين البيانات التي تثبت أن المكون سيكون له الأثر المرجو عند استخدامه على هذا النحو. فضلاً عن ذلك، يجب أن توضح البيانات التجريبية الحد الذي يؤثر من خلاله المكون بصورة مباشرة أو غير مباشرة على سلامة الأطعمة التي تتلامس معها. ويجب أن يحل الطلب في النهاية التأثير الكيميائي لعملية التصنيع والاستخدام النهائي للمكون.

وتعكف إدارة الأطعمة والأغذية الأمريكية على تقييم الطلب فيما يتعلق بالخصائص الحيوية الدقيقة للمكون والسلامة المثبتة للاستخدام المقترح. كما يتم تقييم البيانات والطرق التجريبية من أجل الوفاء بالمراد والمصادقية. وكتوجيه لهذا التقييم، تستخدم إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية المبادئ والإجراءات الخاصة للتأسيس لسلامة الإضافات الغذائية المذكورة في المنشورات الحالية للأكاديمية الوطنية للعلوم - مجلس الوطني للأبحاث.

ولقد حصلت أغشية التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة على تصريح من إدارة الأغذية والأطعمة الأمريكية لاستخدامها في معالجة الأطعمة السائلة وفي تنقية المياه للاستخدامات الغذائية. وقد تم نشر هذا التصريح في قانون اللوائح الفيدرالية تحت العنوان 21، القسم الفرعي 177-2550، أغشية التناضح العكسي. وتمتثل أغشية FT30 ذات التناضح العكسي بالإضافة إلى أغشية الترشيح المتناهي الدقة لهذا اللائحة.

## 7-1 تركيب العنصر

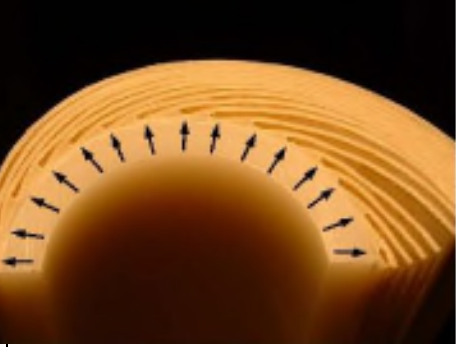
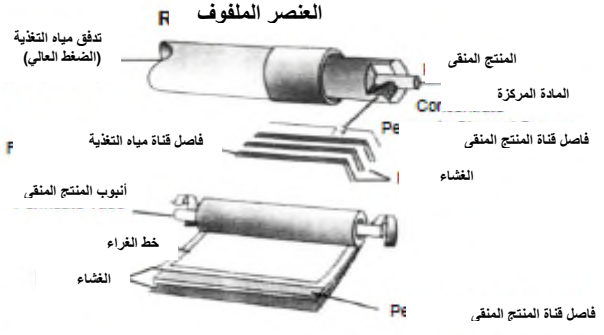
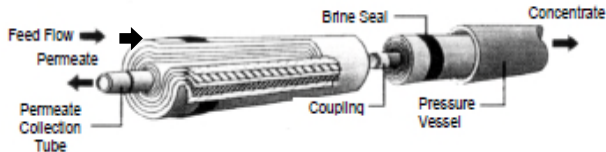
أغشية FILMTEC هي أغشية تركيبية رقيقة معبأة في صورة تشكيلات ملفات لولبية حلزونية. وتوفر تصميمات الملف اللولبي العديد من المزايا مقارنة بتصميمات الوحدات الأخرى مثل تصميم الوحدات الأنبوبية واللوحية والإطارية والألياف المجوفة لمعظم تطبيقات التناضح العكسي في معالجة المياه. وعادة ما يوفر تشكيل الملف اللولبي تكاليف استبدال منخفضة وأنظمة أبسط لأنابيب المياه والصرف وصيانة أسهل وحرية أكبر في التصميم من التشكيلات الأخرى مما يجعله الضابط والمعياري الصناعي لأغشية التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة في معالجة المياه.

ويوضح الشكل 1-13 رسم بيانياً تخطيطياً لتركيب المكون الغشائي من FILMTEC ذو الملف اللولبي بالإضافة إلى تشبيته في وعاء ضغط. ويحتوي مكون FILMTEC على ما بين 1 إلى أكثر من 30 ورقة غشائية حسب قطر العنصر ونوعه. وباستخدام عملية التصنيع الأوتوماتيكية الفريدة من FILMTEC، تصبح كل ورقة مؤلفة من لوحين غشائيين ملصقين سوياً جنباً إلى جنب مع فاصل يتخللهما. وينتج عن العملية الأوتوماتيكية من FILMTEC خطوط غروية متسقة متساوية يبلغ عرض الواحد منها 1.5 بوصة تقريباً (4 سم) والتي تسد الجانب الداخلي (المُنْفَذ) من الورقة المواجه للجزء الخارجي (تغذية/تركيز). كما أنه يوجد خط غروي جانبي في نهاية التغذية وفي نهاية التركيز للعنصر، وخط غروي نهائي عند القطر الخارجي للعنصر. ويتصل الجانب المفتوح من الورقة بالجزء المركزي (وفي نفس الوقت مسدود في مواجهته) المثقوب من أنبوب المياه المنتجة الذي يجمع الماء النافذ من جميع الألواح الورقية. وتلتف الألواح مع ورقة من أوراق فاصل التغذية بينهما مما يوفر قناة للتغذية وتدفق التركيز. وأثناء العمل، تدخل مياه التغذية إلى سطح العنصر عبر قنوات فصل التغذية وتخرج من النهاية المقابلة في صورة مركزة. وينفذ جزء من مياه التغذية - عادة ما بين 10 إلى 20% - خلال الغشاء إلى الألواح ويخرج عبر أنبوب المياه الناتجة النقية.

عند استخدام العناصر لمعدلات إنتاج ذات نفاذية مرتفعة، يعمل انخفاض الضغط لتدفق النفاذية داخل الألواح على تقليل كفاءة العنصر. ومن ثم تم تحسين عناصر FILMTEC بعدد أكبر من ألواح الأغشية الأقصر ويخطوط غروية رقيقة متسقة ومتساوية. كما يحسن تركيب عنصر FILMTEC مساحة الأغشية الفعالة الحقيقية (المساحة داخل الخطوط الغروية) وسماكة فاصل التغذية. ويتم تعزيز إنتاجية العنصر من خلال المساحة الفعالة الكبيرة بينما يعمل فاصل التغذية السميك على الحد من الاتساخ وزيادة فرص نجاح التنظيف. ولا يمكن تحقيق هذه الدقة في تصنيع العنصر إلا باستخدام معدات تصنيع آلية دقيقة ومتقدمة. ويظهر قطاع عرضي من أنبوب مياه النفاذ مع الألواح المرفقة في الشكل 1-14.

جدير بالذكر أنه في أنظمة الأغشية توضع العناصر في سلسلة داخل وعاء ضغط. ويصبح تركيز العنصر الأول هو تغذية العنصر التالي وهكذا. ويتم توصيل أنابيب النفاذ بالموصلات الداخلية (يطلق

عليها القارنات أو الوصلات كذلك) ويعمل النفاذ الإجمالي المشترك على خروج وعاء الضغط من أحد جانبي (أحيانا من كلا جانبي) الوعاء.

<p>الشكل 1-14 قطاع عرضي لأنبوب مياه النفاذ عبر خطوط الغراء الجانب للألواح (تشير الأسهم إلى التبايدات المساوية للألواح)</p>	<p>الشكل 1-13 تركيب ملف لولبي عنصر غشاء FILMTEC RO</p>
	
	

## 8-1 خصائص العنصر

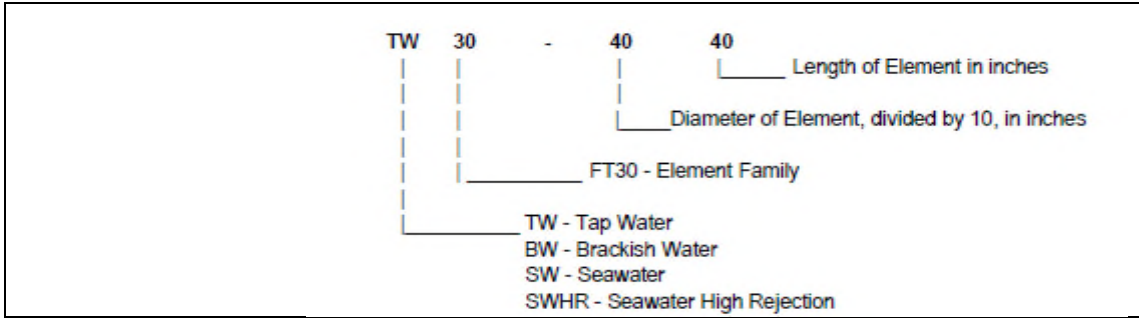
تغطي عناصر FILMTEC ومكوناته سلسلة كبيرة من التطبيقات؛ ويمكن تمييزها حسب نوع الغشاء والغلاف الخارجي والحجم والأداء. وتوفر مجموعة المصطلحات الفنية لعناصر FILMTEC ومكوناته بعض هذه المعلومات.

### مجموعة المصطلحات الفنية

يتم تسمية العناصر والمكونات التي يكون قطرها أقل من 8 بوصات بحسب ما ورد في الجدول 1-3. يشير الجزء الأول من الاسم إلى الغشاء واستخدامه الاعتيادي مثل BW30 وهو غشاء FT30 يستخدم لتحلية الماء متوسطة الملوحة. بينما يشير الجزء الثاني من الاسم إلى حجم العنصر مثل 2540 وهو عنصر بقطر 2.5 بوصة وطول 40 بوصة.

### الجدول 1-3 تسمية العناصر والمكونات التي قطرها أقل من 8 بوصات

تسميات عناصر FILMTEC ومكوناته هي على سبيل المثال كما يلي:



تكون العناصر ذات الثماني بوصات دائماً بقطر 8 بوصة و 40 بوصة طولاً. ويتم تسميتها وفقاً لمساحة الغشاء الفعالة الحقيقية بالمتري المربع، على سبيل المثال يتمتع عنصر BW30-400 بمساحة فعالة تبلغ 400 قدم مربع.

ولبعض العناصر لواحق في اسمها مثل FF أو FR وهي وترمز هذه إلى عنصر خاص أو إلى خصائص الغشاء:

FR: مقاوم للتآكل والتلوث

FF: متناسب كلياً (يؤدي الغرض المنوط به)

## الغشاء

تُستخدم أنواع الأغشية التالية مع عناصر FILMTEC:

- NF270 - وهو عبارة عن غشاء ترشيح المتناهي الدقة عالي الإنتاج للتخلص من المواد العضوية من خلال وسط ملحي والمرور بعملية عسر الماء.
- NF200 - وهو عبارة عن غشاء ترشيح المتناهي الدقة للنسب العالية من مادة الأترالين وطرد الكربون العضوي الإجمالي من خلال تمريره في وسط به كالسيوم
- NF90 - وهو عبارة عن غشاء ترشيح المتناهي الدقة يُستخدم للتخلص من 90% من الملح وكميات كبيرة من الحديد والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والكربون العضوي الإجمالي.
- NF - وهو عبارة عن غشاء ترشيح المتناهي الدقة يدخل في الاستخدامات غير المائية.
- TW30 - وهو عبارة عن غشاء FT30 يتسم بالفاعلية في إخراج المياه المالحة ويُستخدم بشكل تقليدي في التناضح العكسي لمياه الصنبور
- TW30LP - وهو عبارة عن إصدار "ذو ضغط منخفض" من الغشاء TW30
- BW30 - وهو عبارة عن غشاء FT30 يتسم بالفاعلية في إخراج المياه المالحة ويستخدم في التناضح العكسي للمياه المالحة
- RO - وهو عبارة عن غشاء تناضح عكسي ويستخدم في المكونات التي تؤدي الغرض كاملاً فيما يخص الاستخدامات المرافقة الصحية.
- HSRO - وهو عبارة عن إصدار قابل للتعقيم الحراري من إصدارات غشاء التناضح العكسي ويستخدم في المكونات التي تؤدي الغرض كاملاً
- TW30LP - وهو عبارة عن إصدار "منخفض الطاقة" من الغشاء TW30
- SG30 - وهو عبارة عن شبه موصل للغشاء ذو الدرجة FT30 ويُستخدم في التناضح العكسي للمياه فائقة النقاء
- SG30LE - وهو عبارة عن إصدار منخفض الطاقة من الغشاء SG30
- XLE - وهو عبارة عن غشاء تناضح عكسي يُستخدم في التناضح العكسي للمياه المالحة ذات الضغط المنخفض.
- SW30 - وهو عبارة عن غشاء تناضح عكسي يُستخدم في الغالب في عملية التناضح العكسي للمياه ذات الملوحة المنخفضة أو مياه البحار الباردة وفي التناضح العكسي للمياه متوسطة الملوحة.
- SW30HR - وهو عبارة عن غشاء تناضح عكسي يتسم بالفاعلية في طرد الملح ويُستخدم غالباً في تحلية مياه البحار ذات المسار الواحد.

- SW30HRLE - وهو عبارة عن غشاء تناضح عكسي يتسم بالفاعلية في طرد الملح ويُستخدم غالبًا في تحلية مياه البحار باستخدام قدر ضئيل من الطاقة.
- SW30XLE - وهو عبارة عن غشاء يُستخدم في تحلية مياه البحار من خلال استهلاك قدر ضئيل جدًا من الطاقة.

### حجم المكون

الطول القياسي للمكون الغشائي هو 40 بوصة (1,016 ملم). وهناك مكونات أقل في الطول تتناسب مع الأنظمة الصغيرة والمدمجة مثل المكونات التي يتراوح طولها 14 بوصة (356 ملم) و 21 بوصة (533 ملم).

يبلغ طول مكونات أغشية التناضح العكسي لتنقية مياه الشرب المنزلية 12 بوصة بينما يبلغ قطرها 1.8 بوصة لتتناسب مع أعطية الهوية الشكلية التي يبلغ طولها 2 بوصة.

إن القطر القياسي لعوامل FILMTEC هو 2.5 و 4 و 8 بوصة (61-99-201 ملم). يتم قياس حجم هذه العناصر بما يتناسب مع أنابيب الضغط التي يبلغ قطرها 2.5 و 4 و 8 بوصة على التوالي.

### الغلاف الخارجي للمكون

إن الغلاف الخارجي لمكونات FILMTEC عبارة عن إما شريط ربط أو ألياف زجاجية أو شبكة من مادة البولي بروبيلين. ولقد تم تغليف مكونات غشاء التناضح العكسي لتنقية مياه الصنبور ومياه الشرب بشريط ربط وكذلك جميع المكونات والعناصر الأخرى باستثناء المكونات التي تؤدي الغرض كاملاً حيث يتم تغليفها بالألياف الزجاجية. وتزيد مادة الألياف الزجاجية من القوة المادية للمكون بحيث يتحمل العمل والتشغيل في ظل ظروف قاسية. وتتمتع المكونات التي تؤدي الغرض كاملاً بممر جانبي مخصص للعمل على تقليل المناطق الراكدة أثناء التشغيل. وتعد هذه العناصر مثالية للاستخدامات التي تحتاج إلى تصميم صحي.

### أداء المكونات

أداء مكونات FILMTEC مذكور في نشرات البيانات الخاصة بمعلومات المنتج ذات الصلة. ويلخص الجدول 1.4 الأحجام المتوفرة ونطاق أداء التدفق الخاص بها.

الجدول 1-4: أنواع مكونات FILMTEC

Element type	Diameter (inch)	Permeate flow <sup>1</sup> at standard test conditions		Maximum operating pressure	
		(GPD)	(l/h)	(bar)	(PSI)
NF270	2.5, 4, 8	850 - 14,700	134 - 2,300	41	600
NF200	2.5, 4, 8	460 - 8,000	73 - 1,260	41	600
NF90	2.5, 4, 8	525 - 10,300	83 - 1,620	41	600
TW30	1.8	24 - 100	3.8 - 16	21	300
TW30, TW30HP	2, 2.5, 4	100 - 3,200	16 - 500	41	600
BW30	2.5, 4, 8	750 - 10,500	120 - 1,660	41	600
BW30LE	4, 8	2,000 - 11,500	320 - 1,830	41	600
XLE	2.5, 4, 8	330 - 13,000	52 - 2,040	41	600
SW30	2.5, 4	150 - 1,950	24 - 300	69	1,000
SW30HR	8	6,000	950	84	1,200
SW30HRLE	8	7,500	1,200	84	1,200
SW30XLE	8	9,000	1,400	69	1,200

<sup>1</sup> يختلف تبعاً للأبعاد المختلفة للمكونات وظروف الاختبار والفحص.

تختلف الظروف القياسية للمكون وفقاً لنوع الغشاء. ويقدم الجدول 1.5 ملخصاً عن حالات الفحص التي تستخدم في تحديد أداء مكونات FILMTEC.

الجدول 1-5: حالات الفحص القياسية لعناصر FILMTEC

Element type	Feedwater	Temperature	psi	bar	pH	Recovery	Test time
NF200 NF270 NF90	MgSO <sub>4</sub> , 2,000 ppm	77°F (25°C)	70	4.8	8	15%	20 min.
NF200 NF270	CaCl <sub>2</sub> , 500 ppm	77°F (25°C)	70	4.8	8	15%	20 min.
NF90	NaCl, 2,000 ppm	77°F (25°C)	70	4.8	8	15%	20 min.
LPTW	Tapwater, 250 ppm	77°F (25°C)	50	3.45	8	15%	20 min.
BW30LE	NaCl, 2,000 ppm	77°F (25°C)	150	10.3	8	15%	20 min.
XLE	NaCl, 500 ppm	77°F (25°C)	100	6.9	8	15%	20 min.
TW30 BW30	NaCl, 2,000 ppm	77°F (25°C)	225	15.5	8	15%	20 min.
SW30	NaCl, 32,000 ppm	77°F (25°C)	800	55	8	10%†	20 min.
SW30HR	NaCl, 32,000 ppm	77°F (25°C)	800	55	8	8%	20 min.

† 8% للمكونات التي يبلغ قطرها 2.5 و 4 بوصة.

## 2- كيمياء المياه والمعالجة التحضيرية

### 1-2 مقدمة

يلزم عمل معالجة تحضيرية فاعلة لمياه التغذية لزيادة فاعلية أنظمة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة وعمرهما. حيث أن اختيار المعالجة التحضيرية المناسبة سيساعد على تحسين كفاءة الغشاء وعمره من خلال تقليل ما يلي:

- التلوث
- التقشر
- تحلل الغشاء

وتحسين ما يلي:

- تدفق المنتج
- جودة المنتج (إخراج الملح)
- استرجاع المنتج
- تكاليف التشغيل والصيانة

التلوث هو عبارة عن تراكم المواد الغريبة الناجمة عن مياه التغذية على السطح النشط للغشاء و/أو على فاصل التغذية إلى الحد الذي عنده يتسبب في إحداث مشكلات في التشغيل. يشمل مصطلح التلوث تراكم جميع أنواع الطبقات على الغشاء وسطح فاصل التغذية بما في ذلك التقشر. وتحديداً يشير التلوث الغرواني إلى حبس جسيمات أو مواد غروانية مثل برادة الحديد أو الطمي، والتلوث الحيوي هو عبارة عن نمو غشاء حيوي (تراكم الكائنات المجهرية) والتلوث العضوي هو عبارة عن امتصاص بعض المركبات العضوية مثل المواد الدبالية والزيوت الموجودة على سطح الغشاء. وتشير عملية التقشر إلى ترسيب الأملاح قليلة الذوبان وتراكمها داخل النظام والتي تشتمل على كربونات الكالسيوم وكبريتات الباريوم وكبريتات الكالسيوم وكبريتات السترنشيوم وفلوريد الكالسيوم.

ويجب أن تُجرى عملية المعالجة التحضيرية لمياه التغذية على النظام بالكامل للتشغيل المتواصل والذي يمكن الاعتماد عليه. فعلى سبيل المثال، ويؤدي وجود جهاز تنقية سيئ التصميم أو التشغيل إلى تحميل جهاز ترشيح الرمال أو غيره من المواد المتعددة فوق حدوده التشغيلية. وتستهلك عمليات المعالجة التحضيرية التنظيف المستمر لعناصر الغشاء لاستعادة الإنتاجية وإخراج الملح. جدير بالذكر أنه قد تكون تكلفة التنظيف وفترات التوقف والتعطيل وفقدان أداء النظام باهظة.

تعتمد الخطة الجيدة لمعالجة مياه التغذية على:



- مصدر مياه التغذية

- تكوين مياه التغذية

- الاستخدام

يعتمد نوع نظام المعالجة التحضيرية بشكل كبير على مصدر مياه التغذية (مثل مياه الآبار ومياه المسطحات والمياه المستخدمة مدنيًا) وبشكل عام تمثل مياه الآبار مصدر تغذية جيد حيث يكون أقل عُرضة للتلوث. وفي الغالب تتطلب مياه الآبار خطة معالجة تحضيرية بسيطة جداً مثل التحميض و/أو تقديم جرعة لمقاومة التقتير ومرشح بخرطوشة 5 مايكرومتر.

وعلى الجانب الآخر، تمثل المياه السطحية مصدراً متغيراً لمياه التغذية يتأثر بالعوامل الموسمية. يكون هذا المصدر أكثر عُرضة للملوثات الحيوية الدقيقة والغروانية. وتحتاج المعالجة التحضيرية لمياه المسطحات إلى خطوات أكثر من الخطوات اللازمة للمعالجة التحضيرية لمياه الآبار. حيث تشمل الخطوات الإضافية للمعالجة التحضيرية في الغالب على المعالجة بالكلور والتخثر/دمج الجسيمات المترسبة والترشيح بالوسائط المتعددة وإزالة الكلور والتحميض والمعالجة بمادة مقاومة للتقتير.

وتشتمل مياه الصرف الصناعية والبلدية على مجموعة متنوعة من المركبات العضوية وغير العضوية. ويمكن أن تؤثر بعض أنواع المكونات العضوية بشكل سيء على أغشية التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة بما يتسبب في نقص التدفق بشكل كبير و/أو تحلل الغشاء (التلوث العضوي) مما يتسبب في إجهاد خطة معالجة تحضيرية تم تصميمها بشكل جيد.

وبمجرد تحديد مصدر مياه التغذية، يجب عمل تحليل دقيق ومكتمل لمياه التغذية. ولا يمكن المغالاة في أهمية تحليل مياه التغذية. لكنه من الضروري جداً تحديد تصميم جيد للمعالجة التحضيرية ولنظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة.

وفي النهاية، يحدد غالباً الاستخدام نوع المعالجة التحضيرية للتناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة وحجمها المطلوب. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون المعالجة التحضيرية في حالة استخدام الإلكترونيات أكثر تعقيداً من المعالجة التحضيرية الخاصة بالنظام البلدي نظراً لتنوع متطلبات الجودة للماء المنتج.

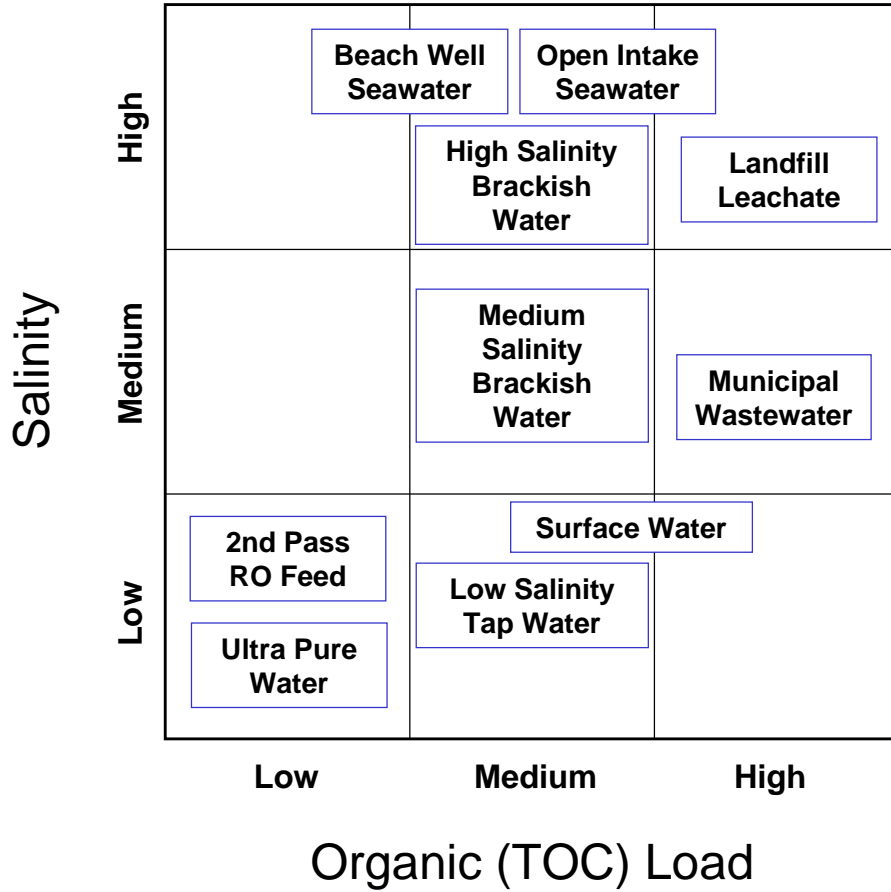
إن المعالجة التحضيرية عبارة عن عملية معالجة مستمرة للمياه في تضاد لمجرى معالجة الغشاء المستمرة. يمكن معالجة المياه بالمواد الكيميائية بشكل مستمر أو على فترات أثناء تشغيل نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة. وجميع حالات استخدام المواد الكيميائية بشكل غير مباشر (مثل الاستخدام عندما لا يكون النظام في وضع التشغيل) مبينة في [القسم 6](#) التنظيف والتعقيم.

## 2-2 نوع وتحليل مياه التغذية

يمكن تحديد خصائص الأنواع الرئيسية للمياه التي يعالجها التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة من خلال محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية والحمل العضوي (الكربون العضوي الإجمالي)، انظر الشكل 1-2.

- المياه منخفضة الملوحة أو المياه عالية النقاء الناتجة من أنظمة التناضح العكسي الأولي (نظام التناضح العكسي مزدوج الممر) أو من مرحلة الصقل في أنظمة المياه فائقة النقاء مع نسبة مواد صلبة ذائبة كلية تصل إلى 50 ملغرام/لتر.
- مياه الصنبور منخفضة الملوحة مع المواد الصلبة الذائبة الكلية تصل إلى 500 ملغرام/لتر.
- المياه الجوفية متوسطة الملوحة التي تحتوي على درجة عالية من المواد العضوية الطبيعية وإجمالي المواد الذائبة تصل إلى 5,000 ملغرام/لتر.
- المياه متوسطة الملوحة التي يصل فيها المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى 5,000 ملغرام/لتر.
- المياه المستخدمة الثلاثية متوسط الملوحة التي تحتوي على نسبة عالية من إجمالي الكربون العضوي ومستويات الأوكسجين المستهلك حيويًا والمواد الصلبة الذائبة الكلية بقدر يصل إلى 5,000 ملغرام/لتر.
- المياه عالية الملوحة والتي تتراوح المواد الصلبة الذائبة الكلية بها من 5,000 إلى 15,000 ملغرام. بينما تقارب نسبتها في مياه البحار من 35,000 ملغرام/لتر.

الشكل 2-1: أنواع المياه الرئيسية التي يتم معالجتها من خلال التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة



### مياه البحار

إن مياه البحار التي تحتوي على إجمالي مواد مذابة بمقدار 35,000 ملغرام/ لتر تعد مياه بحار قياسية وتشكل أكبر كمية من المياه على مستوى العالم. كما أن التكوين لا يختلف كثيراً من مكان لآخر على مستوى العالم. بينما يمكن أن يختلف محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية داخل الحدود الواسعة لبحر البلطيق حيث يكون 7,000 ملغرام/لتر بينما يصل في البحر الأحمر والخليج العربي إلى 45,000 ملغرام/ لتر. ويمكن تقدير نسبة التكوين الفعلي من خلال التكوين القياسي لمياه البحار (الجدول 2.1). بينما يمكن أن تختلف بشكل كبير ملوحة وتكوين مياه الآبار القريبة من الشواطئ التي تعتمد على نوع التربة والتدفق القادم من البر عن المياه التي يتم استخراجها من البحر ذاته.

الجدول 2-1: التكوين القياسي لمياه البحار

Ion	Concentration (mg/L)
Calcium	410
Magnesium	1,310
Sodium	10,900
Potassium	390
Barium	0.05
Strontium	13
Iron	<0.02
Manganese	<0.01
Silica	0.04 - 8
Chloride	19,700
Sulfate	2,740
Fluoride	1.4
Bromide	65
Nitrate	<0.7
Bicarbonate	152
Boron	4 - 5
<b>Other</b>	
TDS	35,000 mg/L
pH	8.1

يبين الجدول 2-2 والجدول 3-2 بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمياه البحار التي تتفاوت درجة ملوحتها.

الجدول 2-2: التركيب غير العضوي لمياه البحار متفاوتة الملوحة

Water	K (ppm)	Na (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	HCO <sub>3</sub> (ppm)	Cl (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)
Standard seawater - 32,000 ppm	354	9,854	1,182	385	130	17,742	2,477	0.9
Standard seawater - 35,000 ppm	387	10,778	1,293	421	142	19,406	2,710	1.0
Standard seawater - 36,000 ppm	398	11,086	1,330	433	146	19,960	2,787	1.0
Standard seawater - 38,000 ppm	419	11,663	1,399	456	154	20,999	2,932	1.0
Standard seawater - 40,000 ppm	441	12,278	1,473	480	162	22,105	3,086	1.1
Standard seawater - 45,000 ppm	496	13,812	1,657	539	182	24,868	3,472	1.2
Standard seawater - 50,000 ppm	551	15,347	1,841	599	202	27,633	3,858	1.4

## الجدول 2-3: درجة ملوحة وتوصيل مياه البحار

Location	Salinity TDS ppm	Conductivity K µS/cm	Factor K/TDS µS/(cm·ppm)
South Pacific	<36,000	<51,660	1.43 - 1.44
Gran Canaria (Atlantic Ocean)	37,600	53,280	1.42
Sardinia (Mediterranean Sea)	40,800	57,240	1.40
Bahrain	42,500	59,350	1.40
Egypt (Red Sea)	44,000	62,990	1.38

يجب أخذ السمات المميزة لمياه البحار في الحسبان عند تصميم عملية المعالجة التحضيرية والتناضح العكسي وتفعيلهما. وكنتيجة للملوحة العالية لمياه البحار التي تتطلب ضغط تناضحي عالي، عادةً ما يكون استرجاع النظام محدودًا من 40 إلى 50% بهدف عدم تجاوز حدود الضغط المادي لمكون الغشاء أو حد استهلاك الطاقة المصاحب لمستويات الضغط العالية في عمليات الاسترجاع العالية أو حد درجة الملوحة أو تركيز اليورون في الماء المنتج. ويمكن أن تتسبب مياه البحار القادمة من المصادر المفتوحة في التلوث الحيوي لأغشية الترشيح المتناهي الدقة في حالة عدم اتخاذ إجراءات الوقاية من التلوث الحيوي (انظر [القسم 6-2](#)، (الوقاية من التلوث الحيوي)).

### المياه متوسطة الملوحة "قليلة الملوحة"

ثمّ تباين كبير للغاية في تكوين المياه المالحة وبالتالي يستلزم الأمر وجوب عمل تحليل للمياه لضمان تصميم جيد للعملية. يبين الجدول 2-4 العديد من الأمثلة على تحليل المياه المالحة.

إن العامل المقيد لعملية الاسترجاع في عملية معالجة المياه متوسطة الملوحة ذو طبيعة كيميائية في الغالب (مثل الترسيب أو تكوين القشور من خلال وجود مكونات مثل كربونات الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم). كما أن احتمال حدوث تلوث حيوي يمثل عامل مقيد آخر في معالجة المياه المالحة. وهناك عدد من الأساليب متاحة لتقييم احتمال حدوث تلوث حيوي (انظر [القسم الفرعي 6-2-2](#)، تقييم إمكانية حدوث تلوث حيوي). وقد يظهر تنوع واسع ومجموعة كبيرة من المكونات الحيوية وغير الحيوية في عملية معالجة المياه المستخدمة صناعيًا ومدنيًا. ولذا، فإنه يمكن التحكم أحيانًا في العناصر المقيدة من خلال الخصائص الإضافية لمياه التغذية مثل المواد العضوية أو احتمالية تقشر الفوسفات.

جدول 2-4 أمثلة على تركيب المياه متوسطة الملوحة

Parameter	Unit	Well water <sup>a</sup>	Well water <sup>b</sup>	Lake water <sup>c</sup>	Surface water <sup>d</sup>	Pretreated tertiary effluent <sup>e</sup>
Calcium	mg/L	84	113	54	102	40 - 64
Magnesium	mg/L	6	2.7	23	11	—
Sodium	mg/L	36	23	87	20	150 - 200
Potassium	mg/L	3.3	2	6.6	4	—
Iron	mg/L	<0.05	0.2	0.05	ND-015	0.02 - 0.09
Manganese	mg/L	0.01	0.1	<0.01	<0.01	<0.05
Barium	mg/L	0.07	0.1	0.09	—	0.01 - 0.1
Strontium	mg/L	0.7	1	1	—	0.2 - 1
Ammonium	mg/L	<0.05	—	—	0.3	22 - 66
Aluminum	mg/L	0.02	—	0.02	ND-0.15	0.03
Chloride	mg/L	45	52	67	33	150 - 500
Bicarbonate	mg/L	265	325	134	287	48.8 - 97.6
Sulfate	mg/L	24	8	201	56	120 - 160
Nitrate	mg/L	4.3	4	<1.0	15	40 - 60
Fluoride	mg/L	0.14	0.7	—	0.25	0.7 - 0.7
Phosphate	mg/L	<0.05	0.6	0.01	1.2	6.1 - 12.2
Silica	mg/L	9	11	3.1	7 - 17	6 - 10
Hydrogen Sulfide	mg/L	—	1.5	—	—	ND
TDS	mg/L	478	377	573	400	500 - 1,300
TOC	mg/L	1.5	10	3.6	2.4	20 - 30 (COD)
Color	Pt	<5	40	—	<5	13 (Hazen)
Turbidity	NTU	—	—	—	2 - 130	0.4 - 1.7
pH	—	7.5	7.4	8.2	8	6.6 - 7.4
Conductivity	μS/cm	590	—	879	400 - 700	700 - 2,200
Temperature	°C	12	23 - 28	—	3 - 25	25 - 35

- أ- مياه البئر: ألمانيا  
 ب- مياه البئر: مستودع تيرنبايك للمياه الجوفية في فلوريدا (تصميم شاطئ بوينتون، عمليات معالجة المياه بإزالة عسر الأغشية في فلوريدا. المؤتمر السنوي للجمعية الأمريكية لأعمال المياه، الهندسة والعمليات، 139(1992))  
 ج- بحيرة ميد، نيفادا (2000)  
 د- نهر أويس، فرنسا  
 هـ- مخلفات سائلة ثلاثية: المياه الصناعية في جزيرة جورونج في سنغافورة (استخلاص المياه - تجربة جزيرة جورونج - شركة استثمار سرايا السنغافورية تستخدم غشاء التناضح العكسي المقاوم للتلوث لاستخلاص المياه المستخدمة، الجمعية العالمية لتلبية المياه، البحرين (2002))

مع مثل هذا التنوع في جودة مياه التغذية، فالخطوة الأولى هي معرفة خصائص المياه. قبل وضع خطة لإمكانية إدارة نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة، لابد من تقديم تحليل كامل ودقيق للمياه. كما لابد من إكمال نموذج تحليل المياه (جدول 2-5) ومعادلته بالحيادية الكهربائية (أي يجب أن تكون تجمعات الأيونات السالبة والأيونات الموجبة متطابقة عند تحديدها في إطار مكافئ كربونات الكالسيوم). وإذا لم تتم معادلة تحليل المياه، فإنه يوصى بإضافة  $Na^+$  أو  $Cl^-$  للوصول إلى الحيادية الإلكترونية.

جدول 2-5 تحليل المياه بالنسبة إلى التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة

Sample identification: .....

Feed source: .....

Conductivity: ..... pH: . ..... Temperature (°C):

Feed water analysis:

Please give units (mg/L as ion

or ppm as CaCO<sub>3</sub> or meq/L)

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	CO <sub>2</sub> .....
K <sup>+</sup> .....	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> .....
Na <sup>+</sup> .....	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....
Mg <sup>2+</sup> .....	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....
Ca <sup>2+</sup> .....	Cl <sup>-</sup> .....
Ba <sup>2+</sup> .....	F <sup>-</sup> .....
Sr <sup>2+</sup> .....	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....
Fe <sup>2+</sup> .....	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....
Fe (tot).....	S <sup>2-</sup> .....
Mn <sup>2+</sup> .....	SiO <sub>2</sub> (colloidal) ...
Boron .....	SiO <sub>2</sub> (soluble) ...
Al <sup>3+</sup> .....	

إجمالي المواد الصلبة المذابة (حسب الطريقة):
إجمالي الكربون العضوي TOC:
مطلوبية الأكسجين البيوكيميائي BOD :
مطلوبية الأكسجين الكيميائي COD:
الكربون العضوي القابل للتمثل AOC:
الكربون العضوي القابل للتحلل (والقابل للذوبان) حيويًا BDOC:
القلوية الكلية (قيمة-m):
قلوية الكربونات (قيمة-p):
إجمالي العسر:
التعكر (وحدة قياس التعكر "التعكر"):
مؤشر كثافة الطمي:
البكتيريا (العدد/مل):
الكلور الحر:
ملاحظات:
(الرائحة المميزة، الرائحة الكريهة، اللون، النشاط الحيوي، وغير ذلك)
قام بالتحليل:
التاريخ:

لا بد من تحليل  $Ba^{2+}$  و  $Sr^{2+}$  عند مستوى كشف 1 ميكروغرام/لتر (جزء من بليون) و 1مجم/لتر (جزء من مليون) على التوالي. ومن المهم كذلك تحديد نطاق لدرجة الحرارة وليس قيمة مطلقة. وقد يؤثر التنوع في درجة الحرارة في التفسر المحتمل لنظام التناضح العكسي وخاصة عندما تكون مستويات السليكا والبيكربونات مرتفعة في مياه التغذية.

بعد دخول نظام الأغشية، لابد من تحليل مياه التغذية بانتظام بحيث يمكن تنظيم عملية ما قبل المعالجة وتشغيل المحطة تبعاً لذلك. وتتوفر العديد من المعايير الخاصة بأساليب تحليل المياه. ونوصي باستخدام معايير الجمعية الأمريكية العالمية لاختبار المواد ([www.astm.org](http://www.astm.org)) أو الطبعة الأخيرة من "طرق معيارية لفحص المياه والمياه المستخدمة" /1/.

تم توفير دليل لتحليل المياه لتطبيقات التناضح العكسي في الجمعية الأمريكية لاختبار المواد؛ /2/ ويمكن تطبيقه على الترشيح المتناهي الدقة كذلك. وتم توفير قائمة بإجراءات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد وطرقها المعيارية ذات الصلة بفحص المياه والمياه المستخدمة في جدول 2-6.

#### جدول 2-6 الإجراءات المعيارية ذات الصلة بتحليل المياه بالنسبة لتطبيقات التناضح العكسي/ الترشيح المتناهي الدقة

	ASTM	Standard Methods /1/
Calcium and magnesium	D 511	3500-Ca, Mg
Chloride	D 512	4500-Chloride
Carbon dioxide, bicarbonate, carbonate	D 513	4500-Carbon dioxide, 2320
Phosphorus	D 515	4500-P
Sulfate	D 516	4500-Sulfate
Aluminum	D 857	3500-Al
Manganese	D 858	3500-Mn
Silica	D 859	4500-Silica
Dissolved oxygen	D 888	4500-O
Iron	D 1068	3500-Fe
Fluoride	D 1179	4500-Fluoride
COD	D 1252, D 6697	5220
Residual chlorine	D 1253	4500-Cl
pH	D 1293	4500-pH value
Lithium, potassium, sodium	D 1428, D 3561	3500-Li, Na, K
Ammonia nitrogen	D 1426	45---NH <sub>3</sub>
Particulate and dissolved matter	D 1888	2560
Turbidity	D 1889	2130
Total organic carbon (TOC)	D 2579, D 4129, D 4839, D 5904	5310
Arsenic	D 2972	3500-As
Boron	D 3082	4500-B
Strontium	D 3352	3500-Sr
Practices for sampling water	D 3370	1060
Nitrite - nitrate	D 3867	4500-Nitrogen
Silt density index	D 4189	---
Barium	D 4382	3500-Ba
Microbiological contaminants in water	F 60	---
Oxidation-reduction potential (ORP)	D 1498	2580
BOD	---	5210
AOC	---	9217



## a. 3-2 التحكم في التقشر

### 1-3-2 مقدمة

قد يحدث التقشر في أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة عندما تتركز الأملاح القابلة للذوبان في العنصر بما يتجاوز حد قابليتها للذوبان. فعلي سبيل المثال، إذا تم تشغيل محطة التناضح العكسي باسترجاع 50%، فإن التركيز في مجرى التركيز سيكون ضعف التركيز في مجرى التغذية تقريباً. ومع زيادة استرجاع المحطة، تزداد نسب التعرض لمخاطر التقشر.

ولقد أصبحت إضافة نظام استرجاع بمحلول ملحي (مركز تناضح عكسي) أكثر شيوعاً لزيادة الاسترداد نظراً لندرة المياه والاهتمام بالبيئة. ولتخفيض نسب الترسيب والتقشر للحد الأدنى، فإنه لمن المهم وضع مقاييس تحكم في التقشر مصممة بعناية وكذلك تجنب تجاوز حدود القابلية للذوبان الخاصة بالأملاح القابلة للذوبان. وفي نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة، تعتبر أكثر الأملاح القابلة للذوبان شيوعاً هي  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ , والسليكا. والأملاح الأخرى التي قد تسبب مشكلة محتملة في التقشر هي  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaF}_2$  و  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . ولقد تم سرد النواتج القابلة للذوبان الخاصة بالمركبات غير العضوية ضئيلة الذوبان في جدول 2-7.

جدول 2-7 النواتج القابلة للذوبان الخاصة بالمركبات غير العضوية ضئيلة الذوبان

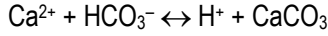
Negative log Ksp	Solubility product	Temp. °C	Formula	Substance
33.5	$3 \times 10^{-34}$	25	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Aluminum hydroxide
20	$9.84 \times 10^{-21}$	25	$\text{AlPO}_4$	Aluminum phosphate
8.6	$2.58 \times 10^{-9}$	25	$\text{BaCO}_3$	Barium carbonate
10	$1.1 \times 10^{-10}$	25	$\text{BaSO}_4$	Barium sulfate
8.5	Calcite: $3.36 \times 10^{-9}$	25	$\text{CaCO}_3$	Calcium carbonate
8.2	Aragonite: $6 \times 10^{-9}$			
10.5	$3.45 \times 10^{-11}$	25	$\text{CaF}_2$	Calcium fluoride
32.7	$2.07 \times 10^{-33}$	25	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Calcium phosphate
4.3	$4.93 \times 10^{-5}$	25	$\text{CaSO}_4$	Calcium sulfate

16.3	$4.87 \times 10^{-17}$	25	Fe(OH) <sub>2</sub>	Iron(II) hydroxide
18.1	$8 \times 10^{-19}$	25	FeS	Iron(II) sulfide
38.6	$2.79 \times 10^{-39}$	25	Fe(OH) <sub>3</sub>	Iron(III) hydroxide
15	$9.91 \times 10^{-16}$	25	FePO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Iron(III) phosphate dihydrate
13.1	$7.4 \times 10^{-14}$	25	PbCO <sub>3</sub>	Lead carbonate
7.5	$3.3 \times 10^{-8}$	25	PbF <sub>2</sub>	Lead fluoride
7.6	$2.53 \times 10^{-8}$	25	PbSO <sub>4</sub>	Lead sulfate
12.6	$2.5 \times 10^{-13}$	25	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Magnesium ammonium phosphate
4.58	$2.6 \times 10^{-5}$	12	MgCO <sub>3</sub>	Magnesium carbonate
5.17	$6.82 \times 10^{-6}$	25		
8.15	$7.1 \times 10^{-9}$	18	MgF <sub>2</sub>	Magnesium fluoride
10.3	$5.16 \times 10^{-11}$	25		
10.9	$1.2 \times 10^{-11}$	18	Mg(OH) <sub>2</sub>	Magnesium hydroxide
11.25	$5.61 \times 10^{-12}$	25		
24	$1.04 \times 10^{-24}$	25	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Magnesium phosphate
13.4	$4.0 \times 10^{-14}$	18	Mn(OH) <sub>2</sub>	Manganese hydroxide
12.7	$2 \times 10^{-13}$	25		
9.25	$5.6 \times 10^{-10}$	25	SrCO <sub>3</sub>	Strontium carbonate
6.42	$3.8 \times 10^{-7}$	17.4	SrSO <sub>4</sub>	Strontium sulfate
9.84	$1.46 \times 10^{-10}$	25	ZnCO <sub>3</sub>	Zinc carbonate

يمكن استخدام الممارسات التصميمية التالية لمنع تقشر الغشاء.

## 2-3-2 إضافة الحامض

تتشبع غالبية المياه الطبيعية الجوفية منها والسطحية تقريباً بـ كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$ . ويعتمد ذوبان كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  على درجة الحموضة كما هو ملاحظ في المعادلة التالية:



وبإضافة  $\text{H}^+$  كحامض، يمكن أن ينتقل التوازن إلى الجانب الأيسر للحفاظ على ذوبان كربونات الكالسيوم. قم باستخدام حمض بجودة ذات رتبة غذائية.

ويسهل التعامل مع حمض الكبريتيك في العديد من الدول التي يتوفر فيها بسهولة عن حمض الهيدروكلوريك، إلا أنه تتم إضافة الكبريتات لجهاز التلقيح مما قد يؤدي إلى تقشر الكبريتات (الأقسام الفرعية 2-4-3، 2-4-4)، (5-4-2).

وتميل كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  إلى التحلل في المجرى المائي الحاشد للنفايات عن التحلل في الراسب. ويمكن التعبير عن ذلك الميل من خلال مؤشر لانجيلير للتشبع فيما يخص الماء متوسطة الملوحة ومؤشر ستيف ودافيز للثبات بالنسبة لمياه البحر. وعند الرقم الهيدروجيني للتشبع (pHs)، يصبح الماء متوازناً مع كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$ .

وتكون تعريفات مؤشر لانجيلير للتشبع LSI ومؤشر ستيف ودافيز للثبات S&DSI على النحو التالي:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pHs} \quad (\text{المواد الصلبة الذائبة الكلية} > 10,000 \text{ مللي غرام / لتر})$$

$$\text{S\&DSI} = \text{pH} - \text{pHs} \quad (\text{المواد الصلبة الذائبة الكلية} > 10,000 \text{ مللي غرام / لتر})$$

بينما الطرق التي تتوقع الرقم الهيدروجيني للتشبع pHs تكون مختلفة لكل من مؤشر لانجيلير للتشبع LSI ومؤشر ستيف ودافيز للثبات S&DSI (انظر القسم الفرعي 2-4-2).

وللتحكم في تقشر كربونات الكالسيوم من خلال إضافة حامض، يجب أن يكون مؤشر لانجيلير للتشبع LSI ومؤشر ستيف ودافيز للاستقرار في المجرى المائي الحاشد للنفايات سالباً. كما أن إضافة الحامض يعد مفيداً للتحكم في تقشر كربونات الكالسيوم فقط.

## 2-3-3 إضافة مثبت التفسر

يمكن استخدام مثبتات التفسر (مضادات التفسر) للتحكم في تقشر الكربونات، وتفسر الكبريتات وتفسر فلوريد الكالسيوم. وعموماً توجد ثلاثة أنواع من مثبتات التفسر ألا وهم: سداسي ميثا فوسفات الصوديوم (SHMP) والفوسفونات العضوية والأكريلات المتعددة.

يعتبر سداسي ميثا فوسفات صوديوم SHMP غير مرتفع الثمن إلا أنه غير مستقر مقارنة بالفوسفونات العضوية المثبطة للتقشر. يتم امتزاز (امتصاص جزئيات الغاز) كميات ضئيلة إلى سطح البلورات الدقيقة؛ مما يساهم في منع مزيد من النمو للبلورات وترسيبها. وينبغي استخدام سداسي ميثا فوسفات الصوديوم SHMP بجودة ذات رتبة غذائية. كما أنه يجب توخي الحذر لتجنب تحلل سداسي ميثا فوسفات الصوديوم SHMP بالماء في خزان التغذية بالجرعات. ولن تقوم عملية الإماهة فقط بتقليل كفاءة تثبيط التقشر، بل ستعمل أيضاً على خطر التعرض لتقشر فوسفات الكالسيوم. ومن ثم لا يوصى باستخدام سداسي ميثا فوسفات الصوديوم SHMP.

وتعتبر الفوسفونات العضوية أكثر فعالية من سداسي ميثا فوسفات الصوديوم SHMP؛ فهي تعمل كمضادات لمسببات الترسب على الألومنيوم والحديد مع الإبقاء عليهم في المحلول. إن الأكريلات المتعددة (ذات وزن جزيئي مرتفع) معروفة بصورة عامة بأنها تخفض تقشر السليكا عبر آلية التثبيط.

تعتبر مثبطات التقشر من نوع الأكريلات المتعددة أكثر فعالية من سداسي ميثا فوسفات الصوديوم SHMP. قد تحدث تفاعلات ترسيبية، لكن مع مثبطات تقشر ذات شحنات سالبة ومتعددة التكافؤ الأيونية موجبة (محاليل كهربائية موجبة ذات وزن جزيئي مرتفع) أو الأيونات الموجبة عديدة التكافؤ (مثل الألومنيوم أو الحديد). وتصبح المنتجات المماثلة في قوامها للعلكة الناتجة صعبة الإزالة من مكونات الغشاء. ولمعرفة معدلات الجرعات لجميع مضادات التقشر، يرجى الاتصال بجهة تصنيع مضاد التقشر. ويجب تجنب الجرع الزائدة. وتؤكد من عدم وجود كميات كبيرة من البوليمرات الأيونية موجبة عند إضافة مثبط تقشر أيوني سالب.

في محطات التناضح العكسي التي تعمل على تحلية المياه المالحة التي بها مواد الصلبة الذائبة الكلية ضمن نطاق 35,000 ملي غرام / لتر، لا يكون التقشر بالمشكلة الكبيرة كما في محطات تحلية الماء متوسطة الملوحة لأن استعادة محطات المياه المالحة مقيدة بالضغط التناضحي للمجرى المائي الحاشد للنفايات من 30 إلى 40%. إلا أنه لأسباب تتعلق بالسلامة، يوصى باستخدام مثبط تقشر عند العمل على نسبة استرداد تزيد عن 35%.

### 2-3-4 إزالة عسرة الماء برزين تبادل أيوني موجب ذو حمض قوي

في عملية إزالة عسرة الماء بالتبادل الأيوني، تتم إزالة الأيونات الموجبة المكونة للتقشر مثل الكالسيوم  $Ca^{2+}$  والباريوم  $Ba^{2+}$  والسترونشيوم  $Sr^{2+}$ ، واستبدالهم بالأيونات الموجبة الصوديوم. ويعاد توليد الرزين مع كلوريد الصوديوم NaCl عند التقدم المفاجئ للعسر. ولا تتغير درجة حموضة مياه التغذية من خلال هذه المعالجة ومن ثم ليس هناك حاجة إلى نزع الغازات. ولا ينتج سوى قدر ضئيل من ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  من الماء الخام الذي يمكنه النفاذ مع الماء الناتج، ومن ثم يتم زيادة التوصيل هناك. ويمكن خفض قدرة التوصيل من خلال إضافة هيدروكسيد الصوديوم NaOH إلى مياه التغذية المليئة (حتى درجة حموضة 8.2) لتحويل ثاني أكسيد

الكربون المتبقي إلى بيكربونات يقوم الغشاء فيما بعد بطردها. ويكون أداء طرد غشاء FT30 مثالياً في نطاق درجة الحموضة المحايد.

ويفضل رزينات التبادل الأيوني DOWEX تصبح كفاءة الإزالة للكالسيوم  $Ca^{2+}$  والباريوم  $Ba^{2+}$  والسترونشيوم  $Sr^{2+}$  أكبر من 99.5%، والتي تقضي عادة على أية مخاطر لتقشر الكربونات أو الكبريتات.

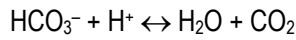
ويصبح إزالة عسرة الماء برزین تبادل أيوني ذا حمض موجب قوي فعالاً وأمناً بشرط القيام بإعادة التوليد كما ينبغي. ويستخدم بصورة رئيسية في محطات الماء متوسطة الملوحة صغيرة أو متوسطة الحجم لكن ليس في محطات تحلية مياه البحر.

تتمثل صعوبة هذه العملية في الاستهلاك العالي نسبياً لكلوريد الصوديوم والذي من المحتمل أن يتسبب في مشكلات بيئية أو اقتصادية. ويفضل رزينات التبادل الأيوني DOWEX MONOSPHERE وطرق إعادة توليد التيار المضاد مثل نظام Dow's UPCORE، أصبح من الممكن الحد من استهلاك كلوريد الصوديوم حتى 110% من قيمة القياس المنكافئ.

### 2-3-5 نزع القلوية برزین مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض ضعيف

وفي الواقع تستخدم عملية نزع القلوية برزین مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض ضعيف في محطات تحلية الماء متوسطة الملوحة من أجل إزالة عسرة الماء الجزئي للحد من استهلاك كيماويات إعادة التوليد.

في هذه العملية لا تتم إزالة سوى الكالسيوم  $Ca^{2+}$  والباريوم  $Ba^{2+}$  والسترونشيوم  $Sr^{2+}$  لقلوية البيكربونات (تصليد مؤقت) وتستبدل بـ  $H^+$ ، ومن ثم يتم خفض درجة الحموضة إلى 4-5. ولأن المجموعات الحمضية للرزین تعتبر مجموعات كربوكسيلية فإن عملية التبادل الأيوني تتوقف عندما تصل درجة الحموضة إلى 4.2 حيث لم تعد المجموعات الكربوكسيلية منفصلة. وبالتالي فإنها تعد إزالة جزئية لعسرة الماء فقط. ولا تتم إزالة شيء سوى الأيونات الموجبة المكونة للتقشر المرتبطة بالبيكربونات. ومن ثم تعد هذه العملية مثالية للمياه ذات المحتوى البيكربوني العالي. ثم يتم تحويل البيكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون:



وفي معظم الحالات، لا يكون مرغوباً بثاني أكسيد الكربون في المياه الناتجة، ويمكن إزالته عن طريق عملية نزع الغازات إما في الماء النافذ أو في مجرى جهاز التلقيح.

ويفضل نزع غازات النفاذ عندما تكون هناك احتمالية لترسب عوامل التآكل الحيوية (مثل المياه السطحية وإجمالي الكربون العضوي المرتفع ومعدلات البكتيريا العالية). ويساعد معدل ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  المرتفع في الأغشية على خفض معدلات نمو البكتيريا. ويفضل إفراغ الغاز من جهاز التلقيح عندما يكون طرد الملح الأمثل له الأولوية. كما يؤدي إزالة ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  إلى زيادة في درجة الحموضة

(انظر المعادلة أعلاه)، وعندما تكون درجة الحموضة <6 فإن الطرد يكون أفضل مما لو كانت درجة الحموضة >5.

وتتمثل مميزات نزع القلوية برزين مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض ضعيف فيما يلي:

- بالنسبة لإعادة التوليد، فليس هناك حاجة إلى الحمض لأكثر من 105% من قيمته المتكافئة. وهذا يحد من التكاليف التشغيلية والتأثير البيئي.
- يتم خفض قيمة المواد الصلبة الذائبة الكلية (من خلال إزالة أملاح البيكربونات) إما من خلال قيمة التصليد أو القلوية أيهما أقل. وتبعاً لذلك، تكون قيمة المواد الصلبة الذائبة الكلية للنفاذية منخفضة أيضاً.

وتتمثل العيوب فيما يلي:

– صلادة البقايا

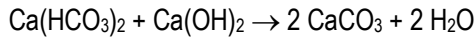
إذا كان من الضروري إجراء إزالة عسرة الماء كاملة، فيمكن إضافة عملية تبادل صوديوم مع رزين مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض قوي حتى في وعاء واحد (قاعدة طبقية). ويكون الاستهلاك الشامل للمواد الكيميائية المتولدة من جديد عبر التوليد الإنفاذي أقل من إزالة عسرة الماء باستخدام رزين مبادل للأيونات الموجبة ذو حمض قوي؛ إلا أنه بسبب تكاليف الاستثمار العالية، فلن تكون هذه التركيبة جذابة سوى للمحطات ذات القدرة العالية. وهناك إمكانية أخرى للتغلب على عقبة إزالة عسرة الماء غير المكتملة من خلال وضع جرعة من مضاد التقشر في الماء منزوع القلوية.

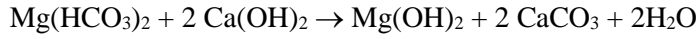
#### • درجة الحموضة المتغيرة للمياه التي تمت معالجتها

تتراوح درجة حموضة المياه منزوعة القلوية ما بين 3.5 إلى 6.5 حسب درجة استهلاك الرزين. ويجعل هذا التباين الدوري في درجة الحموضة من الصعب التحكم في طرد المحطة للملح. وعندما تكون درجة الحموضة >4.2؛ فإن مرور الحمض المعدني قد يزيد من نفاذية محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية؛ ومن ثم ينصح باستخدام أكثر من مرشح بالتوازي وإعادة توليده في أوقات مختلفة للحد من التغير في درجة الحموضة. وهناك إمكانيات أخرى لتجنب قيم درجة الحموضة المنخفضة للغاية تتمثل في نزع ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> وتعديل درجة الحموضة من خلال هيدروكسيد الصوديوم NaOH بعد ذلك.

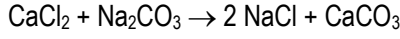
### 2-3-6 إزالة عسرة الماء بالجير

يمكن استخدام عملية إزالة عسرة الماء بالجير لإزالة صلادة الكربونات من خلال إضافة الجير المطفأ:





كما يمكن خفض التصليد لغير كربونات الكالسيوم من خلال إضافة كربونات الصوديوم (رماد الصودا):



كما يمكن استخدام عملية رماد صودا الجير للحد من تركيز السليكا. وعند إضافة ألومينات الصوديوم وكلوريد الحديدك، فإن المترسب سيتضمن كربونات الكالسيوم ومركب مكون من حمض السيليسليك وأكسيد الألومنيوم وحديد.

ويفضل عملية إزالة حمض السيليسليك بالجير الساخن عند درجة حرارة 60-70 درجة مئوية، يمكن الحد من السليكا إلى 1 ملي غرام/لتر عن طريق إضافة خليط من الجير وأكسيد الماغنسيوم المسامي.

عند إزالة عسرة الماء بالجير، يتم خفض معدلات الباريوم والسترونشيوم والمواد العضوية كذلك بصورة كبيرة. وتتطلب العملية مفاعل بتركيز عالي للجزيئات المترسبة التي تعمل بدورها كمركز للبلورة. وعادة ما يتم تحقيق ذلك من خلال منقيات التماس الصلب المتدفقة. وتتطلب نفايات هذه العملية ترشيحاً بسيطاً وتعديل درجة الحموضة قبل مرورها على مكونات التناضح العكسي. يمكن استخدام مخثرات الحديد مع المروبات البلمرية أو بدونها (أيونية وغير أيونية) لتحسين فصل السوائل عن المواد الصلبة. وينبغي أن نضع في الحسبان مليئات الجير الخاصة بمحطات تحلية الماء متوسطة الملوحة التي تكون أكبر من 200 متر<sup>3</sup>/ساعة (880 غالون في المتر). ترد تفاصيل أكثر في كتب معالجة المياه. /3, 4, 5/

## 2-3-7 التنظيف الوقائي

في بعض التطبيقات، لا يتم التحكم في التقشر من خلال التنظيف الوقائي للأغشية، وهذا يسمح للنظام بالعمل دون إزالة عسرة الماء أو إضافة جرعة من المواد الكيميائية. وعادة ما تعمل هذه الأنظمة وفق معدل استرداد منخفض بنسبة 25% ويتم استبدال عناصر الأغشية في خلال من عام إلى عامين. إذن فهذه الأنظمة هي في الأساس عبارة عن محطات عناصر صغيرة ذات عنصر أحادي للمياه الصالحة للشرب من مياه الصنبور أو مياه البحر. وتتمثل الطريقة الأبسط للتنظيف في الدفق الأمامي عند ضغط منخفض من خلال فتح صمام التركيز. وتعتبر فترات الانقطاع القصيرة عن التنظيف أكثر فعالية من أوقات التنظيف الطويلة (مثل 30 ثانية كل 30 دقيقة).

كما يمكن إجراء التنظيف باستخدام مواد التنظيف الكيميائية على النحو المذكور في [القسم 6](#). وفي العمليات المرهبة مثل معالجة المحلفات السائلة يعد تنظيف الأغشية بعد كل مرحلة أمراً شائعاً.

وينبغي تحديد إجراء التنظيف ومواد التنظيف الكيميائية ومعدل التنظيف وتحسينه حسب كل حالة. كما يجب الاهتمام بشكل خاص بعدم السماح بظهور طبقة قشرية بمرور الوقت.

## 2-3-8 تعديل متغيرات التشغيل

عندما لا تعمل طرق الأخرى للتحكم في التشغيل، فإنه يجب تعديل متغيرات تشغيل المحطة وفق طريقة لا تسمح بحدوث التقشر. ويمكن تجنب ترسيب الأملاح المذابة من خلال الحفاظ على تركيزهم أقل من حد قابلية الذوبان. ويتحقق ذلك عن طريق الحد من استرجاع النظام حتى تكون درجة التركيز منخفضة بالقدر الكافي.

تعتمد درجة الذوبانية كذلك على درجة الحرارة ودرجة الحموضة. ففي حالة السليكا، تعمل زيادة درجة الحرارة ودرجة الحموضة على زيادة درجة الذوبانية [\(القسم الفرعي 2-4-7\)](#). حيث أنها عادة السبب الوحيد في مراعاة المتغيرات التشغيلية للتحكم في التقشر نظراً لأن لهذه التعديلات تبعات اقتصادية (استهلاك الطاقة) أو غيرها من مخاطر التقشر (كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  عند درجة حموضة عالية). أما بالنسبة للأنظمة الصغيرة، فإن استرجاعاً منخفضاً يصاحبه برنامج تنظيف وقائي قد يكون أكثر طريق مناسب للتحكم في التقشر.

## 2-4 حسابات التقشر

### 2-4-1 عام

يجب إجراء حسابات التقشر لتحديد ما إذا كانت الأملاح ضعيفة الذوبان تمثل مشكلة تقشر محتملة في نظام التناضح العكسي. ولقد تم اقتباس إجراءات الحساب المذكورة في هذا القسم من معايير ASTM المذكورة في المراجع /6, 7, 8/. ولتحديد احتمالية التقشر، فإنك بحاجة إلى مقارنة  $IP_c$  للمركب الأيوني الخاص بالملح المعني في تدفق التركيز مع  $K_{sp}$  لنواتج الذوبانية الخاص لذلك الملح في ظل ظروف تدفق المادة المركزة. وعامة، ليس هناك حاجة إلى إجراءات التحكم في التقشر إذا كان  $IP_c < K_{sp}$ .

يعرف  $IP$  للمنتج الأيوني الخاص بالملح  $A_mB_n$  كما يلي

$$IP = [A]^m[B]^n$$

حيث إن:

$$[A], [B] = \text{تحتوي على التركيزات المولية للأيونات المقابلة.}$$

بالنسبة لنطاقات التركيز الموجودة في تطبيقات التناضح العكسي، فيمكن اعتبار التركيزات المولية (مول/كغم) مساوية للتركيزات المولالية (مول / لتر).

Eq. 1



وعادة لا يُعرف تركيز نوع الأيون في تدفق التركيز إلا أنه يمكن تقديره بسهولة من التركيز في دفق التغذية مع مضاعفة عامل التركيز. ويتم استخراج عامل التركيز من الاسترداد  $Y$  (المعبر عنه كجزء عشري):

$$CF = \frac{1}{1-Y} \quad \text{Eq. 2}$$

حيث من المفترض أن يكون الطرد 100%.

كما يتم التعبير بصوة عامة عن ناتج الذوبانية  $K_{sp}$  وفق التركيزات المولية ويعتمد على القوة الأيونية ودرجة الحرارة كما هو موضح في أشكال هذا القسم.

تكون درجة الحرارة في تدفق التركيز هي نفسها في دفق التغذية تقريباً.

تكون القوة الأيونية لمياه التغذية على النحو التالي:

$$I_r = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2 \quad \text{Eq. 3}$$

حيث إن

$m_i$  = التركيز المولي للأيون  $i$  (مول/كجم)

$Z_i$  = الشحنة الأيونية للأيون  $i$

حيث لا يتم تقديم التحليل المائي وفق التركيزات المولالية (المولارية)، يكون التحويل على النحو التالي:

$$m_i = \frac{c_i}{1,000 MW_i} \quad \text{Eq. 4}$$

حيث إن

$c_i$  = تركيز الأيون  $i$  بالمللي غرام / لتر

$MW_i$  = الوزن الجزيئي للأيون  $i$

بعد حساب القوة الأيونية  $I_r$  لتدفق التغذية مع المكافئ في المعادلة الثالثة، يتم الحصول على القوة الأيونية  $I_c$  لدفق التركيز من:

$$I_c = I_r \left( \frac{1}{1-Y} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

ويفضل القوة الأيونية لدفق التركيز، يمكن الحصول على نتيجة الدائبية  $K_{sp}$  لملح التقشر (انظر الأقسام الفرعية 2-4-2 و 3-4-2 و 4-4-2 و 5-4-2 و 6-4-2 و 7-4-2).

مثال على حساب القوة الأيونية للتركيز ( $I_c$ ):

تحليل مياه التغذية

Ion	mg/L	mol/L	mol/kg
Ca <sup>2+</sup>	200	5.0	$\times 10^{-3}$
Mg <sup>2+</sup>	61	2.51	$\times 10^{-3}$
Na <sup>+</sup>	388	16.9	$\times 10^{-3}$
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	244	4.0	$\times 10^{-3}$
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	480	5.0	$\times 10^{-3}$
Cl <sup>-</sup>	635	17.9	$\times 10^{-3}$

تكون القوة الأيونية  $I_f$  لمياه التغذية على النحو التالي:

$$I_f = \frac{1}{2} \left[ 4 \left( [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [SO_4^{2-}] \right) + ([Na^+] + [HCO_3^-] + [Cl^-]) \right]$$

$$I_f = \frac{1}{2} \left\{ 4 \left[ (5.0 + 2.51 + 5.0) \times 10^{-3} \right] + \left[ (16.9 + 4.0 + 17.9) \times 10^{-3} \right] \right\}$$

$$I_f = 0.0444$$

مع استرداد 75% على سبيل المثال ( $Y = 0.75$ )، تصبح القوة الأيونية للتركيز

$$I_c = 0.0444 \left( \frac{1}{1-0.75} \right)$$

$$I_c = 0.178$$

## 2-4-2 منع تقشر كربونات الكالسيوم

### 1-2-4-2 الماء متوسطة الملوحة

بالنسبة للماء متوسط الملوحة الذي يحتوي على مواد صلبة ذائبة كلية  $< 10.000$  مللي غرام/لتر في المجرى المائي الحاشد للنفايات، يُستخدم مؤشر لانجيلير للتشبع للتعبير عن احتمالية تقشر كربونات الكالسيوم /6.

وتقتضي الحاجة إلى البيانات الآتية لحساب مؤشر لانجيلير للتشبع في مسار التركيز (LSI):

$Ca_f$  = تركيز الكالسيوم في التغذية ككربونات الكالسيوم، مللي غرام/لتر

$TDS_f$  = تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في التغذية، مللي غرام/لتر

$Alk_f$  = القلوية في التغذية ككربونات الكالسيوم، مللي غرام/لتر

$pH_f$  = درجة الحموضة لمحلول التغذية

$T$  = درجة حرارة محلول التغذية

$\gamma =$  استرجاع نظام التناضح العكسي، معبراً عنه بعدد عشري

#### الحسابات

1. احسب تركيز الكالسيوم في مسار المادة المركزة،  $Ca_c$ ، ككربونات الكالسيوم بالملي غرام/التر:

$$Ca_c = Ca_r \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \quad \text{Eq. 6}$$

2. احسب المواد الصلبة الذائبة الكلية في المسار المادة المركزة،  $TDS_c$  بالملي غرام/التر:

$$TDS_c = TDS_r \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \quad \text{Eq. 7}$$

3. احسب القلوية في مسار المادة المركزة،  $Alk_c$ ، ككربونات الكالسيوم بالملي غرام/لتر:

$$Alk_c = Alk_r \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \quad \text{Eq. 8}$$

4. احسب محتوى ثاني أكسيد الكربون الحر (C) في مسار المادة المركزة، من خلال افتراض أن تركيز ثاني أكسيد الكربون في المادة المركزة يعادل تركيز ثاني أكسيد الكربون في التغذية:  $C_c = C_r$ . ويتم الحصول على تركيز ثاني أكسيد الكربون في محلول التغذية من الشكل 2-2، كدالة لقلوية محلول التغذية ودرجة حموضته.

5. احسب درجة الحموضة لمسار المادة المركزة (pH<sub>c</sub>) باستخدام معدل القلوية  $Alk_c$  لتحرير ثاني أكسيد الكربون في المادة المركزة، انظر الشكل 2-2.

6. من الشكل 2-3، يتضح لنا ما يلي:  $pCa$  كدالة  $Ca_c$ ،  $pAlk$  كدالة  $Alk_c$ ، "C" كدالة  $TDS_c$  ودرجة الحرارة (يفترض أن درجة حرارة المادة المركزة تعادل درجة حرارة محلول التغذية).

7. احسب درجة الحموضة الذي يتشبع عندها مسار المادة المركزة بكربونات الكالسيوم (درجة الحموضة)، على النحو التالي:

$$pH_s = pCa + pAlk + "C" \quad \text{Eq. 9}$$

8. احسب مؤشر لانجلبير للتشبع للمادة المركزة (LSI<sub>c</sub>) كما يلي:

$$LSI_c = pH_c - pH_s \quad \text{Eq. 10}$$

تعديلات مؤشر لانجلبير للتشبع في مسار المادة المركزة

في غالبية المياه الطبيعية، سيكون مؤشر لانجلبير للتشبع للمادة المركزة موجباً دون المعالجة التحضيرية. وللتحكم في تقشّر كربونات الكالسيوم، يجب تعديل مؤشر لانجلبير للتشبع للمادة المركزة حتى قيمة سالبة،

باستثناء ما إذا تمت إضافة مانع التقشر (القسم الفرعي 2-3-3) أو استخدام التنظيف الوقائي (القسم الفرعي 3-2-7).

تأتي شروط التحكم في تقشر كربونات الكالسيوم على النحو التالي:

مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة  $0 >$  عندما لا تُضاف مضادات التقشر.

مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة  $1 \geq$  عندما يكون 20 ملي غرام/لتر هكسا ميتا فوسفات الصوديوم في مسار المادة المركزة.

مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة  $1 <$  ممكن مع مانعات التقشر العضوية البوليمرية. أما بالنسبة لأقصى مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة والجرعات اللازمة، يُرجى الاطلاع على كتيب الشركة المصنعة الخاص بمانعات التقشر.

في حال لم يكن مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة ضمن الشروط أعلاه، يمكن إجراء التعديلات من خلال واحدة من الوسائل الآتية: ويمكن حساب مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة بعد ذلك:

• يمكن خفض الاسترجاع  $\gamma$  وحساب مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة على النحو الموضح أعلاه، وذلك عن طريق التعويض بقيمة جديدة للاسترجاع.

• تقليل تركيز الصوديوم في محلول التغذية، عن طريق التبادل الأيوني لحلقة الصوديوم. وهذا سيزيد من  $pCa$ ، وبالتالي يقل مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة. ولن يغير التلثين من القلوية أو درجة الحموضة لمحلول التغذية، وقد لا يُراعى التغيير الطفيف في تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في التغذية. وبعد التلثين، يمكن حساب مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة بالطريقة الموضحة أعلاه باستخدام أقل قيمة لتركيز الكالسيوم.

• إضافة الأحماض (الهيدروكلوريك، الكبريتيك وما إلى ذلك) إلى محلول التغذية يغير من قلوية التغذية وتغذية المادة المركزة ودرجة الحموضة. ويمكن في الغالب التعاضل عن التغيير الطفيف في تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في التغذية. وستعمل إضافة الحمض على انخفاض مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة؛ غير أن العديد من المتغيرات تختلف باختلاف التحميص، ومن اللازم إجراء التجارب وحساب الخطأ لتحديد كمية الحمض اللازمة للحصول على مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة المنشود. ويمكن، بدرجة كبيرة، تقليل عدد التجارب وحسابات الخطأ المطلوبة لتقرير كمية الحمض اللازم، عن طريق استخدام درجة الحموضة المحتسبة في المعادلة 9. وحيث أن درجة الحموضة للمركّز غالباً ما تكون 0.5 وحدات أعلى من درجة الحموضة للتغذية، ويمكن القيام بأولى الحسابات مع محلول التغذية المحمّض والذي هو أقل من درجة الحموضة المشبعة بمقدار 0.5 وحدات.

بالنسبة للأس الهيدروجيني المفترض (درجة حموضة الحمض)، والذي تم الحصول عليه من إضافة الحمض إلى محلول التغذية، حصل عليه من معدل حمض القلوية/حمض المادة المركزة من الشكل 2-3. ومن هذا المعدل،

احسب قلوية التغذية وتغذية المادة المركزة واحسب المستخدم من الحمض بالملي غرام/ لتر (x). فعلى سبيل المثال، وبالنسبة لإضافة حمض الكبريتيك (100%):

$$\frac{Alk_{acid}}{C_{acid}} = \frac{Alk_f - 1.02x}{C_f + 0.90x} \quad \text{Eq. 11}$$

احسب إجمالي قلوية مياه التغذية المحمّضة (الحمض القلوي) ومحتوى ثاني أكسيد الكربون في مياه التغذية المحمّضة (حمض المادة المركزة) على النحو التالي:

$$Alk_{acid} = Alk_f - 1.02x \quad \text{Eq. 12}$$

$$C_{acid} = C_f + 0.90x \quad \text{Eq. 13}$$

باستخدام الحمض القلوي وحمض المادة المركزة للأس الهيدروجيني الجديد، احسب مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة.

وإذا تم استخدام حمض الهيدروكلوريك (100%) للتحميض، تكون المعادلة 11 كما يلي:

$$\frac{Alk_{acid}}{C_{acid}} = \frac{Alk_f - 1.37y}{C_f + 1.21y} \quad \text{Eq. 14}$$

حيث أن:

استرجاع نظام التناضح العكسي = حمض الهيدروكلوريك (100%)، ملي غرام/لتر

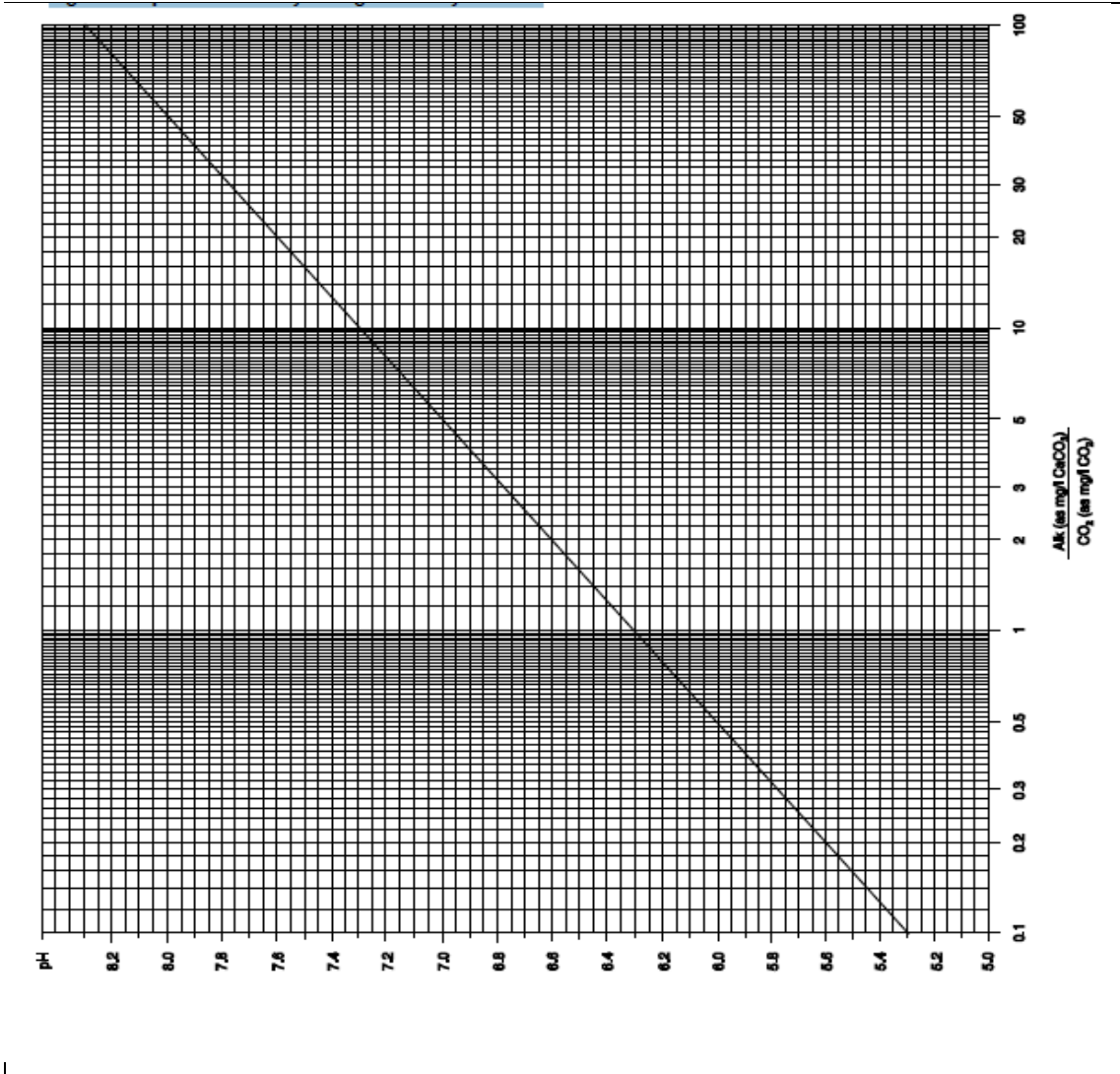
#### استخدام التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

وبمجرد تشغيل نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة، يمكن حساب مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة بصورة مباشرة من تحليل قلوية المادة المركزة وقلوية الكالسيوم وتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية ودرجة الحموضة للمركّز ومسار المادة المركزة، مع المقارنة بمؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة المتوقع.

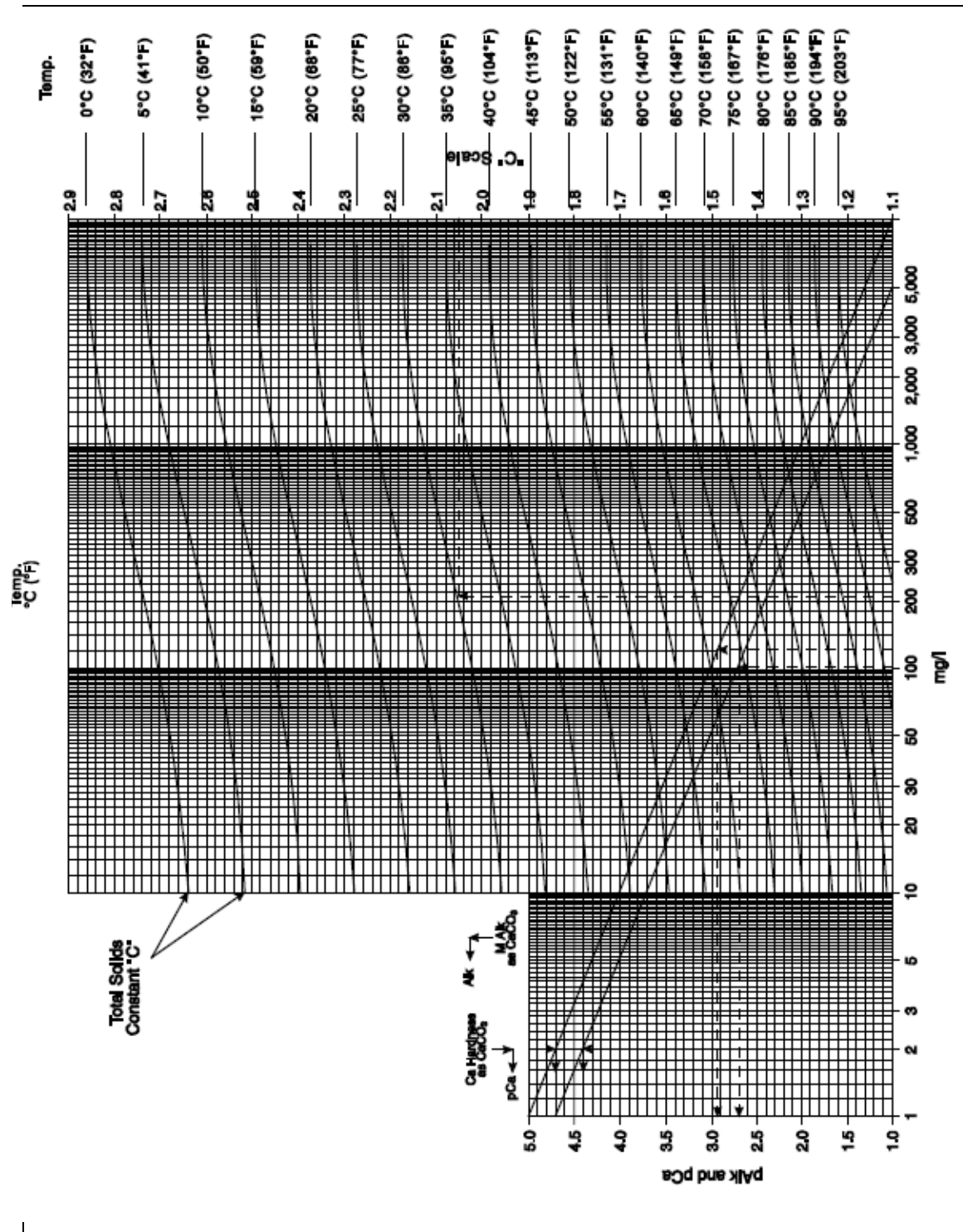
#### استخدام الحواسيب

يمكن تحديد مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة وكمية الحمض اللازمة لتعديل مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة المحدد باستخدام الحاسوب الشخصي وبرنامج تحليل نظام التناضح العكسي FILMTEC™. ويمكن تنزيل برنامج تحليل نظام التناضح العكسي من هنا، [www.dow.com/liquidseps/design/rosa.htm](http://www.dow.com/liquidseps/design/rosa.htm).

الشكل 2-2 درجة الحموضة مقابل قلوية الميثيل البرتقالي/ ثاني أكسيد الكربون الحر



الشكل 2-3 مؤشر لانجيلير للتشبع للمادة المركزة



## 2-2-4-2 مياه البحر

بالنسبة للمياه متوسطة الملوحة عالي الملوحة التي تحتوي على مواد صلبة ذائبة كلية < 10,000 مللي غرام/ لتر في مسار المادة المركزة وبالنسبة لمياه البحر، يُستخدم مؤشر ستيف ودافيز للثبات للتعبير عن إمكانية تقسُّر كربونات الكالسيوم. والبيانات اللازمة لحساب مؤشر ستيف ودافيز للثبات هي ذاتها البيانات اللازمة لحساب مؤشر لانجيلير للتشبع (القسم الفرعي 2-4-2). وبالإضافة إلى ذلك، تعتبر التركيزات المولية لجميع الأيونات في محلول التغذية لازمة وطولية، على الأقل لجميع الأيونات المهمة (مثل  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ).

### الحسابات /7/

1. احسب تركيز الكالسيوم في مسار المادة المركزة،  $Ca_c$ ، ككربونات الكالسيوم في مللي غرام/ لتر:

$$Ca_c = Ca_r \frac{1}{1-Y} \quad \text{Eq. 6}$$

2. احسب القلوية في المسار المادة المركزة،  $Alk_c$ ، ككربونات الكالسيوم في مللي غرام/لتر:

$$Alk_c = Alk_r \frac{1}{1-Y} \quad \text{Eq. 8}$$

3. احسب القوة الأيونية لمسار التغذية (I):

$$I_r = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2 \quad \text{Eq. 3}$$

4. احسب القوة الأيونية لمسار المادة المركزة (I<sub>c</sub>):

$$I_c = I_r \left( \frac{1}{1-Y} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

5. من الشكل 2-4، احصل على  $pCa_c$  كدالة  $Ca_c$  و  $pAlk_c$  كدالة  $Alk_c$ . ومن الشكل 2-5، احصل على "K" كدالة القوة الأيونية للمركز ودرجة حرارة التغذية.

6. احسب درجة الحموضة الذي ينتج عنه مسار المادة المركزة بـ كربونات الكالسيوم ( $pH_s$ ) على النحو التالي:

$$pH_s = pCa + pAlk + "K"$$

7. احسب محتوى ثاني أكسيد الكربون الحر (C) في مسار المادة المركزة، من خلال افتراض أن تركيز ثاني أكسيد الكربون في المادة المركزة يعادل تركيز ثاني أكسيد الكربون في التغذية:  $C_c = C_r$ . ويتم الحصول على تركيز ثاني أكسيد الكربون الحر في محلول التغذية من الشكل 2-2، كدالة لقلوية محلول التغذية ودرجة حموضته.

8. احسب درجة الحموضة مسار التركيز ( $pH_c$ ) باستخدام معدل القلوية (من المعادلة 8) لتحرير ثاني أكسيد الكربون في المادة المركزة (من الخطوة 7)، الشكل 2-2.



9. احسب مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة على النحو التالي:

$$S \& DSI_c = pH_c - pH_s$$

### تعديلات مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة

سيكون مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة في مسار المادة المركزة موجباً مع معظم المياه الطبيعية عالية الملوحة. ومن أجل منع ترسب كربونات الكالسيوم وتفتتها، يجب تعديل مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة إلى قيمة سالبة، وذلك من خلال إضافة مقدار من الحمض. ويمكن أن يظل مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة موجباً، لكن في حال مُنع ترسب كربونات الكالسيوم بإضافة مانع التفتت (انظر القسم الفرعي 2-3-3). وللحصول على أقصى مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة والجرعات اللازمة، يُرجى الاطلاع على كتيب الشركة المصنعة الخاص بمانعات التفتت.

في حال لم يكن مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة ضمن التوصيات والشروط أعلاه، فيمكن إجراء التعديلات بوحدة من الوسائل الآتية. ويمكن علم حساب جديد لمؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة فيما بعد:

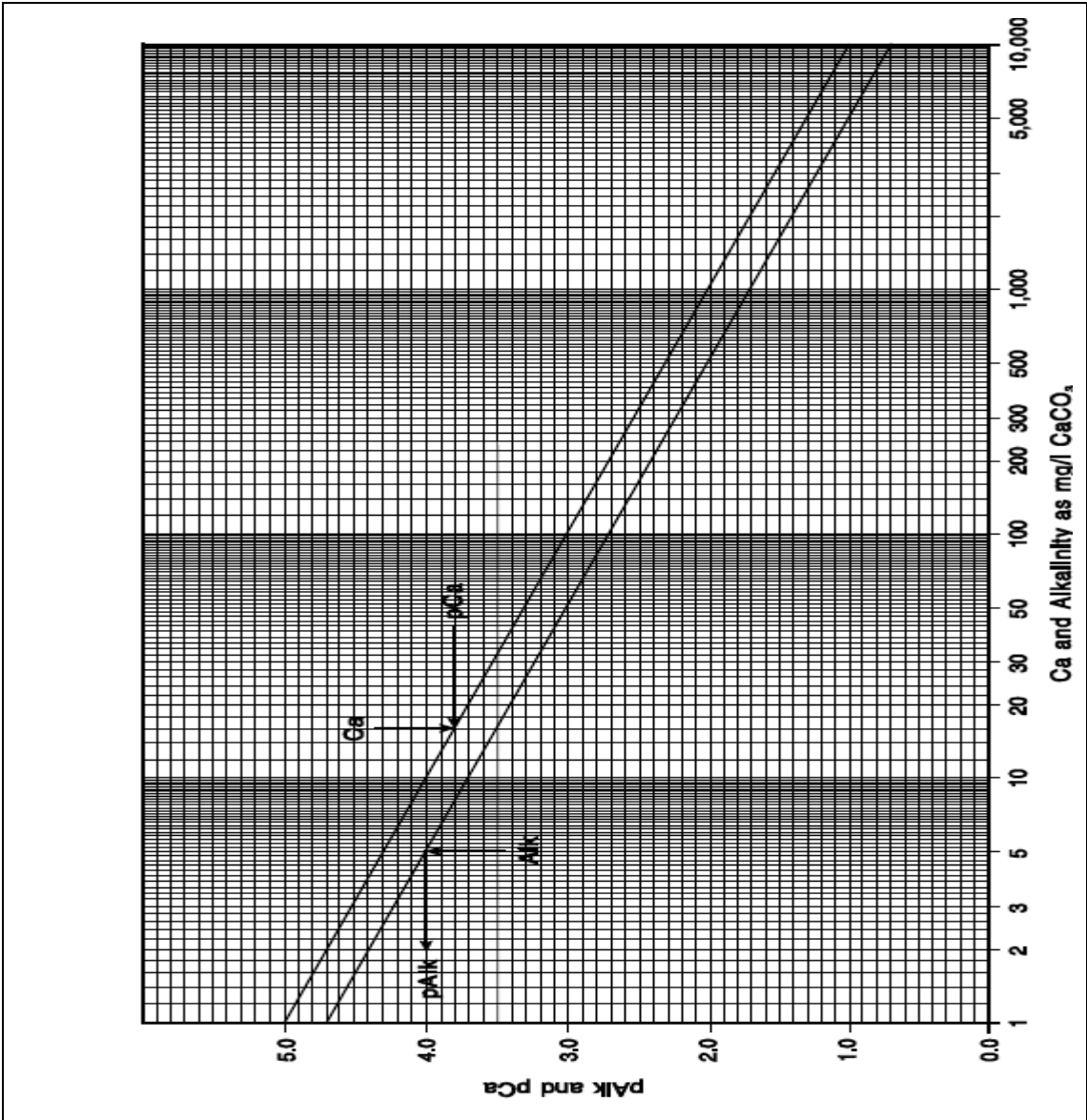
- يمكن خفض الاسترجاع وحساب مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة على النحو الموضح أعلاه، وذلك عن طريق التعويض بقيمة جديدة للاسترجاع.
- سيؤدي خفض تركيزات الكالسيوم والقلوية في محلول التغذية عن طريق الجير أو إزالة عسرة الماء برماد صودا الجير من  $pCa$  و  $pAlk$ ، وبذلك ستتنخفض درجة الحموضة للمسار.
- إضافة الأحماض (الهيدروكلوريك، ثاني أكسيد الكربون، الكبريتيك وما إلى ذلك) إلى محلول التغذية، إما بالجير أو من دونه أو أن يغير إزالة عسرة الماء برماد صودا الجير من قلوية التغذية وتغذية المادة المركزة وكذلك درجة الحموضة. وفي الغالب يمكن تجاهل التغيير الطفيف في الجير الموجود بالتغذية. وبينما ستقل إضافة الحمض من مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة- حيث أن العديد من المتغيرات تختلف مع التحميص- فإنه من اللازم إجراء التجارب وحساب الخطأ لتحديد كمية الحمض اللازمة للحصول على مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة المطلوب.

ولقد تقدم وصف هذه الحسابات في القسم السابق (القسم الفرعي 2-4-2-1، الماء متوسطة الملوحة). وبالنسبة لأنظمة مياه البحر، يلزم مقدار من 10 مللي غرام/ لتر من حمض الكبريتيك لتحقيق درجة الحموضة للتغذية بحوالي 7 ومؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة السالبة في المادة المركزة.

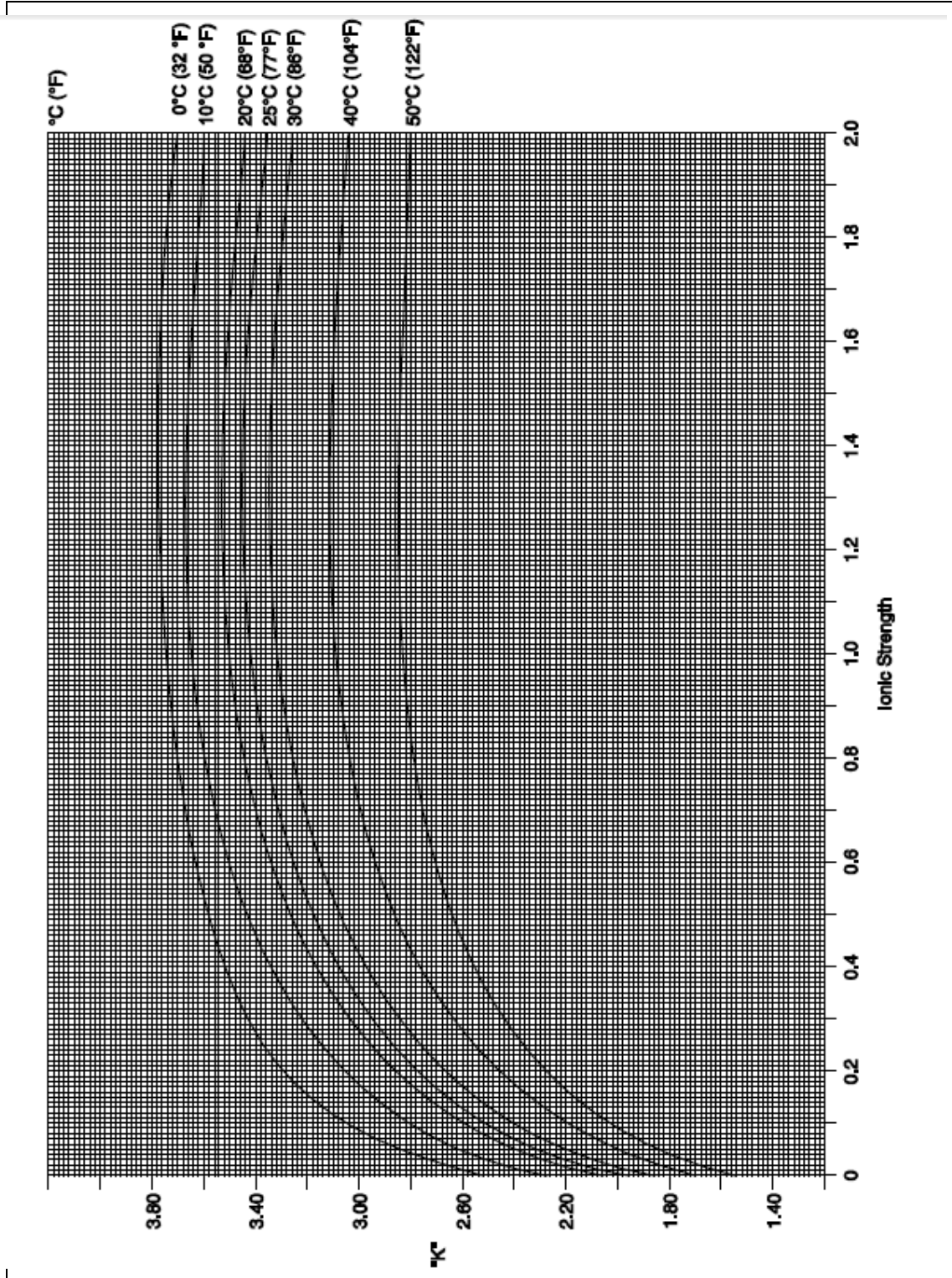
استخدام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة

عند استخدام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة، يمكن حساب مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة بصورة مباشرة عن طريق تحليل كالسيوم المادة المركزة وقلويتها ودرجة حموضتها وأيضاً درجة حموضة الجير في المادة المركزة الموجود بمسار المادة المركزة، ومقارنتهم جميعاً بمؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة المتوقع.

الشكل 2-4 تحويل الكالسيوم والقلوية إلى pCa و pAlk



الشكل 2-5 "K" مقابل القوة الأيونية ودرجة الحرارة



## 2-4-3 منع تقشر كبريتات الكالسيوم

ولتحديد إمكانية تقشر كبريتات الكالسيوم، يلزم إجراء تحليل كامل لمياه التغذية.

الحساب /8/

1. احسب القوة الأيونية لمسار المادة المركزة ( $I_c$ ) تبعاً للإجراء الموضح في القسم الفرعي 2-4-1:

$$I_c = I_f \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

2. احسب الناتج الأيوني ( $IP_c$ ) الخاص بكبريتات الكالسيوم في مسار المادة المركزة:

$$IP_c = \left[ (mCa^{2+})_f \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \right] \left[ (mSO_4^{2-})_f \left( \frac{1}{1-\gamma} \right) \right]$$

حيث إن

$$M Ca^{2+} = (mCa^{2+})_f \text{ في التغذية, مول/ لتر}$$

$$M SO_4^{2-} = (mSO_4^{2-})_f \text{ في التغذية, مول/ لتر}$$

3. قارن الناتج الأيوني للمركز الخاص بكبريتات الكالسيوم مع منتج الذوبانية ( $K_{sp}$ ) لكبريتات الكالسيوم تبعاً للقوة الأيونية لمسار المادة المركزة، انظر الشكل 2-6. في حال كان الناتج الأيوني للمركز  $\leq$  ناتج الذوبان، فمن الممكن أن يحدث تقشر لكبريتات الكالسيوم، ويلزم إجراء التعديل. ومن أجل التصميم الآمن والواقى للمعالجة التحضيرية، يجب إجراء التعديلات في حال كان الناتج الأيوني للمركز  $< 0.8$  ناتج الذوبان.

مثال الحساب (استئناف للقسم الفرعي 2-4-1):

$$I_c = 0.178$$

$$IP_c = [4(5 \times 10^{-3})][4(5 \times 10^{-3})] = 4 \times 10^{-4}$$

$$K_{sp} = 4.4 \times 10^{-4} \quad (\text{من الشكل 2-2})$$

$$0.9 = \text{الناتج الأيوني للمركز} = \text{ناتج الذوبان لذلك،}$$

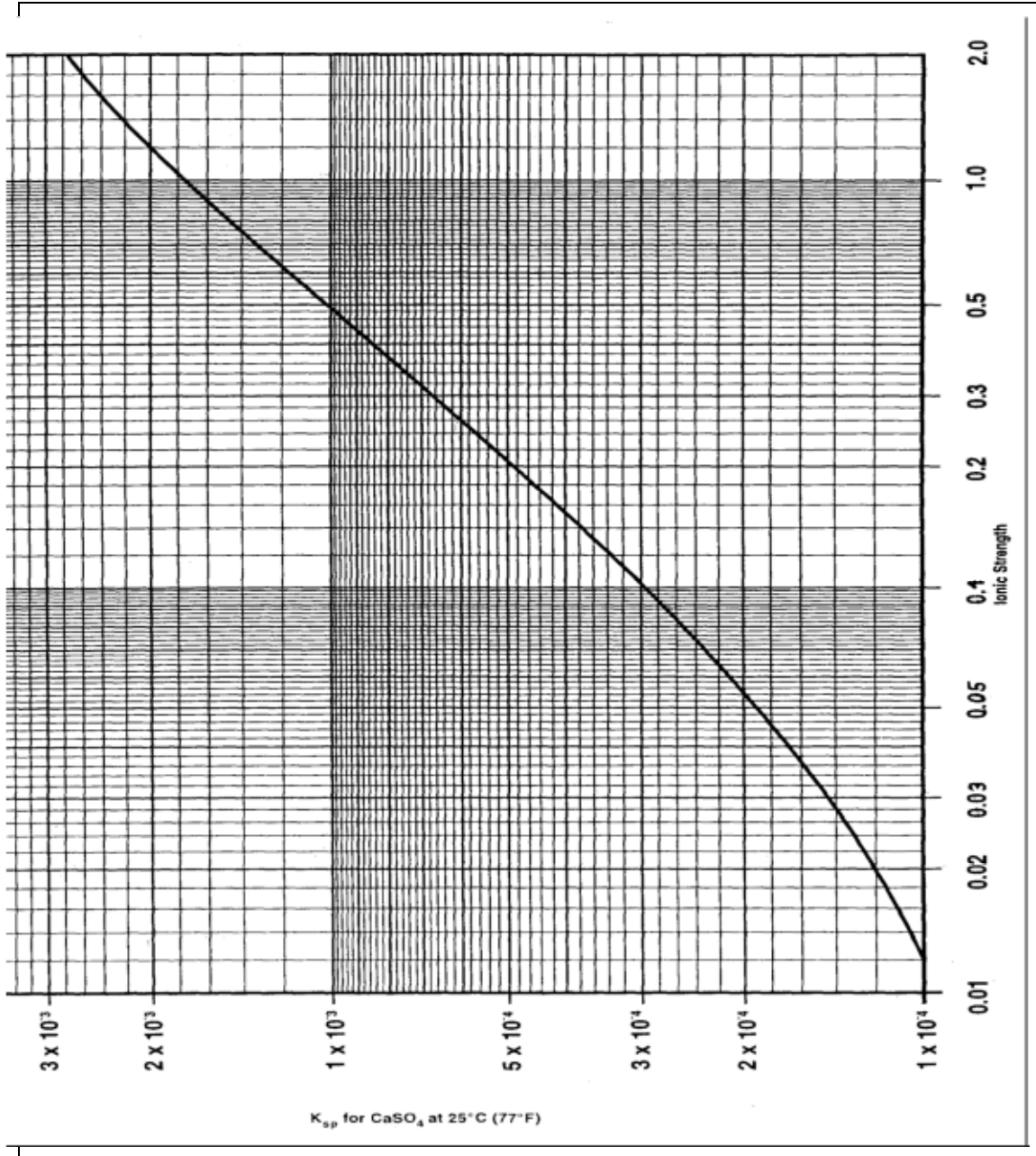
إذا فإن التعديلات لازمة.

التعديلات الخاصة بالتحكم في تقشر كبريتات الكالسيوم

- في حال كان الناتج الأيوني لمركز كبريتات الكالسيوم أقل من 0.8 ناتج الذوبان، فإنه يمكن استخدام استرجاع أعلى فيما يتعلق بتقشر كبريتات الكالسيوم. ويمكن استخدام تكرار الحسابات عند استرجاع أعلى لتحديد أقصى تحويل، فيما يخص تقشر كبريتات الكالسيوم.

- في حال كان الناتج الأيوني لمركّز كبريتات الكالسيوم أعلى من 0.8 ناتج الذوبان، فإنه يمكن استخدام استرجاع أقل لمنع تقشّر كبريتات الكالسيوم. ويمكن استخدام تكرار الحسابات عند استرجاع أقل لتحديد الاسترجاع المسموح به فيما يتعلق بتقشّر كبريتات الكالسيوم.
- في حال كان أقصى استرجاع مسموح به أقل من المطلوب، يمكن استخدام إزالة عسرة الماء الرزيني للتبادل الأيوني الموجب الحمضي القوي (القسم الفرعي 2-3-4) أو نزع القلوية الرزينية للتبادل الأيوني الموجب الحمضي الضعيف (انظر القسم الفرعي 2-3-5) لإزالة كل  $Ca^{2+}$  أو جزء منه. وهذا سيسمح بالاسترجاع الأعلى لنظام التناضح العكسي، فيما يتعلق بتقشّر كبريتات الكالسيوم.
- سيقلل إزالة عسرة الماء باستخدام الجير أو الجير مضافاً إليه رماد الصودا (انظر القسم الفرعي 2-3-6) من تركيز  $Ca^{2+}$  وبذلك يسمح بالاسترجاع الأعلى للتقشّر من خلال كبريتات الكالسيوم.
- تسمح إضافة مانعات التقشّر إلى مسار التغذية بتشغيل نظام التناضح العكسي فيما أعلى من قيمة ناتج الذوبان، وذلك عند إضافة مانع التقشّر المناسب تبعاً لتوجيهات الشركة المصنعة الخاصة بمانعات التقشّر.

الشكل 2-6 ناتج الذوبان الخاص بكبريتات الكالسيوم مقابل القوة الأيونية /9/



#### 2-4-4 منع تفشّر كبريتات الباريوم /8

تعد كبريتات الباريوم هي أكثر الكبريتات القلوية الأرضية التي لا تقبل الذوبان. وعند وجودها في الماء قد تؤدي إلى ترسبات كبيرة، ومن الممكن أن تمثل عاملاً محفزاً لتفشّر كبريتات الكالسيوم وكبريتات السترنتيوم.

في غالبية المياه الطبيعية، يتوفر الباريوم عند مستوى يسمح بترسّب كبريتات الباريوم في مسار المادة المركزة. ويمكن لتركيز التغذية العالي من الباريوم أن يكون أقل بمعدل 15 ميكروغرام/لتر في مياه البحار أو 5 ميكروغرام/لتر في الماء متوسطة الملوحة أو حتى 2 ميكروغرام/لتر حال إضافة حمض الكبريتيك إلى الماء متوسطة الملوحة.

الحساب /8/

يُتوقع احتمالية تقشُر كبريتات الباريوم بنفس الطريقة الموضحة في الإجراء الخاص بكبريتات الكالسيوم.  
1. احسب القوة الأيونية لمسار المادة المركزة ( $I_c$ ) تبعاً للإجراء الموضح في القسم الفرعي 1-4-2:

$$I_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

2. احسب الناتج الأيوني لمركز كبريتات الباريوم ( $IP_c$ ) في مسار المادة المركزة:

$$IP_c = \left[ ({}^m\text{Ba}^{2+})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right] \left[ ({}^m\text{SO}_4^{2-})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right]$$

حيث إن:

$$({}^m\text{Ba}^{2+})_f = M \text{ Ba}^{2+} \text{ in feed, mol/L}$$

$$({}^m\text{SO}_4^{2-})_f = M \text{ SO}_4^{2-} \text{ in feed, mol/L}$$

3. قارن الناتج الأيوني  $IP_c$  لمركز كبريتات الباريوم  $\text{BaSO}_4$  مع ناتج الذوبان ( $K_{sp}$ ) لكبريتات الباريوم  $\text{BaSO}_4$  تبعاً للقوة الأيونية لمسار المادة المركزة، الشكل 2-7. في حال كان الناتج الأيوني للمركز  $\leq$  ناتج الذوبان ( $IP_c \geq K_{sp}, \text{BaSO}_4$ ) فمن الممكن أن يحدث تقشُر لكبريتات الباريوم، وعندها يلزم إجراء التعديل.

التعديلات الخاصة بالتحكم في تقشُر كبريتات الباريوم  $\text{BaSO}_4$

تسري التعديلات الموضحة في القسم الفرعي 3-4-2 الخاصة بالتحكم في تقشُر كبريتات الكالسيوم، بالإضافة إلى التحكم في تقشُر كبريتات الباريوم.

5-4-2 منع تقشُر كبريتات السترنيتيوم

الحساب /8/

يتم إجراء تقدير إمكانية تقشُر كبريتات السترنيتيوم  $\text{SrSO}_4$  بنفس الطريقة الموضحة في الإجراء الخاص بكبريتات الكالسيوم.

1. احسب القوة الأيونية لمسار المادة المركزة ( $I_c$ ) تبعاً للإجراء الموضح في القسم الفرعي 1-4-2:



$$I_c = I_f \left( \frac{1}{1-Y} \right)$$

2. احسب الناتج الأيوني ( $IP_c$ ) الخاص بكبريتات السترنتيوم في مسار المادة المركزة:

$$IP_c = \left[ (m_{Sr^{2+}})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right] \left[ (m_{SO_4^{2-}})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right]$$

حيث إن:

$$(m_{Sr^{2+}})_f = M \text{ Sr}^{2+} \text{ in feed, mol/L}$$

$$(m_{SO_4^{2-}})_f = M \text{ SO}_4^{2-} \text{ in feed, mol/L}$$

3. قارن الناتج الأيوني ( $IP_c$ ) لمركز كبريتات السترنتيوم مع ناتج الذوبان ( $K_{sp}$ ) لكبريتات السترنتيوم ( $SrSO_4$ ) تبعاً للقوة الأيونية لمسار المادة المركزة، الشكل 2-8. وفي حال كان الناتج الأيوني للمركز  $\leq$  ناتج الذوبان؛ يمكن أن يحدث تقشر كبريتات السترنتيوم، وعندها يلزم إجراء التعديل.

#### التعديلات الخاصة بالتحكم في تقشر كبريتات السترنتيوم

تسري التعديلات الموضحة في **القسم الفرعي 2-4-3** الخاصة بالتحكم في تقشر كبريتات الكالسيوم ( $CaSO_4$ )، بالإضافة إلى التحكم في تقشر كبريتات السترنتيوم ( $SrSO_4$ ).

#### 2-4-6 منع تقشر فلوريد الكالسيوم

يمكن لمستويات الفلوريد في مياه التغذية المنخفضة بنسبة تصل إلى 0.1 مللي غرام/لتر أن تكون السبب في احتمالية التقشر هذا في حال كان تركيز الكالسيوم عالياً. ويتشابه حساب إمكانية التقشر مع الإجراء الموضح في **القسم الفرعي 2-4-3** الخاص بكبريتات الكالسيوم ( $CaSO_4$ ).

الحساب

1. احسب القوة الأيونية للمسار المادة المركزة ( $I_c$ ) تبعاً للإجراء الموضح في **القسم الفرعي 2-4-1**:

$$= I_f \left( \frac{1}{1-Y} \right)$$

Eq. 5

2. احسب الناتج الأيوني ( $IP_c$ ) الخاص بفلوريد الكالسيوم ( $CaF_2$ ) في مسار المادة المركزة:

$$IP_c = \left[ (m_{Ca^{2+}})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right] \left[ (m_{F^-})_f \left( \frac{1}{1-Y} \right) \right]^2$$

حيث إن:

$$(mCa^{2+})_f = M Ca^{2+} \text{ in feed, mol/L}$$

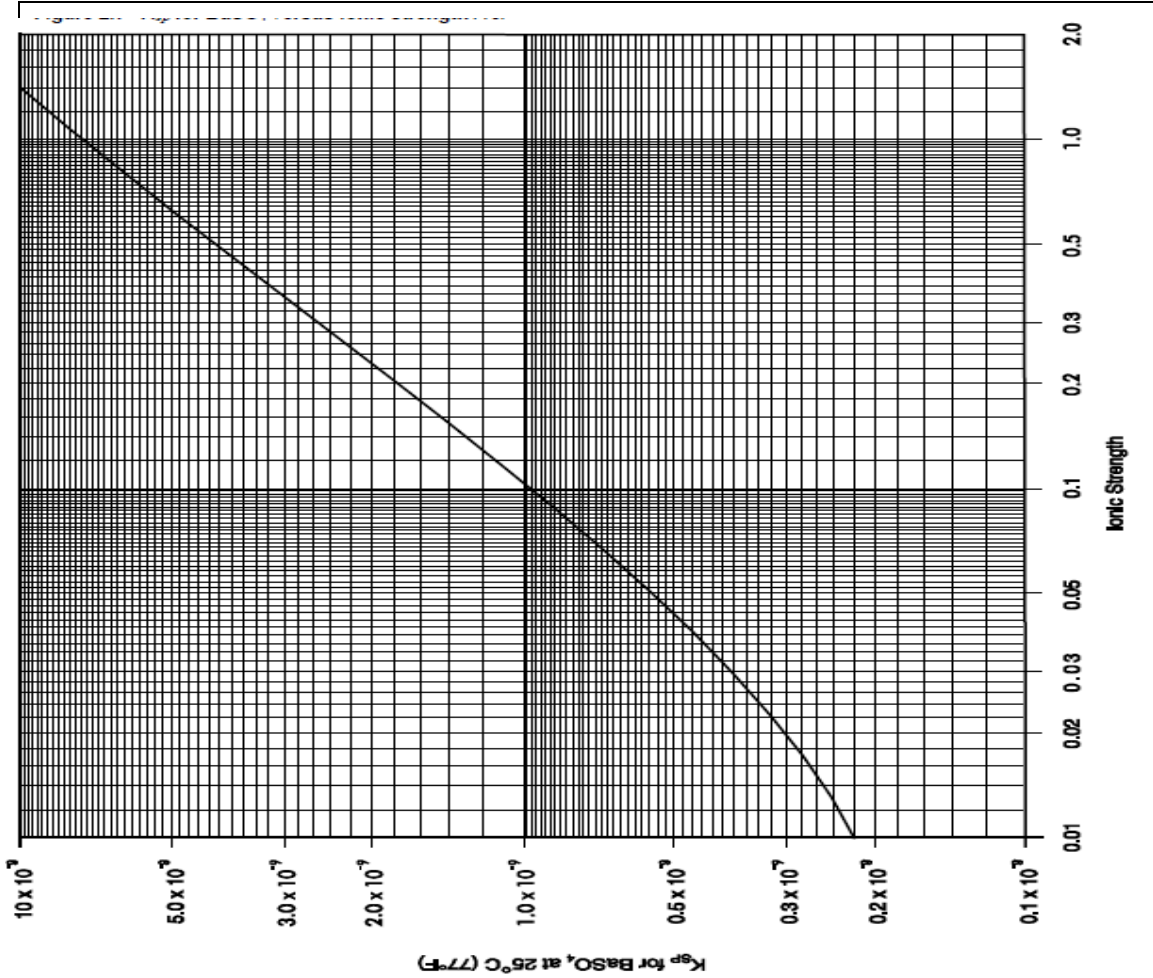
$$(mF^-)_f = M F^- \text{ in feed, mol/L}$$

3. قارن الناتج الأيوني ( $IP_c$ ) لمركّز فلوريد الكالسيوم ( $CaF_2$ ) بناتج الذوبان لفلوريد الكالسيوم تبعاً للقوة الأيونية لمسار المادة المركزة، الشكل 2-9.  $IP_c \leq K_{sp}$  وفي حال كان الناتج الأيوني للمركّز  $\leq$  ناتج الذوبان ( $IP_c \geq K_{sp}$ )، يمكن أن يحدث تقشّر فلوريد الكالسيوم، وعندها يلزم إجراء التعديل.

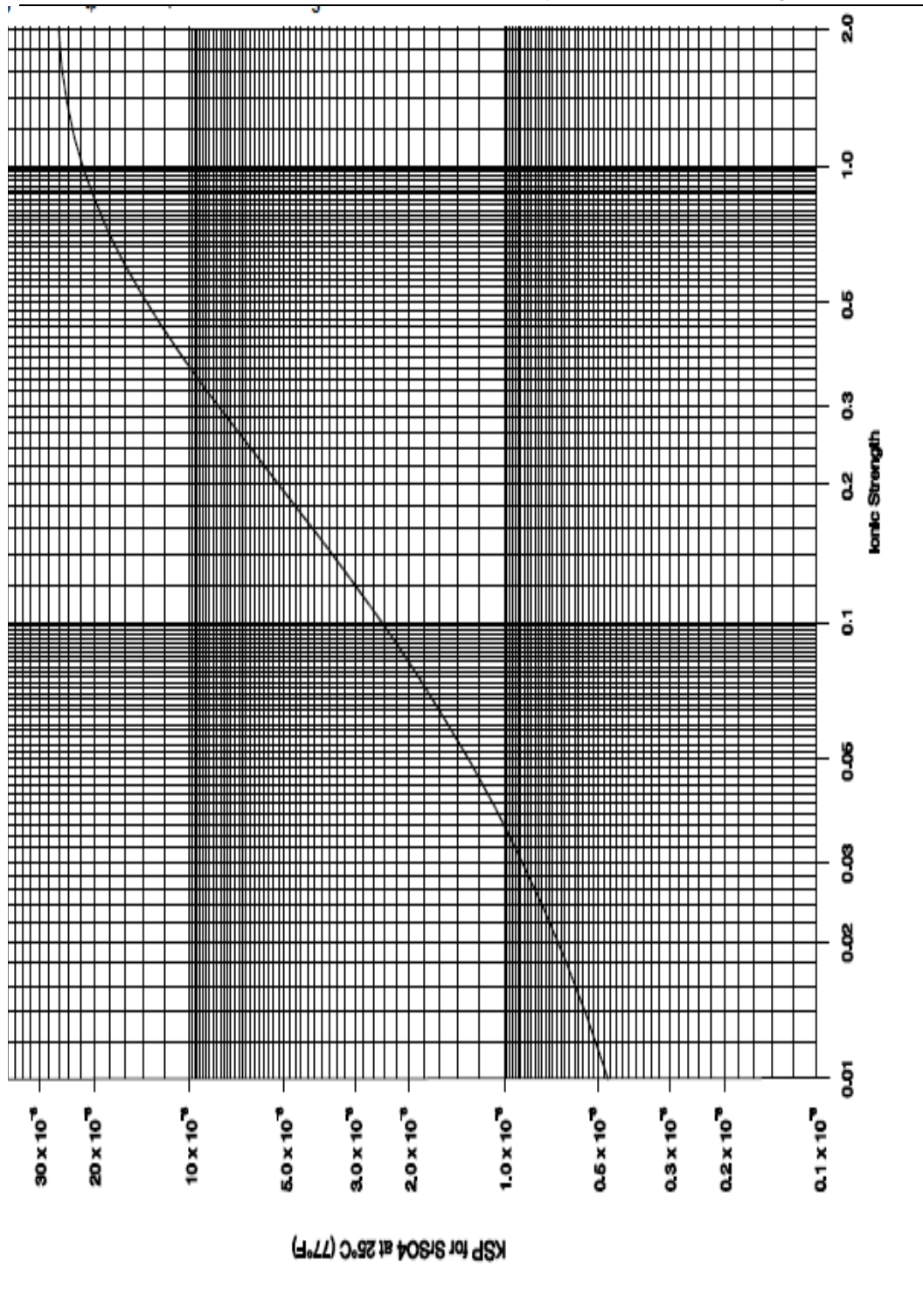
التعديلات الخاصة بالتحكم في تقشّر فلوريد الكالسيوم

تسري التعديلات الموضحة في القسم الفرعي 3-4-2 الخاصة بالتحكم في تقشّر كبريتات الكالسيوم ( $CaSO_4$ )، إضافة إلى التحكم في تقشّر فلوريد الكالسيوم ( $CaF_2$ ).

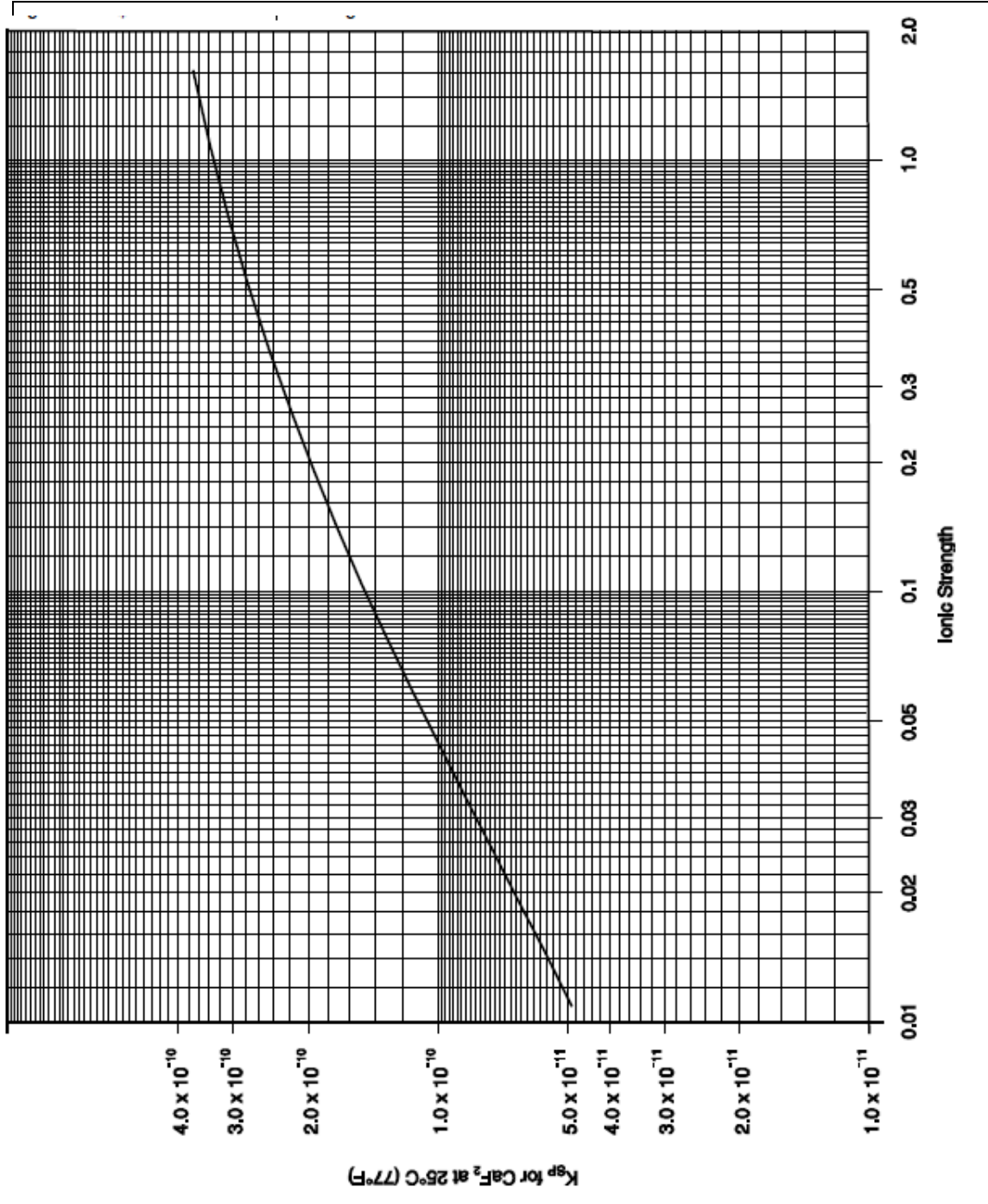
الشكل 2-7 ناتج الذوبان لكبريتات الباريوم مقابل القوة الأيونية /10/



الشكل 2-8 ناتج الذوبان لكبريتات السترنتيوم مقابل القوة الأيونية /10/



الشكل 2-9 ناتج الذوبان لفلوريد الكالسيوم مقابل القوة الأيونية /11/



## 2-4-7 منع تقشر السليكا

توجد السليكا المذابة ( $\text{SiO}_2$ ) بصورة طبيعية في معظم مياه التغذية بمعدل من 1-100 مللي غرام/ لتر. وتتمثل الأشكال الشائعة للسليكا في الأحماض الميثة سليكية مثل  $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_n$  ذات الأعداد المنخفضة. وبما أن حمض السيليسيك يعتبر حمضاً ضعيفاً، فإنه غالباً ما يوجد في صورة غير منحلة عند درجة الحموضة المحايدة أو هلام أدهاها. وقد يتبلر حمض السيليسيك مفرط التشبع بصورة زائدة ليكون سليكا غروانية غير قابلة للذوبان أو هلام السليكا والذي قد يتسبب في تقشر الغشاء. يعتمد الحد الأقصى المسموح به من تركيز ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  في مسار المادة المركزة على مدى قابلية ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  للذوبان.

تختلف احتمالية التقشر الخاصة بمسار المادة المركزة تماماً عن تلك الخاصة بمحلول التغذية نظراً للزيادة في تركيز  $\text{SiO}_2$  والتغير في درجة الحموضة، ويمكن حسابها من تحليل مياه التغذية ومعايير إجراء التناضح العكسي.

عندما تتجاوز درجة الحموضة الرقم المحايد، ينحل حمض السيليسيك إلى أيون السيليكات السالب  $(\text{SiO}_3^{2-})_n$ . ويمكن له أن يتفاعل مع الكالسيوم، والمغنسيوم، والحديد، والمنجنيز، والألومنيوم لتكوين سيليكات غير قابلة للذوبان.

وقد تبين أن الألومنيوم هو أقوى مرسب لحمض السيليسيك /12/، وأنه غالباً ما يرتبط ظهور السليكا بوجود الألومنيوم أو الحديد /13/. وقد ثبت أنه عند وجود كل من أيوني الألومنيوم والحديد ثلاثي التكافؤ  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  في مياه التغذية قبل المعالجة، تترسب السليكا حتى دون تشبعها /14, 15/. إذن فلا بد وأن يكون كل من أيوني الألومنيوم والحديد ثلاثي التكافؤ  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  أقل من 0.05 مجم/لتر في مياه التغذية، حتى ولو كان مستوى السليكا أدنى من التشبع. ونظراً لأن كل من ملحي  $\text{Al}^{3+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  يستخدمان في التخثر في معالجة المياه البلدية والصناعات الأخرى، فإنه من اللازم القيام بقياسات متكررة ودقيقة لهذه الأيونات حتى لو لم تكن مياه التغذية ذاتها تحتوي على مستويات عالية من أيونات الألومنيوم والحديد. وقد يحدث ترسب السيليكات المعدنية بسبب أحد التفاعلات الكيميائية وبسبب عملية ترسيب (تقشر)، وكذلك نتيجة للترسبات الغروانية التي تسببها جسيمات دون ميكرونية تدخل نظام الغشاء. وتعتبر كل من عمليات تحميض مياه التغذية والتنظيف الوقائي بالحمض إجراءات محتملة في حالات إمكانية تقشر السليكا المعدنية. وفي حال وجود السليكا الغروانية والسيليكات في مياه التغذية، لا بد من اختيار عملية دمج الترسبات/الترشيح و/أو مرشح قبلي مرحلي دقيق (1 مايكرومتر أو أقل).

يمكن حساب احتمالية تقشر السليكا القابلة للذوبان (حمض السيليسيك) في غياب الأيونات الموجبة المعدنية ثلاثية التكافؤ كما يلي. ويتطلب ها الحساب البيانات التالية الخاصة بمحلول التغذية (بعد إضافة الحمض، في حال تم استخدام الحمض للتحكم في كربونات الكالسيوم):

- تركيز  $\text{SiO}_2$  ثاني أكسيد السيليكون

- درجة الحرارة
- درجة الحموضة
- القلوية الكلية

### الحساب/16/

1. يتم حساب تركيز ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  في مسار المادة المركزة من تركيز  $\text{SiO}_2$  في محلول التغذية ومن استرجاع نظام التناضح العكسي:

$$\text{SiO}_{2c} = \text{SiO}_{2f} \left( \frac{1}{1-Y} \right)$$

حيث:

$\text{SiO}_{2c}$  = تركيز السيليكا في المادة المركزة كـ  $\text{SiO}_2$ ، مللي غرام/لتر

$\text{SiO}_{2f}$  = تركيز السيليكا في التغذية كـ  $\text{SiO}_2$ ، مللي غرام/لتر

$Y$  = استرجاع نظام التناضح العكسي، معبراً عنه بالكسر العشري

2. حساب درجة حموضة مسار المادة المركزة من درجة حموضة تيار التغذية باستخدام الإجراء المقدم في قسم 2-4-2.

3. باستخدام شكل 2-10، قم بمعرفة قابلية ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  للذوبان كدالة على درجة الحرارة (درجة حرارة ثاني أكسيد السيليكون). ويفترض أن درجة حرارة المادة المركزة مساوية لدرجة حرارة محلول التغذية. وإذا كان من المعروف أن درجة الحرارة تتفاوت، فاستخدم درجة الحرارة الأدنى لإجراء الحسابات.

4. من الشكل 2-11، قم بحساب معامل تصحيح درجة الحموضة لدرجة حموضة المركز التي تم حسابها في الخطوة 2.

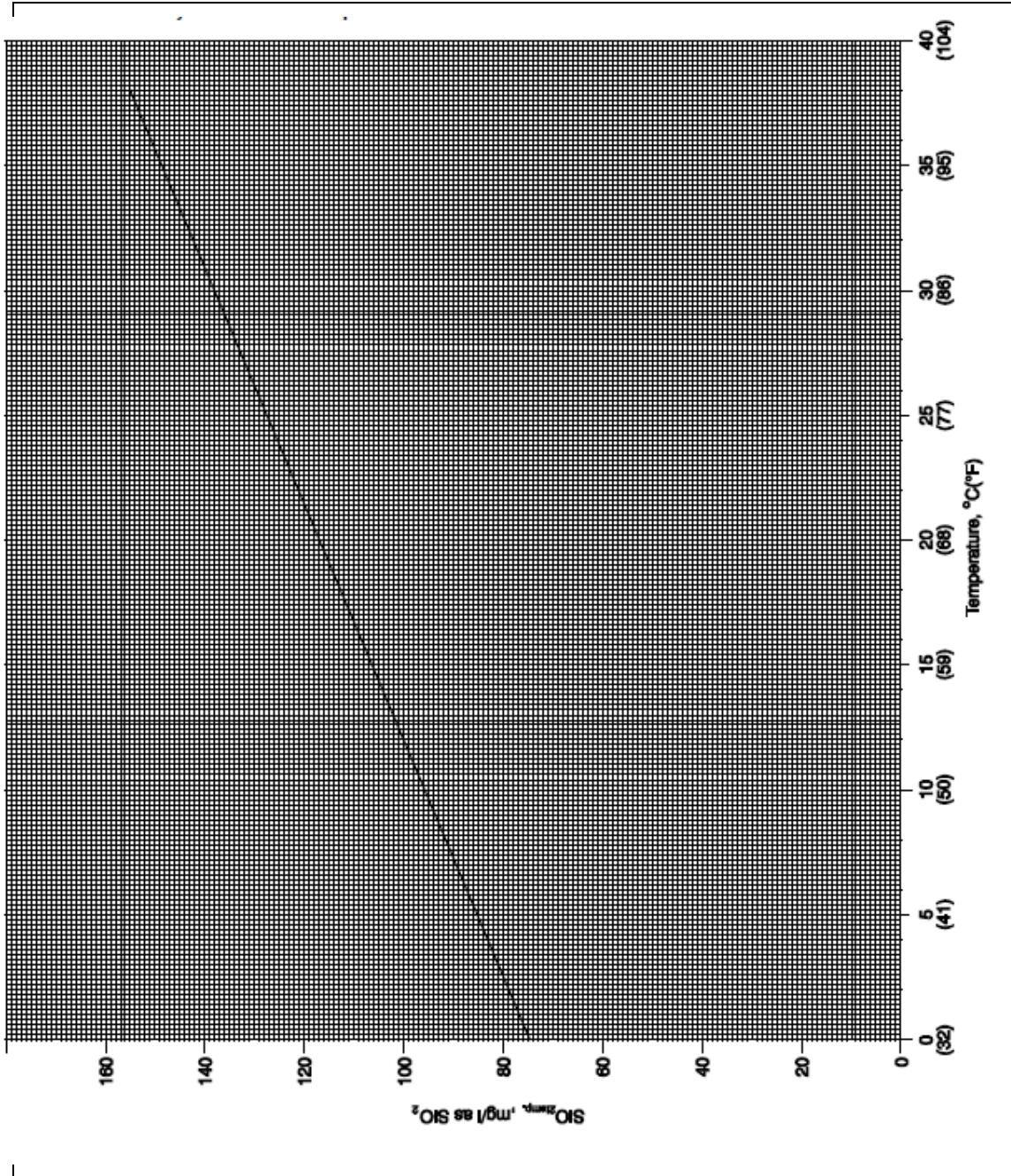
5. احسب قابلية ثاني أكسيد السيليكون للذوبان  $\text{SiO}_2$  والتي تم تصحيحها للرقم الهيدروجيني ( $\text{SiO}_{2\text{corr}}$ ) بضرب قابلية ذوبان "ذويانية" ثاني أكسيد السيليكون التي حصلنا عليها في الخطوة 3 في معامل تصحيح درجة الحموضة الذي حصلنا عليه في الخطوة 4.

6. قارن تركيز السيليكا في المادة المركزة ( $\text{SiO}_2\text{c}$ ) الذي حصلنا عليه في الخطوة 1 بقابلية السيليكا للذوبان ( $\text{SiO}_2\text{corr}$ ) التي حصلنا عليها في الخطوة 5. بمجرد أن يتم تشغيل نظام التناضح العكسي، يمكن حساب احتمالية تقشر ثاني أكسيد السيليكون مباشرة من خلال تحليل مسار المادة المركزة ومقارنته باحتمالية التقشر المخطط لها المحسوبة أعلاه. وفي حال كان  $\text{SiO}_2\text{c}$  أعلى من  $\text{SiO}_2\text{corr}$ ، فقد تتقشر السيليكا وعندئذ لا بد من التعديل.

#### تعديلات للتحكم في التقشر

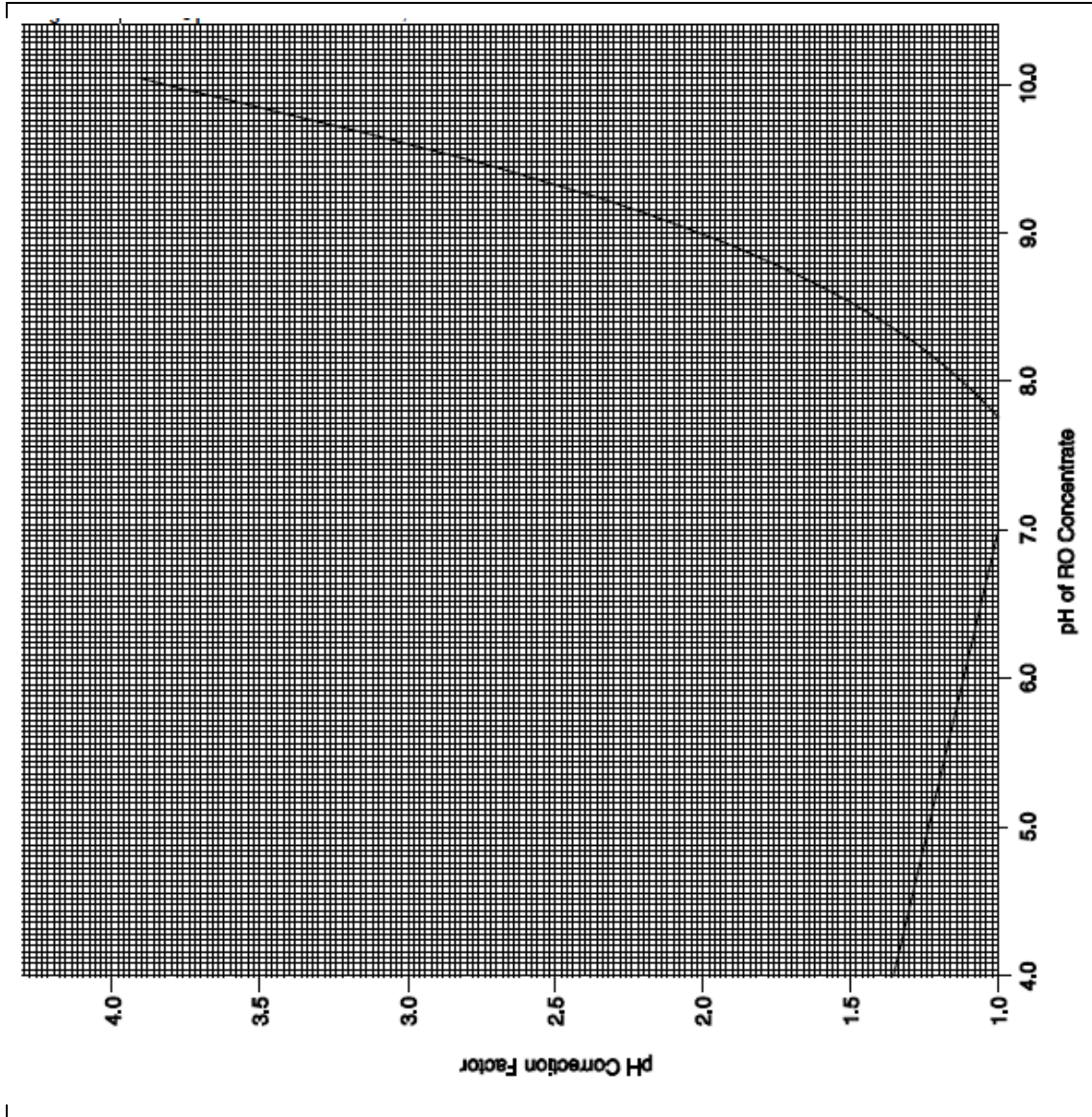
- إذا كان  $\text{SiO}_2\text{c}$  أقل من  $\text{SiO}_2\text{corr}$ ، يمكن استخدام استرجاع أعلى فيما يتعلق بتقشر السيليكا. يمكن إعادة الحسابات عند استرجاع أعلى لتحديد الحد الأقصى من التحول فيما يتعلق بتقشر السيليكا.
- إذا كان  $\text{SiO}_2\text{c}$  أعلى من  $\text{SiO}_2\text{corr}$ ، يمكن استخدام استرجاع أدنى لمنع التقشر. ويمكن إعادة الحسابات عند استرجاع أعلى لتحديد الاسترجاع المسموح به فيما يتعلق بتقشر السيليكا.
- إذا كان الحد الأقصى المسموح به من الاسترجاع أدنى من المرغوب، فيمكن استخدام رماد الجير والصودا لتيسير الماء الذي يستخدم إما أكسيد المنجنيز أو ألومينات الصوديوم في نظام ما قبل المعالجة لتخفيض تركيز ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  في تيار التغذية (انظر قسم 2-3-6) وبالتالي يسمح باستخدام تحول أعلى فيما يتعلق بتقشر السيليكا. ومن المهم أن تتم عملية التيسير بصورة ملائمة لمنع تكوين سيليكات معدنية غير قابلة للذوبان في نظام التناضح العكسي.
- نظراً لأن قابلية السيليكا للذوبان تزداد تحت رقم هيدروجيني 7.0 وفوق رقم هيدروجيني 7.8 تقريباً، فإن التعديل باستخدام الحمض أو القاعدة يسمح باسترجاع أعلى فيما يتعلق بتقشر السيليكا. ومع ذلك، فلا بد من منع تقشر كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  بسبب درجة الحموضة المرتفع.
- يمكن أن يزداد الحد الأقصى من الاسترجاع المسموح به بصورة ملحوظة فيما يتعلق بتقشر السيليكا بزيادة درجة الحرارة باستخدام مبادل حراري. وتعتبر درجة الحرارة القصوى المسموح بها في الاستخدام المستمر هي 45 درجة مئوية.
- يمكن كذلك استخدام مضادات التقشر مثل الأكريلات المتعددة ذات الوزن الجزيئي المرتفع لزيادة قابلية السيليكا للذوبان.

جدول 2-10 قابلية ذوبان ثاني أكسيد السيليكون  $\text{SiO}_2$  مقابل درجة الحرارة /16/



شكل 2-11 معامل تصحيح درجة الحموضة ثاني أكسيد السيليكون  $SiO_2$  [17, 16]





#### 2-4-8 منع تفشّر كربونات الكالسيوم

لم يكن ترسب فوسفات الكالسيوم شائعاً حتى تم تطبيق تقنية التناضح العكسي بصورة واسعة على النفايات البلدية السائلة. وأصبحت معالجة النفايات البلدية السائلة أو إعادة استخدامها واحدة من مجالات التطبيق الرئيسية للتناضح العكسي نظراً لنقص المياه. وفي ظل هذا التطبيق الجديد يقتضي الأمر اتخاذ إجراءات وقائية لمنع تفشّر فوسفات الكالسيوم.

يعتبر الفوسفور عنصراً شائعاً في الطبيعة ومنتشر بصورة واسعة في الكثير من المعادن. وتوجد مركبات الفوسفور في مجاري المياه الطبيعية والمياه المستخدمة في الأشكال التالية: /18/

- جسيمات الفوسفات

- الأرتوفوسفات ( $PO_4^{3-}$ ): قد يوجد الأرتوفوسفات في صوة حمض الفوسفوريك  $H_3PO_4$ , الفوسفات ثنائي الهيدروجين  $H_2PO_4^-$ , فوسفات الهيدروجين  $HPO_4^{2-}$ , الفوسفات  $PO_4^{3-}$  اعتماداً على درجة الحموضة. والأنواع السائدة في المياه المستخدمة المتعادلة هي الفوسفات ثنائي الهيدروجين  $H_2PO_4^-$  وفوسفات الهيدروجين  $HPO_4^{2-}$ .
- بولي فوسفات (الفوسفات المتعدد): هي مكونات مهمة في مساحيق غسيل الملابس وغيرها من المنظفات. وقد تحتوي على 2-7 ذرات اعتماداً على المنتج.
- الفوسفور العضوي: الفوسفور عنصر أساسي للكائنات الحية.

وأكثر الأشكال المعدنية شيوعاً للفوسفور هو الأباتيت، وهو فوسفات كالسيوم ذو مقادير متنوعة من أيونات الهيدروكسيد والكلور والحديد السالبة  $OH^-$ ,  $Cl^-$ ,  $F^-$  و (هيدروكسيلي-، وكلورو-، وفلوروأباتيت). وتحتوي بعض معادن الفوسفات الأخرى على الألومنيوم و/أو الحديد. ويمكن اعتبار مركبات الفوسفات التالية من أسباب تقشر الفوسفات في عملية التناضح العكسي/الترشيح المتأهي الدقة بسبب قابليتها المنخفضة للذوبان (انظر جدول 2-8).

جدول 2-8 القابلية المنخفضة لذوبان مركبات الفوسفات

Compound	Formula	pK <sub>sp</sub>
Brushite	CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	6.68
Calcium phosphate	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	28.9
Octacalcium phosphate	Ca <sub>8</sub> H(PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> ·3H <sub>2</sub> O	46.9
Hydroxyapatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH	57.74
Fluoroapatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	60
Magnesium ammonium phosphate	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	12.6
Aluminum phosphate	AlPO <sub>4</sub>	20
Iron phosphate	FePO <sub>4</sub>	15

ويعتبر كل من فوسفات الكالسيوم والأباتيت أقل قابلية للذوبان في الظروف المتعادلة والقاعدية ويزوبان في الحمض/18/. ومع ذلك فإن فوسفات الألومنيوم والحديد أقل قابلية للذوبان في الظروف متوسطة الحمضية. وبالتالي فإنه من المهم إزالة الألومنيوم والحديد في خطوة سابقة للمعالجة أيضاً. ومن العسير التنبؤ بالمستوى الأدنى لتقشر الفوسفات بسبب تعقد كيمياء الفوسفات. ومع ذلك، فقد وضع كوبو وآخرون مؤشر استقرار فوسفات الكالسيوم /19/. ويتحدد مؤشر استقرار فوسفات الكالسيوم بمستويات الكالسيوم والفوسفات الموجودة، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة. وتدل قيمة المؤشر السالبة على احتمالية ضعيفة لتقشر فوسفات الكالسيوم، بينما تدل القيمة الموجبة على احتمالية تقشر فوسفات الكالسيوم. ويتحدد مؤشر الاستقرار SI بناءً على المعادلة التالية:

$$SI = pH_a - pH_c$$

حيث إن:

$\text{pH}_a$  = درجة الحموضة الفعلية لمياه التغذية

$\text{pH}_c$  = درجة الحموضة العالية التي تم حسابها من المعادلة التجريبية التالية:

$$\text{pH}_c = \frac{11.755 - \log(\text{CaH}) - \log(\text{PO}_4) - 2\log t}{0.65}$$

حيث إن:

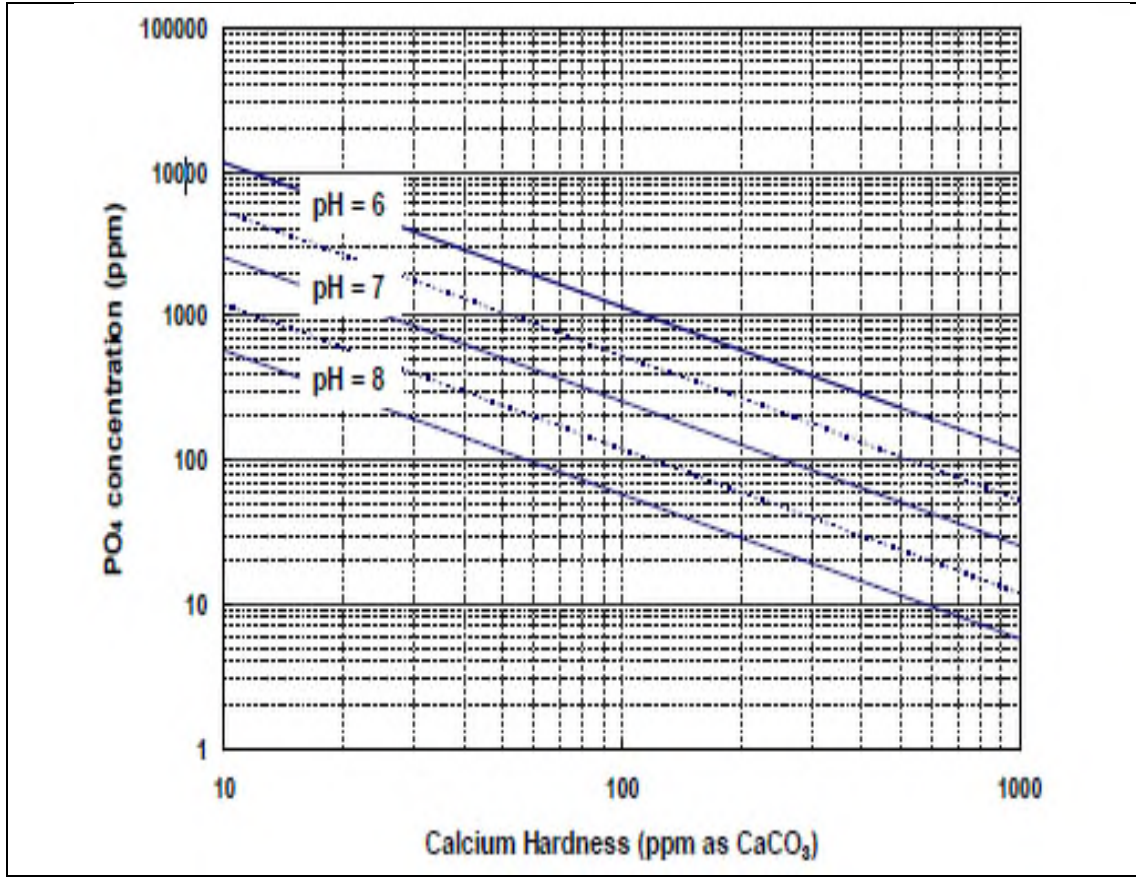
$\text{CaH}$  = عسر الكالسيوم كجزء من مليون من كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$

$\text{PO}_4$  = تركيز الفوسفات كجزء من مليون من الفوسفات  $\text{PO}_4$

$t$  = درجة الحرارة بالدرجة المئوية

يوضح شكل 2-12 تأثير التركيزات العالية للفوسفات في تقشر ثلاثي فوسفات الكالسيوم  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  على عسر الكالسيوم في التغذية ودرجة الحموضة بناءً على المعادلة.

شكل 2-12 التركيز العالي للفوسفات في ظل درجات حموضة مختلفة عند درجة حرارة 25 درجة مئوية



عسر الكالسيوم (جزء من المليون من كربونات الكالسيوم CaCO<sub>3</sub>)

ملحوظة: عندما تحتوي مياه التغذية على مستويات مرتفعة من الفلور، والألمونيا والألومنيوم، قد يتم تخفيض التركيز العالي للفوسفات نظراً لتكوين الفلوروأباتيت، وفوسفات الألومنيوم، وغيرها.

ولتقليل خطر تقشر الفوسفات، من المهم تقليل تركيز الكالسيوم، والفلور، والألومنيوم وليس الأرتثوفوسفات وحده. وتساعد درجة الحموضة المنخفضة في التغذية على التحكم في تقشر الفوسفات. وتتوفر كذلك مضادات تقشر تجارية ملائمة وجيدة بالنسبة لتقشر الفوسفات.

وتحصل الأغشية التي تقشر عليها الفوسفات على أفضل تنظيف عند رقم هيدروجيني منخفض (انظر [القسم 6](#)).

## 5-2 الوقاية من التلوث الغرواني وتلوث الجسيمات

### 5-2-1 تقييم إمكانية التعرض للتلوث الغرواني

وعلى نحو خطير يمكن أن يؤثر التلوث الغرواني لعناصر التناضح العكسي على الأداء من خلال تقليل الإنتاجية وأحياناً على طرد الأملاح. ويمثل وجود زيادة في فرق الضغط على مستوى النظام أحد الأعراض المبكرة لحدوث تلوث غرواني.

ويتنوع مصدر الطمي أو الجسيمات الغروانية في مياه التغذية بالتناضح العكسي وتشتمل في الغالب على البكتريا والطين والسليكا الغروانية ومنتجات تآكل الحديد. إن المواد الكيميائية الخاصة بالمعالجة التحضيرية في جهاز التنظيف مثل كبريتات الألمونيوم أو كلوريد الحديد أو متعددات التكهرل الأيونية موجبة عبارة عن مواد تستخدم في الغالب في تجميع هذه الجسيمات الغروانية الدقيقة التي تؤدي إلى تراكم هذه الجسيمات أو تكوين جسيمات كبيرة يمكن التخلص منها بشكل أكثر سهولة من خلال مرشح وسيط أو مرشح بخرطوشة. ويمكن أن يؤدي هذا التراكم إلى تقليل معايير الأداء للترشيح الوسيط أو حجم المسام الموجود في المرشح الذي يحتوي على خرطوشة حيث توجد هذه الجسيمات الغروانية في مياه التغذية. إلا أنه من الضروري دمج هذه المواد الكيميائية المستخدمة في عملية المعالجة التحضيرية في تكتلات الجسيمات نفسها حيث أنه يمكن أن تمثل نفسها مصدر للتلوث في حالة لم يتم التخلص منها. كما يمكن أن تترسب البوليمرات الأيونية موجبة بشكل مشترك مع مضادات التفسر المشحونة بشحنات سالبة بما يؤدي إلى تلوث الغشاء.

ولقد تم اقتراح العديد من الأساليب أو المؤشرات لتوقع إمكانية إصابة مياه التغذية بالتلوث الغرواني والتي تشتمل على العكارة ومؤشر كثافة الطمي ومؤشر التلوث المعدل. (انظر الجدول 2-9) ويعد مؤشر كثافة الطمي هو أكثر مؤشرات التلوث استخداماً.

## الجدول 2-9 مؤشرات المواد العالقة المتنوعة

**Table 2.9 Various fouling indices**

Index	Definition or method
Turbidity	Turbidity is an expression of the optical property of water that causes light to be scattered and absorbed rather than transmitted in straight lines through the sample. Turbidity is caused by suspended and colloidal particulate matter such as clay, silt, finely divided organic and inorganic matter, plankton and other microscopic organisms.  Test methods for turbidity of water are described in ASTM D1889 1201, in ASTM D6698 1211 and Chapter 2130 of <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20<sup>th</sup> Editions 11</i> .  Turbidity is often used for online control of particle filtration processes. The turbidity of feed water to RO/NF should be less than 1 NTU as one of the minimum requirements of feedwater.
SDI	The Silt Density Index (SDI) can serve as a useful indication of the quantity of particulate matter in water and correlates with the fouling tendency of RO/NF systems. The SDI is calculated from the rate of plugging of a 0.45 µm membrane filter when water is passed through at a constant applied gauge pressure. The method is described below. For more details refer to ASTM D4189 I221.  SDI is sometimes referred to as the Fouling Index (FI)

MFI	<p>The Modified Fouling Index (MFI) is proportional to the concentration of suspended matter and is a more accurate index than the SDI for predicting the tendency of a water to foul RO/NF membranes. The method is the same as for the SDI except that the volume is recorded every 30 seconds over a 15 minute filtration period. The MFI is obtained graphically as the slope of the straight part of the curve when t/V is plotted against V (t is the time in seconds to collect a volume of V in liters). For more details refer to Schippers et al. /23/.</p> <p>A MFI value of &lt;1 corresponds to a SDI value of about &lt;3 and can be considered as sufficiently low to control colloidal and particulate fouling.</p> <p>More recently, UF membranes have been used for MFI measurements. This index is called MFI-UF in contrast to the MFI<sub>0.45</sub> where a 0.45 µm membrane filter is used /24/.</p>
-----	---

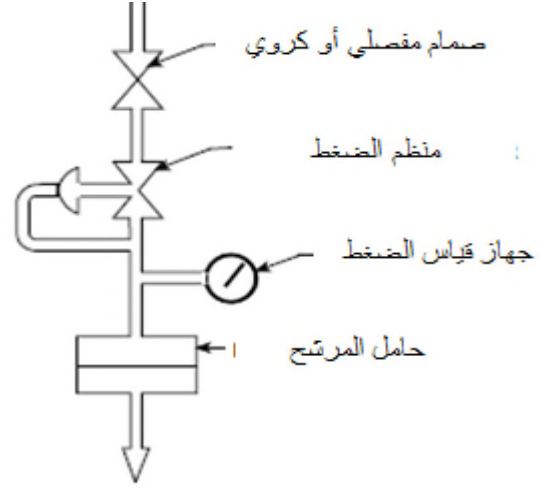
يعد قياس هذه المؤشرات من أهم الممارسات ويجب القيام بهذا الإجراء قبل تصميم نظام المعالجة التحضيرية للتناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة وبصفة دورية أثناء عملية تشغيل التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة (ينصح بالقياس ثلاث مرات يومياً بالنسبة للمياه السطحية).

#### المعدات :

يبين الشكل 2-13 المعدات اللازمة لقياس مؤشر كثافة الطمي والتي تشمل على:

- حامل مرشح أغشية قطره 47 ملم
- مرشحات أغشية طول قطرها 47 ملم (حجم المسام 0.45 مايكرومتر)
- جهاز لقياس الضغط 10-70 رطل للبوصة المربعة (1-5 بار)
- صمام إبرة لتعديل الضغط

الشكل 2-13، جهاز قياس مؤشر كثافة الطمي



### الإجراء

1. تجميع الجهاز كما هو مبين في الشكل 2-13 وضبط جهاز تنظيم الضغط على 207 كيلو باسكال (30 رطل على البوصة أو 2.1 بار).
2. وضع مرشح الأغشية بعناية على الدعامة الخاصة به.
3. التأكد من حالة الحلقة العازلة ووضعها بشكل جيد. استبدال النصف الأعلى من حامل المرشح وإغلاقه على نحو غير محكم.
4. السماح للهواء المنحبس بالخروج وغلق الصمام وتقوية حامل المرشح.
5. فتح الصمام. استخدام ساعة إيقاف بشكل متزامن والبدء في قياس الوقت اللازم لتدفق 500 مليلتر. تسجيل الوقت "t". ترك الصمام مفتوحاً للتدفق المستمر.
6. قياس وتسجيل الوقت اللازم لتجميع 500 مليلتر إضافية من العينة والبدء في عملية التجميع في الدقيقة الخامسة والعاشرة والخامسة عشر من إجمالي وقت التدفق المنقضي. وقياس درجة حرارة المياه والتأكد من الضغط عند كل عينة يتم تجميعها.
7. بعد الانتهاء من الفحص، يمكن الاحتفاظ بمرشح الأغشية للرجوع إليه بعد ذلك. كما يمكن ترك المرشح قيد التشغيل بعد انتهاء عملية الفحص لحين انسداده بهدف تجميع المواد العالقة وتحليلها بالأساليب المتبعة في التحليل.
8. عملية الحساب:

$$SDI_T = \left(1 - \frac{t_f}{t_i}\right) \cdot \frac{100}{T}$$

حيث إن

T = إجمالي وقت التدفق المنقضي، الدقائق (15 دقيقة في الغالب، انظر ملحوظة)

t<sub>i</sub> = الوقت الأولي اللازم لجمع 500 مليلتر من العينة، ثانية

t<sub>f</sub> = الوقت اللازم لتجميع 500 مليلتر من العينة بعد وقت الفحص T، ثانية (15 دقيقة في الغالب)

ملحوظة: بالنسبة لطريقة الاختبار هذه، يجب أن لا يزيد  $(t_i/t_f)-1$  عن 0.75. في حالة زيادة  $(t_i/t_f)-1$  عن هذه القيمة، يتم استخدام وقت أقل T (قياس 5 أو 10 دقائق في الخطوة 6).

المبدأ التوجيهي هو بقاء مؤشر كثافة الطمي SDI<sub>15</sub> "SDI15" عند درجة 5 أو أقل من ذلك. إلا أنه لتقليل درجة التلوث يوصى بأن يكون مؤشر كثافة الطمي SDI<sub>15</sub> أقل من 3. أثبتت عدد من تقنيات المعالجة التحضيرية فاعليتها في تقليل مؤشر كثافة الطمي بما في ذلك الترشيح الوسيط (مثل الرمال/ فحم الأنتراسيت) والترشيح الفائق والترشيح الدقيق بالسريان المتقاطع. وأحياناً تؤدي إضافة متعددات التكهرل قبل عملية الترشيح إلى تحسين درجة تقليل كثافة الطمي.

الأساليب المتبعة للوقاية من التلوث بالجسيمات الغروانية مبينة فيما يلي:

## 2-5-2 الترشيح الوسيط

يعتمد التخلص من الجسيمات العالقة والجسيمات الغروانية من خلال الترشيح بالوسائط على ترسيبها على سطح حبيبات المرشح حيث تتدفق المياه من خلال هذه الحبيبات (وسائط للترشيح). وتعتمد جودة الترشيح على حجم والشحنة السطحية والشكل الهندسي لكل من الجسيمات العالقة ووسائط المرشح كما أنها تعتمد أيضاً على تحليل المياه ومعايير التشغيل. وبفضل وجود مرشح جيد التصميم وعملي، يمكن تحقيق درجة أقل من الخمسة لمؤشر كثافة الطمي SDI<sub>15</sub>.

إن وسيط المرشح الأكثر شيوعاً في معالجة المياه هما الرمال وفحم الأنتراسيت. ويتراوح حجم الحبيبة الفاعل من 0.35 إلى 0.5 ملم ومن 0.7 إلى 0.8 ملم في حالة مرشح فحم الأنتراسيت. وعلى سبيل المقارنة بوسيط مرشح الرمال الأحادي، يسمح وسيط المرشح المزدوج لفحم الأنتراسيت على الرمال بتخلخل أكثر للمادة العالقة في قاع المرشح بما يؤدي إلى ترشيح أكثر فاعلية وفترات أطول بين عمليات التنظيف. يكون عمق تصميم وسيط المرشح بحد أدنى 31 بوصة (0.8 م). وفي حالة وجود وسيط مرشح مزدوج، يتم ملئ المرشحات في الغالب بطبقة رمال قدرها 20 بوصة (0.5 م) مغطاة بطبقة من فحم الأنتراسيت حوالي 12 بوصة (0.3 م).

هناك نوعان من المرشحات المستخدمة وهما مرشحات بالنقل ومرشحات الضغط. وحيث إن وعاء المرشح الخاص بترشيح الضغط مصمم لتكثيف الضغط، فإنه يمكن خفض درجة الضغط العالي لقاع المرشح العالي و/أو حبيبات المرشح أصغر و/أو سرعات الترشيح أعلى. وتتراوح معدلات تدفق الترشيح المصممة في الغالب من 4 إلى 5 غالون في المتر/قدم<sup>2</sup> (من 10 إلى 20 متر/الساعة) وتتراوح معدلات الغسيل ما بين 16 إلى 20



غالون في المتر/القدم<sup>2</sup> (من 40 إلى 50 م/س). وعادة ما يكون الضغط المتاح فوق المرشحات بالنقل بحوالي 16 قدم (5 م) و30 رطل للبوصة المربعة (2 بار) حتى أكثر من 60 رطل (4 بار) لمرشحات الضغط. وفيما يخص مياه التغذية الأكثر عرضة للتلوث، يفضل معدلات التدفق التي تقل عن 4 غالون في المتر/قدم<sup>2</sup> (10 م/س) و/أو الترشيح بالوسائط لمسار المرور الثاني. وفي حالة زيادة معدل التدفق لتعويض أحد المرشحات التي خرجت من الخدمة، يتم زيادة معدل التدفق بشكل تدريجي وبطيء لمنع إطلاق الجسيمات المترسبة سابقاً.

وأثناء التشغيل، تدخل المياه المتدفقة التي سيتم ترشيحها إلى أعلى المرشح وتتقطر من خلال قاع المرشح ويتم سحبها من خلال نظام التجميع الموجود بالأسفل. وفي حالة زيادة الضغط التفاضلي بين مدخل ومخرج مرشح الضغط من 4 إلى 9 رطل للبوصة المربعة (0.3-0.6 بار) وحوالي 4.6 قدم (1.4 م) في المرشح الذي يعمل بالنقل، يتم غسل المرشح غسيلاً عكسياً وشطفه بصفة دورية للتخلص من المواد المترسبة. وفي العادة يستغرق وقت الغسيل العكسي حوالي 10 دقائق. قبل إعادة المرشح الذي تم غسله غسيلاً عكسياً مرة ثانية للخدمة، يجب شطفه جيداً حتى يجف بما يتفق مع المواصفات.

يجب تجنب حالات الإغلاق والتشغيل المتكررة لتقليل إطلاق الجسيمات المترسبة سابقاً. وتفصيل التشغيل والتصميم الخاصة بالترشيح الوسيط متوفرة في الكتيبات 3 و4 الخاصة بمعالجة المياه.

## 2-5-3 عملية الأكسدة الترشيح

إن بعض مياه الآبار - التي هي في الغالب متوسطة الملوحة - في حالة مختزلة. ويحتوي هذا النوع من المياه في الغالب على حديد ثنائي التكافؤ ومنجنيز وأحياناً كبريتيد الهيدروجين بينما لا يحتوي على أكسجين ولذا يطلق على هذا النوع أيضاً عديم الأكسجين. وغالباً ما يتم استنفاد الأكسجين في الغالب (على سبيل المثال من خلال العمليات الحيوية الدقيقة) نظراً لتلوث المياه بمواد عضوية قابلة للتحلل الحيوي أو عندما تكون المياه قادمة من خزان مياه جوفية بارد للغاية.

أحد الأساليب المستخدمة في التعامل مع المياه عديمة الأكسجين هو أكسدة الحديد والمنجنيز باليود من خلال تمرير الهواء أو هيبوكلوريت الصوديوم أو برمنجنات البوتاسيوم ( $KMnO_4$ ). ثم بعدها يمكن التخلص من الهيدروكسيد المتكون من خلال الترشيح بالوسائط. وستتم أكسدة سلفيد الهيدروجين ليتحول إلى مادة الكبريت الأولي يمكن إزالتها من خلال الترشيح بالوسائط أيضاً.

وفي خطوة واحدة يمكن القيام بعملية الأكسدة وعملية الترشيح باستخدام وسيط المرشح مع القدرة على أكسدة الحديد والمنجنيز ثنائياً التكافؤ من خلال نقل الإلكترونات. وتعد الرمال الخضراء وسيطاً حبيبياً عبارة عن غلوكونيت معدنية أخضر (عندما يجف). ويمكن الحصول على هذه المادة من خلال  $KMnO_4$  في حالة استنفاد قدرتها على الأكسدة. وبعد إعادة عملية التوليد، يجب غسل المتبقي من  $KMnO_4$  بشكل جيد لتجنب تلف الأغشية من خلال عملية الأكسدة. يتم استخدام هذه الطريقة في حالة وجود أقل من 2 ملغرام/لتر من  $Fe^{2+}$  في المياه الخام. وفي حالة وجود تراكيزات عالية من  $Fe^{2+}$ ، يمكن إضافة  $KMnO_4$  بشكل مستمر إلى التيار

الداخل للمرشح. ويجب اتخاذ التدابير في هذه الحالة لضمان عدم وصول أي برمنغنات إلى الأغشية (من خلال تركيب مرشح كربون على سبيل المثال) (انظر القسم الفرعي 2-6-3، المعالجة بالكلور/ إزالة الكلور) وفي الواقع يتم استخدام ترشيح Birm أيضاً للتخلص من  $Fe^{2+}$  الموجود في مياه التغذية بالتناضح العكسي. وفي حالة ترشيح Birm، يتم زيادة درجة الحموضة بما يترتب عليه إمكانية تغيير قيمة مؤشر لانجلبير لذا يجب توخي الحذر لمنع ترسيب  $CaCO_3$  في المرشح وفي نظام التناضح العكسي. يمكن استخدام الترشيح الدقيق أو الترشيح الفائق بدلاً من الترشيح بالوسائط (انظر القسم الفرعي 2-5-6) للتخلص من جسيمات الحديد وهيدروكسيد المنجنيز الصغيرة التي تتكون من خلال عملية الأكسدة. وإلى حد ما تعد هذه تقنية جديدة للتخلص من الحديد والمنجنيز. المعالجة التحضيرية للمياه عديمة الأكسجين مبينة بالتفصيل في الأقسام الفرعية 2-9 و 2-10.

## 2-5-4 الترشيح داخل الأنابيب

ولدرجة كبيرة يمكن تحسين كفاءة الترشيح بالوسائط لتقليل قيمة مؤشر كثافة الطمي في حالة تخثر و/أو ترويب الجسيمات الغروانية الموجودة في المياه الخام قبل القيام بعملية الترشيح. ويمكن استخدام عملية الترشيح داخل الأنابيب عندما يزيد مؤشر كثافة الطمي في حالة المياه الخام عن الدرجة 5 بمقدار طفيف. ولقد تم وصف تحسين الطريقة المستخدمة، والتي يطلق عليها أيضاً التخثر داخل الأنابيب أو التخثر- الترويب داخل الأنابيب بالتفصيل في ASTM D 4188 / 25. ويتم إدخال مادة التخثر في تيار المياه الخام وخلطها بها ويتم التخلص من الجسيمات الدقيقة على الفور من خلال الترشيح بالوسيط.

يستخدم كل من كبريتات الحديد وكلوريد الحديد في إحلال توازن الشحنة السالبة للجسيمات الغروانية الموجودة على السطح وحصرها في جسيمات دقيقة من هيدروكسيد الحديد المكون حديثاً. كما تتسم مخثرات الألمونيوم أيضاً بالفاعلية ولكن لا يوصى بها بسبب إمكانية حدوث مشكلات تلوث في الجزء المتبقي من الألمونيوم. ويعد الانتشار والخلط السريع لمادة التخثر أمراً ضرورياً للغاية. ويوصى بوجود خلط أنبوبي ثابت أو حاقن على جانب شفط المضخة المعززة. وعادة ما تتراوح الكمية المثلى من 10 إلى 30 ملغرام/ لتر، إلا أنه يجب تحديد هذه الكمية بما يتفق مع الحالة.

ولتقوية الجسيمات الدقيقة الهيدروكسيدية وتحسين قدرتها على الترشح و/أو تجميع الجسيمات الغروانية، يمكن استخدام المروبات مع المواد المخثرة أو استخدامها بمفردها. تعتبر المروبات أو الملبدات مركبات عضوية عالية ذات أوزان جزيئية عالية قابلة للذوبان (مثل البولي أكريلاميد الخطي) ومن بين المجموعات النشطة المختلفة، نجد أنها مشحونة بشحنة موجبة (أيونية موجبة) أو مشحونة بشحنة سالبة (أيونية سالبة) أو تكون شبيهة بالمحايدة (غير أيونية).

يمكن أن تتدخل مواد التخثر أو الملبدات في غشاء التناضح العكسي بشكل مباشر أو غير مباشر. يحدث التدخل غير المباشر عندما يتكون راسب على الغشاء بفعل المركب. فعلى سبيل المثال، فإن طريقة توجيه المرشح الوسيط يمكن أن يساعد الجسيمات على المرور وترسيبها على الغشاء؛ كما يمكن أن يتكون أحد الرواسب في حالة زيادة تركيز مياه التغذية التي يتم معالجتها مثل إضافة مخثرات الألمونيوم أو الحديد دون تقليل درجة الحموضة بعد ذلك لتجنب حدوث الإفراط في التشبع في مرحلة التناضح العكسي. كما أن التفاعل مع المركب المضاف بعد المرشح الوسيط يمكن أن يتسبب في تكوين راسب. وهذا يتضح جلياً في حالة مضادات التفسر. وجميع مضادات التفسر تقريباً مشحونة بشحنة سالبة وستتفاعل مع المخثرات أو الملبدات الموجودة في المياه. وبدرجة كبيرة قد تلوث الأغشية الموجودة في العديد من معدات التناضح العكسي من خلال تكون طبقة هلامية سببها التفاعل بين متعددات التكهرل الأيونية موجبة ومضادات التفسر.

يحدث التدخل المباشر عندما يؤثر المركب نفسه على الغشاء بما يؤدي إلى وجود نقص في التدفق. ويمكن أن يكون للقوة الأيونية تأثير على تدخل المخثرات أو الملبدات مع الغشاء. وفي هذه الحالة، يمكن أن تختلف نتيجة حالات الماء متوسطة الملوحة عن حالة مياه البحار. ولتقليل حجم خطورة التدخل المباشر أو غير المباشر في غشاء التناضح العكسي، فإنه يُفضل الملبدات الأيونية سالبة أو غير الأيونية عن المكلتات الأيونية موجبة. كما يجب تجنب الجرعات المفرطة.

## 2-5-5 التخثر - التلبد

في حالة المياه الخام التي تحتوي على تركيزات عالية من المواد العالقة والتي تؤدي إلى ارتفاع مؤشر كثافة الطمي، يفضل عملية التخثر - التلبد التقليدية. يُسمح بتكاثر الكتل المتلبدة الهيدروكسيدية واستقرارها في غرف تفاعل مصممة خصيصاً. ثم يتم التخلص من رواسب الهيدروكسيد ويتم معالجة المياه الطافية من خلال الترشيح بالوسيط.

عند القيام بعملية التخثر - التلبد، إما يمكن استخدام مصفاة من النوع متصل المواد الصلبة (انظر أيضاً القسم الفرعي 2-3-6 إزالة عسرة الماء بالجير) أو استخدام مفاعل تخثر - تلبد صغير الحجم. ولمزيد من التفاصيل، يرجى الرجوع إلى كتيبات معالجة المياه العامة /3، 4/.

## 2-5-6 الترشيح الدقيق / الترشيح الفائق الدقة

يقوم غشاء الترشيح الدقيق أو الترشيح الفائق الدقة بالتخلص من جميع المواد العالقة و - في حالة الترشيح الفائق الدقة - كذلك المركبات العضوية المذابة اعتماداً على كتلتهم الجزيئية وعلى قطع الغشاء للكتلة الجزيئية. ولذا، فإنه يمكن جعل مؤشر كثافة الطمي أقل من واحد  $SDI < 1$  في حالة وجود نظام ترشيح دقيق أو ترشيح فائق الدقة مصمم جيداً ويتم الاهتمام به بالشكل المناسب. يوجد ترشيح ذو نهاية مغلقة وترشيح بالسريان

المتقاطع. يوجد تيارين في الترشيح ذو النهاية المغلقة وهما المدخل والمخرج. ويتم تمرير 100% من مياه التغذية من خلال وسيط الترشيح الدقيق أو الترشيح الفائق (يتم استرجاع نسبة 100%) بينما في حالة الترشيح بالسرطان المتقاطع يوجد ثلاثة تيارات وهم: التغذية والتركيز وتيار الماء الناتج. وفي حالة أغشية الألياف المجوفة في نظامي الترشيح الدقيق والترشيح الفائق الدقة، يوجد نوعين مختلفين من التصميم: يمكن أن يأتي التدفق من الداخل للخارج أو من الخارج للداخل. أما في حالة تصميم التدفق من الخارج للداخل، تتدفق مياه التغذية بشكل أكبر حول الألياف المجوفة، بينما يجب أن نضع خفض الضغط داخل الألياف المجوفة في الاعتبار في حالة تصميم التدفق من الداخل للخارج. إلا أن التدفق من الداخل للخارج يتميز بوجود طريقة متسقة في توزيع التدفق من خلال مسام الألياف المجوفة مقارنةً بالتصميم من الخارج للداخل. تعمل أنظمة الترشيح الدقيق والترشيح الفائق بطريقة السرطان المتقاطع بمستوى عالي من الاسترجاع والتدفق لذا فإنه يتم استخدام أساليب الغسيل العكسي والتطهير بالهواء بشكل منكرر لتقليل حجم التلوث.

وفي حالة استخدام مقاوم للكور (مثل غشاء بولي سلفران أو غشاء الخزف)، يمكن إضافة الكلور إلى مياه الغسيل لمنع التلوث الحيوي. ولقد قام بورتر باستعراض عن الترشيح الدقيق والترشيح الفائق في /26/.

## 2-5-7 الترشيح الدقيق باستخدام الخرطوشة

يفضل مرشح الخرطوشة الذي حجم سمه أقل من 10 مايكرومتر وهو الحد الأدنى من المعالجة التحضيرية اللازمة لجميع أنظمة التناضح العكسي. يلتزم هذا الجهاز بمعايير السلامة اللازمة لحماية الأغشية والمضخة عالية الضغط من الجسيمات العالقة. وعادة ما يكون هو الخطوة الأخيرة من سلسلة المعالجة التحضيرية. وينصح بوجود مسام بحجم 5 مايكرومتر. وكلما كان الترشيح المسبق جيداً، قل المعدل المطلوب من تنظيف غشاء التناضح العكسي. وفي حالة التعرض لخطر تلوث بالسليكا الغروانية أو بالسليكات المعدنية، يفضل وجود مرشح بخرطوشة بمسام يتراوح حجمها من 1 إلى 3 مايكرومتر. ويجب تحديد حجم المرشح بحيث يناسب معدل التدفق بما يتفق مع توصيات الشركة المصنعة واستبداله قبل خفض مستوى الضغط إلى المستوى المسموح به ويكون ذلك كل ثلاثة أشهر على الأقل.

لا يوصى بمرشحات التدفق الخلفي بشكل عام كمرشحات تلتزم بمعايير السلامة بسبب أنها عرضة لخطورة التعطل في حالة وجود خلل في إحدى وظائف التدفق الخلفي وكفاءتها المتدنية وتعرضها لدرجة عالية من مخاطر التلوث الحيوي. ويمكن استخدام مرشحات تدفق خلفي دقيقة بحيث تكون معاكسة لمجرى تيار مرشحات الخرطوشة لحمايتهم. إلا أنها لا تعد بديلاً عن الخراطيش التي تستعمل لمرة واحدة.

يجب أن يكون مرشح الخرطوشة مصنع من مادة صناعية غير قابلة للتحلل (مثل النايلون أو مادي البولي برويلين) كما يوجد به جهاز لقياس الضغط للإشارة إلى الاختلاف في درجات الضغط وبالتالي يشير إلى حجم تلوثه. وتوفر عمليات الفحص الدورية للخرطوشة المستخدمة معلومات مفيدة حول مخاطر التعرض للتلوث ومتطلبات التنظيف.

في حالة تزايد الضغط التفاضلي بشكل سريع على مستوى المرشح، فإن هذا يعد مؤشراً لإمكانية حدوث مشكلات في مصدر إمداد المياه الخام أو في عملية المعالجة التحضيرية. يقدم المرشح درجة معينة من حماية الأغشية على المدى القريب أثناء القيام بإجراء تصحيحي.

ويشير استبدال مرشحات الخرطوشة بشكل دوري بما يزيد على 1 إلى 3 أشهر إلى وجود مشكلة ما في المعالجة التحضيرية. إلا أنه لا يعد مرشح الخرطوشة أحد المقومات الرئيسية في التخلص من الكميات الكبيرة من الجسيمات الصلبة القابلة للترشيح. وهذا يُعني عن استخدام المرشحات باهظة الثمن، إلا أنه يمكن أن يؤدي إلى فشل مبكر في نظام الغشاء بسبب وجود احتمال كبير في تسلل بعض المواد غير المرغوب فيها. ويوجد طريقة أخرى بديلة وهي استخدام خرطوشة ثانية بها مسام ذو حجم أكبر.

## 2-5-8 أساليب أخرى

يوجد أيضاً أساليب للوقاية من التلوث الغرواني بخلاف المنصوص عليها في الأقسام السابقة.

**إزالة عسرة الماء بالجير وهي طريقة منصوص عليها بالفعل للتخلص من السليكا (القسم الفرعي 2-3-6).** ويعد التخلص من الحديد والجسيمات الغروانية مميزات إضافية.

**إزالة عسرة الماء الرزيني للتبادل الأيوني الموجب الحمضي القوي** وهذا لا يستخدم فقط في التخلص من الصلابة بل في التخلص أيضاً من التركيزات المنخفضة من الحديد والألمونيوم التي قد تؤدي إلى تلوث الغشاء. ومن المعروف أيضاً أن المياه بعد إزالة العسر بها تكون عرضة للتلوث بدرجة أقل من المياه قبل إزالة العسر نظراً لأن الأيونات الموجبة متعددة التكافؤ تعزز من تلاحق الجسيمات الغروانية التي تتكون بطبيعة الحال والتي تكون في العادة سالبة الشحنة. وتعتمد الكفاءة في التخلص من الحديد على أنواع الحديد الموجودة. ويتم التخلص نهائياً من  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  من خلال رزينات SAC وفي حالة تجاوز 0.05 جزء من مليون، فهناك احتمال تلوث الغشاء وتحفيز عملية التحلل. ولا يتم التخلص من المركبات الغروانية أو مركبات الحديد العضوية بل يتم تمريرها إلى الماء المنتج. ويتم ترشيح أكاسيد الحديد غير القابلة للذوبان بالاستناد إلى حجمها ومعدل التدفق وعمق القاع المستخدم.

في حالة التعامل مع تركيزات أعلى من أكسيد الحديد الثنائي، ينبغي توخي الحذر لمنع حدوث تلوث بأكسيد الحديد الثنائي. تم الإبلاغ بأن إضافة ميتابسلفيت الصوديوم كان له القدرة على منع إصابة الغشاء بالتلوث **مضادات التلوث:** يمكن لبعض مثبطات التقشر - والتي يطلق عليها أيضاً مضادات التلوث - التعامل مع الحديد. ويمكن استخدام عملية المعالجة التحضيرية هذه في حالة التركيزات المنخفضة نسبياً من الحديد.

## 2-5-9 التصميم واعتبارات التشغيل

لا تقتصر الوقاية من حدوث التلوث الغرواني على الاختيار الجيد لعملية المعالجة التحضيرية فقط، بل تعتمد أيضاً على تصميم النظام وعملية التشغيل. فعلى سبيل المثال، يمكن إجراء عملية المعالجة التحضيرية للمياه

السطحية من خلال التخرثر - التلبد والترشيح الفائق الدقة. ويمكن تشغيل نظام التناضح العكسي في ظل وجود تدفق عالي للماء الناتج النقي ولا تتطلب هذه العملية أي تنظيف تقريباً. ولكن في حالة ترشيح نفس النوع من المياه من خلال مرشح خرطوشة، قد يحتاج نظام التناضح العكسي إلى منطقة أغشية أكبر وإجراء المزيد من عمليات التنظيف والصيانة. ويمكن تعويض عملية المعالجة التحضيرية غير الجيدة جزئياً من خلال إضافة المزيد من منطقة الغشاء وتعديل النظام (انظر [القسم الفرعي 3](#)، تصميم النظام)، ومن خلال إجراء المزيد من عمليات التنظيم. وعلى الجانب الآخر، فإن تحسين نظام المعالجة التحضيرية يعني انخفاض التكلفة المخصصة للغشاء.

ولتقليل الجهد المبذول في المعالجة التحضيرية و/أو تحسين جودة مياه التغذية، يجب استخدام المياه الخام المتاحة ذات الجودة أفضل. ويمثل الموقع الذي يتم أخذ المياه السطحية منه - بما في ذلك مياه البحار - أهمية كبرى. ويمكن أن تتسبب المياه الخام الملوثة بالمياه المستخدمة في مشكلات كبيرة في معدات التناضح العكسي. فيفضل أخذ المياه من بئر عميقة قريبة من أحد الشواطئ أو الأنهار. وفي حالة اقتضى الأمر مأخذ مياه مفتوح، يجب أن يكون هذا المصدر بعيداً عن الشواطئ ويكون منخفض عدة أمتار عن سطح المياه.

وينبعث من الآبار الجديدة في الغالب مواد عالقة في الأيام الأولى من التشغيل. فينبغي العناية بغسل الآبار بشكل جيد؛ حيث يمثل التلوث بأكسيد الحديد مشكلة شائعة. ويمكن تفادي هذه المشكلة من خلال اختيار مواد غير قابلة للتآكل (انظر [القسم الفرعي 3-14](#)، مواد الإنشاء، التحكم في التآكل).

## 6-2 الوقاية من التلوث الحيوي

### 6-2-1 مقدمة

تحتوي جميع المياه الخام على كائنات دقيقة مثل البكتيريا والطحالب والفطريات والفيروسات والكائنات الأعلى من ذلك. والحجم التقليدي للبكتيريا هو حوالي 1 مايكرومتر. وينظر إلى الكائنات الدقيقة على أنها جسيمات غروانية يتم التخلص منها أثناء عملية المعالجة التحضيرية كما هو مناقش في [القسم الفرعي 5-2](#). والفرق بين الكائنات الدقيقة والجسيمات غير الحية هو قدرة الكائنات الدقيقة على التكاثر وتكوين أغشية حيوية رقيقة في ظل وجود ظروف مناسبة.

وتجد الكائنات الدقيقة التي تدخل نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة مساحة كبيرة من سطح الغشاء الذي يوجد عليه عناصر غذائية متحللة جراء عملية استقطاب المادة المركزة بما يوفر بيئة مثالية لتكوين أغشية حيوية رقيقة. ويمكن أن يؤثر التلوث الحيوي للأغشية بشكل كبير على أداء نظام التناضح العكسي. والأعراض هي عبارة عن وجود زيادة في الضغط التفاضلي من تيار التغذية إلى تيار التركيز بما يؤدي في النهاية إلى حدوث تلف في آلية عمل عوامل الغشاء (انظر [القسم الفرعي 8-5-3](#)، الضغط التفاضلي المرتفع)، وانخفاض في تدفق الغشاء. وقد يحدث التلوث الحيوي في بعض الأوقات على جانب النفاذ بما يتسبب في تلوث المياه الناتجة.

من الصعب إزالة الأغشية الحيوية الرقيقة نظراً لأنها تحمي الكائنات الدقيقة من العوامل الخارجية والمبيدات الحيوية. كما أنه في حالة عدم التخلص نهائياً من تراكم الكائنات المجهرية، فإن الأجزاء المتبقية تنمو بشكل سريع. ولذا فإن الوقاية من التلوث الحيوي هدف رئيسي لعملية المعالجة التحضيرية. ويعد التحكم في نشاط الكائنات الدقيقة جزءاً من تصميم النظام (انظر القسم الفرعي 3-15، اعتبارات تصميم النظام للتحكم في نشاط الكائنات الدقيقة) وفي تشغيل النظام (انظر الفصل "5" تشغيل النظام) وتطهير الأنظمة (انظر القسم الفرعي 6-10، تطهير أنظمة الغشاء) والحفاظ على الأنظمة (انظر القسم الفرعي 7-4، الحفاظ على أنظمة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة).

والعديد من طرق الوقاية من التلوث الحيوي والتحكم فيه منصوص عليها في الأقسام الفرعية من 2-6-3 إلى 2-6-11. ولكل طريقة مزاياها الخاصة بها، إلا أن الاستراتيجية الجيدة هي الجمع بين المفاهيم المختلفة.

يعتبر الحد أو التخلص من العناصر المغذية للكائنات الدقيقة الموجودة في المياه بهدف تحديد النمو الحيوي من أكثر الطرق المستخدمة نجاحاً. إذ يمكن تحقيق هذا الأمر من خلال الترشيح الحيوي - انظر القسم الفرعي 2-8-6. ويمكن أن تتسبب إضافة المواد الكيميائية التي تساعد على الأكسدة مثل الكلور بشكل مستمر على زيادة العناصر المغذية نظراً لإمكانية تحلل المواد العضوية إلى أجزاء أصغر قابلة للتحلل الحيوي. وبغاية يجب انتقاء المواد الكيميائية التي تتم إضافتها مثل مضادات النقرش أو الأحماض لأنها يمكن أن تمثل عناصر مغذية.

تقوم بعض الطرق على المواد الكيميائية التي لها تأثير المبيدات الحيوية على الكائنات الدقيقة. ويتم استخدام هذه المواد الكيميائية في التطهير أثناء عمليات التشغيل الطبيعي للمحطة إما دفعة واحدة في مجرى مياه التغذية أو يفضل على مراحل (متقطعة) على فترات متباعدة معينة. وتعد طرق المعالجة الوقائية أكثر فاعلية من طرق المعالجة التصحيحية لأن وجود بكتريا واحدة عالقة يسهل إبادتها بشكل أكثر من التخلص من تراكم أغشية حيوية سميكة ومر عليها وقت. تكون الفترات الفاصلة النموذجية لإجراء المعالجة من مرة واحدة إلى أربع مرات كل شهر، إلا أنه من الممكن إجراء هذه العملية مرة كل يوم وفقاً لجودة مياه التغذية (المياه المستخدمة على سبيل المثال) أو جودة الماء الناتج المطلوبة (المياه المستخدمة في المستحضرات الدوائية على سبيل المثال). وهناك طريقة استخدام ثلاثة وهي الاستخدام غير المباشر باستخدام آلة تنظيف منفصلة. وهذا الطريقة مبنية بالتفصيل في القسم الفرعي 6-11، تطهير أنظمة الغشاء.

يمكن الحد من تعلق البكتريا بسطح الغشاء ونموها من خلال إجراء تعديلات على سطح الغشاء. ويمكن تطبيق هذا المفهوم مع مجموعة (المواد المقاومة للتلوث) الخاصة بعوامل غشاء FILMTEC<sup>TM</sup> - انظر القسم الفرعي 2-6-11.

ونهدف إلى اتخاذ طرق عملية أخرى للتخلص من الكائنات الدقيقة الموجودة في مياه التغذية من خلال الترشيح الدقيق أو الترشيح الفائق الدقة (انظر القسم الفرعي 2-6-9) أو لقتل هذه الكائنات الدقيقة من خلال الأشعة فوق البنفسجية (انظر القسم الفرعي 2-6-11).

## 2-6-2 تقييم إمكانية التعرض للتلوث الحيوي

يجب تقييم احتمالية التعرض للتلوث الحيوي أثناء مرحلة المشروع حتى يتم تصميم النظام تبعاً لذلك. وتتمتع المياه السطحية الدافئة باحتماليات تلوث حيوي أعلى من مياه الآبار الباردة. يجب أن يكون التقييم المنتظم للأنشطة الحيوية الدقيقة الخاصة بمياه التغذية جزءاً من نظام التشغيل الخاص بالمحطة الحالية حتى يتم الاستجابة للنشاط الحيوي في مرحلة مبكرة.

وتتطلب بعض التقنيات جمع عينات من المياه، بينما يستخدم آخرون أجهزة مراقبة متصلة بالإنترنت. ويمكن جمع العينات الحيوية الدقيقة باستخدام حاويات العينات مسبقة التعقيم. وفي حالة الحاجة إلى معدات مختبرية لتحليل العينات الحيوية الدقيقة في موقع مصنع التناضح العكسي، يجب العثور على مختبر لأداء التحليل المطلوب في موعد لا يقل عن 8 ساعات بعد أخذ العينات. ويجب تخزين العينات في مجمد.

يرد أدناه الحد الأدنى من نقاط أخذ العينات المطلوبة:

1. (سطح) المأخذ أو البئر قبل إضافة أية مواد كيميائية.
2. بعد استخدام المصفاة، أو حوض ترسية أو وحدة الاتصال بالأوساخ المترسبة أو غيرها من عمليات الترسيب.
3. بعد وحدات الترشيح (الرمال أو الوسائط المتعددة أو الكربون النشط أو غير ذلك).
4. قبل الأغشية، بعد إضافة المواد الكيميائية (عادة بعد الترشيح بالخرطوشة).
5. تدفق التركيز.
6. تدفق المياه الناتجة.

يعتمد معدل أخذ العينات والتحليل على خطر التلوث الحيوي. فبالنسبة لمحطات المياه السطحية، ينصح بإجراء فحص يومي لمياه التغذية (النقطة 4) وفحص أسبوعي لجميع النقاط.

## 2-6-2-1 طرق الاستنبات

يرتبط تركيز البكتيريا في الماء مباشرة باحتمالية التلوث الحيوي للمياه. حيث إن عدد الوحدات المكونة للمستعمرة هو تعبير كمي لعدد الكائنات الدقيقة القابلة للاستنبات في عينة مائية. وقد تقرر وفقاً للجزء 9000 من الطرق المعيارية /I/ من خلال ترشيح كمية مقاسة من الماء من خلال مرشح غشائي. ومن ثم يتم استنبات الكائنات الحية على سطح المرشح في الوسط المحايد المناسب لتطوير المستعمرات التي بعد ذلك تتم ملاحظتها وحساب عددها من خلال تضخيم الطاقة المنخفضة. ويتم استخدام الوسائط المختلفة للكائنات الحية الدقيقة المختلفة وأنواع المياه المختلفة.



تتمثل الميزة الرئيسية لهذه الطريقة في أنه يمكن أداؤها بسهولة دون معدات باهظة الثمن. إلا أنه لا تتاح النتائج إلا بعد سبعة أيام وتمثل المستعمرات المحسوبة على أنها قليلة لتصل إلى 1-10% أو أقل من إجمالي عدد البكتريا الإجمالية. إلا أنه على الرغم من ذلك تعتبر الطرق الاستنباتية ذات قيمة كمؤشرات لمستوى وتوجه احتمالية التلوث الحيوي.

ويمكن تطبيقها لمراقبة جودة المياه من المأخذ عبر خطوات المعالجة التالية حتى دفق التركيز والنفاذ. وتمثل الزيادة في الوحدات المكونة للمستعمرة مؤشراً على تزايد احتمالية التلوث الحيوي.

## 2-2-6-2 إجمالي عدد البكتريا

يتم تحديد إجمالي عدد البكتريا باستخدام طرق الحساب المباشرة. حيث يتم استخدام عملية ترشيح عينة مائية وحساب الكائنات الحية الدقيقة المتبقية على لوح المرشح مباشرة تحت الميكروسكوب. ولجعل الكائنات الحية الدقيقة واضحة، يتم صبغها بصبغ برتقالية الأكريدين ومشاهدتها تحت ميكروسكوب فلوري فوق ضوئي /28/.

ومن ثم يتم الحصول على عدد دقيق لإجمالي الكائنات الدقيقة على الفور. ويمكن تقييم أنواع الكائنات الدقيقة والتفريق بينها وبين جسيمات البقايا الأخرى. تُفضل طريقة الحساب المباشرة، لأنها أكثر سرعة وأكثر دقة مقارنة بالطرق الاستنباتية.

تكون تركيزات الكائنات الدقيقة في الماء الخام، في دفق التغذية، وفي دفق التركيز كافية من حيث العدد لتقييم احتمالية التلوث الحيوي. إلا أن هناك عوامل أخرى مثل التركيز ونوع العناصر الغذائية أو المواد المحفزة للنمو قد تكون أكثر أهمية لنمو الأغشية الحيوية الرقيقة.

## 3-2-6-2 الكربون العضوي القابل للتمثل

يتناول اختبار الكربون العضوي القابل للتمثل احتمالية نمو الكائنات الحية الدقيقة في عينة مياه محددة مع وجود مغذيات معينة. وتعتبر هذه مقايسة حيوية مع مستبتين نقيين محددتين للغاية. ومن خلال أقصى مستوى نمو للسلاسل الفردية، يتم حساب الكربون العضوي القابل للتمثل والتعبير عنه كميكروغرام/لتر من مكافئات أسيتات C. ويرد وصف الإجراء في الجزء 9217 من الطرق القياسية /1/. لاحظ فروينفيلدر وآخرون تلوثاً حيوياً شديداً في الحالات التي تتجاوز فيها قيم الكربون العضوي القابل للتمثل الخاصة بمياه التغذية 80 ميكرو غرام/لتر /29/. فاقترح نيدرلوف وآخرون قيمة قياسية 10 ميكرو غرام/لتر لمنع التلوث الحيوي /30/، إلا أنه في بعض الحالات قد يكون التلوث الحيوي ممكناً مع قيم الكربون العضوي القابل للتمثل التي تكون أقل من 10 ميكرو غرام / لتر /29/.

## 2-6-4 معدل تكون الأغشية البيولوجية الرقيقة

يتم تحديد قيمة معدل تكون الأغشية البيولوجية الرقيقة من خلال جهاز مراقبة متصل بالإنترنت لتراكمات الأغشية الحيوية الدقيقة عند معدل تدفق متواصل 0.2 متر/الثانية. ويتم تحديد تراكم الكتلة الحيوية النشطة المقاسة كأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP على سطح حلقات زجاجية في جهاز المراقبة هذا كدالة زمنية /32/. ولقد لوحظ أن قيم معدل تكوين تراكمات الأغشية الحيوية الدقيقة تتجاوز 100 بيكو غرام/سم<sup>2</sup> من أدينوسين ثلاثي الفوسفات مع حدوث تلوث حيوي حاد، كذلك تم قياس قيم معدل تكون الأغشية الحيوية الدقيقة الأقل من 1 بيكو غرام/سم<sup>2</sup> في حالات التشغيل الثابت دون الحاجة إلى أية عمليات تنظيف /29/. ويرتبط معدل تكون الأغشية الحيوية الرقيقة ارتباطاً وثيقاً بدرجة التلوث الحيوي في محطة الأغشية /31/.

## 2-6-3 المعالجة بالكلور / نزع الكلور

ولأعوام عديدة استخدم الكلور (Cl<sub>2</sub>) في معالجة المياه البلدية والمياه الصناعية والمياه المستخدمة للتحكم في الكائنات الدقيقة لما له من قدرة على تعطيل نشاط معظم الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض بسرعة. وتعتمد فعالية الكلور على كل من تركيز الكلور، ووقت التعرض ودرجة حموضة المياه. ويستخدم الكلور لمعالجة مياه الشرب حيث يستخدم الكلور المترسب عادة بمعدل تركيز حوالي 0.5 مللي غرام / لتر. وبالنسبة لنظام معالجة المياه الصناعية، يمكن الوقاية من تلوث خطوط مآخذ المياه والمبادلات الحرارية والمرشحات الرملية وغيرها من خلال الحفاظ على تركيز الكلور الحر المتبقي والذي يتراوح ما بين 0.5 إلى 1.0 مللي غرام/لتر أو أعلى حسب المحتوى العضوي للمياه الداخلة.

وعادة ما يتم تطبيق المعالجة بالكلور في عمليات المعالجة التحضيرية للتناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة حيث أن الوقاية من التلوث الحيوي (عادة للمياه السطحية) أمر لازم لا بد منه. ويتم إضافة الكلور بصورة متواصلة عند المآخذ ويجب أن يسمح بزمان تفاعل يتراوح ما بين 20 إلى 30 دقيقة. ويجب الحفاظ على تركيز الكلور الحر المتبقي ما بين 0.5 إلى 1.0 مللي غرام/لتر خلال خط المعالجة التحضيرية الكامل، وإلا يلزم نزع الكلور من تدفق التيار العكسي للأغشية لحمايتها من التأكسد.

يمكن لغشاء FILMTEC تحمل التعرض للكلور الحر لفترة قصيرة (هيبوكلوريت) إلا أن مقاومته محدودة. ويمكن استخدام الغشاء بنجاح في التركيبات حيث تؤدي اضطرابات النظام إلى التعرض المؤقت للكلور الحر. وقد يحدث انحلال في النهاية عند التعرض لمدة 200-1,000 ساعة إلى تركيز 1 جزء في المليون من الكلور الحر.

ويعتمد معدل هجوم الكلور على خصائص المتنوعة لمياه التغذية. وفي ظل الظروف القلوية للأس الهيدروجيني "درجة الحموضة"، يصبح هجوم الكلور أسرع من الأس الهيدروجيني المحايد أو الحمضي. ويكون هجوم الكلور أسرع عند وجود الحديد أو غيره من المعادن الانتقالية سواءً في الماء أو على سطح الغشاء، حيث تعمل هذه

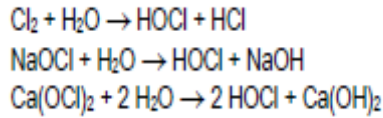
المعادن على تحفيز تحلل الغشاء. ونظراً لخطورة أكسدة الغشاء، لا ينصح بالعمد إلى استخدام الكلور في تعقيم أنظمة الغشاء.

وقد كانت المعالجة بالكلور ونزع الكلور من مياه التغذية معياراً قياسيًّا لأعوام. إلا أن مشكلات التلوث الحيوي لمياه التيار في نقطة نزع الكلور من الأمور الشائعة إلى حد ما. ويعتقد أن الكلور يتفاعل مع المواد العضوية في الماء ويقوم بتكسيرها إلى أجزاء أكثر قابلية للتحلل الحيوي. وحيث أنه لا يوجد كلور في الأغشية، فيمكن للكائنات الدقيقة أن تنمو عندما تتاح لها بيئة تتمتع بمواد غذائية إلا إذا تم تعقيم النظام بصورة متكررة. ومن ثم فإن طريقة المعالجة بالكلور/نزع الكلور المستمرة بصدد أن تتلاشى بل إنها بالفعل أصبحت أقل شيوعاً.

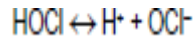
وبدلاً من المعالجة المستمرة بالكلور، يفضل وضع الكلور بصورة منفصلة عن منطقة المعالجة التحضيرية بصفة دورية. وأثناء المعالجة المنفصلة بالكلور، يجب تصريف مياه التغذية إلى المصرف قبل وصولها إلى الأغشية. وقبل عمل النظام مرة أخرى، يجب غسل مياه التغذية التي تحتوي على الكلور بعناية ويجب التحقق من غياب الكلور (من خلال جهد الأكسدة والاختزال (ORP)).

### كيمياء المعالجة بالكلور

يتوفر الكلور بصورة شائعة على هيئة غاز الكلور وهيبوكلوريت الصوديوم والكالسيوم. وفي المياه، يتحللون على الفور إلى حمض الهيبوكلوروز:



يحدث انحلال لحمض الهيبوكلوروز في الماء إلى أيونات الهيدروجين وأيونات الهيبوكلوريت:



يشار إلى إجمالي الكلور  $\text{Cl}_2$  وهيبوكلوريت الصوديوم  $\text{NaOCl}$  وهيبوكلوريت الكالسيوم  $\text{Ca(OCl)}_2$  وحامض الهيبوكلوروز  $\text{HOCl}$  وهيبوكلوريت  $\text{OCl}^-$  بالكلور الحر المتاح (FAC) أو الكلور الحر المتبقي (FRC)، ويعبر عنه بالملي غرام/  $\text{Cl}_2$ . وكما تمت مناقشته في وقت لاحق، يتكون الكلورامين من تفاعل الكلور مع مركبات الأمونيا الموجودة بالماء. ويشار إلى مركبات الكلورو أمونيا بالكلور المتاح المتحد (CAC) أو كلور متبقي متحد (CRC). ويطلق على إجمالي الكلور المتاح/المتبقي الحر والمتحد بإجمالي الكلور المتبقي (TRC).

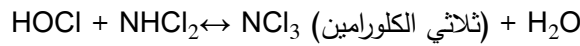
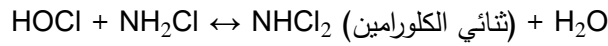
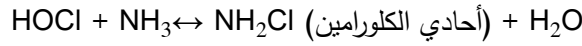
$$\text{TRC} = \text{FAC} + \text{CAC} = \text{FRC} + \text{CRC}$$

وتكون كفاءة إبادة الجراثيم الخاصة بالكلور الحر المتبقي مرتبطة مباشرة بتركيز حامض الهيبوكلوروز غير المنفصل. حيث يكون حامض الهيبوكلوروز فعال أكثر بمقدار 100 مرة عن أيون الهيبوكلوريت  $\text{OCl}^-$ . ويزداد الكسر العشري لحامض الهيبوكلوروز  $\text{HOCl}$  غير المنفصل بانخفاض معدل الحموضة.

عندما تكون درجة الحموضة 7.5 (77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية)، المواد الصلبة الذائبة الكلية 40 مللي غرام / لتر)، فإنه لا يوجد سوى 50% من الكلور الحر المتبقي في صورة حامض هيبوكلوروز لكن يتواجد بنسبة 90% عندما تكون درجة الحموضة 6.5. وكلما انخفضت درجة الحرارة ازداد العدد الكسري حامض الهيبوكلوروز. وعند درجة حرارة 41 فهرنهايت (5 مئوية)، يكون الكسر المولي لحامض الهيبوكلوروز 62% (درجة الحموضة 7.5، المواد الصلبة الذائبة الكلية 40 مللي غرام/لتر في المياه متوسطة الملوحة، ولا يوجد سوى قدر صغير من حامض الهيبوكلوروز (30% عند درجة حموضة 7.5، المواد الصلبة الذائبة الكلية 40,000 مللي غرام / لتر)

#### مدى استهلاك الكلور

يتفاعل جزء من جرعة الكلور مع نيتروجين الأمونيا لجعل الكلور متاح يتحد في سلسلة من التفاعلات المرحلية:



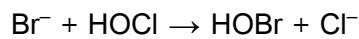
تخضع هذه التفاعلات بصورة رئيسية لدرجة الحموضة ومعدل الوزن بين الكلور والنيتروجين. كما أن للكلورامين تأثير مبيد للبكتيريا، وإن كان أقل من الكلور.

ويتحول جزء آخر من الكلور إلى كلور غير متاح. ويرجع السبب في استهلاك الكلور إلى التفاعل مع عوامل الاختزال مثل النيترات والسيانيد والكبريتيد وأكسيد الحديد الثنائي والمنجنيز. كما يتم استهلاك الكلور من خلال أكسدة المركبات العضوية الموجودة في الماء.

ولتحديد جرعة الكلور المثالية وأفضل نقطة للحقن ودرجة الحموضة ووقت الاتصال لمنع التلوث الحيوي، وينبغي ASTM D 1291 /33/ على عينة ماء ممثلة. وللمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى كتيب المعالجة بالكلور /34/.

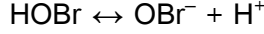
#### مياه البحر

الفرق الرئيسي بين كيمياء المعالجة بالكلور لمياه البحر وتلك الخاصة بالماء متوسطة الملوحة هو وجود البروميد في مياه البحر بتركيزات 65 مللي غرام/لتر؛ حيث يقوم البروميد بالتفاعل بسرعة مع حمض الهيبوكلوروز لتكوين حمض الهيبوبروموز.



ومن ثم فإن مياه البحر المعالجة بالكلور يكون المبيد الحيوي فيها بصورة رئيسية هو الهيبوبروموز HOBr بدلاً من الهيبوكلوروز HOCl.

ثم يقوم حمض الهيپوبروموز بحل إلى أيونات هيپوبروميت كما يلي:



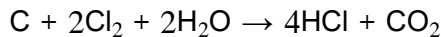
ويعتبر انحلال الهيپوبروموز HOBr أقل من انحلال الهيپوكلوروز HOCl. عندما تكون درجة الحموضة 8 حيث ينحل 72% من الهيپوكلوروز، وينحل نحو 17% من الهيپوبروموز. وبعبارة أخرى، يمكن إجراء المعالجة الفعالة عند درجة حموضة أعلى من الماء متوسطة الملوحة، حيث لا يوجد بروميد. وتتداخل أيونات هيپوبروميت والهيپوبروموز مع قياسات الكلور الحر المتبقي ويتم إدراجها في قيمة الكلور الحر المتبقي.

وتفاعلات الهيپوبروموز مع المركبات الأخرى للماء مشابهة لتفاعلات الهيپوكلوروز. أما المركبات المشبعة بالبروم والبروم أمين فهي نتاج التفاعل.

## نزع الكلور

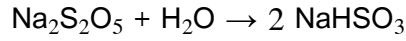
عند استخدام أغشية التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة في عملية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة، يتم نزع الكلور من التغذية لمنع أكسدة الغشاء. وتتمتع أغشية FILMTEC بمعدل تحمل للكلور قبل الانخفاض الملحوظ في معدل طرد الملح. وتتمثل العلامة الأولى لهجوم الكلور على غشاء التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة في نقص تدفق الغشاء يتبعه زيادة في دفع الغشاء ومرور الملح. وقد يحدث انحلال في نهاية المطاف بعد نحو 200 إلى 1,000 ساعة من التعرض لـ 1 مللي غرام / لتر من الكلور الحر (200 إلى 1,000 جزء من المليون من تحمل الحرارة). ويعتمد معدل هجوم الكلور على الخصائص المتنوعة لمياه التغذية. وفي ظل الظروف القلوية للأس الهيدروجيني "درجة الحموضة"، يصبح هجوم الكلور أسرع من الأس الهيدروجيني المحايد أو الحمضي. وتفضل درجة الحموضة الحمضية من أجل تأثير أفضل لإبادة البكتريا أثناء المعالجة بالكلور. كما يكون هجوم الكلور أسرع كلما كانت درجات الحرارة أعلى وتركيزات المعادن الثقيلة أعلى (مثل الحديد)، وهذا من شأنه تحفيز انحلال الغشاء. وحيث أن الإتلاف بالأكسدة غير مشمول في الضمان، توصي FilmTec بنزع الكلور الحر المتبقي من خلال المعالجة التحضيرية قبل تعرض الغشاء لمياه التغذية. جدير بالذكر أن عوامل الأكسدة الأخرى مثل ثاني أكسيد الكلور وفوق أكسيد الهيدروجين والأوزون والبرمنجنات قادرة على إتلاف أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة إذا لم يتم استخدامها بطريقة مناسبة.

ويمكن الحد من إضرار الكلور الحر المتبقي بحيث يصبح غير ضار من خلال الكربون النشط أو عوامل الاختزال الكيميائي. وتكون قاعدة الكربون النشط فعالة للغاية في عملية نزع الكلور لمياه تغذية التناضح العكسي وفقاً للتفاعل التالي:

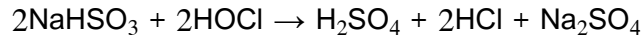


ومن الشائع استخدام ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS) لنزع الكلور الحر وكأحد الثوابت الحيوية. وتوجد عوامل اختزال كيميائي أخرى (مثل ثاني أكسيد الكبريت)، إلا أنها ليست فعالة من حيث التكلفة مثل ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS).

وعند تحللها في الماء، يتكون ثنائي كبريتيت الصوديوم (SBS) من ميتا كبريتيت الصوديوم.



ثم ينخفض ثنائي كبريتيت الصوديوم SBS إلى حامض الهيبوكليوروز وفقاً للمعادلة التالية:



ونظرياً، يعمل 1.34 ملي غرام من ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS) على نزع 1.0 ملي غرام من الكلور الحر. إلا أنه من الناحية العملية، ويتم استخدام 3.0 ملي غرام من ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS) عادة لنزع 1.0 ملي غرام من الكلور.

يجب أن يكون ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS) بجودة تتناسب الأغذية وخال من الشوائب. ويجب أن لا يتم تنشيط ميتا كبريتيت الصوديوم (SMBS) بالكوبلت. ويتمتع ميتا كبريتيت الصوديوم الصلب بعمر تخزيني "فترة الصلاحية" ما بين 4 إلى 6 أشهر في ظل ظروف التخزين الباردة والجافة. إلا أنه في المحاليل المائية، يمكن أن يتأكسد ثنائي كبريتيت الصوديوم بسرعة عند التعرض للهواء. كما يمكن أن تتباين فترة البقاء في المحلول مع التركيز على النحو التالي:

Concentration (wt %)	Solution life
10	1 week
20	1 month
30	6 months

وعلى الرغم من أن نزع الكلور في حد ذاته عملية سريعة إلا أنه يلزم وجود مزيج جيد لضمان اكتماله. وينصح بخلاطات ثابتة. إن نقطة الحقن الموصى بها هي اتجاه تيار الماء في مرشحات الخرطوشة وذلك لحماية المرشحات بالكلور. وفي هذه الحالة، يجب ترشيح محلول ميتا كبريتيت الصوديوم SMBS عبر خرطوشة منفصلة قبل الحقن في تغذية التناضح العكسي. ويُمنع تخزين المياه منزوعة الكلور في خزانات.

عند تلوث أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة بمعادن ثقيلة مثل الكوبلت والنحاس، يتحول ثنائي كبريتيت الصوديوم المتبقي (حتى 30 جزء في المليون) إلى عوامل أكسدة عند وجود الأوكسجين بوفرة. وإذا كان هناك احتمال كبير بحدوث تلوث معدني، فيجب تحسين التحكم في كمية جرعة ثنائي كبريتيت الصوديوم ومراقبة ظروف أكسدة التركيز من خلال قياس جهد الأكسدة والاختزال /35/.

يجب مراقبة غياب الكلور باستخدام جهد الأكسدة والاختزال (ORP) للقطب الكهربي باتجاه تيار خط المزج. وعادة ما يتم تطبيق قراءات أولية لجهد الأكسدة والاختزال بمقدار 175 - 200 ميكرو فولت. وتقوم الإشارة القطبية الكهربية بإيقاف مضخة الضغط العالي عند اكتشاف الكلور.

## 2-6-4 بيسلفيت الصوديوم

يمكن إضافة بيسلفيت الصوديوم في مسار التغذية (لفترة زمنية محدودة) أثناء عملية التشغيل الطبيعية للمحطة. وغالباً ما يُشار إلى التطبيق والاستخدام المتقطع على أنه معالجة بالصدمة. والاستخدام النموذجي هو أن يتم وضع جرعة قدرها 500-1000 مللي غرام/لتر من بيكبريتيت الصوديوم  $\text{NaHSO}_3$  لمدة ثلاثين دقيقة.

استخدم فقط ميتاكريبتيت الصوديوم (مادة آمنة للاستخدام في الطعام) الخالية من الملوثات وليست منشطة بالكوبالت. ويمكن القيام بالمعالجة كل أربعة وعشرين ساعة أو عند الاشتباه في وجود نمو حيوي. ولابد من دراسة فعالية مثل هذه المعالجة. وستحتوي المياه النافذة الناتجة أثناء وضع الجرعة على بعض من البيسلفيت، وهذا يتوقف على تركيز التغذية، ونوع الغشاء وظروف التشغيل. واعتماداً على متطلبات جودة المياه المنتجة النقية يمكن استخدام المنتج النقي أو تجاهله أثناء المعالجة بالصدمة.

والبيسلفيت فعال إزاء البكتيريا الهوائية ولكنه ليس كذلك إزاء الكائنات الدقيقة اللاهوائية. وبالتالي لا بد من تقييم فعالية معالجة الصدمة بعناية باستخدام الأساليب المنصوص عليها في القسم الفرعي 2-6-2.

## 2-6-5 مادة DBNPA

مادة DBNPA (2,2 ديبرومو-3-نيترو-1-بوريريوناميد) لها من الخصائص ما يلي:

- التوافق مع الأغشية
- سرعة التفاعل
- اقتصادية التكلفة
- خصائص قابلة للنقل والتخزين والاستقرار والاستخدام
- قدرة مكافحة واسعة النطاق؛ (على سبيل المثال؛ مكافحة العوالق والكائنات العضوية اللائنة)؛ تكون مكافحة الطحالب موسمية وحسب الحالة
- قابل للتحلل الحيوي

تتوفر العديد من المنتجات المعتمدة على DBNPA. لمزيد من المعلومات حول DBNPA أو للحصول على موزّد له، يرجى الرجوع إلى موقع "داو للمبيدات الحيوية" على [www.dowbiocides.com](http://www.dowbiocides.com)

في أنظمة التناضح العكسي التي تعمل بمياه تغذية نشطة حيويًا، قد يظهر الغشاء الحيوي في غضون 3 - 5 أيام بعد التلقح بالكائنات الحية القابلة للنمو. وبالتالي فإن التكرار الأكثر شيوعاً للتعميم يكون كل 3-5 أيام أثناء

ذروة النشاط الحيوي (الصيف) وكل 7 أيام تقريباً أثناء النشاط الحيوي المنخفض (الشتاء). وسيكون المعدل المثالي للتعقيم معتمداً على الموقع ويجب تحديده بحسب خصائص تشغيل نظام التناضح العكسي.

الطريقة القياسية لاستخدام DBNPA هي وضع الجرعات الرخوية (بشكل متقطع). ويعتمد المقدار المستخدم من DBNPA على شدة الترسيب الحيوي الملوثة. وقد يكون أمراً فعالاً استخدام من 10-30 مللي غرام/لتر من المركب الفعال لمدة من 30 دقيقة إلى ثلاث ساعات كل خمسة أيام مع مياه أقل تعرضاً للترسيب الحيوي الملوثة. ويتطلب الأمر تركيزاً أعلى من DBNPA في حالة وجود عامل اختزال متبق في مياه التغذية نظراً لأنه تم تثبيط DBNPA بسبب عوامل الاختزال. ولا بد من زيادة تركيز DBNPA بمقدار جزء من مليون من المركب الفعال لكل جزء من مليون من عامل الاختزال الموجود في مياه التغذية الخاصة بالتناضح العكسي. ويوصى بالتنظيف بمادة قلوية لإزالة الغلاف الحيوي الميت. (انظر القسم الفرعي 6-9-6, الترسيب الحيوي الملوثة) ودائماً لا تطرد أغشية التناضح العكسي المبيدات الحيوية بصورة كاملة، ومنتجاتها المنحلة، والمكونات الأخرى الموجودة بتركيبها. لهذا السبب، قد يكون من الضروري أثناء وضع الجرعات الرخوية تصريف المياه المنتج المنقى أثناء التطعيم بالمبيدات الحيوية نظراً لأن مياه المنتج المنقى قد تحتوي على مستويات مرتفعة بصورة طفيفة من الكائنات العضوية.

لاحظ أنه بالرغم من أن DBNPA لا تتأكسد، إلا أنها تعطي استجابة جهد تأكسد واختزال في نطاق ما يقرب من 400 ميكروفولت في التركيزات بين 0.5 و3 مللي غرام لكل لتر. وللمقارنة، يعطي الكلور والبروم استجابة في نطاق 700 ميكروفولت في تركيز 1 مللي غرام لكل لتر، تزيد مع زيادة التركيز. وتكون هذه الزيادة في جهد التأكسد والاختزال طبيعية عند إضافة DBNPA ويوصى بتجاوز نقطة ضبط جهد التأكسد والاختزال أثناء إضافة DBNPA.

## 2-6-6 الكلور المتحد

لا نوصي عموماً بالتعقيم بعوامل تحتوي علي كلور متحد. ويشمل هذا مركبات مثل الكلورامين، وكلورامين T, وإن-حمض ثنائي كلورو إيزوسيانوريك. ويمكن لهذه المركبات كذلك أن تتلف الغشاء ببطء لأنها تطلق بعض الكميات الصغيرة من الكلور الحر.

وفيما يتعلق بالكلورامين، فإن تحمل غشاء FT30 هو 300.000 جزء من مليون لكل ساعة، بما يعني أن إزالة الكلور ليست مطلوبة. ومع ذلك، فمن المحتمل وجود كلور حر نظراً لأن الكلورامينات تتكون بإضافة الأمونيا إلى الكلور. وما زال من اللازم دراسة إزالة الكلور نظراً لأن الكلور الحر قد يكون متلفاً للغشاء. كذلك فإن الحديد يحفز أكسدة الغشاء بالكلورامين ولهذا لا بد من الحرص عند استخدام الكلورامين كعامل تعقيم.

من الموصى به ألا يتم استخدام ثاني أكسيد الكلور مع أغشية فيلم تك FILMTEC. فقد أظهرت أغشية فيلم تك بعض التوافق مع ثاني أكسيد الكلور النقي. ومع ذلك، فإن ثاني أكسيد الكلور المتولد في الموقع من الكلور وكلورات الصوديوم دائماً ما يتلوث بفعل الكلور الحر الذي يهاجم الغشاء.



## 2-6-7 عوامل التعقيم الأخرى

يمكن استخدام **كبريتات النحاس** للتحكم في نمو الطحالب. تتم تغذية كبريتات النحاس بصورة تقليدية باستمرار عند تراكيزات 0.1 إلى 0.5 جزء من مليون. ولا بد من أن تكون درجة الحموضة للماء منخفضة (لمنع ترسب هيدروكسيد النحاس). ومع ذلك فنحن لا نوصي باستخدام كبريتات النحاس للأسباب التالية:

- قد تحتوي كبريتات النحاس التجارية  $CuSO_4$  على بعض الشوائب الضارة بأغشية التناضح العكسي.
- تميل كل من كربونات النحاس  $CuCO_3$  وهيدروكسيد النحاس  $Cu(OH)_2$  إلى الترسب خارج نطاق درجة الحموضة المحدد للعملية، بما يسبب ترسباً ملوثاً لأجهزة التناضح العكسي ويجعل كبريتات النحاس  $CuSO_4$  غير فعالة.
- قد تكون لأيونات النحاس تأثيرات سلبية على البيئة.
- تعمل  $CuSO_4$  بصورة ملائمة فقط ضد نطاق محدود من الكائنات الدقيقة (مثل بعض الطحالب) ولكن تأثيرها هامشي على معظم أنواع الجراثيم.
- تقيد معايير الوقاية البيئية في كثير من الدول مقدار تصريف أملاح النحاس، بما يجعل من الصعب تغيير جرعة هذه المادة الكيميائية إذا تطلب الأمر تحديد حالة العمر الحيوي لمحطة بعينها.
- في بعض الظروف المحددة، تتم أكسدة غشاء التناضح العكسي عن طريق بيرسيلفات (فوق كبريتات) تم توليدها من كبريتات النحاس.

الأوزون هو عامل أكسدة أقوى من الكلور. إلا أنه ينحل بسهولة. لا بد من الحفاظ على مستوى أوزون معين لقتل الكائنات العضوية الدقيقة. ومن الواجب دراسة مقاومة مواد البناء للأوزون. يتم استخدام الفولاذ المقاوم للصدأ عادةً. لا بد أن تتم إزالة الأوزون بعناية لحماية الأغشية. وقد تم استخدام التعريض للأشعة فوق البنفسجية بنجاح لهذا الغرض.

مركبات اليود ومبيدات الجراثيم رباعية العناصر ومركبات الفينول تسبب فقداً في التدفق ولا يوصى باستخدامها كعوامل تعقيم.

## 2-6-8 الترشيح الحيوي

الترشيح الحيوي هو المعالجة الحيوية للمياه بهدف تقليل المكونات العضوية التي تساهم مباشرة في الترسيب العضوي الملوث أو تسمح بتوفر مصادر للكربون بما يسبب نمواً للأغشية الحيوية الرقيقة على أسطح العشاء. وتشمل العمليات ترشيح ضفاف منابع الأنهار، وترشيح ممرات التربة والترشيح الرملي البطيء. ويتم استخدام قواعد (طبقات) مرشح مصنوعة من الكربون المنشط الحبيبي النشط حيويًا (CAG) على نطاق واسع في أعمال المياه العامة، حيث يتم أيضاً تعزيز النشاط الحيوي لمرشح الكربون من خلال المعالجة بالتغذية بالأوزون /3.

فعندما يتم تشغيل هذه المرشحات بسرعات ترشيح منخفضة بصورة كافية (1-4 غالون في المتر/قدم2 أو 2-10 متر/ساعة) وعلى طبقات مرتفعة إلى حد كبير (6.5-10 قدماً أو 2-3 متراً)، يحدث معظم النشاط الحيوي في المنطقة العليا من طبقة الترشيح، وتكاد تكون المياه المرشحة خالية من الجراثيم والعناصر الغذائية.

ولقد أيد العديد من المؤلفين والمصنفين فكرة أن استخدام الترشيح الحيوي لمنع الترسب الحيوي الملوث في أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة طريقة مناسبة للمعالجة التحضيرية وأقاموا الدليل على ذلك /29, 30, 36, 37/.

## 2-6-9 الترشيح الغشائي فائق الدقة

يمكن للترشيح الغشائي الميكروني (MF) والترشيح الغشائي فائق الدقة (UF) إزالة الكائنات الدقيقة وخاصة الطحالب والتي يتعذر أحياناً إزالتها بالأساليب النمطية. ولا بد أن تصنع أغشية الترشيح الغشائي الميكروني/فائق الدقة من مواد مقاومة للكلور لتتحمل المعالجة الدورية بالمبيدات الحيوية. ومع ذلك فإن أغشية الترشيح الغشائي الميكروني/فائق الدقة لا تزال الأجزاء منخفضة الوزن الجزيئي من المادة العضوية والمركبات الأخرى التي تعتبر غذاء الكائنات الدقيقة. وتساعد المعالجة التحضيرية بأغشية الترشيح الميكروني/فائق الدقة في تأخير بدء الترسب الحيوي الملوث والتحكم فيه، ولكنها ليست وقاية في حد ذاتها.

## 2-6-10 التعريض للأشعة فوق البنفسجية

ومن المعروف أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية (UV) بمقدار 254 نانومتر له تأثير مبيد للجراثيم. وقد بدأ استخدامها خاصة في المحطات صغيرة الحجم. حيث لا تتم إضافة أية مواد كيميائية، وتحتاج المعدات إلى قليل من الاهتمام فضلاً عن التنظيف الدوري أو إحلال مصابيح بخار الزئبق. ومع ذلك تعتبر المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية قاصرة على المياه النظيفة نسبياً لأن الغروانيات والمواد العضوية تحد من تغلغل الإشعاع.

## 2-6-11 استخدام الأغشية المقاومة للتلوث

يمكن أن يقلل استخدام أغشية فيلم تك المضادة للترسب الملوث FR من الترسب الحيوي الملوث أو يؤخره بشكل كبير. ونجح الجمع بين الأغشية المضادة للترسب والتطبيق المتقطع لمادة DBNPA بصورة خاصة /38/. ولحصول على المزيد من المعلومات حول عناصر الأغشية المضادة للترسب التي أنتجتها فيلم تك، من فضلكم زيارة [www.filmtec.com](http://www.filmtec.com)

## 7-2 منع ترسب الكائنات العضوية

يتسبب امتزاز المواد العضوية على سطح الغشاء في نقص التدفق، وهو أمر لا يمكن إصلاحه في الحالات الخطرة. ويفضل القيام بعملية الامتزاز في وجود مركبات ذات كتلة جزيئية مرتفعة عندما تكون هذه المركبات مستعلقة "كارهة للماء" أو مشحونة بشحنة موجبة. وتساعد درجة الحموضة المرتفعة على منع الترسيب، لأن كلاً من الغشاء وكثير من المواد العضوية الأخرى تحمل شحنة موجبة عندما تكون درجة الحموضة أكبر من 9. وقد تقوم المواد العضوية الموجودة في شكل مستحلب بتكوين غشاء عضوي على سطح الغشاء. وبالتالي لا بد أن تتم إزالة هذه المواد العضوية في المعالجة التحضيرية.

عادة ما تكون المواد العضوية الموجودة في المياه الطبيعية مواداً دبالية بتركيزات تتراوح ما بين 0.5 و 20 ملجم/لتر من إجمالي الكربون العضوي. ولابد من دراسة المعالجة التحضيرية عندما يتجاوز إجمالي الكربون العضوي 3 ملجم/لتر. ويمكن إزالة المواد الدبالية عن طريق عملية تخثر كتلة الهيدروكسيد المتبلدة (القسم الفرعي 2-5-5) عن طريق الترشيح فائق الدقة (القسم الفرعي 2-5-6)، أو إمتزاز الكربون المنشط. وكذلك يمكن إزالة اللون من المواد العضوية ذات الوزن الجزيئي المرتفع عن طريق أغشية فيلم تك للترشيح المتناهي الدقة.

وينبغي تطبيق التخثر أو استخدام الكربون المنشط عندما تلوث الزيوت (الهيدروكربونات أو القائمة على السليكون) والشحوم مياه التغذية الخاصة بالتناضح العكسي عند مستويات تزيد على 0.1 ملجم/لتر. ويتم إمتزاز هذه المواد بسهولة على سطح الغشاء. ومع ذلك يمكن تنظيفها بعوامل تنظيف قلوية في حال لم ينحسر التدفق بمقدار يزيد على 15%.

وفي تطبيقات المياه المستخدمة يعتبر طرد وتكثيف المواد العضوية هدفاً رئيسياً. ويمكن التعامل مع المواد العضوية حتى تلك التي يحسب مدى تركيزها بالنسبة المئوية اعتماداً على نوع المواد وينبغي تقييمها في الاختبارات الميدانية على أساس حالة بحالة.

## 8-2 منع انحلال الغشاء

يجب أن نضع في الحسبان المقاومة الكيميائية لعنصر غشاء فيلم تك في مقابل مثل هذه المواد، بصرف النظر عن إمكانية ترسب مواد معينة ملوثة في مياه التغذية الخاصة بالتناضح العكسي. وعموماً يمكن أن تضر جميع عوامل الأكسدة بالغشاء ولا بد من إزالتها بالطرق الواردة في القسم الفرعي 2-6-3. ويعتبر عنصر الغشاء مستقراً وفي المقابل معظم المواد الكيميائية الأخرى عند رقم هيدروجيني يتراوح ما بين 2-11 طالما أن هذه المواد الكيميائية تتحلل ولا تأتي كجزء عضوي.

## 9-2 منع ترسب الحديد والمنجنيز

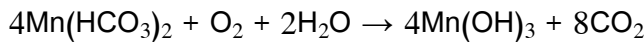
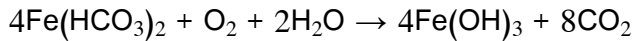
يعتبر ترسب الحديد أمراً شائعاً للغاية. وهو - كأى ترسب - يتسبب في انحطاط مستوى أداء نظام الغشاء، وخصوصاً نقص التدفق. وكذلك فإن وجود الحديد يجعل الغشاء عرضة للتلف بالتأكسد. ولحسن الحظ، يمكن تنظيف ترسب الحديد بسهولة شديدة، انظر **القسم الفرعي 6-9-4**. ويقبل بعض المشغلين عمداً أن يسبب ترسب الحديد انخفاضاً في التدفق بمقدار 10% ثم ينظفون الأغشية بتواتر مقرر مسبقاً.

مصادر ترسب الحديد التقليدية هي كما يلي

- مستودعات المياه الجوفية المفتوحة للأكسجين التي تحتوي على حديد و/أو منجنيز ثنائي التكافؤ قابل للذوبان.
- الكتل الهيدروكسيدية المتلبدة من الحديد و/أو المنجنيز المؤكسد من المياه الخام.
- المواد العضوية الطبيعية (NOM) التي تحتوي على مركبات الحديد
- الكتل الهيدروكسيدية المتلبدة الناتجة عن عملية التخثر
- نواتج تآكل مواد الأنابيب المستخدمة في مياه التغذية
- السيليكات التي تحتوي على حديد

جاء ذكر طرق منع التلوث بالحديد الغروي والجزئي "الدقائق" في **القسم الفرعي 2-5**. كما تم الحديث عن سيليكات الحديد في **القسم الفرعي 2-4-7**. وأدناه تم وصف المعالجة التحضيرية للماء المحتوي على أكسيد الحديد الثنائي (ثنائي التكافؤ).

يحتوي الماء عديم الأكسجين في الغالب على الحديد أو المنغنيز ثنائي التكافؤ أو كليهما. أما في حالة امتصاص الماء المحتوي على الحديد أو المنغنيز للأكسجين بأكثر من 5 مللي غرام/ لتر، أو تمت معالجته بالكلور، فإن أكسيد الحديد الثنائي  $Fe^{2+}$  يتحول إلى أكسيد الحديد  $Fe^{3+}$  والذي يكون جسيمات الهيدروكسيد الغروي غير القابلة للذوبان والتي بدورها قد تلوث أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة. وتتم أكسدة الحديد والمنغنيز عن طريق المعادلتين التاليتين:



ويحدث تلوث الحديد أكثر من تلوث المنغنيز، نظراً لأن تأكسد الحديد يحدث عند الانخفاض الكبير في درجة الحموضة. وبذلك، يمكن أن تحدث مشكلة التلوث حتى إذا كان مؤشر كثافة الطمي أقل من 5 ومستوى الحديد في مياه تغذية التناضح العكسي أقل من 0.1 مللي غرام/ لتر. وغالباً ما تحتوي المياه منخفضة القلوية على

تركيزات حديد أعلى من المياه ذات القلوية المرتفعة، ذلك لأن تركيز أكسيد الحديد الثنائي  $Fe^{2+}$  يكون محدوداً بقابلية كربونات الحديد ( $FeCO_3$ ) للذوبان.

من أحد أساليب تقادي تلوث الغشاء هو منع أكسدة الحديد والمنغنيز وترسبهما، وذلك من خلال الاحتفاظ بالماء في حالة مختزلة. كما يجب منع تعرّض الماء إلى الهواء أو أي عامل مؤكسد (مثل الكلور) من خلال عملية التناضح العكسي الكاملة. ويفضل درجة حموضة منخفضة لتثبيت أكسدة أكسيد الحديد الثنائي. وعند درجة حموضة  $>6$  وأكسجين  $>0.5$  مللي غرام/لتر يصبح أقصى تركيز مسموح به لأكسيد الحديد الثنائي هو 4 مللي غرام/لتر.

في حال تطبيق العملية عديمة الأكسجين، يلزم توخي الحذر لتقادي كل مما يلي:

- تسرّب الأكسجين في مياه التغذية
- تفاعل الحديد مع السيليكا لتكوين سيليكات الحديد غير القابلة للذوبان
- تأكسد الحديد من خلال تقليل البكتيريا، مما ينتج عنه تعجيل نمو الغلاف الحيوي وترسّب الحديد.
- خلط أكسيد الحديد الثنائي المحتوي على الماء مع الماء المحتوي على كبريتيد الهيدروجين، حيث إن هذا قد يكوّن كبريتيد الحديد الثنائي الأسود غير القابل للذوبان.

وفي حال تطبيق العملية عديمة الأكسجين سيكون من الضروري تنظيف الحديد بصورة مستمرة (انظر [القسم الفرعي 6-9-4](#)).

وتصبح الطريقة البديلة للتعامل مع الماء عديم الأكسجين هي الأكسدة - الترشيح، كما هو موضح في [القسم الفرعي 2-5-3](#).

## 2-10 منع تلوث الألومنيوم

تأتي مصادر تلوث الألومنيوم على النحو التالي:

- انتقال الجسيمات الدقيقة العالقة من عملية المعالجة التحضيرية باستخدام المتكثلات المتبلدة القائمة على الألومنيوم
- الترسيب اللاحق لمتكثلات الألومنيوم المتبلدة، نتيجة لسوء التحكم في درجة الحموضة
- تفاعل الألومنيوم مع السيليكا، مكوناً سيليكات الألومنيوم
- الطمي المعدني الطبيعي وسيليكات الألومنيوم الغروانية

ويمكن أن يوجد التلوث بسيليكات الألومنيوم في المرحلتين الأولى والأخيرة في محطات التناضح العكسي/الترشيح المتتاهي الدقة. وقد تنتج تراكيز الألومنيوم البسيطة (مثل 50 جزء من بليون) في انخفاض الأداء، نتيجة للعديد من العوامل:

1. يتفاعل الألومنيوم مع السيليكا. ويمكن أن ينتج عن تراكيز السيليكا المنخفضة (10 مللي غرام/ لتر) التلوث بسيليكات الألومنيوم. كما يزيد استخدام المنتجات القائمة على الألومنيوم في المعالجة التحضيرية من مخاطر تلوث الألومنيوم بشكل جسيم. لذلك لا يُوصى باستخدام المنتجات القائمة على الألومنيوم. وبدلاً من ذلك، يوصى بالمنتجات القائمة على الحديد.

2. إن قابلية الألومنيوم للذوبان هي الأقل عندما تكون درجة الحموضة 6.5. وهذه هي درجة الحموضة التي يجب أن تحل عندها المتكثلات. ويُفضل تشغيل نظام التناضح العكسي/الترشيح المتتاهي الدقة عند درجة الحموضة 7-9 (بالاعتماد على تحليل المياه، حيث إنه يجب تقادي تقشّر كربونات الكالسيوم) للاحتفاظ بالألومنيوم في المحلول.

3. إن مضادات التقشّر المحتوية على البوليمرات (مثل المنتجات القائمة على حمض الأكرليك) حساسة للمعادن مثل الحديد والمنغنيز. ومن المهم اختيار مضادات التقشّر المناسبة. بخلاف ذلك، سيتم تثبيط مضادات التقشّر (تسممها)، وبالتالي يحدث التقشّر وقد يحدث تلوث مضاد للتقشّر في الغشاء. وعلاوة على ذلك يمكن أن يمثل تلوث المضاد للتقشّر مادة مغذية للكائنات الحية الدقيقة، وعندئذ يحدث التلوث الحيوي.

4. جسيمات الطمي/الرمل الدقيقة. يُوصى بإزالة جسيمات الطمي والرمل في المعالجة التحضيرية، عن طريق الترشيح بالوسائط المتعددة أو الترشيح الفائق الدقة أو الترشيح الجزئي. وقد يكون من الضروري استخدام المخثرات لتكوين الجسيمات الأكبر التي يمكن إزالتها بعملية الترشيح التالية.

ومن أجل الحد من تلوث الألومنيوم، يُوصى بالإبقاء على الألومنيوم في مياه التغذية بنسبة أقل من 0.05 مللي غرام/ لتر.

## 2-11 معالجة مياه التغذية المحتوية على كبريتيد الهيدروجين

تكون بعض مياه الآبار، وعادة الماء متوسطة الملوحة في حالة مختزلة وينقص فيها الأكسجين (لذلك يُشار إليها باسم عديمة الأكسجين أو اللاهوائية) وفي وجود الحديد و/أو المنغنيز و/أو الأمونيوم و/أو كبريتيد الهيدروجين. وغالباً ما يوجد كبريتيد الهيدروجين في مستودعات المياه الجوفية بتركيزات تتراوح ما بين 0.5 و5 مللي غرام/ لتر كنتيجة لذوبان المعادن في الترسبات الجيولوجية أو كنشاط للبكتيريا اللاهوائية على الكبريت العضوي والكبريت العنصري والكبريتات والكبريتيت. وتعتمد كمية الكبريتيد المنحلة في الماء على درجة الحموضة، كما هو موضح في المعادلات الآتية:



وقد يؤثر انخفاض مستويات كبريتيد الهيدروجين بمعدل 0.1 مللي غرام/ لتر بصورة سلبية على أداء أنظمة التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة.

### منع المشكلات المتوقعة على جانب التغذية/المادة المركزة في الغشاء

يمكن أن ينتج عن وجود كبريتيد الهيدروجين في مياه التغذية المعرضة للمؤكسدات (مثل الأكسجين في الهواء، الكلور) ترسب الكبريت العنصري أو الكبريتيد الفلزي. وقد يكون للرواسب مظهر قاتم أسود أو أن تكون بقايا معجونية القوام رصاصية اللون، حيث تسدّ خرطيش المرشح وتكسوا أنابيب مياه التغذية. ولا تتسبب هذه المواد الصلبة المترسبة في زيادة معدلات تبديل خرطوشة المرشح عن المعتاد فقط، بل ستمر كمية كبيرة من المترسبات عبر خرطوشة المرشح من 5 ميكرون (ميكرو متر)، نظراً لأن حجم الجسيم للكبريتيد الفلزي والكبريت الغرواني يكون ضمن النطاق الأقل من الميكرون. وستتراكم هذه المواد الصلبة العالقة في فاصل قناة التغذية/المادة المركزة لعناصر التناضح العكسي/ الترشيح المتناهي الدقة، مما يزيد من الضغط التفاضلي التشغيلي. وستسبب تزايد تراكم الكبريت والكبريتيد الفلزي على سطح الغشاء في زيادة مرور الأملاح وانخفاض الفيض، مما يقلل بدوره من كفاءة النظام.

كذلك، فقد يدخل الهواء إلى منطقة التغذية/المادة المركزة في عوامل التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة كنتيجة لامتنصاه في أنابيب المادة المركزة. وهذا محتمل وخاصة عندما يُستخدم مدى طويل من الأنابيب لخط المادة المركزة. ويجب استخدام قاطع الامتنصاص لمنع وجود التخلخل الجزئي الذي يتجه إلى سحب المياه من جانب التغذية/المادة المركزة على الغشاء مرة أخرى، مما ينتج عنه وجود الفجوات التي تُدخل الهواء. ويلزم تزويد خطوط الصرف التي تقوم بالتفريغ بصورة مباشرة إلى المصارف أو القنوات الأرضية بالفجوة الهوائية المناسبة؛ من أجل تفادي مشكلات التلوث المرتبطة بالتوصيلات المتقاطعة. وسيساعد استخدام صمامات الاتجاه الواحد المحملة بنابض في أنبوب المادة المركزة على منع الامتنصاص. كما يجب أن يكون تجهيز الأنابيب مصمماً للمحافظة على التجمع الانزلاقي لغشاء التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة "مغموراً" وخالياً من الهواء خلال فترات التعطّل.

قد يكون من الصعب إزالة الكبريت الغرواني. ويعد محلول هيدروكسيد الصوديوم في وجود عامل خالب، مثل ثنائي أمين الإيثيلين رباعي حمض الخل هو المنظف المناسب. وإذا لم يكن العامل الملوث متكوناً بدرجة كبيرة من الكبريت العنصري، فمن الوارد أن يتمكن محلول حمض الفسفوريك من تحليل مكونات الكبريتيد. كما يمكن للتدفقات الناتجة النقية عالية السرعة أن تكون ذات مفيدة وناجحة. انظر **القسم 6** للتعرف على إجراءات التنظيف.

### منع المشكلات المتوقعة على الجانب المنتج المنفذ من الغشاء

وبما أن كبريتيد الهيدروجين غاز، ويمر عبر طبقة حاجز الغشاء، وفي ظروف خاصة، فإنه يترسب ككبريت عنصري في الطبقة السفلية المصنوعة من البولي سلفون دقيقة المسام الغشائية والشبكة الداعمة المصنوعة من البوليمر وواصل قناة المياه الناتجة النقية. ويتكون راسب لونه عاجي أو أصفر على "الجانب الخلفي" على مركب الغشاء، عندما يتعرض كبريتيد الهيدروجين إلى بيئة مؤكسدة، كما هو الحال عند الإغلاق وعند دخول الهواء من جانب المنتج المنقى في النظام. وهناك اتجاه للتدفق العكسي للمياه من جانب المنتج المنقى على الغشاء إلى جانب التغذية/المادة المركزة، كنتيجة للتناضح الطبيعي. ولهذا أهميته الخاصة في المياه عالية الملوحة التي تحتوي على أكثر من 6000 مللي غرام/لتر من المواد الصلبة الذائبة الكلية. ويمكن لهذا التدفق العكسي أن يدخل الهواء إلى جانب المنتج المنقى لعامل الغشاء. ويوصى بتدفق مياه عذبة، خاصة لتيارات التغذية التي تحتوي على كبريتيد الهيدروجين؛ من أجل نزع المحلول المركز كجزء من سلسلة الإغلاق. وهذا يمنع أي قوة دافعة تناضحية من التدفق الراجع. غير أنه في المناطق التي تشهد خسائر متكررة للطاقة الكهربائية والتي تؤدي إلى التوقفات غير المجدولة، حيث لا يكون الدفع ممكناً، يُوصى باستخدام احتياطي "الشفط" أو "الاسترداد" الموجود ضمن أنابيب المنتج المنقى المرفوعة أعلى من وعاء الضغط العلوي. ويجب أن يكون خزان الاسترداد بالحجم المناسب لتعويض أي تدفق راجع نتيجة للتناضح الذي يحدث أثناء التوقف غير المجدول عن العمل (انظر **القسم الفرعي 3-13-6**, الخزانات).

في بعض الأحيان، تُستخدم إحدى التقنيات لمنع الضغط عبر الغشائي السلبي (الضغط على جانب المنتج المنقى أعلى من جانب التغذية/المادة المركزة) الذي يكون أكبر من 5 رطل للبوصة المربعة (0.3 بار). ويتم القيام بذلك بصورة عامة باستخدام الصمام القلاب لتخفيف الضغط على جانب المنتج المنقى عند إيقاف النظام. وبالنسبة للأنظمة ذات التغذية التي تحتوي على كبريتيد الهيدروجين، فمن اللازم استخدامها بالصورة التي لا تسمح للهواء بالدخول إلى النظام. ويكون الامتصاص حالة أخرى لا يجب التغاضي عنها عند تصميم أنابيب المنتج المنقى للأنظمة التي ليس بها خزان الاسترداد، لكن بها تيارات تغذية تحتوي على كبريتيد الهيدروجين. ولمرة أخرى، يجب تصميم تجهيزات الأنابيب للمحافظة على التجمع الانزلاقي لغشاء التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة "مغموراً" وخالياً من الهواء خلال فترات التعطل.

لا ينجم عن ترسب الكبريت العنصري على جانب المنتج المنقى التراجع الفوري في الأداء، لكن بمرور الوقت، تتم ملاحظة زيادة تدريجية في ضغط التغذية (صافي القوة الدافعة)، إذ قد تؤدي إلى خسارة كبيرة في الكفاءة



(انخفاض في التدفق المحدد). ومن المستحيل عملياً تنظيف هذا الترسيب من "الجانب الخلفي" للغشاء وفاصل قناة المنتج المنقى. غير أنه نظراً للطبيعة الحادة للنفاذية (خصوصاً التناضح العكسي)، وبعد تصحيح الموقف الذي تسبب في المشكلة، يمكن لتشغيل النظام استرجاع الخسارة في التدفق المحدد بمرور الوقت، شريطة ألا تكون هناك أية مشكلات جسيمة أخرى للتلوث.

### المعالجة التحضيرية

إن أفضل معالجة تحضيرية لكبريتيد الهيدروجين هي الاحتفاظ بالنظام تحت الظروف اللاهوائية. ولا يجب تعريض المياه إلى الهواء (أي الأكسجين) أو الكلور أو أية عوامل مؤكسدة أخرى من البئر حتى تخرج المياه من النظام الغشائي. ويتم إزالة كبريتيد الهيدروجين من المنتج المنقى (انظر "ما بعد المعالجة" أدناه). وتسري هذه القاعدة على الماء متوسطة الملوحة ومياه البحر، ولها أهمية خاصة في حالة احتواء المياه الجوفية على الحديد. وفي واقع الأمر، وحيثما يكون من المرضي ممارسة الترشيح بالأكسدة/الوسائط مع طبقة الرمال الخضراء (الغلوكونيت)، يصبح وجود كبريتيد الهيدروجين هو العامل الجوهري الذي يمنع أخذ هذه الطريقة لإزالة الحديد في الحسبان.

وتحتاج الآبار إلى صمام قلاب لمنع التدفق العكسي إلى البئر (باستثناء: الآبار الارتوازية). وسيؤدي التدفق العكسي للماء في البئر إلى إيجاد تخلخل ما؛ مما قد ينتج عنه وجود فجوات قد تتسبب في دخول الهواء المحتوي على الأكسجين إلى النظام وأكسدة كبريتيد الهيدروجين. وفي هذه الحالة تصبح التقنية المفضلة لمنع هذا هي استخدام المضخات الغوّاصة مع الصمام القلاب عند فتحة تصريف المضخة في البئر. وكذلك يمكن تشغيل المضخات القلابية المثبتة فوق سطح الأرض. كما يلزم أن تكون هذه الصمامات القلابية "غير منفذة للنفقات". وإن لم يكن من السهل منع التدفق العكسي في الآبار، فمن الواجب اتباع إجراء خاص عند التشغيل لتطهير التدفق الأولي من البئر من النفايات. وهذا سيساعد بدوره في زيادة مدة عمل خراطيش المرشح، بالإضافة إلى تقليل تلوث الغشاء.

### ما بعد المعالجة

وبما أن الغازات المحتوية على كبريتيد الهيدروجين تمر في الغالب عبر أغشية التناضح العكسي والترشيح المتماهي الدقة، فمن الضروري إزالة هذا الملوث المرفوض من المنتج المنقى كخطوة لما بعد المعالجة. وتتمثل الطريقة المتبعة في أغلب الأنظمة الغشائية في نزع الهواء (الغاز) الذي يمثل مزيل الغاز ذو التيار القسري. ويستخدم هذا الجهاز برج مدعوم بتدفق تيار هواء معاكس لفصل كبريتات الهيدروجين من المياه مع ملاحظة أن هذه العملية ستقوم أيضاً بالتخلص من ثاني أكسيد الكربون الموجود (زيادة مستوى الحموضة) من خلال تشبع التيار المنتج المنقى بالأكسجين بما يزيد من الطبيعة الحادة لهذا النوع من المياه. وللتخلص من الكبريت بهذه الطريقة، يجب أن يوجد في صورة كبريتيد الهيدروجين، نظراً للاعتماد على مستوى الحموضة، فإن هذا يعني أن القيام بعملية الأكسدة تتم لتقليل مستوى الحموضة عن 6.0 أو معالجة المنتج المنقى بالحموضة لهذه الدرجة للسماح بعملية طرد تزيد على 90%.

## 2-12 المبادئ التوجيهية الخاصة بجودة مياه التغذية

يقدم الجدول 2-10 ملخصاً بحدود معايير الجودة الخاصة بمياه التغذية. ويوصى بالالتزام بهذه الحدود لضمان قيام نظام الغشاء بعملية تشغيل ناجحة. وفي حالة عدم الالتزام بها، قد يلزم القيام بعمليات تنظيف و/أو تعقيم بشكل أكثر تكراراً. وتتوافق التركيزات مع دخول تيار التغذية المتواصل إلى الغشاء بما في ذلك أية تأثيرات تحدث لمياه التغذية من المواد الكيميائية أو مواد الأنابيب الموجودة في خط المعالجة التحضيرية.

### الجدول 2-10، المبادئ التوجيهية لجودة مياه التغذية

Comments & conditions	Max. level	Unit	Component
See <a href="#">Section 3</a> , System Design Guidelines	5	1	SDI
Target: <1	4	1	MFI0.45
See <a href="#">Section 2.7</a> , Prevention of Fouling by Organics	0.1	mg/L	Oil and grease
Synthetic organic compounds (SOC) have generally more adverse effects on RO/NF membranes compared with natural organic matters (NOM). - See <a href="#">Section 2.7</a> , Prevention of Fouling by Organics	3	mg/L	TOC
	10	mg/L	COD
Target: <5	10	µg/l Ac-C	AOC
Target: <1	5	pg/cm2 ATP	BFR
Under certain conditions, the presence of chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation is not covered under warranty, FilmTec recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. - See <a href="#">Section 2.6.3</a> , Chlorination / Dechlorination	0.1	mg/L	Free chlorine
pH <6, oxygen <0.5 ppm	4	mg/L	Ferrous iron
	0.05	mg/L	Ferric iron
	0.05	mg/L	Manganese
	0.05	mg/L	Aluminum

## 2-13 ملخص بخيارات عملية المعالجة التحضيرية

يقدم الجدول 2-11 ملخصاً بخيارات عملية المعالجة التحضيرية في حالة وجود مخاطر التقرش والتلوث. ويمثل هذا الجدول مرجعاً سريعاً للطرق "المحتملة والفاعلة جداً". إن عملية جمع الطرق "الممكنة" يمكن أن تكون أيضاً "فاعلة جداً".

### الجدول 2-11 خيارات المعالجة التحضيرية للتقرش والتلوث

Pretreatment	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	SrSO <sub>4</sub>	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	SDI	Fe	Al	Bacteria	Oxid. agents	Org. matter
Acid addition	●							○				
Scale inhibitor antifoulant	○	●	●	●	●	○		○				
Softening with IX	●	●	●	●	●							
Dealkalization with IX	○	○	○	○	○							

Lime softening	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Preventive cleaning	○						○	○	○	○
Adjustment of operation parameter	○	○	○	○	○	●				
Media filtration							○	○	○	○
Oxidation filtration							○	●		
In-line coagulation							○	○	○	○
Coagulation-flocculation							○	●	○	○
Microfiltration/Ultrafiltration							●	●	○	○
Cartridge filtration							○	○	○	○
Chlorination										●
Dechlorination										●
Shock treatment									○	
Preventive biocidal treatment									○	
GAC filtration									○	●

○ Possible    ● Very effective

## المراجع:

1. الطرق القياسية لفحص المياه ومياه الفضلات، الطبعة 20، نُشر بالاشتراك بين الجمعية الأمريكية للصحة العامة والجمعية الأمريكية لأعمال المياه واتحاد الرقابة على تلوث المياه
2. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد 88 – ASTM D 4195 (إعادة الاعتماد 2003): الدليل المعياري لتحليل المياه لتطبيقات التناضح العكسي
3. جودة المياه ومعالجتها، الطبعة 5، أعدته الجمعية الأمريكية لأعمال المياه، شركة ماكغراو هيل، نيويورك، 1999.
4. دليل معالجة المياه، شركة ديغرامونت، الطبعة السادسة 1991
5. دليل المياه، شركة WABAG، الطبعة الثانية (2003)
6. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (2003) ASTM D3739-94: الممارسة القياسية لحساب وتعديل مؤشر لانجيلير للتشبع الخاص بالتناضح العكسي
7. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (2001) ASTM D4582-91: الممارسة القياسية لحساب وتعديل مؤشر ستيف ودافيز الخاص بالتناضح العكسي
8. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D4692-01: الممارسة القياسية لحساب وتعديل أملاح تقشر الكبريت (كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$ ، وكبريتات السترونتيوم  $SrSO_4$ ، وكبريتات الباريوم  $BaSO_4$ ) الخاصة بالتناضح العكسي.
9. مارشال و. ل. وسلاشر، ر. " الذوبانية حتى 200 درجة مئوية للكبريتات والهيدرات الخاصة بها في تركيزات ودرجة حرارة مياه البحر والمحاليل الملحية، وحدود التركيز " صحيفة البيانات الكيميائية والهندسية، 13 (1)، 83 (1968)
10. دافيز جيه. دبليو، وكولينز إيه جي "ذوبانية كبريتات الباريوم والسترونتيوم في محاليل الاستقطاب (البيكتروليت)، العلوم البيئية والتقنية، 5(10)، 1039 (1971).
11. بيرماسيب B-10 دليل المعلومات الفنية، الجزء الرابع، التوقعات، إي أي دو بونت دي نيومرز آند كو. 1980 E. I. du Pont de Nemours & Co.
12. فورم إم وويليامز آر إي، "دراسة السيليكا في أنظمة التناضح العكسي عالية الاسترجاع"، PB81- (1979) 233587.
13. إل دودلي، "محاربة خطر تلوث السيليكا في مصانع التناضح العكسي - تجارب عملية"، ديسالينيشن آند ووتر ريزوز، 12(4)، 28 (2003).

14. إي آي غراهام، وآر إل ريز، وسي إي هيكلان، "تحسين أداء التناضح العكسي خلال التنظيف المرحلي"، ديسالينيشن 74, 113 (1989).
15. إم لو وزد وانغ "تلوث المركبات وتنظيف نظام إزالة الملوحة بالتناضح العكسي في نفس المكان" ديسالينيشن 141, 15 (2001).
16. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (2003) ASTM D4993-89: الممارسة القياسية لحساب وتعديل نقشر السيليكا (SiO<sub>2</sub>) فيما يتعلق بالتناضح العكسي.
17. ألكسندر جي بي، هيوستن ودبليو إم، إلير، آر كيه، "دوبانية السيليكا اللابلورية في الماء" جريدة الكيمياء الفيزيائية، 58, 453 (1954).
18. إم مورير، وإم بولر "تشكيل مشاركة الفوسفور في محطات معالجة مياه الفضلات مع الإزالة المحسنة للفوسفور الحيوي" وات سي تك، 39(1), 147 (1999).
19. إس كوبو، تي تاكاهاشي، وإتش موريناجا وإتش يوكي، "تنشيط نقشر فوسفات الكالسيوم عند التبادل الحراري: العلاقة بين نتائج الفحوصات المختبرية واختبارات الأسطح الناقلة للحرارة، كوريجن، 79، ورقة بحثية رقم 220، أتلانتا (1979).
20. طريقة الاختبار المعياري لـ D1889 الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D1889-00 لتعكر المياه.
21. طريقة الاختبار المعياري للجمعية الأمريكية لاختبار المواد D6698-01 للقياس الخطي للتعكر أقل من 5 وحدات في الماء
22. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد (2002) ASTM D4189-95: طريقة الاختبار المعيارية لمؤشر كثافة الطمي (SDI) للماء
23. شيبيرز، وجيه سي، وفيردو جيه: مؤشر التلوث المعدل، طريقة تحديد خصائص تلوث المياه، ديسالينيشن 32, 137 (1980).
24. بيورليج، إس إف إي، كيندي، إم أني، إم بي وشيبيرز، جيه سي.: تطبيقات مؤشر التلوث المعدل-الترشيح الفائق لقياس وتوقع تلوث الجسيمات في أنظمة التناضح العكسي، جيه ميمبران سوسايتي. (2003) 97, 220
25. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D4188-82 (إعادة الاعتماد 1999): الممارسة القياسية لتطبيق الضغط في اختبار التخرط والتكثف والترشيح الداخلي
26. دليل تقنية الغشاء الصناعي، طبعة: بورتير، إم سي، منشورات نوبز، بارك ريدج، نيوجيرسي، الولايات المتحدة الأمريكية (1990).

27. D4455-85(2002): طريقة الاختبار القياسية لتعداد البكتريا المائية من خلال طريقة الحساب المجهرية الفوق فلورية.
28. D4454-85(2002): طريقة الاختبار القياسية لتعداد الفوري للبكتريا الإجمالية والتنفسية في الأنظمة المائية من خلال الفحص المجهرية.
29. جيه إس فرووينفيلدر ودي فان دير كوجي، ودياجنوسيس، توقع ومنع التلوث الحيوي لأغشية الترشيح المتماهي الدقة والتناضح العكسي، ديسالينيشن، 139, 65 (2001).
30. إم إم نيدرلوف، وجيه سي كرويثوف جامه هوفمان، وإم دي كونينج، وجيه بي فان دير هويك، وباك بون، تطبيق أنظمة الأغشية المتكاملة متعددة الأغراض الخاصة بالتناضح العكسي على مصدر الإمداد بالمياه في أمستردام، ديسالينيشن، 119, 263 (1998).
31. جيه إس فرووينفيلدر، إن بريس (2003).
32. دي فان دير كوجي، إتش آر، فيناندل، سي باراس لوريست، دي دبليو فان دير كليفت وواي سي دروست تكوين تراكمات الكائنات الدقيقة على أسطح الزجاج والتفلون المعرض للماء المعالج. وتر ريسيرش، 29(7)(1995) 1662-1655.
33. الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D1291-01: الممارسة القياسية لتقدير متطلبات الكلور أو مطلوبة المياه أو كليهما.
34. وايت جي سي.: دليل المعالجة بالكلور. فان نوستراند رينهولد كومباني، نيويورك (الطبعة الثانية، 1986).
35. إم ناجاي، وإتش إيواهاشي، وواي هياشي وواي أوجينو، "سلوك عوامل الأكسدة والاختزال في مياه البحر" ديسالينيشن، 96, 291 (1994).
36. تي جريبي، إتش سي فليمنج: استراتيجية منع التلوث دون مبيدات حيوية لحماية أغشية التناضح العكسي من التلوث الحيوي. ديسالينيشن 118 (1998), 153-156.
37. سي إف ويند، بي إس ستيوراد، ودبليو جونز، وإيه كامبر: المعالجة التحضيرية لأنظمة معالجة مياه الأغشية. دراسة مختبرية ووتر ريسيرش 37 (2003) 3378-3367.
38. بي سيهن: تجارب الأغشية المقاومة للتلوث بالإضافة إلى جرعة مبيد حيوي متقطعة. 9 آخن ميمبران كولوكيوم، 18-20 مارس 2003، فيرلاج ماينز، أشين، الرقم الدولي المعياري للكتاب 7-185-86130-3.

### 3- تصميم النظام

#### 1-3 مقدمة

يتكون النظام الشامل لمعالجة المياه بالتناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة من قسم المعالجة التحضيرية وقسم عنصر الغشاء ومكوناته وقسم ما بعد المعالجة. ولقد تمت مناقشة طرق المعالجة التحضيرية في **القسم 2**، **الكيمياء والمعالجة التحضيرية للمياه**. ويتم إجراء المعالجة اللاحقة لتحقيق جودة المنتج المطلوبة. وعادة عند تحلية مياه البحر يتم تعديل درجة الحموضة وإعادة التصليد والتطهير. أما عند إنتاج المياه فائقة النقاء، فيتم إجراء معالجة لاحقة للمياه النافذة من خلال صقل عملية نزع تمعدن التبادل الأيوني.

وفي هذا القسم نتناول نظام الغشاء. ويتضمن النظام على مجموعة من عناصر الأغشية ومكوناتها الموجودة في أوعية الضغط المرتبة وفق نظام معين. ويتم استخدام مضخة الضغط العالي لتغذية أوعية الضغط. وتتم إضافة المعدات والأجهزة وقطع الغيار الاحتياطية والأدوات للخدمات حسبما تدعو الحاجة. ويسهل نظام التنظيف في المكان علمية تنظيف الأغشية. وكل هذا ورد بالتفصيل في **القسم 6**، **التنظيف والتعقيم**.

ويمثل نظام الأغشية محطة متكاملة مزودة بمدخل لمياه التغذية ومخارج للمياه الناتجة النقية ونواتج التركيز. ويتميز أداء نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة بمعاملين: معامل تدفق الماء الناتج النقي وجودة المياه الناتجة. ويلزم الرجوع دائماً إلى هذه المعاملات عند إجراء تحليل معين لمياه التغذية وضغط التغذية والاسترجاع. ويكمن هدف مصمم نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة لتدفق نواتج التغذية المحددة المطلوبة في الحد من ضغط التغذية وتكاليف الغشاء مع مضاعفة جودة المياه الناتجة النقية وإمكانية استرجاعها.

ويعتمد التصميم الأمثل على الأهمية النسبية لهذه الجوانب. ويقتصر استرجاع أنظمة التناضح العكسي على ذوبانية الأملاح القابلة للذوبان إلى حد ما (انظر **القسم الفرعي 2-4**، **حسابات التقشر**)— بحد نسبته 90% أي ما يعادل تقريباً الحد الأقصى. وعند تحلية مياه البحر، يكون الحد حوالي 50% تقريباً من الاسترجاع وفق الضغط التناضحي لتدفق المادة المركزة والذي يقترب من حد الضغط المادي لمكونات FILMTEC الخاص بمياه البحر.

يعتبر الوصول إلى المعدل المطلوب لطرد الملح هو أحد أمور الرئيسية التي يتوقف عليها اختيار الغشاء. ويتمتع كل من الترشيح المتناهي الدقة NF (NF90 > NF200 > NF270)، والماء متوسط الملوحة (BW) (طاقة منخفضة للغاية) (BW30 > BW30LE > XLE) و SW (مياه البحر)، و SWHR (الطرد العالي لمياه البحر) وإصدارات أغشية التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة من FILMTEC بمعدلات طرد أعلى للملح بترتيبهم هذا؛ إلا أنها ستحتاج إلى ضغوط التغذية العالية تحت نفس الظروف. ومن ثم فإن أغشية الترشيح المتناهي الدقة إلى

BW30LE يتم استخدامها في مياه التغذية حتى 2,000 مللي غرام/لتر من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، وBW30 حتى 10,000 مللي غرام/لتر ومياه البحر والطردي العالي لمياه البحر تغذية عالية الملوحة حتى 50,000 مللي غرام. وفي ظروف تشغيل محددة، يمكن حساب جودة المياه الناتجة النقية.

يعتمد ضغط التغذية الضروري لإنتاج تدفق المياه النافذة المطلوب باستخدام غشاء معين على فيض المنتج المخطط له (معدل تدفق المنتج لكل وحدة مساحة من الغشاء). وكلما زاد تدفق الماء النافذ النقي لكل وحدة من مساحة الغشاء النشط، كلما زاد ضغط التغذية. وفي أنظمة مياه البحر، يكون تدفق المنتج النقي منخفض نسبياً عند أقصى ضغط مسموح به. إلا أن تدفق المنتج النقي يمكن أن يكون مرتفعاً للغاية في أنظمة المياه متوسطة الملوحة دون الوصول إلى حد 600 رطل على البوصة المربعة (41 بار) لعناصر المياه متوسطة الملوحة. وعلى الرغم من الميل إلى زيادة تدفق المنتج النقي للحد من تكاليف عناصر الغشاء، إلا أنه يجب الحد من التدفق للخفض من نسبة التلوث.

وفي ضوء الخبرة، يعتمد حد التدفق المقرر استخدامه في تصميم النظام على احتمالية التلوث لدى مياه التغذية. ويُحتمل أن النظام المصمم بمعدلات تدفق عالية للمنتج النقي قد يواجه معدلات تلوث عالية وزيادة الحاجة إلى التنظيف الكيميائي المتكرر. وحدها التجربة التي يمكنها فرض قيود على التدفق النافذ للعديد من أنواع المياه المختلفة. وعند تصميم نظام غشائي خاص بمياه التغذية، فمن المفيد معرفة أداء أنظمة الأغشية الأخرى التي تعمل على نفس المياه. إلا أنه غالباً لا توجد أنظمة أغشية أخرى للمقارنة معها. ومن ثم يمكن اتباع اقتراحات تصميم النظام المذكورة في الدلائل الإرشادية التصميم للمقاس 8 بوصة (القسم الفرعي 3-9-1) وعناصر FILMTEC ومكوناته متوسطة الحجم (القسم الفرعي 3-9-2).

وتعد أفضل طريقة لجمع المعلومات الإضافية المطلوبة هي باستخدام نماذج الجدول 1-3 والجدول 2-3. وكلما اكتملت هذه المعلومات، كلما كان من الأفضل تحسين تصميم النظام ليتناسب مع احتياجات العميل.

### الجدول 1-3 معلومات تصميم النظام







### 2-3 مقارنة بين العمليات المرحلية والعمليات المتواصلة

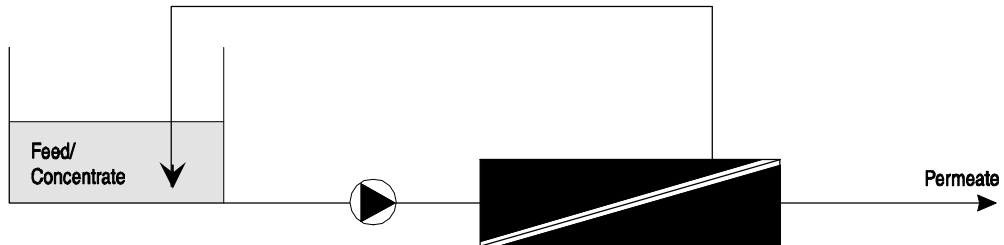
يتم تصميم نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة عادة من أجل التشغيل المتواصل. وتكون الظروف التشغيلية لكل عنصر من عناصر الغشاء في المحطة ثابتة مع مرور الزمن. ويوضح الشكل 1-3 وضع المعالجة المتواصل.

الشكل 1-3 العملية المتواصلة للتناضح العكسي



وفي استخدامات معينة، عند وجود أحجام (دفعات ومرحل) صغيرة نسبياً من مياه التغذية الخاصة على فترات متقطعة مثل حلول معالجة المياه المستخدمة أو المخلفات الصناعية يُفضل استخدام الوضع المرحلي. ويتم جمع مياه التغذية في خزان ومعالجته فيما بعد. وتتم إزالة المنتج النقي ويتم إعادة تدوير المادة المركزة إلى الخزان. وفي نهاية العملية المرحلية، يتبقى جزء صغير من المادة المتركرة في خزان التغذية. وبعد عملية التصريف يتم تنظيف الأغشية بصورة نمطية قبل إعادة تعبئة الخزان بدفعة جديدة. و يوضح الشكل 2-3 نمط العملية المرحلية.

الشكل 2-3 عملية التناضح العكسي المرحلية



يعد الوضع الشبه مرحلي تعديلاً في الوضع المرحلي. وفي عمليات الوضع الشبه مرحلي، يتم بالفعل إعادة تعبئة مياه التغذية أثناء العملية. ويتم الانتهاء من هذه المرحلة بخزان تغذية ممتلئ بالكامل بالمادة المركزة مما يسمح باستخدام خزان أصغر.

ويتم تصميم الأنظمة المرحلية باستخدام ضغط تغذية مستمر وتدفق منتج منخفض وهذا في الوقت الذي تصبح فيه التغذية أكثر تركيزاً. وينبغي تطبيق التوجيهات المذكورة في الدلائل الإرشادية للتصميم مقاس 8 بوصة (القسم الفرعي 3-9-1) وعناصر FILMTEC متوسطة الحجم (القسم الفرعي 3-9-2) على الأنظمة المرحلية. إلا أن حدود تدفق المنتج النقي معتدلة ويمكن تجاوزها إذا تم ضبطها بدورات الاختبار سابقة، وإذا أُخذ في الحسبان عدد مرات مناسب لتكرار التنظيف.

#### تتفوق العملية المرحلية عن العملية المتواصلة بالمزايا التالية:

- المرونة عند تغير جودة مياه التغذية
- يمكن مضاعفة استرجاع النظام عند كل مرحلة
- سهولة إجراء التنظيف
- أدوات التحكم التلقائية البسيطة
- يمكن التحكم في جودة المنتج النقي من خلال إنهاء العملية.
- يمكن تحسين جودة المنتج النافذ النقي من خلال المعالجة الكاملة أو الجزئية عند المرور الثاني.
- ظروف تشغيل مناسبة لأنظمة العنصر الواحد (أو عدد منخفض) لأن الأغشية لا تلامس سوى المادة المركزة النهائية لفترة قصيرة.
- سهولة التوسع إلى حد ما.
- تكاليف استثمار منخفضة

#### وتتمثل العيوب فيما يلي:

- الانتقال إلى التدفق المستمر للمنتج النقي
- الانتقال إلى الجودة الثابتة للمنتج النقي
- يلزم وجود خزان تغذية كبير
- يلزم وجود مضخة كبيرة
- زيادة استهلاك الطاقة
- فترة مكوث أطول للتغذية / المادة المركزة
- تكاليف تشغيل إجمالية أعلى.

يتم تصميم غالبية أنظمة التناضح العكسي من أجل التشغيل المتواصل مع التدفق المستمر للمنتج النقي والاسترجاع الثابت للنظام. ويتم تعويض نسب التباين في درجة حرارة مياه التغذية وآثار التلوث من خلال تعديل ضغط التغذية وضبطه. ومن ثم فإن تركيز هذا الدليل ينصب على العملية المتواصلة.

### 3-3 نظام الغرفة الواحدة

تتكون الغرفة من وعاء ضغط مصحوب بما يصل إلى ثمانية عناصر غشاء مرتبطة مع بعضها في سلسلة. ويصبح تركيز العنصر الأول هو تغذية العنصر الثاني وهكذا. وتقترن أنابيب الناتج لجميع العناصر وترتبط بفتحة النفاذ الخاصة بالغرفة. ويمكن أن تقع فتحة النفاذ عند نهاية التغذية أو نهاية المادة المركزة في الغرفة.

يتم اختيار نظم الغرفة الواحدة عندما نحتاج إلى عنصر غشائي واحد فقط أو عدة عناصر غشائية لتدفق المنتج النقي المحدد. ويوضح شكل 3-3 غرفة تحتوي على عنصرين من عناصر FILMTEC. وتدخل مياه التغذية إلى النظام عبر صمام التغذية وتتدفق من خلال مرشح الخرطوشة إلى مضخة الضغط العالي. ولقد تم وصف وسائل بديلة للتحكم في ضغط تصريف المضخة في القسم الفرعي 3-13-1، مضخة الضغط العالي.

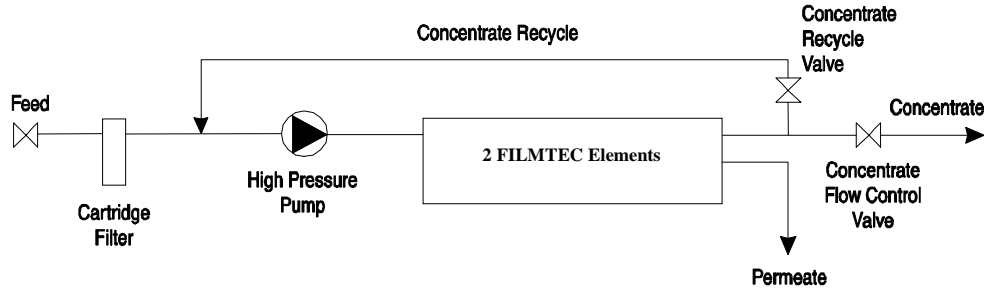
وتتدفق مياه التغذية من مضخة الضغط العالي إلى رابط مدخل التغذية في الغرفة. ولا بد أن لا يغادر التدفق الناتج الغرفة وهو أكثر من 5 رطل لكل بوصة مربعة (0.3 بار) فوق الضغط الجوي. ومع ذلك، نحتاج أحياناً إلى ضغط نفاذ أعلى لتغذية قسم ما بعد المعالجة مثلاً أو لتوزيع الناتج دون ضخ إضافي. ومع ذلك يصبح ضغط النفاذ العالي مطلوباً لتغذية جزء ما بعد المعالجة أو لتوزيع المنتج بدون مزيد من الضخ. وبعد ذلك لا بد من زيادة ضغط التغذية إلى القيمة المطلوبة لضغط النفاذ، ولكن يجب مراقبة الحد الأقصى المحدد من ضغط التغذية. وفي هذه الحالة، لا بد من العناية الفائقة بحيث لا يتجاوز ضغط النفاذ بأي حال من الأحوال ضغط التغذية بأكثر من 5 رطل لكل بوصة مربعة (0.3 بار) وخاصة في حالات التوقف الطارئ. وسوف يتم مناقشة ضغط النفاذ الأقصى المسموح به في القسم الفرعي 3-13-2 أوعية الضغط.

ومن الضروري أن تغادر المادة المركزة وصلة مخرج المادة المركزة عند ضغط التغذية. وعادة ما يصل هبوط الضغط إلى 5-30 رطل للبوصة المربعة (0.3-2 بار) من مدخل التغذية إلى مخرج المادة المركزة وذلك تبعاً لعدد عناصر الغشاء، وسرعة تدفق التغذية ودرجة الحرارة. ويتم التحكم في معدل تدفق المادة المركزة عن طريق صمام التحكم في تدفق المادة المركزة. ويتحكم هذا الصمام في استرجاع النظام ويجب أن لا يتجاوز أبداً قيمة الضبط المحددة له.

وعادة ما يلزم في نظم الغرفة الواحدة معالجة تركيز المياه بحيث تكون المعالجة ممثلة لما جاء في الدلائل الإرشادية الخاصة باسترجاع العنصر. ولتحقيق استرجاع النظام بنسبة تزيد عن 50%، يذهب جزء من المادة المركزة المغادرة للغرفة إلى المصرف، بينما تتم معالجة الجزء الآخر وإضافته إلى جزء الشفط والسحب في

مضخة الضغط العالي لزيادة تدفق التغذية للغرفة. ويساعد التجزؤ المرتفع للمركز الذي تتم معالجته على الحد من استرجاع العنصر وبالتالي خطر التلوث. ومن ناحية أخرى، يؤخذ عليه ما يلي:

- مضخة ضغط عال أكبر (أعلى ثمنًا).
- استهلاك أعلى للطاقة.
- تتخفف جودة المنتج النافذ عند معالجة المزيد من المادة المركزة وإضافته إلى مياه التغذية.
- قد يستغرق الشطف الجيد عند بدء التشغيل بعد الصيانة أو التنظيف وقتاً طويلاً. ويفضل أن لا تتم معالجة المادة المركزة أثناء فترة الشطف الجيد.

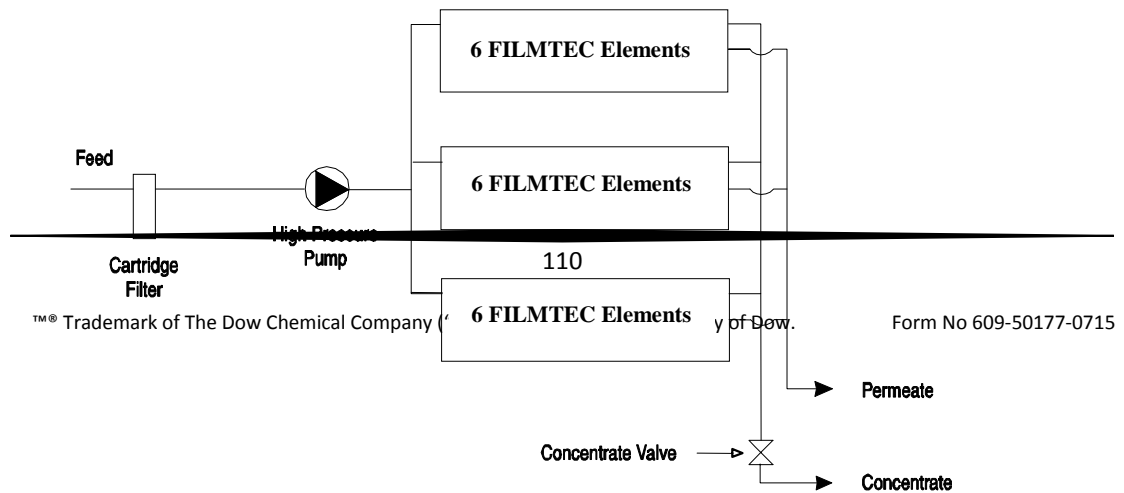


### 4-3 نظام المرحلة الواحدة

في نظام المرحلة الواحدة، يتم ترتيب غرفتين أو أكثر بالتوازي. ويتم ربط خطوط التغذية والنواتج والمادة المركزة بأنبوب متشعب. وتتطابق جوانب النظام الأخرى مع نظام الغرفة الواحدة. وعادة ما يتم استخدام نظم المرحلة الواحدة بصورة نموذجية بحيث يكون استرجاع النظام أقل من 50% كما في عملية تحلية مياه البحر على سبيل المثال.

ولقد تم تقديم مثال توضيحي لنظام المرحلة الواحدة في شكل 4-3. وتشتمل كل من أوعية الضغط الثلاثة على ستة عناصر من FILMTEC™ فيلم تك ومكوناته.

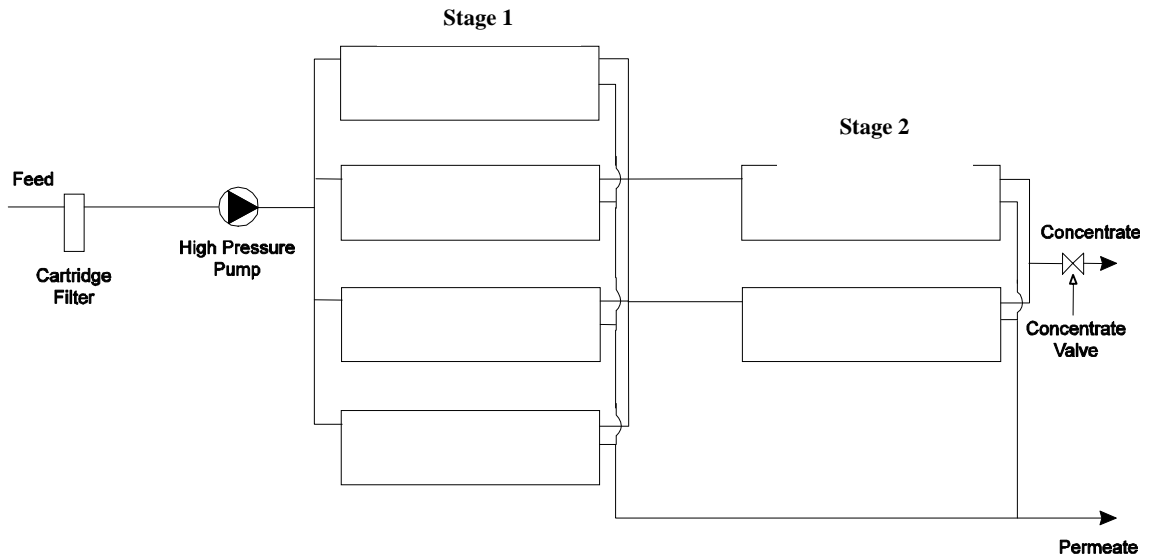
### شكل 4-3 نظام المرحلة الواحدة



### 3-5 نظام المراحل المتعددة

تستخدم النظم التي بها أكثر من مرحلة في الاسترجاعات الأعلى للنظام دون تجاوز حدود استرجاع العنصر المفرد. وعادة ما تفي مرحلتين بالفرض حيث تصل نسبة الاسترجاع إلى 75%، ولا بد من استخدام ثلاث مراحل للحصول على استرجاع أعلى. وتعتمد هذه الأرقام على الافتراض بأنه يتم استخدام أوعية ضغط معيارية تحتوي على ستة عناصر. ويجب مضاعفة عدد المراحل المستخدمة في نفس عملية استرجاع النظام بالنسبة للأوعية الأقصر التي تشتمل على ثلاثة عناصر فقط. وعموماً كلما ارتفع استرجاع النظام، زاد عدد عناصر الغشاء التي يجب أن ترتبط في سلسلة. ولتعويض المنتج النقي الذي تتم إزالته وللحفاظ على تدفق تغذية موحد لكل مرحلة، يتم تخفيض عدد أوعية الضغط لكل مرحلة في اتجاه تدفق التغذية. ويوضح شكل 3-5 نظام نموذجي من مرحلتين يستخدم نسبة مرحلية 2:1. وتعرف النسبة المرحلية بأنها نسبة أوعية الضغط في مرحلتين متجاورتين، الأوعية عكس التيار: الأوعية في اتجاه التيار.

### شكل 3-5 نظام المرحلتين



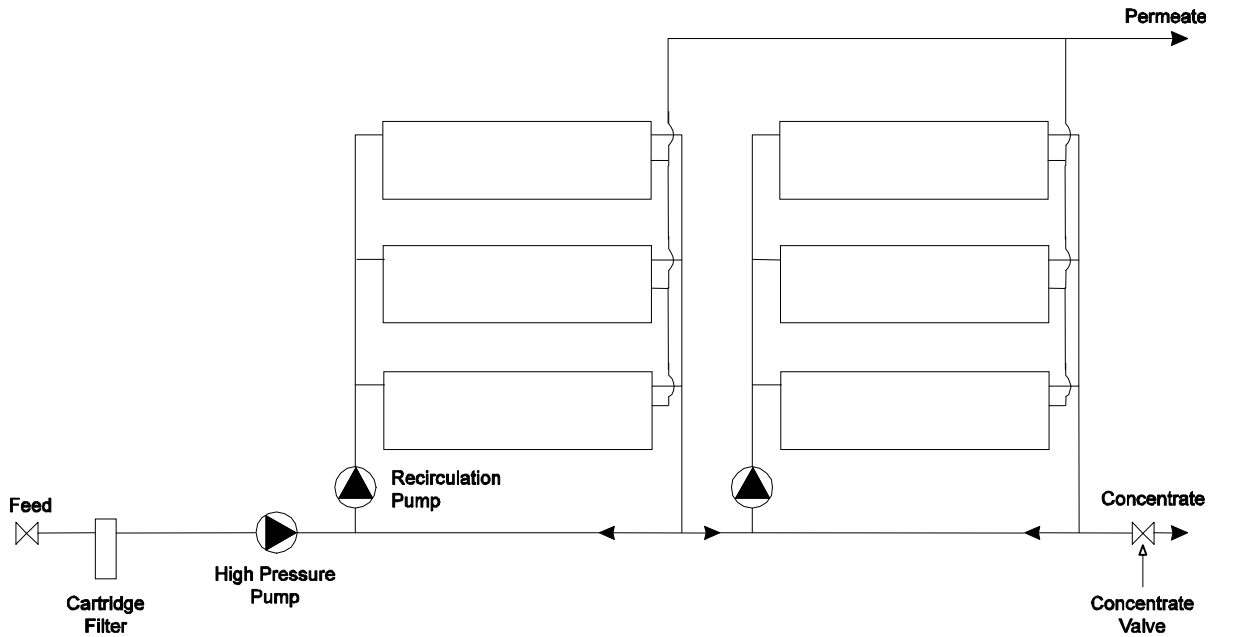
### 3-6 السريان السدادي في مقابل إعادة دوران المادة المركزة

يقوم التخطيط المعياري لنظام التناضح العكسي في تطبيقات تحلية المياه على فكرة السريان السدادي. وفي نظام السريان السدادي، يمر مقدار التغذية مرة واحدة عبر النظام. ويمر جزء معين من التغذية  $\gamma$  عبر الغشاء لإنتاج المنتج النقي. ويتم تكثيف التغذية وتركيزها تدريجياً وتغادر النظام وهي بتركيز أعلى. وتظهر أمثلة من نظم السريان السدادي في أشكال 1-3 و 4-3 و 5-3.

ويتم استغلال إعادة دوران المادة المركزة عندما يكون عدد العناصر قليل جداً على أن يحقق استرجاع عالٍ للنظام بصورة كافية بالتدفق الكتلّي. ويمكننا أيضاً أن نجد نظم إعادة دوران المادة المركزة في تطبيقات خاصة مثل سوائل المعالجة والمياه المستخدمة. وفي النظم التي بها إعادة دوران داخلية للمركز، تتم إعادة توجيه جزء من مسار المادة المركزة الخارج من الغرفة (أو المرحلة) إلى جانب التغذية من الغرفة (أو المرحلة) وخلطها بمسار التغذية. ويوضح شكل 3-3 نظاماً ذا إعادة دوران داخلية للمادة المركزة.

ويمكن كذلك تصميم النظم متعددة المراحل بحيث تكون مزودة بخاصية إعادة دوران داخلية للمادة المركزة بالنسبة في كل مرحلة باستخدام مضخة إعادة دوران منفصلة. فمثلاً، يمكن تصميم النظام الموضح في شكل 3-3 مزوداً بإعادة دوران مركز بدلاً من السريان السدادي، انظر شكل 6-3.

شكل 6-3 نظام من مرحلتين به إعادة دوران داخلية للمادة المركزة



الميزة الرئيسية لمفهوم إعادة الدوران هي معدل تدفق التغذية المحدد الداخل إلى الغرف بصرف النظر عن درجة التلوث في الغرف السابقة والتغيرات الحادثة في تركيب مياه التغذية. ولقد تم ذكر جوانب إضافية لفكرة إعادة



الدوران في القسم الفرعي 3-2، العمليات المتقطعة في مقابل المستمرة والقسم الفرعي 3-3، نظام الغرفة الواحدة. ويقدم جدول 3-3 ملخصاً مقارناً.

### جدول 3-3 مقارنة نظامي التدفق الكتلي وإعادة الدوران

Parameter	Plug flow	Recirculation
Feed composition	Must be constant	Can vary
System recovery	Must be constant	Can vary
Cleaning circuit	More complicated	Simple
Compensating fouling	More difficult	Easy
Membrane pressure from feed inlet to concentrate end	Decreasing	Uniform
Power consumption	Lower	Higher (15 - 20%)
Number of pumps (investment, maintenance)	Lower	Higher
Extension, varying the membrane area	More difficult	Easy
Taking individual stages of multi-stage systems in/out of service	Not possible	Possible
System salt passage	Lower	Higher

ويعرف المرور الظاهري للملح في النظام (SPS) وهو أيضاً مرور الملح في النظام - على أنه تركيز مركب ما (قد يكون أيوناً معيناً، أو مركب عضوي، أو المواد الصلبة الذائبة الكلية) في المنتج النقي ( $C_p$ ) بالنسبة إلى تركيزه في مياه التغذية ( $C_f$ ):

$$P_s = \frac{C_p}{C_f} \quad \text{Eq. 1}$$

في أنظمة السريان السدادي، SPS هي دالة على استرجاع النظام  $Y$  ومرور الملح بالغشاء  $SP_M$ :

$$SP_s = \frac{1 - (1 - Y)^{SP_M}}{Y} \quad \text{Eq. 2}$$

حيث يتم تعريف مرور الملح بالغشاء على أنه تركيز مركب ما في المنتج النقي ( $C_p$ ) بالنسبة إلى متوسط تركيزها في جانب التغذية - المادة المركزة ( $C_{rc}$ ):

$$SP_M = \frac{C_p}{C_{rc}} \quad \text{Eq. 3}$$

ومع ذلك فهناك اعتماد إضافي في الأنظمة ذات إعادة دوران المادة المركزة الداخلية على عدد بيتا  $\beta$  الذي يعرف بأنه

$$\beta = \frac{\text{تدفق المنتج النقي التارك للغرفة}}{\text{تدفق المادة المركزة التارك للغرفة}} \quad \text{Eq. 4}$$

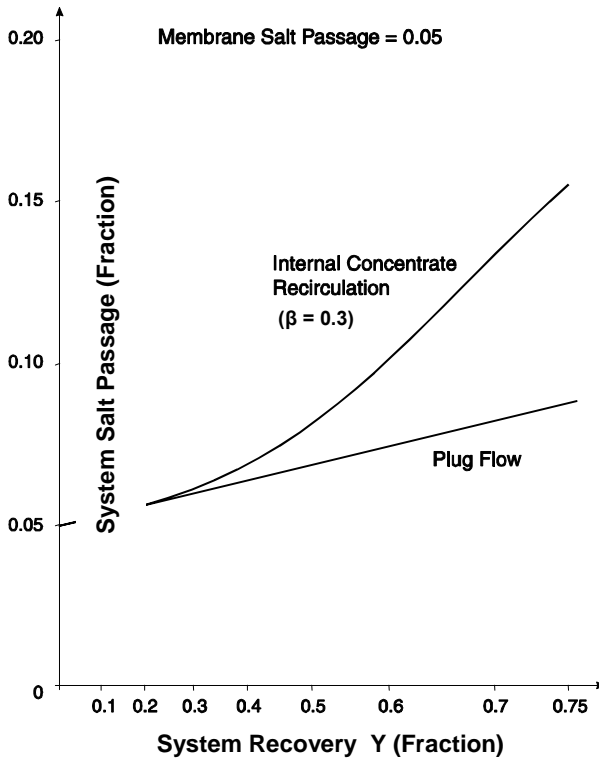
$$\beta = \frac{\text{permeate flow leaving the module}}{\text{concentrate flow leaving the module}} \quad \text{Eq. 4}$$

أما بالنسبة للأنظمة التي تتم فيها المعالجة الجزئية للمركز وإعادةه إلى مسار التغذية، يصبح مرور الملح بالنظام

$$SP_s = \frac{(1+\beta)^{SP_M} - 1}{Y(1+\beta)^{SP_M} - Y(1+\beta) + \beta} \quad \text{Eq. 5}$$

وبالنسبة لاسترجاعات النظام المرتفعة، يكون مرور الملح بالنظام في نظام إعادة الدوران أعلى بكثير من ذلك الذي في نظام السريان السدادي. ويتضح هذا بحساب العينة، انظر شكل 3-7. ومع ذلك فإن الفارق أقل بالنسبة للنظم متعددة المراحل ذات حلقات إعادة الدوران الخاصة بكل مرحلة. ويجب حساب مرور الملح في النظام بالنسبة لكل نظام (انظر شكل 3-6 مثلاً) عن طريق تطبيق المعادلة 5 بالنسبة لكل مرحلة.

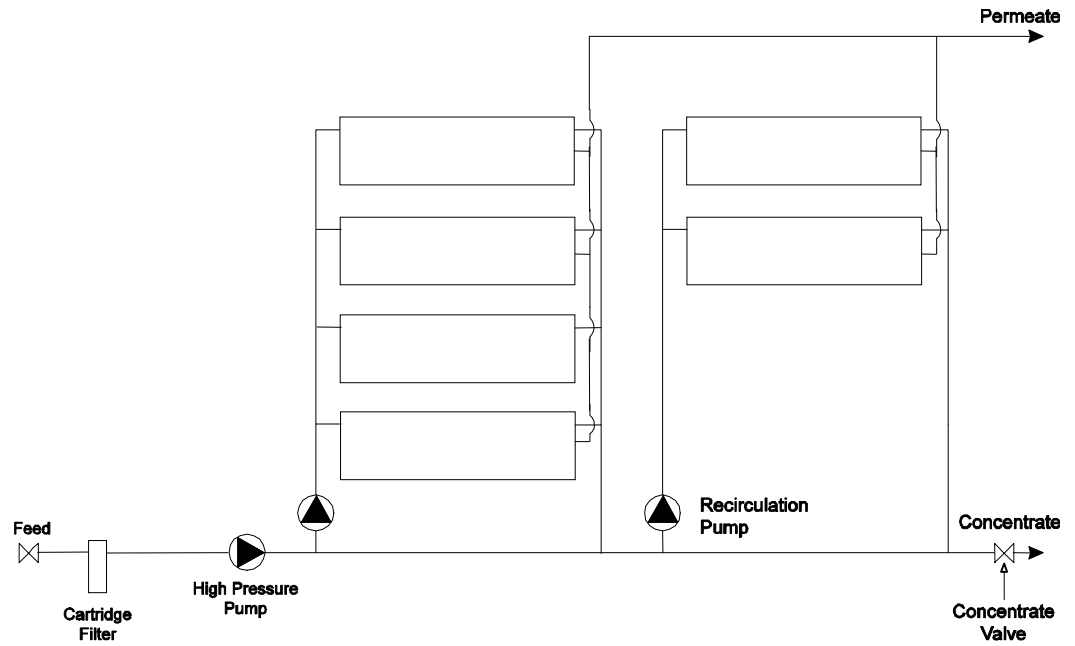
شكل 3-7 مرور الملح في النظام بالنسبة لنظام التدفق السدادي ونظام إعادة دوران المادة المركزة



عندما يقترب مسار المادة المركزة المعاد دورانه من الصفر، يقترب عدد  $\beta$  من  $[1 - (Y/1)]/1$ ، ويصبح نظام إعادة الدوران نظام سريان سداي. وكخيار أوسط ما بين نظامي التدفق السداي وإعادة الدوران وهو نظام إعادة الدوران المتناقصة تدريجياً "المخروطية" ذو العدد المتناقص من الغرف المتوازية لكل مرحلة عندما تتم مشاهدتها في اتجاه تدفق التغذية (انظر شكل 8-3).

ويمكن تعديل مضخات إعادة الدوران بطريقة تسمح بإعادة تدوير قدر ضئيل فقط من المادة المركزة الذي يترك المرحلة بينما يتدفق القدر الأكبر إلى المرحلة التالية (أو إلى مخرج المادة المركزة بالنسبة للمرحلة الأخيرة). في هذه الحالة هناك ظروف سريان سداي تقريباً، ولكن مزايا فكرة إعادة الدوران ما زالت موجودة.

شكل 8-3 نظام إعادة الدوران المخروطية



### 7-3 نظام النفاذ المرهلي

يمكن وضع نظام النفاذ المرهلي في الاعتبار للأسباب التالية:

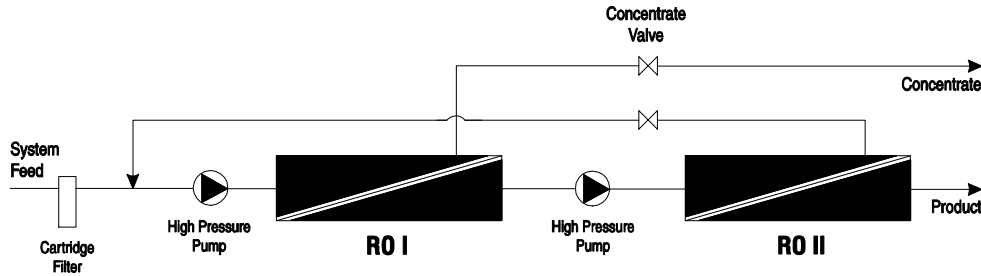
- الجودة المعيارية للمنتج النقي ليست كافية.
- ليس مسموحاً بالمعالجة اللاحقة بتقنية التبادل الأيوني (كيماويات إعادة التوليد)
- الأهم هو رفض الجراثيم ومولدات الحمى والمواد العضوية.
- الإعتداديّة الكئيّة العالية

يعتبر إنتاج المياه للاستخدام الدوائي والطبي تطبيقاً نموذجياً لنظم النفاذ المرهلي. ونظام النفاذ المرهلي هو الجمع بين نظامي تناضح عكسي/ترشيح المتناهي الدقة تقليديين حيث يصبح المنتج النقي الخاص بالنظام الأول

(المرور الأول) هو التغذية الخاصة بالنظام الثاني (المرور الثاني). ويمكن أن يكون كل من نظامي التناضح العكسي/الترشيح المتتالي الدقة من النوع ذي المرحلة الواحدة أو متعدد المراحل، سواءً باستخدام السريان السدادي أو إعادة دوران المادة المركزة.

ويوضح شكل 3-9 خريطة تدفق تخطيطية لنظام التناضح العكسي ذي النفاذ المرحلي. حيث تتم إعادة تدوير مركز التناضح العكسي الثاني ليغذي التناضح العكسي الأول لأن جودته عادة ما تكون أعلى من مياه تغذية النظام. ونظراً لأن مياه التغذية للتناضح العكسي الثاني ذات جودة عالية (نافذ للتناضح العكسي)، يمكن تخصيص التناضح العكسي الثاني للحصول على استرجاع أعلى من التناضح العكسي الأول، وبمعايير غشائية أقل (انظر القسم الفرعي 3-9، الدلائل الإرشادية لتصميم نظام الغشاء).

### شكل 3-9 نظام النفاذ المرحلي



وبدلاً من وجود مضخة ضغط عال منفصلة بالنسبة للمرور الثاني، يمكن أيضاً تشغيل النظام كاملاً بمضخة ضغط عال واحدة بشرط أن لا يتجاوز الحد الأقصى المسموح به من ضغط التغذية على عنصر الغشاء (600 رطل لكل بوصة مربعة (41 بار) بالنسبة لعناصر المياه متوسطة الملوحة (BW)). وبعد ذلك يتم تشغيل المرور الثاني باستخدام ضغط المنتج النقي المرتد من التناضح العكسي الأول. لمعرفة الحد الأقصى المسموح به من ضغط المنتج المنقى المرتد، يرجى العودة إلى القسم الفرعي 3-13-2، أوعية الضغط. ينبغي الحرص على عدم تجاوز ضغط المنتج المنقى المرتد بأي حال لضغط التغذية بأكثر من 5 رطل لكل بوصة مربعة (0.3 بار).

كما يمكن أيضاً استخدام خزّان الاندفاع لجمع المنتج المنقى من المرور الأول. ويجب حماية هذا الخزّان بعناية من التراب والتلوث بالأحياء المجهرية.

وفي حالات عديدة تعتبر الموصلية أهم مؤشر على جودة للمياه الناتجة. وبما أن الغشاء لم يطرد ثاني أكسيد الكربون، فإنه ما يزال موجوداً في الماء الناتج حيث يتفاعل لتكوين حمض الكربونيك ويؤدي إلى زيادة الموصلية. ويمكن منع مرور ثاني أكسيد الكربون من خلال تعديل درجة الحموضة لمياه التغذية الخاصة بالتناضح العكسي الأول لتصبح قيمتها 8.2 تقريباً. وعند هذه القيمة يتحول غالبية ثاني أكسيد الكربون إلى كربونات الهيدروجين والتي يتخلص منها الغشاء بشكل جيد. ويمكن حقن هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية، NaOH) سواءً في المنتج المنقى أو في تغذية التناضح العكسي الأول. كما يمكن الحصول على أفضل موصلية للمياه الناتجة إذا تم تعديل درجة الحموضة في تغذية التناضح العكسي الأول للحصول على أفضل نتيجة. ورغم ذلك فإن هذا

يستلزم التحكم في احتمالية تقشر كربونات الكالسيوم عند درجة الحموضة المطلوبة من 8.2 إلى 8.5. وبهذا التصور يمكن تحقيق موصلية نموذجية للمنتج للحصول على موصلية أقل من 1 ميكرو سيمنز/سم.

ومن الطبيعي أن يكون استرجاع التناضح العكسي الأول محددًا بإمكانية تقشر مياه التغذية، ولكن قد يصل استرجاع التناضح العكسي الثاني إلى نسبة مرتفعة هي 90% - 95% لتتخفف بذلك تكاليف النظام. ومن ناحية أخرى يساعد الاسترجاع الأكثر توطأً للتناضح العكسي الثاني في زيادة جودة المياه الناتجة على حساب كمية أكبر في المرور الأول (الذي عليه بعد ذلك أن يعالج معدل التدفق المتزايد لمركز التناضح العكسي الثاني).

### 3-8 احتمالات التصميم الخاص

هناك عدد من إمكانيات التصميم الخاص بمتطلبات محددة:

- تحسين جودة المنتج:
  - استخدام جزء من عناصر مياه البحر الخاصة بماء التغذية متوسط الملوحة أو استخدامها جميعها
  - استخدام عناصر مياه البحر في مرحلة واحدة أو في كلا مرحلتي نظام المنتج المنقى المرهلي
  - إعادة تدوير المنتج المنقى في المرحلة الأخيرة إلى التغذية
- زيادة استعادة النظام:
  - تغذية نظام ثانٍ بالمادة المركزة بعد المعالجة التحضيرية المحددة.
- الحصول على استرجاع عالي للنظام وتدفق موحد للمنتج المنقى لكل عنصر مع مياه تغذية متوسطة الملوحة:
  - استخدام مضخات تعزيز لتعويض الزيادة في الضغط التناضحي.
  - استخدام ضغط خلفي منخفض للمنتج المنقى من المرحلة الأولى حتى المرحلة الأخيرة
  - استخدام تصميم نظام مهجن به أغشية أضيق في المرحلة الأولى عنها في المرحلة الثانية مثل أغشية BW30 في المرحلة الأولى وأغشية XLE في المرحلة الثانية.
- إنتاج نوعيات مختلفة من المنتج المنقى:
  - فصل المنتجات النقية عن المراحل المختلفة: يتميز المنتج المنقى من المرحلة الأولى بأنه الأعلى جودة وخاصة عندما تكون المرحلة الأولى مزودة بأغشية على مستوى أعلى من الطرد والإخراج.
- تقليل الطاقة الاستيعابية للمعدات بهدف الحصول على مستوى المنتج المنقى المطلوب:

- خلط تيار المنتج المنقى مع مياه التغذية
- تقديم ما يلزم من إمدادات لعمل تمديد للنظام الأخير:
- استخدام المساحة الخالية في وعاء الضغط (فاصل العناصر لاستبدال العنصر)
- وضع حوامل لدعم الوحدة لاستيعاب أنابيب الضغط الإضافية

### 3-9 المبادئ التوجيهية الخاصة بتصميم نظام الغشاء

إن العامل الذي له التأثير الأكبر على تصميم نظام الغشاء هو إحصائية تعرض الأغشية للتلوث حسب جودة مياه التغذية. ويتعرض الغشاء للتلوث بسبب الجسيمات والمواد الغروانية الموجودة في مياه التغذية والتي تتركز على سطح الغشاء. وتوجد بالفعل علاقة تلازمية بين قيمة مؤشر كثافة الطمي لمياه التغذية المعالجة مسبقاً وكمية مواد التلوث الموجودة. ويزداد تركيز المواد الملوثة على سطح الغشاء عندما يزداد تدفق المنتج النقي (معدل تدفق المنتج المنقى لكل وحدة مساحة من الغشاء) وزيادة استرجاع عنصر FILMTEC™ (نسبة معدل تدفق المنتج المنقى إلى معدل تدفق مياه التغذية لكل عنصر مفرد). ومن ثم فإنه على الأرجح يواجه النظام المصمم "ذو معدلات الفيض النافذ العالي" معدلات تلوث عالية ويحتاج إلى المزيد من التنظيف الكيميائي بشكل أكثر تكراراً.

يجب تصميم نظام الغشاء بما يتناسب مع جميع عناصر النظام التي تعمل في إطار شروط وظروف التشغيل الموصى بها للحد من مستوى التلوث وتجنب حدوث تلف ميكانيكي. وتكون حالات تشغيل هذه العناصر محدودة من خلال الحد الأقصى للاسترجاع والحد الأقصى لمعدل تدفق المنتج المنقى والحد الأدنى لمعدل تدفق التركيز والحد الأقصى لمعدل تدفق مياه التغذية لكل عنصر. وكلما زادت قدرة مياه التغذية على التلويث ، زاد حجم القيود التي تفرضها هذه المعايير. وتمثل القيود المقترحة مبادئ توجيهية موصى بها تستند إلى سنوات طويلة من الخبرة العملية فيما يتعلق بأغشية FILMTEC.

ومتوسط التدفق للنظام بالكامل أو بمعنى آخر معدل تدفق المنتج المنقى للنظام بالمنطقة النشطة الكاملة في غشاء النظام، يمثل رقم مهم للتصميم. ويمثل تدفق النظام رقماً مفيداً يستخدم في التقييم السريع لعدد العناصر اللازمة لأحد المشروعات الجديدة بشكل سريع. وفي الغالب يتم تصميم الأنظمة التي تعمل على مياه تغذية عالية الجودة على قيم تدفق عالية بينما يتم تصميم الأنظمة التي تعمل على مياه تغذية سيئة الجودة على قيم تدفق منخفضة. بينما تقوم الأنظمة المصممة بقيم تدفق عالية أو منخفضة - حتى ضمن نفس فئة مياه التغذية - على تقليل إما نفقات رأس المال أو تقليل نفقات التشغيل طويلة المدى. وتعد نسب التراوح لقيم التدفق المبينة في الجداول أدناه أرقاماً نمطية لغالبية الأنظمة إلا أن ذلك لا يعني أن تكون حدود قصوى.

سُظهر عملية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة المستمرة - المصممة وفقاً للمبادئ التوجيهية لتصميم النظام ومع نظام معالجة تمهيدية مصمم بكفاءة عمل جيدة - أداء ثابت لا يتطلب أكثر من أربع مرات تنظيف في السنة في حالة الاستخدامات والتطبيقات القياسية. ويمكن أن يؤدي تجاوز الحدود الموصى بها إلى القيام بمزيد من عمليات التنظيف وتقليل السعة وزيادة ضغط التغذية وتقليل عمر الغشاء. ويمكن قبول حالات التجاوز

المعتدل للحدود على المدى القصير طالما لا يتم تجاوز الحدود الفعلية مثل الحد الأقصى لخفض الضغط والحد الأقصى لضغط مياه التغذية. ومن الناحية الأخرى هناك طريقة اعتيادية حذرة وهي توقع احتمال التعرض للتلوث بشكل أكبر وتصميم النظام وفقا للالتزام الشديد بالحدود الموصي بها بهدف الوصول إلى عملية تشغيل للنظام خالية من المشكلات وزيادة عمر الغشاء.

### 3-9-1 المبادئ التوجيهية لتصميم نظام الغشاء لعناصر FILMTEC™ التي تبلغ 8 بوصة

تبين الجداول التالية المبادئ التوجيهية الموصي بها لتصميم أنظمة التناضح العكسي التي يوجد بها عناصر FILMTEC™ بمقياس 8 بوصة بما يتفق مع نوع مياه التغذية.

### الجدول 3-4 المبادئ التوجيهية لعناصر FILMTEC™ التي تبلغ 8 بوصة في استخدامات معالجة المياه

Feed source	RO Permeate	Well Water	Surface Supply		Wastewater (Filtered Municipal Effluent)		Seawater	
			MF <sup>1</sup>	Conventional	Well or MF <sup>1</sup>	Open intake		
Feed silt density index	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5
Average gfd	21-25	16-20	13-17	12-16	10-14	8-12	8-12	7-10
system flux l/m <sup>2</sup> h	36-43	27-34	22-29	20-27	17-24	14-20	13-20	11-17
<b>Maximum element recovery %</b>	30	19	17	15	14	12	15	13

Active Membrane Area	Maximum permeate flow rate, gpd (m <sup>3</sup> /d)							
	320 ft <sup>2</sup> elements	9,000 (34)	7,500 (28)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,300 (20)	4,700 (18)	6,700 (25)
365 ft <sup>2</sup> elements	10,000 (38)	8,300 (31)	7,200 (27)	6,500 (25)	5,900 (22)	5,200 (20)		
380 ft <sup>2</sup> elements	10,600 (40)	8,600 (33)	7,500 (28)	6,800 (26)	5,900 (22)	5,200 (20)	7,900 (30)	7,200 (27)
390 ft <sup>2</sup> elements	10,600 (40)	8,900 (34)	7,700 (29)	7,000 (26)	6,300 (24)	5,500 (21)		
400 ft <sup>2</sup> elements	11,000 (42)	9,100 (34)	7,900 (30)	7,200 (27)	6,400 (24)	5,700 (22)		
440 ft <sup>2</sup> elements	12,000 (45)	10,000 (38)	8,700 (33)	7,900 (30)	7,100 (27)	6,300 (24)		

Element type	Minimum concentrate flow rate <sup>2</sup> , gpm (m <sup>3</sup> /h)							
	BW elements (365 ft <sup>2</sup> )	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)	
BW elements (400 ft <sup>2</sup> and 440 ft <sup>2</sup> )	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	20 (4.6)		
NF elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	18 (4.1)	18 (4.1)		
Full-fit elements	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)	25 (5.7)		
SW elements	10 (2.3)	13 (3.0)	13 (3.0)	15 (3.4)	16 (3.6)	18 (4.1)	13 (3.0)	15 (3.4)

Element type	Active area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Maximum feed flow rate <sup>2</sup> , gpm (m <sup>3</sup> /h)							
		BW elements	365 (33.9)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	52 (12)
BW or NF elements	400 (37.2)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
BW elements	440 (40.9)	75 (17)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
Full-fit elements	390 (36.2)	85 (19)	75 (17)	73 (17)	67 (15)	61 (14)	61 (14)		
SW elements	320 (29.7)	65 (15)	65 (15)	63 (14)	58 (13)	52 (12)	52 (12)	63 (14)	56 (13)
SW elements	380 (35.3)	72 (16)	72 (16)	70 (16)	64 (15)	58 (13)	58 (13)	70 (16)	62 (14)

<sup>1</sup> الترشيح الدقيق: الترشيح الدقيق - عملية الترشيح المستمرة باستخدام غشاء به مسام تقل عن 0.5 ميكرون.

<sup>2</sup> الحد الأقصى الموصى به لخفض الضغط على مستوى العنصر الواحد هو 15 رطل للبوصة المربعة (1 بار) أو 5 رطل للبوصة المربعة (3.5 بار) على مستوى العناصر المتعددة في أنبوب الضغط، أي القيمتين تكون أكثر تقييداً. ونوصي بالتصميم عند 80% (12 رطل للبوصة المربعة) بحد أقصى لجميع العناصر الموجودة بالنظام.

ملحوظة: تم دمج قيم الحدود المدرجة أعلاه في برنامج (تحليل نظام التناضح العكسي). وتؤدي تصميمات النظام بطريقة تزيد على ما جاء في المبادئ التوجيهية إلى وضع تحذير على النسخة المطبوعة الخاصة بتحليل نظام التناضح العكسي.

### 3-9-2 المبادئ التوجيهية لتصميم نظام الغشاء لعناصر FILMTEC<sup>TM</sup> متوسطة الحجم

تبين الجداول التالية المبادئ التوجيهية الموصى بها لتصميم أنظمة التناضح العكسي لعناصر FILMTEC التي تبلغ 2.5 و 4 بوصة في الاستخدامات الصناعية الخفيفة والاستخدامات التجارية الصغيرة.

تحتاج الأنظمة الصناعية الخفيفة المبينة في الجدول 3-5 إلى نفس المتطلبات الخاصة بالأنظمة الكبيرة حيث تتطلب مستوى ثابت من الأداء على مدار الأعوام. وهي تعتبر نموذجية في تشغيل الأنظمة الكبيرة ذات التشغيل المتواصل والمرافق التي يتم تنظيفها في مكانها وكذلك الأنظمة التي لا يتم فيها إعادة دوران التركيز (أو فيها إعادة دوران للتركيز بمقدار قليل). وتستمر فترة صلاحية الغشاء المتوقعة لأكثر من ثلاث سنوات.

### الجدول 3-5، المبادئ التوجيهية لتصميم عناصر FILMTEC في الصناعية الخفيفة والتطبيقات الصغيرة لمياه البحار

Feed source	RO permeate	Well water	Softened Municipal	Surface	Wastewater (filtered tertiary effluent)		Seawater	
					MF <sup>1</sup>	Conventional	Well or MF <sup>1</sup>	Open intake
Feed silt density index	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5	SDI < 3	SDI < 5
Typical target flux, gfd (l/m <sup>2</sup> h)	22 (37)	18 (30)	16 (27)	14 (24)	13 (22)	11 (19)	13 (22)	11 (19)
Maximum element recovery %	30	19	17	15	14	12	15	13
<b>Element diameter</b>	<b>Maximum permeate flow rate, gpd (m<sup>3</sup>/d)</b>							
2.5-inch	800 (3.0)	700 (2.6)	600 (2.3)	500 (1.9)	500 (1.9)	400 (1.5)	700 (2.6)	600 (2.3)
4.0-inch	2,300 (8.7)	1,900 (7.2)	1,700 (6.4)	1,500 (5.7)	1,400 (5.3)	1,200 (4.5)	1,800 (6.8)	1,500 (5.7)
<b>Element type</b>	<b>Minimum concentrate flow rate, gpm (m<sup>3</sup>/h)<sup>1</sup></b>							
2.5-inch diameter	0.7 (0.16)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)
4.0-inch diameter (except full-fits)	2 (0.5)	3 (0.7)	3 (0.7)	3 (0.7)	4 (0.9)	5 (1.1)	3 (0.7)	4 (0.9)
Full-fit 4040	6 (1.4)	6 (1.4)	6 (1.4)	6 (1.4)	6 (1.4)	6 (1.4)	NA	NA



Element type	Active area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Maximum feed flow rate U.S. gpm (m <sup>3</sup> /h)	Maximum pressure drop per element psig (bar)	Maximum feed pressure psig (bar)
Tape-wrapped 2540	28 (2.6)	6 (1.4)	13 (0.9)	600 (41)
Fiberglassed 2540	28 (2.6)	6 (1.4)	15 (1.0)	600 (41)
Seawater 2540	29 (2.7)	6 (1.4)	13 (0.9)	1,000 (69)
Tape-wrapped 4040	87 (8.1)	14 (3.2)	13 (0.9)	600 (41)
TW30-4040	82 (7.6)	14 (3.2)	13 (0.9)	600 (41)
Fiberglassed 4040	82 (7.6)	16 (3.6)	15 (1.0)	600 (41)
SW Fiberglassed 4040	80 (7.4)	16 (3.6)	15 (1.0)	1,000 (69)
Full-fit 4040	85 (7.9)	18 (4.1)	15 (1.0)	600 (41)

<sup>1</sup> الترشيح الدقيق: الترشيح الدقيق - عملية الترشيح المستمرة باستخدام غشاء به مسام تقل عن 0.5 ميكرون.

<sup>2</sup> نوصي بأن يكون خفض الضغط للعناصر الجديدة/النظيفة 20% على الأقل دون الحد الأقصى .

ملحوظة: قيم الحدود المدرجة أعلاه مدمجة في برنامج (تحليل نظام التناضح العكسي). وتؤدي تصميمات النظام بطريقة تزيد على ما جاء في المبادئ التوجيهية إلى وضع تحذير على النسخة المطبوعة الخاصة بتحليل نظام التناضح العكسي.

في الجدول 3.6، تتراوح الأنظمة التجارية الصغيرة بشكل نمطي ما بين 1 إلى 6 عناصر والتي إما يتم استبدالها بشكل دوري أو تنظيفها (كل عام أو نصف عام) أو أن يكون مستوى تناقص الأداء مقبولاً. ولا تزيد فترة صلاحية العنصر المتوقعة على ثلاث سنوات. ويمثل هذا أحد الحلول الصغيرة منخفضة التكلفة للأنظمة التي تعمل بشكل متقطع.

الجدول 3-6، مبادئ التصميم التوجيهية لعناصر FILMTEC<sup>TM</sup> في الاستخدامات التجارية الصغيرة

Feed source	RO permeate	Softened Municipal	Well water	Surface or Municipal Water
Feed silt density index	SDI < 1	SDI < 3	SDI < 3	SDI < 5
Typical target flux, gfd (l/m <sup>2</sup> h)	30 (51)	30 (51)	25 (42)	20 (34)
Maximum element recovery %	30	30	25	20
<b>Maximum permeate flow rate, gpd (m<sup>3</sup>/d)</b>				
2.5-inch diameter	1,100 (4.2)	1,100 (4.2)	900 (3.4)	700 (2.7)
4.0-inch diameter	3,100 (11.7)	3,100 (11.7)	2,600 (9.8)	2,100 (7.9)
<b>Minimum concentrate flow rate<sup>1</sup>, gpm (m<sup>3</sup>/h)</b>				
2.5-inch diameter	0.5 (0.11)	0.5 (0.11)	0.7 (0.16)	0.7 (0.16)
4.0-inch diameter	2 (0.5)	2 (0.5)	3 (0.7)	3 (0.7)

Element type	Active area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Maximum feed flow rate U.S. gpm (m <sup>3</sup> /h)	Maximum pressure drop per element <sup>1</sup> psig (bar)	Maximum feed pressure psig (bar)
Tape-wrapped 2540	28 (2.6)	6 (1.4)	13 (0.9)	600 (41)
Fiberglassed 2540	28 (2.6)	6 (1.4)	15 (1.0)	600 (41)

Seawater 2540	29 (2.7)	6 (1.4)	13 (0.9)	1,000 (69)
Tape-wrapped 4040	87 (8.1)	14 (3.2)	13 (0.9)	600 (41)
TW30-4040	82 (7.6)	14 (3.2)	13 (0.9)	600 (41)
Fiberglassed 4040	82 (7.6)	16 (3.6)	15 (1.0)	600 (41)
SW Fiberglassed 4040	80 (7.4)	16 (3.6)	15 (1.0)	1,000 (69)

<sup>1</sup> نوصي بأن يكون خفض الضغط للعناصر الجديدة/ النظيفة 20% على الأقل دون الحد الأقصى .

ملحوظة: قيم الحدود المدرجة أعلاه مدمجة في برنامج (تحليل نظام التناضح العكسي). وتؤدي تصميمات النظام بطريقة تزيد على ما جاء في المبادئ التوجيهية إلى وضع تحذير على النسخة المطبوعة الخاصة بتحليل نظام التناضح العكسي.

### 10-3 الخطوات المتبعة لتصميم أحد أنظمة الأغشية الجديدة

يتم اتخاذ الخطوات التالية لتصميم أحد أنظمة الأغشية:

**الخطوة 1:** يتم دراسة مصدر التغذية وجودة التغذية وتدفق الناتج/التغذية وجودة المنتج المطلوبة.

يعتمد تصميم نظام الغشاء على مياه التغذية المتوفرة والاستخدام. ولذا، يجب أولاً الحصول على معلومات تصميم النظام بما وفقاً للجدول 1-3 وتحليل مياه التغذية بحسب الجدول 2-3.

**الخطوة 2:** اختيار شكل التدفق وعدد مرات التمرير

الشكل القياسي لتدفق تحلية المياه هو التدفق الكثلي حيث يتم تمرير حجم الماء مرة واحدة من خلال النظام. إن إعادة دوران التركيز شائع في الأنظمة الصغيرة المستخدمة في الأغراض التجارية وفي الأنظمة الكبيرة عندما يكون عدد العناصر صغير جداً وذلك لتحقيق مستوى عالٍ من استرجاع النظام بقدر من الكفاءة باستخدام السريان السدادي. ويمكن أيضاً إيجاد نظم إعادة دوران التركيز في بعض الاستخدامات الخاصة مثل السوائل المستخدمة في عملية المعالجة ومياه البحار .

وعادة ما يتم تصميم نظام التناضح العكسي من أجل التشغيل المستمر وتكون حالات التشغيل الخاصة بجميع عناصر الأغشية في النظام ثابتة مع مرور الزمن. إلا أنه في بعض التطبيقات، يتم استخدام وضع التشغيل المرهلي مثل معالجة مياه البحار أو حلول المعالجة الصناعية في حالة تصريف كميات صغيرة نسبياً (على مراحل) من مياه التغذية على فترات متقطعة. ويتم جمع مياه التغذية في خزان لمعالجتها بعد ذلك بشكل دوري. وأحد تعديلات الوضع المرهلي هو الوضع شبه المرهلي حيث يتم ملئ خزان التغذية أثناء عملية التشغيل. انظر أيضاً القسم الفرعي 2-3، العملية المرهلية في مقابل العملية المستمرة.

نظام النفاذ المرحلي (المرور المزدوج) هو الجمع بين نظامي تناضح عكسي/ترشيح المتناهي الدقة تقليديين بحيث يكون المنتج المنقى الخاص بالنظام الأول (المرور الأول) هو التغذية الخاصة بالنظام الثاني (المرور الثاني). وربما يكون كل من نظامي التناضح العكسي من نوع المرحلة الواحدة أو متعدد المراحل، سواءً باستخدام التدفق الكثلي أو إعادة دوران التركيز. ويعد إنتاج المياه للاستخدام الدوائي والطبي تطبيقاً نموذجياً لأنظمة النفاذ المرحلي. وقد نأخذ عملية استبدال الأيون في الحسبان كبديل للتمرير الثاني.

### الخطوة 3: اختيار نوع عنصر الغشاء

يتم اختيار العناصر وفقاً لدرجة ملوحة مياه التغذية ودرجة احتمالية مياه التغذية للتلوث ومعدل الإخراج اللازم ومتطلبات الطاقة. وحجم العنصر القياسي للأنظمة التي تزيد على 10 غالون في الدقيقة (2.3 متر مكعب/الثانية) هو 8 بوصة من حيث القطر و 40 بوصة من حيث الطول. وتتوافر عناصر صغيرة تتناسب مع الأنظمة الأصغر.

وخصائص عناصر FILMTEC<sup>TM</sup> وطريقة استخدامها في بعض التطبيقات المعينة مبينة في [القسم الفرعي 1-](#) [8](#)، خصائص العناصر. كما يتوافر أيضاً [الدليل التفاعلي لاختيار المنتج](#) الخاص بمجموعة من الاستخدامات المختلفة على الموقع الإلكتروني الخاص بنا.

يتم استخدام رزينات استبدال الأيونات بشكل متكرر في استخدامات المياه عالية الجودة حيث يستلزم وجود منتج ذو درجة ملوحة منخفضة جداً بهدف صقل التناضح العكسي للمنتج المنقى.

### الخطوة 4: اختيار متوسط تدفق الغشاء

يقوم اختيار تدفق التصميم (القدم أو الغالون المربع لكل قدم يومياً أو اللتر/المتر المربع- الساعة) بالاستناد إلى البيانات الأولية أو تجربة العميل أو تدفقات التصميم القياسية بما يتفق مع مصدر التغذية المذكور في [القسم الفرعي 3-9](#)، المبادئ التوجيهية لتصميم نظام الغشاء.

### الخطوة 5: قم بحساب عدد العناصر المطلوبة

قم بقسمة معدل تدفق المنتج المنقى المخطط له QP على التدفق المخطط له f وعلى مساحة سطح غشاء العنصر المختار بالقدم المربع أو بالمتر المربع S<sub>E</sub> (ft<sup>2</sup> أو m<sup>2</sup>) للحصول على عدد العناصر N<sub>E</sub>.

$$N_E = \frac{QP}{f \cdot S_E} \quad \text{Eq. 6}$$

### الخطوة 6: احسب عدد أوعية الضغط المطلوبة

قم بقسمة عدد العناصر N<sub>E</sub> على عدد العناصر لكل وعاء ضغط، E<sub>P</sub>N، للحصول على عدد أوعية الضغط، N<sub>V</sub> - الذي يتم تقريبه لأقرب عدد صحيح. وبالنسبة للنظم الكبيرة، تعتبر الأوعية ذات الست عناصر معيارية،

ولكن تتوفر الأوعية التي بها ما يصل إلى ثمانية عناصر. وقد يتم اختيار أوعية أقصر لأنظمة أصغر و/أو مدمجة.

$$N_V = \frac{N_E}{N_{EPV}} \quad \text{Eq. 7}$$

رغم أن الطريقة الموصوفة في الأقسام التالية تنطبق على كل الأنظمة؛ إلا أنها قابلة للتطبيق بصفة خاصة على أنظمة الثماني بوصات ذات العدد الأكبر من العناصر وأوعية الضغط، والتي يمكن ترتيبها بعد ذلك بطريقة معينة. غالباً ما يتم تصميم الأنظمة الصغيرة ذات العنصر الواحد أو العناصر القليلة بحيث يكون العنصر في تتابع وإعادة دوران للمركز للحفاظ على معدل التدفق الملائم عبر قنوات التغذية/المحالييل الملحية.

### الخطوة 7: اختر عدد المراحل

يحدد عدد المراحل عدد أوعية الضغط المتتابعة التي ستمر منها التغذية حتى تخرج من النظام ويتم تصريفها كمركز. وتتكون كل مرحلة من عدد معين من أوعية الضغط بالتوازي. يدل عدد المراحل على استرجاع النظام المخطط له، وعدد العناصر لكل وعاء، وجودة مياه التغذية. كلما علا استرجاع النظام وانخفضت جودة مياه التغذية، استتال النظام بعدد أكبر من العناصر المتتابعة. فمثلاً، النظام الذي يحتوي على أربع أوعية ذات ست عناصر في المرحلة الأولى ووعاءين ذوي ست عناصر في الثانية لديه اثني عشر عنصراً في تتابع. والنظام ذو المراحل الثلاثة وأوعية ذات أربع عناصر في ترتيب 2: 3: 4 لديه أيضاً اثني عشر عنصراً في تتابع. بصورة نموذجية، يرتبط عدد مواقع العناصر المتتابعة باسترجاع النظام وعدد المراحل كما يتضح في جدول 3-7 لنظم المياه متوسطة الملوحة و جدول 3-8 لنظم مياه البحر.

### جدول 3-7 عدد مراحل نظام المياه متوسطة الملوحة

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)
40 - 60	6	1
70 - 80	12	2
85 - 90	18	3

يمكن كذلك تصميم نظم ذات مرحلة واحدة لاسترجاعات مرتفعة إذا تم استخدام معالجة المادة المركزة.

يعتبر الاسترجاع في نظم مياه البحر أخفض منه في نظم المياه متوسطة الملوحة. ويعتمد عدد المراحل على الاسترجاع كما يوضح جدول 3-8.

### جدول 3-8 عدد مراحل نظام مياه البحر

System recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)	Number of stages (7-element vessels)	Number of stages (8-element vessels)
35 - 40	6	1	1	—
45	7 - 12	2	1	1
50	8 - 12	2	2	1
55 - 60	12 - 14	2	2	—

## الخطوة 8: اختر النسبة المرحلية

تسمى العلاقة بين عدد أوعية الضغط في مراحل متتابعة النسبة المرحلية R.

$$R = \frac{N_v(i)}{N_v(i+1)}$$

في نظام ذي الأربع أوعية في المرحلة الأولى واثنين في المرحلة الثانية تكون النسبة المرحلية 2:1. والنسبة المرحلية للنظام ثلاثي المراحل ذي الأربع أوعية في المرحلة الأولى وثلاث أوعية في الثانية واثنين في الثالثة على الترتيب هي 4:3:2. وعادة ما تكون النسبة المرحلية في نظم المياه متوسطة الملوحة بين مرحلتين متتابعين قريبة من 2:1 بالنسبة للأوعية ذات الست عناصر وأقل من ذلك بالنسبة للأوعية الأقصر. والنسبة المرحلية النموذجية في نظم مياه البحر ذات المرحلتين والأوعية ذات الست عناصر هي 3:2.

والتقسيم المثالي للمراحل هو الذي تعمل فيه كل مرحلة على نفس الجزء الخاص باسترجاع النظام، بشرط أن تحتوي كل أوعية الضغط على نفس عدد العناصر. ويمكن بالتالي حساب النسبة المرحلية R لنظام عدد مراحل n واسترجاع النظام له Y (كدالة):

$$R = \left[ \frac{1}{(1-Y)} \right]^{\frac{1}{n}}$$

يمكن حساب عدد أوعية الضغط في المرحلة الأولى  $N_v(1)$  عن طريق النسبة المرحلية R من خلال العدد الكلي للأوعية  $N_v$ .

وبالنسبة لنظام من مرحلتين ( $n=2$ ) ونظام ثلاثي المراحل ( $n=3$ )، يكون عدد أوعية الضغط في المرحلة الأولى هو

$$\begin{aligned} N_v(1) &= \frac{N_v}{1 + R^{-1}} && \text{for } n = 2 \\ N_v(1) &= \frac{N_v}{1 + R^{-1} + R^{-2}} && \text{for } n = 3, \text{ etc.} \end{aligned}$$

وهكذا.

$$N_v(2) = \frac{N_v(1)}{R} \quad \text{ويكون بالتالي عدد الأوعية في المرحلة الثانية هو}$$

وهناك اعتبار آخر لاختيار ترتيب بعينه للأوعية ألا وهو معدل تدفق التغذية لوعاء المرحلة الأولى ومعدل تدفق المادة المركزة لكل وعاء في المرحلة الأخيرة. ويتم تحديد كل من معدلي تدفق التغذية والمادة المركزة للنظام (من

معدل تدفق المنتج المنقى والاسترجاع). إذن يجب اختيار عدد الأوعية في المرحلة الأولى لإيجاد معدل تدفق تغذية يتراوح ما بين 35 إلى 55 غالون لكل دقيقة (8-12) متر مكعب في الساعة  $m^3/h$  لكل وعاء ثمانية بوصات. وبالمثل، يجب اختيار عدد الأوعية في المرحلة الأخيرة بحيث يكون معدل تدفق المادة المركزة أكبر من الحد الأدنى وهو 16 غالون لكل دقيقة أو 3,6 متر مكعب في الساعة ( $m^3/h$  3,6). ولقد تم تقديم دلائل إرشادية لمعدل التدفق بالنسبة للعناصر المختلفة في **القسم الفرعي 3-9**, الدلائل الإرشادية لتصميم نظام الغشاء.

### الخطوة 9: الموازنة في معدل تدفق المنتج المنقى

وعادة ما يكون معدل تدفق المنتج المنقى الخاص بالعناصر المتأخرة في النظام (العناصر الموجودة في نهاية المادة المركزة) أقل من معدل تدفق العناصر الرئيسية. وهذا نتيجة لهبوط الضغط في قناة التغذية/المياه متوسطة الملوحة والزيادة في الضغط التناضحي من التغذية إلى المادة المركزة. وفي ظروف معينة، يمكن أن تصبح نسبة معدل تدفق المنتج المنقى للعناصر الأولية والعناصر المتأخرة مرتفعة جداً.

- استرجاع مرتفع للنظام
- نسبة ملوحة التغذية مرتفعة
- أغشية منخفضة الضغط
- درجة حرارة مرتفعة
- أغشية جديدة

هدف التصميم الجيد هو موازنة معدل التدفق للعناصر في المواقع المختلفة. وهذا يمكن تحقيقه عن طريق الوسائل التالية:

- رفع ضغط التغذية بين المراحل: مفضلة لاستخدام فعال للطاقة.
- استخدام ضغط خلفي مرتد للمياه النافذة على المرحلة الأولى فقط من النظام ذي المرحلتين: بديل ذو تكلفة منخفضة للنظام
- النظام الهجين: استخدم أغشية ذات نفاذية مياه أقل في المواقع الأولى وأغشية ذات نفاذية مياه أعلى في المواقع الأخيرة: على سبيل المثال أغشية عالية الطرد لمياه البحر في المرحلة الأولى وأغشية عالية الإنتاجية لمياه البحر في الثانية وذلك في نظام التناضح العكسي لمياه البحر

يمكن أيضاً تحديد مدى الحاجة لموازنة التدفق والطريقة بعد تحليل النظام باستخدام تحليل نظام التناضح العكسي ROSA.

### الخطوة 10: تحليل نظام الغشاء وتحقيق أفضل استفادة منه

لا بد بعد ذلك من تحليل النظام المختار وإدخال تحسينات عليه باستخدام برنامج (تحليل نظام التناضح العكسي) ROSA الحاسوبي.

مثال

- مصدر التغذية: إمدادات المياه السطحية متوسطة الملوحة, مؤشر كثافة طمي > 5
  - التدفق المطلوب للنافذ = 132 غالون لكل دقيقة أو 720 متر مكعب يومياً (m<sup>3</sup>/d)
  - يتم استخدام أوعية ضغط ذات ستة عناصر
- (1) إمدادات المياه السطحية متوسطة الملوحة ذات مؤشر كثافة طمي > 5; تدفق كلي للنافذ = 132 غالون لكل دقيقة أو 720 متر مكعب يومياً (m<sup>3</sup>/d)
- (2) اختر التدفق الكتلتي
- (3) ماء متوسط الملوحة 30-365 (عنصر المياه متوسطة الملوحة ذو مساحة عشاء نشطة تساوي 365 قدماً مربعاً ft<sup>2</sup> (أو 33,9 متراً مربعاً m<sup>2</sup>))
- (4) يوصى بمتوسط تدفق لإمدادات مياه التغذية السطحية ذي مؤشر كثافة طمي > 5 = 15,0 غالون للقدم المربعة يومياً (25 لتر للمتر المربع لكل ساعة).
- (5) إجمالي عدد العناصر

$$\frac{(132 \text{ gpm})(1440 \text{ gpd/gpm})}{(15 \text{ gfd})/(365 \text{ ft}^2)} = 35 \quad \text{أو} \quad \frac{(720 \text{ m}^3/\text{d})(41.67 \text{ L/h})(\text{m}^3/\text{d})}{(33.9 \text{ m}^2)(25 \text{ L/m}^2/\text{h})} = 35$$

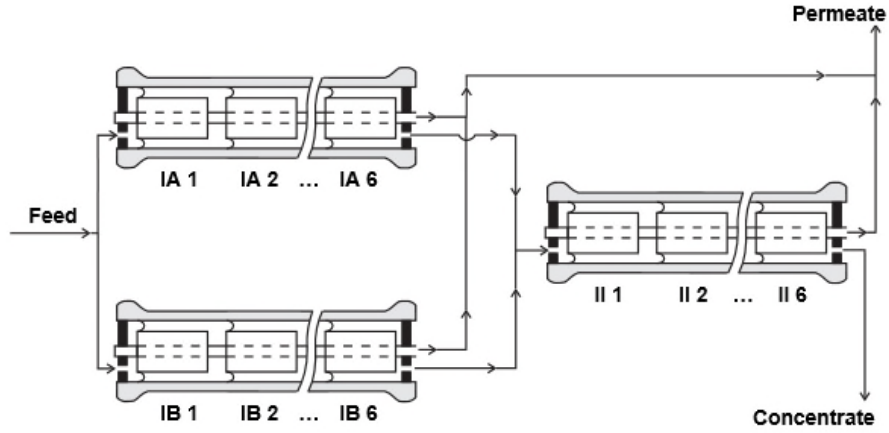
- (6) إجمالي عدد أوعية الضغط = 6/35 = 5,83 = 6
- (7) عدد المراحل للأوعية ذات العناصر الست ونسبة استرجاع 75% = 2
- (8) النسبة المرحلية المختارة: 2: 1. النسبة المرحلية الملائمة = 4: 2
- (9) وبعد ذلك يجب تحليل النظام المختار باستخدام برنامج (تحليل نظام التناضح العكسي) الحاسوبي. يقوم هذا البرنامج بحساب ضغط التغذية وجودة المنتج المنقى للنظام وكذلك بيانات التشغيل لجميع العناصر المفردة. وبالتالي يكون من السهل الوصول لأقصى استفادة من تصميم النظام عن طريق تغيير عدد العناصر ونوعها وترتيبها.

### 11-3 إعداد خطة أداء النظام

#### 1-11-3 خصائص تشغيل النظام

قبل البدء في تخطيط أداء النظام، ينبغي على المرء أن يكون على دراية كاملة بخصائص تشغيل أي نظام. وسيتم شرح الخصائص باستخدام مثال تقليدي. ويوضح لنا شكل 10-3 نظاماً من مرحلتين له ثلاث أوعية ضغط من ست عناصر باستخدام النسبة المرحلية 2:1.

شكل 10-3 تشكيل نموذجي من مرحلتين لعناصر الملف اللولبي الخاصة بالتناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة



وعموماً تعتبر النظم ثنائية المراحل قادرة على العمل بمعدل استرجاع كلي يتراوح ما بين 55 إلى 75%. ويتنوع متوسط معدل الاسترجاع الفردي للعنصر من 7 إلى 12% في مثل هذه النظم. وسيؤدي تشغيل نظام من مرحلتين بمعدل استرجاع كلي أكبر بكثير من 75% إلى أن يتجاوز العنصر المفرد حدود الاسترجاع القصوى المبينة في **القسم الفرعي 3-9**, الدلائل الإرشادية لتصميم نظام الغشاء. وعندما يحدث هذا، فلا بد من تطبيق مرحلة ثالثة تضع 18 عنصراً في تتابع متسلسل مما يؤدي إلى تغيير متوسط معدل استرجاع العنصر لقيم أدنى.

إذا تم تشغيل نظم من مرحلتين عند استرجاع منخفض للغاية (أي  $> 55\%$ )، قد تكون معدلات تدفق التغذية لأوعية المرحلة الأولى مرتفعة للغاية؛ مما يسبب هبوطاً مفرطاً في الضغط على جانبي التغذية/المادة المركزة وقد يؤدي إلى إتلاف العناصر وإلحاق الضرر بالمكونات. فمثلاً، قد يتراوح الحد الأقصى من معدل تدفق التغذية لعنصر معين مقاسه ثماني بوصات من فيلم تك ما بين 50 إلى 70 غالون لكل دقيقة (11-16 متر مكعب في الساعة) حسب مصدر المياه. ويتوفر المزيد من المعلومات في **القسم الفرعي 3-9**, الدلائل الإرشادية لتصميم نظام الغشاء.

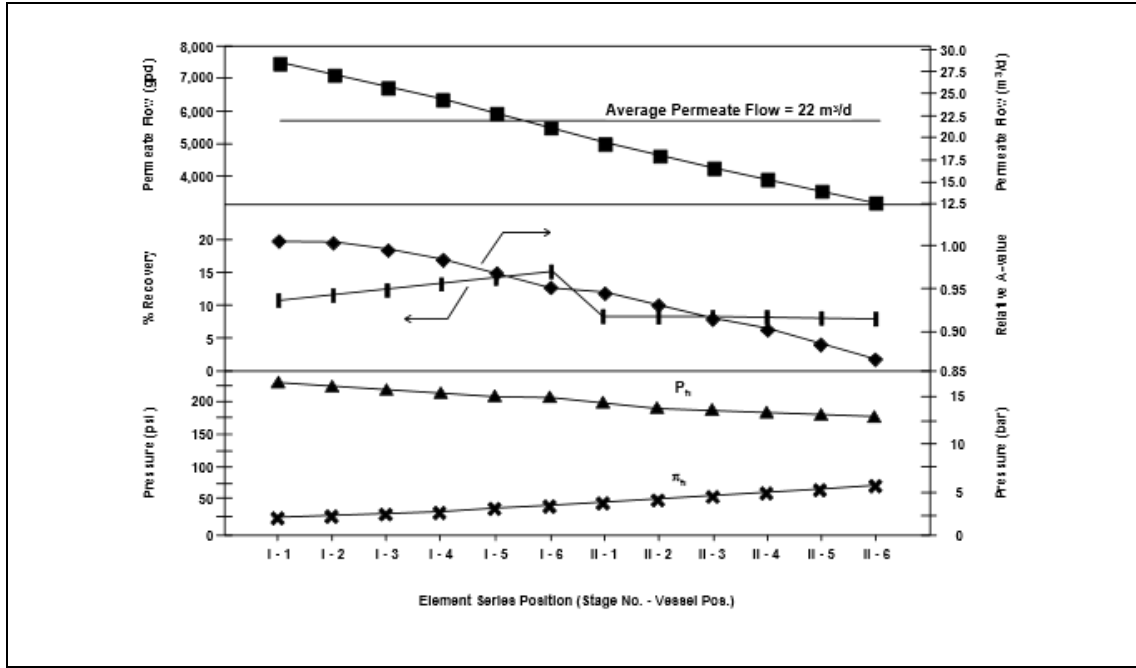


ومن ثم تستخدم عادة النظم بإسترجاع فيما لايزيد عن 50% التشكيلات ذات المرحلة الواحدة. ويمكن أن تحد أيضاً اعتبارات حد التدفق الأقصى من النسبة المرحلية. ومن المحتمل أن تجد نظماً ذات نسب مرحلية أكبر من 3:1. وعند تشغيل عنصر تناضح عكسي واحد، يتم قياس متغيرات التشغيل ويتم ترابط الأداء بسهولة. ويصبح التنبؤ بأداء النظام أكثر تعقيداً للغاية عندما يتم تجميع عدد كبير من العناصر في نظام ذي تشكيل متعدد المراحل (تجميع العناصر بالتوازي أو بالتسلسل) وتكون متغيرات التشغيل الداخلة فقط هي المعروفة. وتتغير ضغوط التغذية وتركيزات الأملاح بالنسبة لكل عنصر بالتتابع في السلسلة. ولا يعتمد معدل هذه التغيرات ومداهما فقط على حالة المدخل "الفتحة" والاسترجاع الكلي، ولكن أيضاً على تهيئة المرحلة وشكلها، أي النسبة/النسب المرحلية.

يوضح شكل 3-11 الطبيعة الحركية للتنبؤ بأداء النظام اعتماداً على مجموع أداء العناصر الفردية داخل النظام. وهو يبين كيفية تنوع خمس مؤشرات لأداء عناصر مختلفة عبر مواقع التسلسل الاثنا عشري في مصفوفة 2:1 لأوعية الضغط ذات العناصر الستة. ويعمل النظام عند استرجاع بنسبة 75% ودرجة حرارة 25 درجة مئوية وضغط تغذية تناضحي 20 رطل لكل بوصة مربعة (1,4 بار، بما يقابل تقريباً 2,000 ملي غرام/لتر من التغذية بالمواد الصلبة الذائبة الكلية). ولقد تم تعديل ضغط التغذية عند المدخل بحيث يُنتج العنصر الرئيسي للماء متوسط الملوحة الداخل 7,500 غالون يومياً (28,4 متراً مكعباً يومياً، وهو الحد الأقصى من التدفق النافذ الموصى به بالنسبة لهذا العنصر المحدد المستخدم في نظام مياه الآبار بمؤشر كثافة طمي >3 في التغذية.

يوضح الشكل الأعلى من شكل 3-11 التدفقات النافذة للعناصر الفردية وهي تتخفف بصورة موحدة عبر التشكيل التتابعي من 7,500 غالون يومياً (28,4 متراً مكعباً يومياً) في المياه الداخلة للمرحلة الأولى إلى حوالي 3,300 غالون يومياً أي 12,5 (m<sup>3</sup>/d) متراً مكعباً في العنصر الأخير من المرحلة الثانية. ويصبح متوسط معدل النافذ للعنصر 5,800 غالون يومياً (22 متر مكعب يومياً) أو 77% من الحد الأقصى المسموح به.

شكل 3-11 أداء العنصر المفرد في نظام ذي ترتيب 2:1 لعناصر ماء متوسط الملوحة 30 ذات ثمانية بوصات (مثال)



### موقع تتابع العنصر (رقم المرحلة - موقع الوعاء)

وينخفض تدفق المنتج المنقى وذلك لأن صافي الضغط الدافع،  $\Delta P - \Delta \pi$ ، ينخفض بصورة منتظمة.  $\Delta P$  هو فرق الضغط بين جانبي التغذية والمنتج المنقى من الغشاء؛  $\Delta \pi$  هو فرق الضغط التناضحي بين الجانبين). ويتبين هذا من خلال النظر إلى المنحنيين الموجودين في الثلث السفلي من الشكل. ويوضح المنحنى العلوي كيف ينخفض ضغط التغذية عند المدخل بالنسبة لكل عنصر ( $P_{fi}$ ) نظراً لنسب الانخفاض في الضغط عكس اتجاه التيار على جانب المادة المركزة داخل كل عنصر.

أما المنحنى السفلي فيوضح كيف يزداد ضغط التغذية التناضحي عند المدخل بالنسبة لكل عنصر ( $\pi_{fi}$ ) بسبب الإزالة التدريجية للنافذ الخالي من الملح (في الغالب) التي يقوم بها كل عنصر من العناصر التي تكون عكس اتجاه التيار، تاركاً خلفه مُركزاً يزداد تركيزه بشكل مطرد. والفارق بين منحنىي الضغط هذين معادل تقريباً لصافي القوة الدافعة للنفاد.

أما الجزء الأوسط من شكل 3-11 فيظهر أثرين دقيقين ولكنها مهمان. حيث يوضح الشكل التدرج على الجانب الأيسر كيفية تنوع استرجاع عنصر مفرد داخل تتابع (تسلسل) العناصر الاثنا عشر. وتقع فترة انقطاع بين المرحلتين الأولى والثانية. وعموماً يزداد الاسترجاع الفردي في كلتا المرحلتين ولكنه عادة أقوى في الأولى. ولا بد أن يتحقق مصمم البرنامج باستخدام برنامج حاسوب- من أن العنصر الأخير في المرحلة الأولى لا يتجاوز حد الاسترجاع الملائم. وبتزايد استرجاع العنصر، يزداد الضغط التناضحي الفعال الذي "يحققه" الغشاء نظراً لاستقطاب التركيز. ويقلل عدم الفعالية هذا من تدفقات المنتج المنقى ويمكن أن يؤدي إلى تقشر أو ترسيب ملوث في الغشاء إذا تم السماح له بالزيادة.

ويوضح المنحنى الآخر من الجزء الأوسط في شكل 3-11 (المقياس الأيمن) ظاهرة شيقة مثيرة للانتباه يظهرها غشاء فيلم تك FILMTEC™. فهو يوضح أن معامل نفاذية المياه للغشاء أو قيمة A تعتبر دالة قابلة للانعكاس لتركيز الملح حيث تتخفف مع ارتفاع الملوحة وتزداد مع انخفاض الملوحة. وتتخفف نفاذية المياه بحوالي 15% في هذا المثال عبر تتابعات "سلاسل" العناصر الاثنا عشر، ويجب أن نأخذ في الحسبان هذا الأمر إذا أردنا الحصول على تصميم دقيق لمعدل تدفق نافذ النظام.

### 3-11-2 معادلات ومعايير التصميم

يُعرف أداء نظام التناضح العكسي المحدد وفقاً لضغط التغذية الخاص به (أو تدفق المادة النافذة، إذا كان ضغط التغذية محدداً) ومرور الملح الخاص به. وفي أبسط مصطلحاته، يكون التدفق المنتج المنقى  $Q$  عبر غشاء التناضح العكسي متناسباً بصورة مباشرة مع مساحة السطح المبلل  $S$ ، مضروباً في صافي الضغط الدافع ( $\Delta P$ )  $-\Delta\pi$ ). ويكون ثابت التناسب هو معامل قابلية الغشاء للنفاذية أو القيمة A. ولمعادلة نفاذية المياه المعروفة الشكل التالي:

يكون مرور الملح بالانتشار، وبذلك يكون فيض الملح  $N_A$  متناسباً مع فرق تركيز الملح بين كلا جانبي الغشاء. ويكون ثابت التناسب هو معامل انتشار الملح أو القيمة B.

حيث إن:

$$C_{fc} = \text{متوسط تركيز مركز التغذية}$$

$$C_p = \text{تركيز المنتج المنقى}$$

وبالأساس، هناك طريقتين لحساب أداء تصميم معين: "العنصر إلى العنصر" و"إجمالي النظام".

#### العنصر إلى العنصر

تلك هي أكثر طرق الحساب دقة. وهي طريقة مملّة جداً بالنسبة للحساب اليدوي، لكنها مناسبة للحسابات التي تتم بالحاسب الآلي". ويجب أن تكون جميع الظروف التشغيلية للعنصر الأول معروفة، بما في ذلك ضغط التغذية. وبعد ذلك، يمكن حساب تدفق المادة المركزة وضغطه وما إلى ذلك، حيث تكون المادة المركزة هي العنصر الثاني. وبعد حساب نتائج جميع العناصر، قد نجد أن ضغط التغذية الأصلي عالياً جداً أو منخفضاً جداً، ولذلك تبدأ التجربة وعملية معالجة الخطأ بضغط جديد.

وبمساعدة برنامج تحليل نظام التناضح العكسي الحاسوبي (FILMTEC™ ROSA)، يمكن الحصول على النتائج الدقيقة بسرعة كبيرة، لذلك يمكن استخدام هذا البرنامج لتحقيق أقصى استفادة من تصميم نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة وأيضاً التعديل فيه. وبناءً عليه فلن نُوصف طريقة حساب النظام بالكامل هنا.

ولا يقصد أيضاً اختصار عملية الحساب بالكمبيوتر للعنصر وفقاً للعنصر. غير أن المعادلات والمعايير المعمول بها واردة في الجدول 3-9.

ومن أجل المساعدة في تقرير قيم المصطلحات  $A$ ,  $\Delta P$ , و  $\Delta \pi$  في المعادلة 8، تم مد معادلة نفاذية المياه إلى المعادلة 10، حيث يمكن اشتقاق تركيز المنتج المنقى من المعادلة 9 بعد التحويل في المعادلة 19. ويتضمن الجدول 3-9 معادلات التصميم، بالإضافة إلى تعريفات الرموز في الجدول 3-11.

يشير الرمز السفلي  $i$  في معادلات الجدول 3-9 إلى أنها تسري على العنصر  $i^{\text{th}}$  في سلسلة العناصر  $n$  في ترتيب التدفق على التوالي. ومن أجل التحديد الدقيق لأداء النظام، يتم حل المعادلة 10 بنجاح لكل من عناصر  $n$ ، بدءاً بمجموعة أحوال المدخل وظروف الدخول. وتعتمد الحلول على توازنات الكتلة حول كل عنصر فيما يخص الملح (المعادلة 14) والماء (المعادلة 19)، بالإضافة إلى الارتباطات الخاصة بمعايير العنصر الفردية، مثل مقاومة تدفق جانب المادة المركزة،  $\Delta P_{fc}$  (المعادلة 27 ج) عامل تصحيح درجة الحرارة لنفاذية الماء، معامل تصحيح درجة الحرارة TCF (المعادلة 16)؛ عامل الاستقطاب،  $pf_i$  (المعادلة 17)، ومعامل قابلية الغشاء لنفاذية الماء،  $A_i (\pi_i)$  (المعادلة 28)، حيث يعتمد في حالة الغشاء FILMTEC FT30 على متوسط تركيز المادة المركزة أو الضغط التناضحي، بالتبادل. وغالباً ما تتضمن هذه الحلول المتوسط المناسب للتغذية والضغوط الهيدروليكية والتناضحية لجانب المنتج المنقى. وبالنسبة لصمامات الاسترجاع المنخفض لتشغيل العنصر الواحد، يمكن الحصول على حل مناسب باستخدام المتوسط الحسابي لظروف الدخول والخروج. حتى مع ذلك، وبالرغم من أن ظروف الخروج لا تكون معلومة، فإن الأمر يستلزم وقوع التجربة والخطأ المتكررين.

### الجدول 3-9 معادلات التصميم لتقييم أداء نظام التناضح العكسي: أداء العنصر المنفرد

Item	Equation	Equation Number
Permeate flow	$Q_i = A_i \pi_i S_E (TCF) (FF) \left( P_{fi} - \frac{\Delta P_{fci}}{2} - P_{pi} - \bar{\pi} + \pi_{pi} \right)$	10
Average concentrate-side osmotic pressure	$\bar{\pi}_i = \pi_{fi} \left( \frac{C_{fci}}{C_{fi}} \right) (pf_i)$	11
Average permeate-side osmotic pressure	$\bar{\pi}_{pi} = \pi_{fi} (1 - R_i)$	12
Ratio: arithmetic average concentrate-side to feed concentration for Element $i$	$\frac{C_{fci}}{C_{fi}} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{C_{ci}}{C_{fi}} \right)$	13
Ratio: concentrate to feed concentration for Element $i$	$\frac{C_{ci}}{C_{fi}} = \frac{1 - Y_i (1 - R_i)}{(1 - Y_i)}$	14
Feed water osmotic pressure	$\pi_f = 1.12(273 + T) \sum m_j$	15
Temperature correction factor for RO and NF membrane	$TCF = \text{EXP} \left[ 2640 \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{273 + T} \right) \right]; T \geq 25^\circ\text{C}$	16a,b

	$\text{TCF} = \text{EXP} \left[ 3020 \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{273 + T} \right) \right]; T \leq 25^\circ\text{C}$	
Concentration polarization factor for FILMTEC 8-inch elements	$pf_i = \text{EXP}[0.7Y_i]$	17
System recovery	$Y = 1 - [(1 - Y_1)(1 - Y_2) \dots (1 - Y_n)] = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Y_i)$	18
Permeate concentration	$C_{p_j} = B(C_{fc_j})(pf_i)(\text{TCF}) \frac{S_E}{Q_i}$	19

### النظام بالكامل

تُستخدم القيم المتوسطة لحساب ضغط التغذية وجودة المنتج المنقى، وذلك في حال معرفة جودة التغذية ودرجة الحرارة ومعدل تدفق المنتج المنقى وعدد العناصر. وإذا تم تحديد ضغط التغذية بدلاً من عدد العناصر، فيمكن حساب عدد العناصر مع بعض التكرارات. ويتضمن الجدول 3-10 معادلات التصميم الخاصة بعناصر 8-8inch BW30 FILMTEC™ بوصة، بالإضافة إلى تعريفات الرموز في الجدول 3-11.

### الجدول 3-10 معادلات التصميم لتقييم أداء نظام التناضح العكسي: متوسط أداء النظام

Item	Equation	Equation Number
Total permeate flow	$Q = N_E S_E \bar{A} \bar{\pi} (\text{TCF})(FF) P_f - \frac{\Delta P_{fc}}{2} P_p - \pi_f \left[ \frac{\bar{C}_{fc}}{C_f} p_f - (1 - \bar{R}) \right]$	20
Ratio: average concentrate-side to feed concentration for system	$\frac{C_{fc}}{C_f} = \frac{-\bar{R} \ln(1 - Y/Y_L)}{Y - (1 - Y_L) \ln(1 - Y/Y_L)} + (1 - \bar{R})$	21
Limiting system recovery	$Y_L = 1 - \frac{\pi_f (\bar{p}f)(\bar{R})}{P_f - \Delta P_{fc} - P_p}$	22
Approximate log-mean concentrate-side to feed concentration ratio for system	$\frac{C_{fc}}{C_f} \Big _{Y_L, \bar{R}=1} = - \frac{\ln(1 - Y)}{Y}$	23
Average element recovery	$Y_i = 1 - (1 - Y)^{1/n}$	24
Average polarization factor	$\bar{p}f = \text{EXP}[0.7\bar{Y}_i]$	25
Average concentrate-side osmotic pressure for system	$\bar{\pi} = \pi_i \left( \frac{\bar{C}_{fc}}{C_f} \right) \bar{p}f$	26
Average concentrate-side system pressure drop for FILMTEC™ 8-inch elements; 2 stages	$\bar{\Delta P}_{fc} = 0.04 \bar{q}_{fc}^2$ $\Delta P_{fc} = \left[ \frac{0.1(Q/1440)}{YN_{V2}} \right] \left[ \frac{1}{N_{VR}} + 1 - Y \right]$	27a,b,c

Individual FILMTEC 8-inch element,  
or single-stage concentrate-side  
pressure drop

$$\Delta P_{fc} = 0.01n\bar{q}_{fc}^{1.7}$$

FILMTEC membrane permeability  
as a function of average  
concentrate-side osmotic pressure

$$\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.125; \bar{\pi} \leq 25$$

28a,b,c

$$\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.125 - 0.011 \left( \frac{\bar{\pi} - 25}{35} \right); 25 \leq \bar{\pi} \leq 200$$

$$\bar{A}(\bar{\pi}) = 0.070 - 0.0001(\bar{\pi} - 200); 200 \leq \bar{\pi} \leq 400$$

Permeate concentration

$$C_p = BC_{fc} \bar{p}f(\text{TCF}) \left( \frac{N_E S_E}{Q} \right)$$

29

الجدول 11-3 تعريف الرموز

$Q_i$	permeate flow of Element $i$ (gpd)	$\sum_j$	summation of all ionic species
$A_i\pi_i$	membrane permeability at 25° for Element $i$ , a function of the average concentrate-side osmotic pressure (gfd/psi)	$Y$	system recovery (expressed as a fraction) = permeate flow/feed flow
$S_E$	membrane surface area per element (ft <sup>2</sup> )	$\prod_{i=1}^n$	multiplication of $n$ terms in a series
TCF	temperature correction factor for membrane permeability	$n$	number of elements in series
FF	membrane fouling factor	$Q$	system permeate flow (gpd)
$P_{fi}$	feed pressure of Element $i$ (psi)	$N_E$	number of elements in system
$\Delta P_{fc_i}$	concentrate-side pressure drop for Element $i$ (psi)	$\bar{Q}_i$	average element permeate flow (gpd) = $Q/N_E$
$P_{pi}$	permeate pressure of Element $i$ (psi)	$\bar{A}\pi$	average membrane permeability at 25°C: a function of the average concentrate-side osmotic pressure (gfd/psi)
$\bar{\pi}_i$	average concentrate-side osmotic pressure (psi)	$\bar{C}_{fc}$	average concentrate-side concentration for system (ppm)
$\pi_{fi}$	feed osmotic pressure of Element $i$	$\bar{R}$	average fractional salt rejection for system
$\pi_{pi}$	permeate-side osmotic pressure of Element $i$ (psi)	$\bar{\pi}$	average concentrate-side osmotic pressure for system (psi)
$pf_i$	concentration polarization factor for Element $i$	$\Delta \bar{P}_{fc}$	average concentrate-side system pressure drop (psi)
$R_i$	salt rejection fraction for Element $i$ = $\frac{\text{feed conc.} - \text{perm. conc.}}{\text{feed conc.}}$	$Y_L$	limiting (maximum) system recovery (expressed as a fraction)
$C_{fc_i}$	average concentrate-side concentration for Element $i$ (ppm)	$\bar{Y}_i$	average element recovery (expressed as a fraction)
$C_{fi}$	feed concentration for Element $i$ (ppm)	$\bar{pf}$	average concentration polarization factor
$C_{ci}$	concentrate concentration for Element $i$ (ppm)	$\bar{q}_{fc}$	arithmetic average concentrate-side flow rate (gpm) (=1/2(feed flow + concentrate flow))
$Y_i$	recovery fraction for Element $i$ = $\frac{\text{permeate flow}}{\text{feed flow}}$	$N_V$	number of six-element pressure vessels in system ( $\approx N_E/6$ )
$\pi_f$	treated feed water osmotic pressure (psi)	$N_{V1}$	number of pressure vessels in first stage of 2-stage system ( $\approx 1/3 N_V$ )
$T$	feed water temperature (°C)	$N_{V2}$	number of pressure vessels in second stage of 2-stage system ( $\approx N_V/3$ )
$m_j$	molal concentration of $j^{\text{th}}$ ion species	$N_{VR}$	stage ratio (= $N_{V1}/N_{V2}$ )

### 3-11-3 مقارنة الأداء الفعلي لعناصر FILMTEC™ وفقاً لتوقعات تحليل نظام التناضح العكسي

يعتبر تحليل نظام التناضح العكسي أداة مستخدمة لتقييم الأداء المتوازن لنظام محدد للتناضح العكسي أو الترشيح المتماهي الدقة، تبعاً للتصميم أو الشروط الفعلية. ويستند هذا الأداء المتوقع إلى مواصفة الأداء الاسمي لعنصر (عناصر) FILMTEC المستخدم/المستخدمة في هذا النظام. ويُستخدم عامل التلوث I في التقدير لحساب أداء

العناصر الجديدة، مع معدل التدفق الاعتيادي الدقيق. ويجب استخدام عامل تلوث  $I > 1$  عند وضع تصميم للتشغيل على المدى الطويل.

ومن الممكن في النظام الفعلي أن يكون للعناصر تبايناً في أداء التدفق  $+/-$  للقيمة الإسمية، أو أيما كان التباين المحدد لنوع هذا العنصر. ويمكن أيضاً أن تكون إزالة الملح للعامل المنفرد أعلى أو أقل من إزالة الإسمية الملح (دون أن تقل عن الحد الأدنى من إزالة الملح). لذلك ليس هناك احتمال أن يتوافق الأداء المتوازن المقاس مع الأداء المتوقع، لكن بالنسبة للأنظمة التي بها أكثر من 36 عنصراً جديداً، فيجب أن تكون مقارنة له.

يجب أن يتراوح عامل التلوث الفعلي لنظام التناضح العكسي الجديد المتوازن ذو 36 عنصراً على الأقل ما بين 0.95 و 1.05. ولا يجب أن تكون المواد الصلبة الذائبة الكلية التي تم قياسها فعلياً للمادة المنتجة المنقى أعلى من حوالي 1.5 مرة للمواد الصلبة الذائبة الكلية المحتسبة.

أما بالنسبة للأنظمة ذات العنصر الواحد فقط أو التي بها قلة من العناصر، يمكن أن يصبح انحراف الأداء الفعلي المقاس عن الأداء المقدر كبيراً كانحراف أداء العنصر المحدد.

إذا لم يتطابق الأداء المقاس بصورة كافية مع الأداء المتوقع، اذهب إلى [القسم 8](#)، حل المشكلات، أو قم بزيارة [دليل حل المشكلات](#) على موقعنا الإلكتروني.

### 12-3 الاختبار

يمكن تقييم أداء نظام تحلية المياه النموذجية، ذات الأصل والتركيب المحدد، بالدقة الكافية، وذلك من خلال استخدام برنامج حاسوبي كبرنامج تحليل نظام التناضح العكسي ROSA. غير أنه، وفي بعض الحالات، يُوصى بإجراء الاختبار لدعم تصميم النظام المناسب. تشمل هذه ما يلي:

- جودة مياه التغذية غير المعروفة
- التباين غير المعروف لجودة مياه التغذية
- الاستخدامات الخاصة أو الجديدة، مثل معالجة المياه المستعملة أو النفايات السائلة
- المتطلبات الخاصة بجودة المنتج المنقى
- أغلب الاسترجاعات للنظام العالي (<80%)
- المحطات الكبرى <3.5 مليون غالون يومياً (13,250 متر مكعب يومياً)

يُجرى الاختبار عند مختلف المستويات اللاحقة:



### 3-12-1 اختبار التصفية

إن الهدف من اختبار التصفية هو اختيار الغشاء المناسب لعملية الفصل المطلوبة وللحصول على فكرة مبدئية حول الفيض (غالون لكل قدم مربع يومياً أو لتر للمتر المربع في الساعة) وخصائص الإزالة والطرْد للغشاء. ويتم تثبيت قطعة صغيرة من الغشاء اللوحي المسطح في "الخلية" ويتعرض لمحلول الاختبار خلال آلية السريان المتقاطع. وتعد هذه الطريقة سريعة وغير مكلفة، كما أنها لا تحتاج إلا كميات صغيرة من محلول الاختبار. عدا ذلك لا يمكن لاختبار التصفية توفير البيانات الهندسية المتزايدة والآثار طويلة المدى لمحلول الاختبار على الغشاء، كما أنه لا يزود بالبيانات حول آثار التلوث المتعلقة بمحلول الاختبار.

### 3-12-2 اختبار الاستخدام

يقدم اختبار الاستخدام البيانات المتزايدة، مثل فيض المنتج المنقى وجودته وذلك كدالة لضغط التغذية واسترجاع النظام. ويتضمن الاختبار تقييم عينة من المحلول 15-60 غالون (50-200 لتر)، باستخدام عنصر حجمه 2540 (2.5 بوصة × 40 بوصة) أو 4040 (4.0 بوصة × 40 بوصة). ويتم تثبيت العنصر في نظام الاختبار باستخدام خصائص هندسية تسمح بإجراء تعديلات على تدفق التغذية وضغطها ودرجة حرارتها ضمن نطاقات حدود تشغيل العنصر.

#### تقرير ضغط التشغيل

يُحدد الضغط التشغيلي الأمثل عن طريق تعديل ضغط التغذية حتى يتم الحصول على جودة المنتج المنقى المرغوبة ومعدل فيض المنتج المطلوب (وذلك ما بين 6-20 غالون لكل قدم مربع يومياً (10-34 لتر لكل متر مربع في الساعة)). ويجب المحافظة على تدفق التغذية الكافي لضمان معدل استرجاع منخفض (>5%) مع زيادة معدل فيض الغشاء. ويُعاد تدوير مسارات المنتج المنقى والمادة المركزة إلى خزان التغذية أثناء هذا الاختبار الأول. ويعتبر ضغط التغذية الذي يتم عنده الحصول على فيض المنتج المنقى الأمثل وجودة المنتج المنقى وفقاً له هو ضغط التغذية المستخدم في الاختبار الثاني والذي بدوره يحدد معدل الاسترجاع.

#### تقرير عامل التركيز/معدل الاسترجاع

للمساعدة في تحديد أقصى معدل لاسترجاع العامل المنفرد (تدفق المنتج المنقى/تدفق التغذية)، يتم إجراء الاختبار الثاني في صورة دفعات. ويتم القيام بذلك عن طريق توجيه مسار المنتج المنقى إلى الحاوية الثانية، مع إعادة مسار المادة المركزة إلى خزان التغذية. ويتم مراقبة تدفق المنتج المنقى وجودته أثناء الاختبار. ويتم إيقاف الاختبار عندما ينخفض معدل تدفق المنتج المنقى بشدة إلى قيمة منخفضة أو أن تقل جودة المنتج المنقى عن الحدود المسموح بها. وبعد ذلك يُحتسب عامل التركيز عن طريق قسمة حجم التغذية الأصلي على حجم التغذية المتبقية. كما يُحتسب معدل الاسترجاع عن طريق طرح حجم التغذية المتبقية من حجم التغذية الأصلي، ثم قسمته على حجم التغذية الأصلي.

سيعطي تكرار الاختبار على دفعات إشارة بخصوص استقرار الغشاء وآثار التلوث. غير أنه لا يمكن الحصول على الأداء طويل المدى - بما في ذلك تقييم إجراءات التنظيف - إلا بالاختبارات التجريبية.

### 3-12-3 الاختبارات التجريبية

يتم إجراء الاختبار التجريبي ميدانياً على مسار التغذية المقصود في وضع تشغيل مستمر. ويجب أن تشمل المحطة التجريبية على عنصر واحد على الأقل ويوصى بأن يكون طوله 40 بوصة. كما يُفضل أن يتشابه ترتيب العناصر مع ترتيب عناصر النظام واسع النطاق. ويجب أن يكون تدفق المنتج المنقى للمحطة التجريبية هو 1% على الأقل للمحطة واسعة النطاق، كما يجب تشغيله لمدة 30 يوماً بحد أدنى. ويأتي الهدف من ذلك للتأكد من تصميم النظام وضبط معايير التشغيل ضبطاً دقيقاً بالإضافة إلى تقليل المخاطر في المشروعات الكبرى.

### 3-13 مكونات النظام

#### 3-13-1 المضخة عالية الضغط

يجب التحكم في ضغط تصريف المضخة من أجل الحفاظ على تدفق المنتج المنقى المحدد، دون تجاوز أقصى ضغط للتغذية مسموح به، على النحو التالي:

600 رطل للبوصة المربعة (41 بار) من أجل عناصر TW30 وBW30 والترشيح المتناهي الدقة

1.000 رطل للبوصة المربعة (69 بار) من أجل SW30

1.200 رطل للبوصة المربعة (82 بار) من أجل عناصر SW30HR

انظر [أحدث ورقة لمعلومات المنتج](#) للتحقق من الحد الصحيح.

لا يمكن تزويد مضخة الاستبدال الإيجابي بصمام خانق؛ لذا يتم التحكم في ضغط التغذية من خلال صمام الضغط المرتد في الخط الجانبي الصادر من تصريف المضخة إلى سحب المضخة. ويتم استخدام مثبت النبضان (المركم) الموجود على خط تصريف المضخة لتقليل تدفق الضغط الزائد. ويضمن صمام التصريف عدم تجاوز الحد الأقصى المسموح به من الضغط.

يتحكم الصمام الخانق الموجود في خط التصريف في مضخة الطرد المركزي. وتستخدم محركات السرعة الثابتة مع مضخات الطرد المركزي في معظم أنظمة الأغشية. ويعد استخدام محرك سرعة متغيرة أحد البدائل التي توفر

الطاقة إلا أن تكلفته مرتفعة ويجب أخذ محركات السرعة المتغيرة في الحسبان في حالة وجود اختلاف يزيد على 5 درجات مئوية بين درجة حرارة مياه التغذية المنخفضة والمرتفعة.

وفي حالة أنظمة مياه البحار، ينتج عن وجود مياه تغذية التي يتم التحكم في الضغط الخاص بها بشكل نمطي من 55 إلى 60% ثبات درجة ضغط النظام عند 870 رطل على البوصة المربعة (60 بار) في تيار التركيز. ويمكن استعادة جزء من هذه الطاقة للحد من الطلب على الطاقة للنظام. الأساليب المستخدمة لاسترجاع الطاقة عبارة عن:

- عجلة بليتون
- توربين دوران عكسي
- مستبدل عمل من نوع المكبس

يتم إدخال تركيز الضغط العالي في جهاز استعادة جزء من الطاقة حيث ينتج مخرج طاقة دوار. وهذا يُستخدم في مساعدة المحرك الكهربائي الأساسي في دفع المضخة ذات الضغط العالي. مقارنةً بأجهزة دفع المضخات التقليدية، ويوفر نظام استعادة جزء من الطاقة بنسبة تصل إلى 40%.

### 3-13-2 أنابيب الضغط

تتوافر أنابيب الضغط بأحجام قطرية وأطوال وتصنيفات ضغط مختلفة. فعند القيام باختيار أنبوب الضغط، يكون تصنيف الضغط الذي يتم اختياره مرتفعاً بالقدر الكافي الذي يسمح بزيادة الضغط لتعويض نسبة التلوث التي لا يمكن تجنبها (التي تزيد في الغالب عن ما هو مطلوب بنسبة 10% في التصميم الذي يستمر لمدة ثلاث سنوات).

عندما يتم استخدام الضغط المرتد للنفاز المتحرك أثناء عملية التشغيل، يكون العنصر المقيد لبعض أنابيب الضغط هو فتحة التيار المنتج المنقى. ويتم استخدام مواد مثل كلوريد البولي فينيل لفتحة التيار المنتج المنقى في كثير من أنابيب الضغط. ويعد تصنيف الضغط أحد الأساليب الفاعلة للتحكم في درجة الحرارة كما يتضح من الجدول 3-12. ويرجى استشارة الشركة المصنعة لأنابيب الضغط للحصول على مزيد من التفاصيل حول بعض الأنابيب. ويرجى ملاحظة أنه في حالات عدم الحركة مثل حالات غلق مضخة الضغط العالي، يجب أن لا يتجاوز الضغط المرتد المنتج المنقى 5 رطل للبوصة المربعة (0.3 بار).

الجدول 3-12 الحد الأقصى للضغط الخلفي النافذ الديناميكي المتحرك لأنابيب الضغط لعناصر FILMTEC.

Temperature (°F)	Temperature (°C)	Maximum dynamic permeate backpressure	
		psi	bar
113	45	145	10.0
104	40	180	12.4
95	35	219	15.1

86	30	257	17.7
77	25	299	20.6
68	20	338	23.3

### 3-13-3 مفاتيح الغلق

يجب حماية عناصر الغشاء من حالات التشغيل غير الملائمة. وفي حالة احتمال حدوث مثل هذه الحالات، مثل حالة وجود اضطراب في عملية المعالجة التحضيرية على سبيل المثال، يجب القيام بما يلزم لغلق النظام.

بعض حالات التشغيل غير الملائمة والأساليب المتخذة لمنعها مبينة في الجدول 3-13.

### الجدول 3-13، الأساليب المتخذة لمنع حالات التشغيل غير الملائمة

Undue operating condition	Provision
Too high feed pressure	High pressure shutdown switch in the feed line
Insufficient feed pressure	Low pressure shutdown switch in the pump suction line
Too high feed temperature	High temperature switch in the feed line
Permeate pressure exceeding feed by more than 0.3 bar (5 psi) pressure	Pressure relief mechanism in the permeate line
Too high concentration of colloidal matter in the feed	Turbidity control in the feed line
Too high concentration of sparingly soluble salts in the feed	Dosing pumps for acid and antiscalant should be electrically interlocked with the feed pump drive High pH shutdown switch
Oxidizing agents in the feed	ORP (Oxidation Reduction Potential) control in feed line or chlorine detection monitor with automatic shutdown
Oil in the feed	Oil detector in feed line

### 3-13-4 الصمامات

يشتمل نظام الغشاء بشكل نمطي على الصمامات التالية:

- صمام دخول التغذية لإغلاق الأجهزة للقيام بعملية الصيانة والمحافظة.
- صمام على خط تصريف المضخة أو خط المرور للتحكم في ضغط التغذية أثناء عملية التشغيل ومعدل زيادة ضغط التغذية أثناء عملية بدء التشغيل.
- صمام التحكم في خط تصريف المضخة
- صمام التحكم وصمام التصريف الجوي بالخط المنتج المنقى لمنع زيادة الضغط المنتج المنقى عن ضغط التغذية.
- صمام التحكم في التدفق على خط التركيز لضبط عملية الاسترجاع. (تنبيه: لا يجب استخدام صمام الضغط المرتد).
- صمام في الخط المنتج المنقى لتصريف المنتج المنقى أثناء عملية التنظيف وبدء التشغيل.
- صمامات في خط التغذية والمادة المركزة (بين المراحل) للاتصال بنظام التنظيف في المكان.

### 3-13-5 أدوات التحكم

لضمان تشغيل نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة بشكل جيد، ينبغي وجود عدد من الأدوات. وتمثل دقة جميع هذه الأدوات أهمية كبرى. ويجب تركيب هذه الأدوات ومعايرتها بما يتفق مع تعليمات الشركة المصنعة.

- أجهزة قياس الضغط لقياس خفض الضغط على مستوى مرشح الخرطوشة والضغط الموجود في خط مدخل المضخة وخط التصريف وخط التغذية لعناصر الغشاء وخفض الضغط بين التغذية والمادة المركزة في كل مرحلة وضغط خط المنتج المنقى في النهاية. يجب أن تحتوي أجهزة القياس التي يوجد بها سائل على سائل متوافقة مع الغشاء مثل استبدال الزيوت بالمياه أو غيرها من السوائل التي لا تمتزج بالمياه.
- عدادات تدفق لقياس المادة المركزة وإجمالي معدل تدفق المنتج المنقى ومعدل تدفق المنتج المنقى في كل مرحلة.
- عدادات المياه في خط المنتج المنقى وخط التغذية لتسجيل الحجم الإجمالي للمياه التي تتم معالجتها وإنتاجها.
- عداد زمني لقياس إجمالي زمن التشغيل.
- عداد الحموضة في خط التغذية بعد عملية الأكسدة لقياس مدى احتمال تقشر الكربونات.
- عدادات قياس التوصيل في خط التغذية وخط المادة المركزة وخط المنتج المنقى لتحديد جودة المنتج المنقى وإخراج الملح.
- فتحات لأخذ العينات في التغذية والمادة المركزة والمنتج المنقى (إجمالي المنتج المنقى والمنتج النافذ النقي في كل مرحلة) بما يمكن من تقييم أداء النظام. يوصى بعمل فتحة للعينة في كل مخرج نافذ لوعاء الضغط لتسهيل عملية حل المشكلات.

### 3-13-6 الخزانات

وعموماً ينبغي أن تحفظ المياه المخزنة في خزانات عند حدها الأدنى. وعندما يتم استخدام الخزانات، يجب تركيب المدخل والمخرج (منفذين للدخول والخروج) لعدم السماح بوجود مناطق راكدة. ويجب حماية الخزانات من التلوث من خلال الغبار والكائنات الدقيقة. يتم غلق الخزانات في حالة الاستخدامات الخطيرة وتهويتها من خلال مرشح هواء عالي الكفاءة لحجز الجسيمات.

يلزم وجود خزان تغذية لتوفير وقت التفاعل (من 20 إلى 30 دقيقة) في حالة استخدام الكلور. ويمكن أيضاً استخدام المساحة الفارغة في مرشحات الوسيط للوفاء بهذا الغرض. وأيضاً يتم استخدام خزانات التغذية بشكل

منكر كمحلول منظم بما يضمن تشغيل نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة دون انقطاع (أثناء القيام بعملية غسل المرشحات). وتتطلب الأنظمة التي تعمل بالوضع المرهلي أو شبه المرهلي وجود خزان تغذية.

في الغالب يتم استخدام **خزان المنتج المنقى** عندما تكون المادة النافذة النقية هي المنتج. وتتم عملية تشغيل الأجهزة وغلقها من خلال عمل إشارات منخفضة وعالية المستوى من خزان المنتج المنقى. وينبغي تصميم سعة النظام وحجم الخزان بما يسمح بتشغيل أجهزة التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة لساعات طويلة بشكل متواصل. وكلما قل عدد مرات غلق المحطة، ازداد مستوى أداء النظام وأصبح أفضل.

**خزان الاسترداد** هو عبارة عن خزان صغير في خط المنتج المنقى يوفر مقداراً كافياً من التدفق الخلفي الناتج عن التناضح الطبيعي عندما يتم غلق النظام. وفي الغالب يتم استخدامه في أنظمة مياه البحار دون أنظمة المياه متوسطة الملوحة. ويمكن أن يتسبب خزان الاسترداد الفارغ في سحب الهواء مرة ثانية إلى داخل عناصر FILMTEC™ ومكوناته. وقد يتسبب هذا في المشكلات التالية:

- تلوث جانب النفاذ للغشاء بالميكروبات والفطريات المحمولة عن طريق الهواء.
- الصدمات الهيدروليكية وتيارات الهواء القوية التي تتسبب في اضطرابات في عدادات القياس وإعداد أدوات التحكم عندما يخرج الهواء من النظام عن القيام بعملية بدء التشغيل التالية.
- جفاف الغشاء (نقص التدفق).
- إذا كانت مياه التغذية في حالة مختزلة وتحتوي على كبريتيد الهيدروجين والحديد والمنجنيز وغير ذلك، فإن عملية إدخال الهواء يمكن أن تسبب التلوث من خلال المواد الغروانية المتأكسدة المترسبة (انظر **القسم الفرعي 2-11** معالجة مياه التغذية التي تحتوي على كبريتيد الهيدروجين).

في حالة وجود كلور بالمياه الناتجة من نظام التناضح العكسي، يجب توخي الحذر لضمان عدم انتقال الكلور مرة ثانية إلى الغشاء. ويجب أن توظف فترات انقطاع الهواء بالشكل المناسب.

في حال استخدام خزان الاسترجاع، يجب أن يكون يزيد مستوى المياه به عن أعلى نسبة موجودة في وعاء الضغط بحيث أن لا تتجاوز 8.9 قدم (متر مكعب) من الوعاء الأدنى. وللوقاية من التلوث، يجب تغطية التدفق الداخل في الأسفل والتدفق الخارج في الأعلى مع تغطية الخزان كذلك. ويجب أن تتم عملية المعالجة اللاحقة بالكلور، في حالة القيام بها، في اتجاه تيار هذا الخزان.

يمكن حساب حجم خزان الاسترداد على النحو التالي:

$$V_{DBT} = (25T_E) - V_{PP}$$

حيث إن:

$$V_{DBT} = \text{حجم خزان الاسترداد (باللتر)}$$

$$T_E = \text{عدد العناصر المركبة}$$

$$V_{PP} = \text{حجم أنبوب المنتج المنقى بين أوعية الضغط وخزان الاسترجاع (باللتر)}$$

يلزم وجود خزانات جرعات في حالة إضافة مواد كيميائية إلى مياه التغذية. ويجب تصميم الأحجام الخاصة بها بشكل نمطي بما يتفق مع جرعة إعادة التعبئة اليومية

**خزان التنظيف** وهو عبارة عن الجزء من المعدات المبين في **القسم 6،** التنظيف والتعقيم.

### معدات اختيارية

هناك الكثير من المعدات والسماوات الاختيارية المتنوعة والتي تعد مفيدة في نظام التشغيل والمراقبة مثل:

- يقوم نظام إيقاف تشغيل التدفق بغسل خط التغذية- المادة المركزة بمياه تغذية معالجة مسبقاً أو بالمياه النافذة النقية بعد عملية إيقاف التشغيل. وفي حالة استخدام مضادات التقرش، يصبح لزاماً استخدام نظام الغسل بالدفق.
- أجهزة تنبيه للآتي:
  - درجة التوصيل العالية للنافذ
  - درجة التوصيل العالية للمركز
  - درجة الحموضة المنخفضة للتغذية
  - درجة الحموضة المرتفعة للتغذية
  - درجة الصلابة العالية للتغذية
  - درجة الحرارة العالية للتغذية
  - انخفاض مستوى خزان الجرعات
- مسجل مستمر للآتي:
  - درجة حرارة التغذية
  - درجة حموضة التغذية
  - درجة توصيل التغذية والمنتج المنقى
  - مؤشر كثافة الطمي للتغذية

- جهد الأكسدة والاختزال للتغذية
  - مستوى ضغط التغذية والمنتج المنقى والمادة المركزة
  - تدفق المنتج المنقى والمادة المركزة
- يتم تركيب نظام للمراقبة بشكل مثالي للسماح بعملية التسجيل داخل الأنابيب ومعالجة بيانات التشغيل الهامة للنظام. لمزيد من المعلومات، يتم الرجوع إلى [القسم الفرعي 5-6](#)، حفظ السجلات.
- تضمن لوحة التحكم وتشغيل المحرك بطريقة آلية تشغيل آمن للمحطة. ويمكن دمج عملية التشغيل الآلي للغسيل العكسي للمرشحات وتنظيف الأغشية ومخرجات دفق المحطة.

- نظف نظام الهواء الجاف بما في ذلك الضاغط ومجفف الهواء ومحطات التحكم في هواء وأنظمة الكاملة للأنابيب.
- قطع غيار لعام أو عامين من عملية التشغيل العادي.
- أدوات للخدمات العامة والخاصة.
- خيارات مثل التدريب والإشراف والصيانة.

### 3-14 مواد الإنشاء والتحكم في التآكل

من منظور التآكل، توجد بيئة قاسية جداً في محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي ولذا يجب أن يتوافر بمواد الإنشاء درجة معينة من مقاومة التآكل. وينطبق هذا الأمر على كل من الأجزاء الخارجية من النظام التي تتعرض للتآكل والجو الرطب المليء بالأملاح والأجزاء الداخلية التي تتعرض لمجموعة كبيرة من أنواع المياه التي تتم معالجتها.

بالرغم من عدم التقييم بشكل خاطئ، يمكن أن يحدث التحكم في عملية التآكل الخارجي في الغالب من خلال وضع طبقة على السطح الخارجي (الطلاء أو الجلفنة أو غير ذلك) على المواد التي تكون عرضة للتآكل (الفولاذ المطاوع وحديد الزهر وغيرهما) ومن خلال عمل برنامج صيانة يتضمن عملية الغسيل الدوري وإصلاح التسربات الخ.

إن اختيار مواد الإنشاء للأجزاء الداخلية من النظام التي تتعرض للبلل مهمة معقدة للغاية. وباستثناء درجة الملائمة مع درجات الضغط والاهتزازات ودرجات الحرارة وغير ذلك من العناصر الموجودة في نظام التناضح العكسي، يجب أن تكون المواد أيضاً مقاومة للتآكل الذي ينتج عن وجود محتوى عالي من الكربون في مياه التغذية وتيار المادة المركزة والمياه الناتجة ذات الطبيعة القاسية والمواد الكيميائية المستخدمة في بعض التطبيقات مثل تنظيف الغشاء.



ويتم استخدام المواد غير المعدنية مثل المواد البلاستيكية والألياف الزجاجية وغير ذلك بشكل كبير في الوقاية من التآكل والتأثر بالمواد الكيميائية في أجزاء الضغط المنخفض (أقل من 145 رطل للبوصة المربعة/ 10 بار) من نظام التناضح العكسي مثل عناصر التناضح العكسي وأنابيب الضغط. إلا أنه يلزم استخدام المواد المعدنية في الغالب في أجزاء الضغط العالي (من 145 إلى 1,000 رطل للبوصة المربعة/ 10 إلى 70 بار) مثل المضخات والأنابيب والصمامات. ولا يوفر الكربون والصلب السبائكي المقاومة الكافية للتآكل كما أن منتجات التآكل الخاصة بهما يمكن أن تتسبب في تلوث الغشاء.

لا تعد الأنابيب المصطفة في الغالب بديلاً واقعياً نظراً لضرورة وجود تصميم متراس للأنابيب وكمية كبيرة جداً من التوصيلات والتراكيب. ويمكن أن يمثل البرونز بديلاً للمضخات وغير ذلك إلا أنه يجب أخذ مخاطر التعرض للتآكل والتأثر بالمواد الكيميائية في الحسبان. ويعد الفولاذ المقاوم للصدأ أكثر المواد ملائمة التي يمكن استخدامها في الأجزاء ذات الضغط العالي.

إن الميزة الأساسية للفولاذ المقاوم للصدأ هي اتسامه بدرجة عالية من مقاومة التآكل العام والتآكل بسبب الانجراف والاحتكاك. ونادراً ما يتم إصابة الفولاذ المقاوم للصدأ بالتآكل الجلفاني، إلا أنه يؤثر على المعادن الأخرى التي تكون مقترنة في نفس الزوج (مثل النحاس والنحاس الأصفر وغير ذلك). إن تصدع التآكل بسبب ضغط الفولاذ المقاوم للصدأ في الوسيط الذي يحتوي على الكلور نادراً ما يحدث تحت 158 درجة فهرنهايت (70 درجة مئوية)، ولذا فإنه لا يلزم أخذه بعين الاعتبار في محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي.

للأسف تصبح بعض أنواع الفولاذ الذي لا يصدأ عرضة للإصابة بالحُفر والتآكل الصدعي عند وجوده في المياه الموجودة في معدات التناضح العكسي. ويقصد بالحُفر التأثير الموضعي الذي يؤدي إلى وجود فجوات في المعدن. وتحدث الحُفر عندما تتكون طبقة غشائية مجهولة بفعل حطام أكاسيد الكروم كما يمكن أن يؤثر الكلوريد على المعادن المكشوفة. وتآكل الفجوات هو عبارة عن وجود حُفر مصحوبة بمقادير صغيرة من المياه الراكدة التي تتسبب فيها الفجوات أو أسطح الحشوات أو الطبقات المترسبة أو الشقوق الفجوية الموجودة تحت المسامير الملولة الخ. وبهدف الوقاية من تكون حُفر وحدث تآكل صدعية في محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي، يمكن تقديم التوصيات التالية:

### محطات التناضح العكسي ذات إجمالي مواد مذابة بمسار المادة المركزة أقل من 7,000 جزء من مليون

يعتبر الفولاذ المقاوم للصدأ من نوعية AISI 316 L ذو درجة كربون منخفضة > 0.03% تبعاً للمعهد الأمريكي للحديد والفولاذ هو الحد الأدنى المطلوب لنظام المواسير لأن الدرجات الأدنى من الفولاذ المقاوم للصدأ ذات

المحتوي الكربوني الأعلى ستعاني من النقر في مناطق اللحام (تآكل بين الحبيبات). وعادة ما يكون الفولاذ المقاوم للصدأ من نوعية 316 طبقاً للمعهد الأمريكي للحديد والفولاذ مقبولاً فيما يتعلق بالأجزاء غير الملحومة.

**محطات التناضح العكسي ذات إجمالي المواد المذابة بمسار المادة المركزة أعلى من 7,000 جزء من مليون**

يوصى بالفولاذ المقاوم للصدأ من النوع L 904 منخفض الكربون للمواسير والانحناءات للحما ببعض وللأجزاء المشابهة الخالية من الشقوق. وحيثما تحدث الشقوق، كما في وصلات المشفحة في الصمامات والمضخات وغير ذلك، يوصى بالفولاذ المقاوم للصدأ SMO 254 من نوعية SMO "صلب الموليبدنوم" 254 أو ما يشبهه بنسبة  $\leq 6\%$ . ويمكن لحام هاتين السبائك (من أعلى سبائك الفولاذ مقاومة للصدأ) معاً دون خطر التعرض للتآكل الجلفاني. ويمكن طلاء أو تبطين الأجزاء الاستشعارية من الآلات. وتم تحديد تركيب أنواع الفولاذ المقاوم للصدأ المحددة بالاسم في جدول 3-14.

**جدول 3-14 تركيب أنواع الفولاذ المقاوم للصدأ**

Usual designation	UNS No.	C%	Cr%	Ni%	Mo%	Cu%	N%
AISI 316	S 31600	< 0.08	16.0 - 18.0	10 - 14	2.0 - 3.0	—	—
AISI 316L	S 31603	< 0.03	16.0 - 18.0	10 - 14	2.0 - 3.0	—	—
904 L	N 08904	< 0.02	19.0 - 23.0	23.0 - 28.0	4.0 - 5.0	1.0 - 2.0	—
254 SMO	S 31254	< 0.02	19.5 - 20.5	17.5 - 18.5	6.0 - 6.5	0.5 - 1.0	0.18 - 0.22

بجانب التوصيات المذكورة أعلاه، ينبغي اتخاذ احتياطات عامة أثناء التصميم والتركيب مثل:

- وضع تصميم بالحد الأدنى من الشقوق والطرق المسدودة.
- تصميم الأنابيب بحيث تكون سرعة التدفق أعلى من 5 قدم/ثانية (1,5 متر/ثانية). وهذا يساعد على تكوين الطبقة الرقيقة غير الفعالة وصيانتها.
- استخدام غاز الدعم عند اللحام لكي تمنع طبقة أكسيد اللحام الرقيقة من تشكيل قاعدة لحدوث تآكل تشققي أو فجوي
- قم بتحميل نظام الأنابيب وتنظيفه بمحلول حامضي حيث يعطي هذا السلامة المثلى ضد هجوم الكلور.
- قم بغسل المحطة بماء دافق لتخفيض به المواد الصلبة الذائبة الكلية قبل فترة إيقاف التشغيل.

### 3-15 اعتبارات تخص تصميم النظام للتحكم في نشاط الأحياء الدقيقة

يعد الترسيب الحيوي الملوث أكثر المشكلات خطورة وشيوعاً في تشغيل نظم التناضح العكسي. ومن المهم على وجه الخصوص التحكم في نشاط الأحياء المجهرية في المحطات باستخدام المياه السطحية أو المياه الملوثة بالجراثيم كمصدر تغذية. ويعتبر النظام المصمم كما ينبغي شرطاً للنجاح:

- إذا استخدمت الأحواض أو الخزانات المتوسطة المكشوفة، فيجب اتخاذ التدابير للسماح بتعقيم ملائم لهذا المصدر المكشوف والجزء الذي يتدفق منه تيار الماء في النظام.
- إذا استخدمت الخزانات المتوسطة المغلقة، فلا بد من تزويد نظم التنفس أو التهوية الخاصة بها بأجهزة محتجزة للجراثيم (مثل مرشحات هواء عالية الكفاءة لحجز الجسيمات).
- لا بد من تجنب تصميم أجزاء طويلة مسدودة في شبكة الأنابيب، وإذا لم يمكن تجنبها فلا بد من تعقيمها دورياً.
- ولا بد من أن تكون مكونات نظام ما قبل المعالجة مثل الأنابيب والمشعبات والمرشحات وخزانات الحفظ غير منفذة لأشعة الشمس لتجنب تعزيز النمو الحيوي.
- لا بد من تجنب الأدوات القريبة ذات الأسطح العريضة مثل مرشحات الخرطوشة أو الرملية. إذا كان لا يمكن تجنب وجود المصارف، فلا بد من تركيبها للسماح بتصريف مواد التعقيم الكيماوية بعد تعقيم الأجهزة، وقبل إيصالها بالنظام النشط.
- لا بد أن يكون متيسراً فصل قسم التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة فيزيائياً عن قسم المعالجة التحضيرية باستخدام شفة. ويسمح هذا باستخدام الكلور لتعقيم قسم المعالجة التحضيرية بينما تتم حماية الأغشية من الاتصال بالكلور. ويجب من تركيب صمام تصريف عند أدنى نقطة قريبة من الشفة للسماح بتصريف كامل لمحلول الكلور.
- اختيار الغشاء: توفر فيلم تك أغشية ذات سطح خاص يجعلها أكثر مقاومة للترسيب الحيوي الملوث. وعادة ما يتم اختيار تلك العناصر المسماة BW30FR "مقاومات التلوث في المياه متوسطة الملوحة" للمياه السطحية ومعالجة من الدرجة الثالثة للنفايات السائلة. ولقد تم صنع أنواع خاصة أخرى من العناصر بشكل ملائم تماماً للتطبيقات التي تتطلب عناصر أغشية لها تصنيف صحي. ويقلل الشكل الملائم تماماً مساحات الركود للحد الأدنى كما أنه يتوافق مع معايير إدارة الأغذية والأدوية. انظر أيضاً [القسم 1](#)، أساسيات التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة، أوراق المعلومات الخاصة بالمنتج ذي الصلة.

### 3-16 اقتراحات في تصميم النظام للنجاح في التدخل لحل المشكلات

عند دراسة تصميم أنظمة أغشية ضخمة وبيعها، فهناك عدد من تصميمات المعدات المحتملة والإضافات التي يمكن إضافتها إليها للمساعدة في التدخل المستقبلي لحل المشكلات. واعتمادًا على حجم النظام ودرجة تعقده يمكنك مناقشة بعض هذه المقترحات أو كلها مع مورد النظام الخاص بك. وليس أي منها مطلوباً في التشغيل الناجح، ولكنها كلها تجعل التشغيل اليومي والتدخل لحل المشكلات أسهل وأسرع وأكثر فعالية.

#### الولوج إلى تحميل النظام والتدخل لحل مشكلاته

رغم أن أنظمة الغشاء مضغوطة بالكامل، إلا أن هناك غالباً رغبة في توفير المزيد من مساحة الأرضية بحشد المعدات وخطوط الأنابيب والدعامات وجعلها قريبة للغاية من بعضها لتقييد الوصول إلى نظام الغشاء. وفي الظروف المثالية، لا بد أن يكون الوصول إلى نهايتي التغذية والماء المالح غير مقيد بالنسبة لكل وعاء لتحميل عناصر الغشاء وتفريغها والتدخل لحل مشكلاته. وعند التحميل من الضروري ترك ما يساوي طول عنصر واحد على الأقل بين نهاية التغذية الخاصة بالأوعية وأقرب مُعدة أو دعامة. أما عند التفريغ، فغالباً ما يستخدم فراغ أكبر وبالتالي يمكن استخدام لوح خشبي كبير أو أداة أخرى لدفع تكديس العناصر "مجمع مواسير العناصر" نحو نهاية الماء المالح.

#### وصلات تسمح بالفحص، والتنميط، وأخذ العينات

عند التدخل لحل مشكلات محتملة في لعنصر ما، تكون إحدى العمليات الأولية دائماً هي محاولة تحديد موقع أي مشكلة، سواء كانت تتعلق بمرحلة أو بوعاء أو حتى بعنصر. ووجود نتيجة محتملة للتجارب الخاصة بالمواد المنتج المنقى "نقاط أخذ عينة" من الوعاء يسهل تلك العمليات بصورة عظيمة. وبصورة مثالية، يمكن السماح لنقاط أخذ العينة الخاصة بالمنتج المنقى بالمرور من أنبوب اختبار. ويمكن أن يساعد وجود نقاط أخذ عينة إضافية على التغذية والمادة المركزة وأي خزانات بين المراحل على تحديد موقع المشكلات بالنسبة للمرحلة وكذلك السماح بقياسات توازن كتلي لتأييد قياسات التدفق وضبط استرجاع النظام في النهاية.

للتحكم في نشاط الأحياء الدقيقة، لا بد من توفير نقاط أخذ عينة ملائمة لجعل التوازن في الأحياء الدقيقة والتحكم في المحطة أمران ممكنان. ويرد أدناه الحد الأدنى من نقاط أخذ العينات المطلوبة:

1. (سطح) المأخذ أو البئر قبل إضافة الكلور إن وجد.
2. بعد استخدام مصفاة التنقية، أو حوض الترسيب أو وحدة تلامس الأوساخ المترسبة أو غيرها من عمليات الترسيب.
3. بعد وحدات الترشيح (الرمال أو الوسائط المتعددة أو الكربون النشط أو غير ذلك).

4. بعد نزع الكلور (بعد ترشيح الخرطوشة بصورة طبيعية).
5. تدفق المادة المركزة.
6. تدفق المنتج المنقى.

#### التزود بالأدوات "الأجهزة" للسماح بمراقبة الأداء بالمرحلة

إلى جانب نقاط أخذ العينة البسيطة، الخطوة التالية في تطوير النظام هي استخدام أدوات القياس مع المراحل بحيث يمكن جمع بيانات الأداء وجعلها قياسية بما يوضح نسبة التباين يوماً بيوم في أداء النظام في مقابلته بحالة مرجعية مثل بدء التشغيل. ويعني التزود بالأدوات الملائمة وجود كل من مقاييس موصلية أو إجمالي مواد مذابة، ومقاييس ضغط، ومقاييس درجة حرارة، ومقاييس تدفق عند التغذية، والمادة المركزة، والمنتج المنقى النافذ في كل مرحلة. وبمعرفة هذه البيانات، يمكن مراقبة أداء كل مرحلة واكتشاف علامات الاضطرابات المبكرة بسهولة من البيانات المنظمة. ورغم أنه يمكن استخدام التوازن الكتلي حول النظام للتخلص من بعض الأدوات، إلا أن التزود بجميع الأدوات يعني أنه يمكن استخدام التوازن الكتلي لاختبار الاتساق الداخلي للبيانات وبالتالي مراقبة أداء الأدوات.

#### التحويل إلى القياسية عبر الإنترنت في نفس الوقت

في إطار مراقبة النظام، يعتبر أفضل ما يمكن الوصول إليه هو الأدوات عبر الإنترنت التي تغذي برنامجاً مستمراً ومتواصلاً خاصاً بالتحويل إلى القياسية. وقد يتم السماح بالتحكم في نفس الوقت بالنسبة للنظم الضخمة للغاية أو النظم ذات ظروف التغذية عالية التنوع.

#### احتياطات لتنظيف كل مرحلة بصورة فردية

يتم إمداد العديد من النظم الضخمة بما يسمى نظم التنظيف في المكان (CIP) أو تنظيف الساحة. وأحد الاقتراحات التصميمية وهو توفير ما يكفي من الأنابيب والصمامات لتنظيف كل مرحلة من النظام بصورة فردية سيجعل التنظيف بصورة حتمية أكثر فعالية. ويعني تنظيف مراحل متعددة معاً أنه لا بد من دفع التراب والحثات والكتل الحيوية وبقايا التقشر من المرحلة الأولى وعبر المراحل اللاحقة قبل إزالته من النظام. ويجب أيضاً أن تقدم نظم التنظيف في المكان معدلات تدفق ملائمة لتنظيف فعال وأن تسهل كذلك تسخين محاليل التنظيف.

#### القابلية لغسل المنتج المنقى

يمكن لسمة محتملة في النظام أن تخفض تكرار عمليات التنظيف وهي سمة توفير تنظيف دوري للنافذ من النظام. يتم تنظيف المنتج المنقى عن طريق معالجة المياه أو الناتجة عبر النظام بمعدل مرتفع لتحرير الطبقات المضغوطة "الملوثة" ودفعها خارجاً قبل الالتصاق بسطح الغشاء. وتعد هذه القابلية مفيدة خاصة في النظم التي تعمل على معالجة المياه المستخدمة.

### جهاز قياس مؤشر كثافة الطمي ونقاط الاتصال في النظام

يعتبر وجود واستخدام جهاز مؤشر كثافة الطمي أداة تشخيصية عظيمة وخاصة بالنسبة للمرحلة الأخيرة من المعالجة التحضيرية للنظام. كما يمكن لتنميط وفحص العناصر أن يحددوا موقع مشكلة محتملة في الغشاء، ويمكن لجهاز مؤشر كثافة الطمي الذي به وصلات لجميع مناطق نظام المعالجة التحضيرية أن يساعد سريعاً في تحديد موقع مشكلات المعالجة التحضيرية.

### المختبر الرطب في موقع المحطة

وتعني القدرة على القيام بالعمل المختبري في موقع المحطة أنه يمكن بسهولة أكبر مراقبة تحليلات المياه، وخاصة بالنسبة لضبط الإضافات الكيماوية في مرحلة المعالجة التحضيرية والمداومة عليها.

### وحدة اختبار العنصر المفرد

قد يكون وجود وحدة اختبار للعنصر المفرد في المحطة ميزة حقيقية. ويمكن اختبار عناصر الغشاء المشكوك فيها بسرعة والحكم بكونها جيدة أو سيئة. كذلك، يمكن اختبار استراتيجيات التنظيف وإثبات قدراتها بخصوص العناصر الملوثة قبل تجربتها على مراحل المحطة كلها.

## 4- تحميل أوعية الضغط

يقدم هذا القسم دلائل إرشادية لتحميل عناصر التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة الخاصة بفيلم تك، ولمزيد من تعليمات التحميل اتصل بمنتج وعاء الضغط المفرد.

### 1-4 الإعداد

لا بد من إعداد رسم بياني تخطيطي لنظام التناضح العكسي لتسجيل مواضع وعاء الضغط والعنصر. ولا بد أن يوضح هذا الرسم البياني نظام الكامل للأنايب الخاص بالكامحة "أداة ضاغطة" كذلك. ولتحديد مواضع العناصر المفردة، استخدم الأرقام المتسلسلة الخاصة بفيلم تك المكتوبة على كل ملصق. ويساعدك هذا الشكل البياني على تتبع كل عنصر مفرد في النظام.

يوصى بالمعدات التالية:

- أحذية الأمان
- نظارات الأمان
- قفازات مطاطية
- مزلق سليكون (يوصى باستخدام داو كورنينغ/ موليكون 111)
- مفتاح ألن
- قطع قماش نظيفة
- جلسرين
- خرطوم مياه لتنظيف الوعاء
- إسفنجة/ ممسحة، عصا طويلة وحبل لتنظيف الوعاء

1. قم بتحميل عناصر FILMTEC في وعاء الضغط قبل البدء مباشرة.
2. قبل دمج كل المكونات، افحص قائمة الأجزاء وتأكد من أن كل المواد موجودة وبالكميات الصحيحة.
3. وبمنتهى العناية قم بإزالة كل التراب والأوساخ والمواد الغريبة من أوعية الضغط قبل الفتح.
4. قم بإزالة كل جميع أغطية النهايات وحلقات الدفع (إذا كانت متوفرة) من كل أوعية الضغط في السلسلة أو النظام.
- ملحوظة : هناك الكثير من المنتجين لأوعية الضغط المستخدمة عناصر الترشيح المتناهي الدقة والتناضح العكسي ذات الملف اللولبي. ارجع إلى رسم المنتج فيما يتعلق بوعاء الضغط الخاص بك أثناء إزالة أو تركيب مجموعة أغطية النهايات.
5. قم برش مياه نظيفة عبر أوعية الضغط المفتوحة لإزالة أي تراب أو أوساخ موجودة في الأوعية.

ملحوظة : إذا تطلب الأمر تنظيفاً إضافياً، فقم باستخدام ممسحة كبيرة بما يكفي لملء القطر الداخلي لوعاء الضغط. اغمر الممسحة في محلول جلسرين/ ماء (بتركيز 50%) وحركها للأمام والخلف عبر وعاء الضغط حتى يصبح الوعاء نظيفاً وزلقاً.

## 2-4 تحميل العنصر

1. تركيب حلقة الدفع في نهاية تصريف المادة المركزة من الوعاء. يرجى الرجوع إلى الرسومات الخاصة بالشركة المُصنعة للحصول على المعلومات الدقيقة عن وضع حلقة الدفع. ويجب القيام بهذا الأمر قبل تحميل أي عنصر من العناصر وثم خطوة في حالة عدم تركيبها بالشكل الصحيح.
  2. أنت في حاجة إلى التحقق مما إذا كنت تقوم بتركيب السدادة الطرفية المتداخلة LEC™ أو المكونات القياسية التي تتطلب استخدام الترابط البيني المدعوم.
  3. يوصى بتركيب العناصر قبل التحميل وتسجيل كل رقم من الأرقام المتسلسلة من خلال موضعها ومكانه لكي يمكنك مستقبلاً معرفة موضع كل عنصر بعد ذلك داخل وعاء الضغط.
  4. يتم وضع الطرف الأمامي للعنصر الأول من التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة في نهاية مياه التغذية الموجودة في وعاء الضغط الأول وتحريكه إلى ما يقرب من نصف طول العنصر. ملحوظة: في الغالب يتم تحميل عناصر التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة في نهاية مياه التغذية بوعاء الضغط. يرجى التأكد من وضع غطاء المحلول الملحي على شكل U بشكل صحيح بحيث يكون مستقرًا في مجرى الغطاء الطرف للعنصر حتى يتم فتح غطاء المحلول الملحي في اتجاه التدفق.
  5. لتحميل العناصر القياسية: يتم تزييج غالقات الحلقة العازلة الموجودة على الوصلة البيئية وداخل أنبوب مياه المنتج بطبقة رقيقة جداً من السيليكون المشحم. يتم تركيب الوصلة البيئية في أنبوب الماء النافذ بالعنصر. ويمكن استخدام الجلسرين ولكن لا ينصح به. وبالرغم من التشحيم بمادة الجلسرين أثناء عملية التركيب الأولي، إلا أن المادة تزول سريعاً بالغسيل أثناء عملية التشغيل الطبيعي. وتظهر النتيجة أن التشحيم باستخدام مادة السيليكون بمقدار ضئيل على العناصر التي تبلغ مقاسها 8 بوصة أو على السطح الخارجي الغالق لأنبوب المياه الناتجة النقية للعناصر التي تبلغ 4 بوصة و2.5 بوصة - يحافظ على استمرار فترة التزلق المطلوبة بعد عملية بدء التشغيل الأولي. وفي حالة التطبيقات الخاصة بمعالجة مياه الشرب والأغذية، نجد أن مانع التسرب ومشحم صمام داو كورنينج المصنوع من السيليكون Dow Corning 111 المعتمدان من قبل إدارة الغذاء والدواء ومؤسسة العلوم الوطنية.
- أ- يتم وضع طبقة رقيقة من مادة تشحيم السيليكون على جميع غالقات المحلول الملحي. عندما يتم استخدام السيليكون بعد تركيب العناصر ووضعها في المكان الخاص بها، فإنه يتم استخدام هذه المادة كمادة مشحمة في داخل وعاء الضغط لتظل أثناء عملية تشغيل النظام مما يجعل عملية الإزالة أسهل بكثير.



ب- يتم رفع العنصر التالي ليتم وضعه في مكانه وتركيب الطرف الخلفي للوصلة البيئية. كن حريصاً للغاية أثناء حمل العنصر التالي حتى تتأكد من عدم قدرة الرابط المشترك على حمل هذا الوزن ثم قم بدفع العنصر في وعاء الضغط حتى يخرج نصف العنصر من الوعاء.

لتحميل عناصر السدادة الطرفية المتداخلة: يوصى بأداة خاصة تسمى قامطة شريطية متدرجة والتي ينظمها FilmTec بشكل مباشر. القامطة الشريطية عبارة عن شريط متين يقوم بإمساك العنصر جيداً ولا تقوم بإحداث أي ضرر بالهيكل الخارجي للعنصر. كما أن القامطة الشريطية خفيفة الوزن وشديدة التحمل وآمنة. تقوم القامطة بإمساك العنصر وهو في موضعه بشكل ناجح بغض النظر عن المادة الموجودة على الهيكل الخارجي المصنوع من الألياف الزجاجية. ملحوظة: يمكن ربط عناصر السدادة الطرفية المتداخلة بالسدادة الطرفية نفسها بإحدى الطريقتين، من خلال وجود مهائئ خاص لتوصيل عناصر السدادة الطرفية أو من خلال جهاز مهائئ كهروضوئي. ويرجع هذا الأمر إلى الشركة المُصنعة حيث يوجد اختلاف طفيف في السدادة الطرفية بين الشركات المُصنعة المختلفة لذا فإنه لمن الضروري التأكد من هذا الأمر عند طلب الأجزاء وقبل عملية التركيب.

أ- إدخال العنصر الأول، نهاية اتجاه التيار أولاً، ودفعه في نفس اتجاه تدفق مياه التغذية. اترك ما يكفي من العنصر حتى يكون بارزاً خارج الوعاء بما يسمح بإلحاق قامطة شريطية تدريجية. وهذا يعد وقتاً مناسباً لفحص حالة الحلقة العازلة.

ب- عناصر السدادة الطرفية المتداخلة مع مهائئات التوصيل الخاصة بها- يتم إدخال مهائئ توصيل عناصر السدادة الطرفية المتداخلة في الجانب المذكور للعنصر الذي تم تركيبه أولاً (الوضع النهائي) مع التزليج بطبقة رقيقة من مشحم السيليكون. يتم ترك مساحة كافية من العنصر ليبرز للخارج بقدر يكفي لتركيب قامطة شريطية تدريجية عند بدء إدخال العنصر في الوعاء.

ج- تركيب العنصر الثاني مع الاهتمام بحمل العنصر بشكل أفقي عند استخدام عزم في اتجاه عقارب الساعة وبالإضافة إلى إمساك الجزء الخارجي، يتم استخدام عزم دوران عن طريق إمساك القضبان والأسياخ الموجودة بالسدادة الطرفية المعاكسة للتيار بإحدى اليدين وإمساك العنصر باليد الأخرى. ويجب التأكد من ثبات القامطة الشريطية التي تغلق بالتدريج لمنع حدوث الدوران.

د- بعد تثبيت العناصر مع بعضها البعض، يتم التأكد من محاذاة العلامات المحددة بشكل جيد.

هـ- بعد تركيب العنصر الثالث أو الرابع، لم تعد القامطة الشريطية التي تغلق بالتدريج ضرورية. وليس هناك حاجة إلى القامطة الشريطية بعد توليد العناصر التي يتم تركيبها للاحتكاك بما يزيد على القوة اللازمة لتثبيت العناصر مع بعضها البعض.

و- يتم دفع العنصر بشكل أعمق داخل الوعاء. ويتم تكرار هذه العملية لحين الانتهاء من تركيب جميع العناصر في الوعاء. ملحوظة: بعد توصيل عناصر السدادة الطرفية المتداخلة بالعنصر الأخير، يتم تركيب مهائئ آخر لتوصيل عناصر السدادة الطرفية بالطرف المؤنث من العنصر.

تكرر هذه الخطوات لحين تحميل جميع العناصر بأوعية الضغط. ويعتمد عدد العناصر التي يتم تحميلها في أحد الأوعية الفردية على طول العناصر والوعاء نفسه. ملحوظة: لا يتم دفع العناصر للنهاية وفي حالة القيام بذلك، ربما تكون الصفيحة النهائية غير ملائمة كما ينبغي مما قد يستلزم إعادة تركيب العناصر.

6. تركيب مجموعة السدادة الطرفية في اتجاه التيار على كل طرف من أطراف وعاء الضغط:

(أ) وبعبارة يتم وضع مجموعة السدادة الطرفية لاتجاه التيار في الوعاء ودفع مجموعة السدادة الطرفية كمجموعة واحدة في طرف العنصر. يرحى توخي الحذر عند وضع غالق الحلقة العازلة على جهاز التوصيل الكهربائي (المهايئ) في العنصر لتجنب ضغط الحلقات العازلة أو تدحرجها. ملحوظة: تأكد من تشحيم الحلقات العازلة وأنبوب مياه المنتج.

(ب) قم بتغيير اتجاه مجموعة السدادة الطرفية لتحقيق المحاذاة مع الأنابيب المتصلة بها بالشكل المناسب.

(ج) القيام باستبدال الجهاز وغلغ السدادة الطرفية. يرجى الرجوع إلى الرسومات الخاصة بالشركة المصنعة لأوعية الضغط.

7. يتم دفع مجموعة العناصر من نهاية التغذية (عكس اتجاه التيار) تجاه نهاية اتجاه التيار.

8. بعد الانتهاء من تركيب العناصر، فإنه قد يكون من الضروري إضافة رقائق لتقليل المساحة الموجودة بين واجهة العنصر الأمامي وواجهة محور جهاز التوصيل الكهربائي (المهايئ). ويتصل جهاز توصيل الوعاء داخلياً بأنبوب مياه الناتجة للعنصر من خلال فتحة نافذة بوعاء الضغط. ويساعد هذا الإجراء في منع حركة العناصر عندما يبدأ النظام في العمل وينتهي من التشغيل. يرجى الرجوع إلى القسم الفرعي 3-4 لمزيد من التفاصيل. استمر في تنفيذ هذه الخطوات لكل وعاء ضغط موجود في التسلسل أو النظام.

9. تركيب مجموعة السدادة الطرفية للتغذية على جميع أوعية الضغط مثل مجموعة السدادة الطرفية لاتجاه التيار. غلق جميع أوعية الضغط بأجزاء موجودة في نفس الوعاء. وإعادة تركيب أي جزء من الأنابيب التي تمت إزالتها قبل ذلك لتحميل العنصر.

### 3-4 تدعيم العناصر بالحشوات

يتم تصميم جميع أوعية الضغط الخاصة بعناصر الغشاء مع وجود نسبة تفاوت بما يتناسب مع الاختلافات الطفيفة في طول العناصر. ويشار إلى هذا على أنه الجزء الطافي. يمكن أن تتحرك العناصر من موضعها إلى الأمام وإلى الخلف أثناء عملية بدء التشغيل وإيقاف التشغيل بما يتسبب في تلف الغالقات الداخلية. بالإضافة على ذلك يستطيل وعاء الضغط عندما يتعرض للضغط مما قد يؤدي في أصعب الحالات إلى خروج مجموعة العناصر بالكامل من جهاز توصيل الطرف الأمامي مما يتسبب في حدوث تسريب كبير من التغذية إلى المنتج المنقى. ويقلل تدعيم العناصر في وعاء الضغط وقت تحميلها من التغيير الذي يحدث أثناء عملية بدء التشغيل

وإيقاف التشغيل ويضمن وجود أجهزة التوصيل في مكانها الصحيح بأنابيب المنتج المنقى للعناصر الأمامية والخلفية.

إن أجزاء التدعيم نفسها عبارة عن حلقات فصل مصنوعة من البلاستيك (مثل الفلكات) ويكون سُمكها في الغالب حوالي 0.20 بوصة (5 ملم) ويكون قُطرها الداخلي أكبر بقليل من رأس وعاء الضغط الذي ينتهي بجهاز التوصيل. ويبين الشكل 4-1 رسماً لأجزاء التدعيم النمطية ومكان أجزاء التدعيم المتعددة لمركز المهائى وقمة وعاء الضغط. يتم وضع أجزاء التدعيم في الغالب على مهائى نهاية التغذية لتعشيق مجموعة العناصر في اتجاه حلقة الدفع والسدادة الطرفية لطرف المحلول الملحي من وعاء الضغط.

#### الشكل 4-1 حشوة التدعيم ومكانها على مهائى نهاية التغذية

يتم القيام بعملية التدعيم بالحشوات بعد الانتهاء من تحميل عناصر الغشاء. ويجب دفع مجموعة العناصر بالكامل في الوعاء الذي يوجد به عنصر "في اتجاه التيار" مثبت أمام حلقة الدفع في نهاية المحلول الملحي من الوعاء. ويتم الرجوع إلى تعليمات الشركة المصنعة لأوعية الضغط الخاصة بتحميل العناصر. ومن هذا المنطلق، يكون الإجراء المتبع على النحو التالي:

1. إزالة الحلقة العازلة لجهاز التوصيل من نهاية التغذية من مكونات الوعاء هذه. وهذا يضمن عدم تداخل أي من مكونات الإغلاق وتقليل القوة اللازمة "لتنشيط الرأس".
2. إزالة الصفيحة الطرفية والمباعدات الانزلاقية من على طرف رأس جهاز التوصيل الذي يتلاءم مع فتحة المنتج المنقى. إضافة ما يكفي من المباعدات (أجزاء الفصل) حتى لا يمكن تركيب حلقات الاستبقاء.
3. إزالة المباعدات واحداً تلو الآخر حتى يمكنك تركيب حلقات الاستبقاء. من الممكن قبول حركة استبقاء طفيفة.

4. إزالة الرأس وإعادة تركيب الحلقة العازلة لجهاز التوصيل وغالق الرأس.

5. غلق الوعاء بما يتفق مع تعليمات الشركة المُصنعة.

#### 4-4 إزالة العنصر

العناصر القياسية: ينصح بجهازين للتشغيل عند القيام بإزالة عناصر التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة من التسلسل أو النظام. وإزالة العنصر من وعاء الضغط يكون على النحو التالي:

1. فصل الأنبوب الصلب من طرف وعاء الضغط. الرجوع إلى الرسومات الخاصة بالشركة المصنعة للأوعية عند الضرورة. تحديد أو وضع علامات على الأجزاء التي تتم إزالتها لإرجاعها إلى موضعها الأصلي. ملحوظة: ترقيم الصفائح الطرفية وإعادة تركيبها في الوعاء نفسه أمر ضروري جداً لتسهيل عملية إعادة التركيب وإرجاع جميع الوصلات بالشكل الصحيح.

2. إزالة مجموعات الرؤوس من جميع أطراف وعاء الضغط.

3. دفع عناصر التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة من وعاء الضغط في نفس اتجاه تدفق مياه التغذية. إخراج العناصر واحداً تلو الآخر. دعم جميع العناصر عند إخراجها من الوعاء إلى أن يخلو وعاء الضغط من جميع العناصر.

عناصر السدادة الطرفية المتداخلة LEC™: بعد إزالة السدادة الطرفية للوعاء، يمكن فصل مهائئ الوعاء الموجود في اتجاه التيار. ويحدث هذا الأمر من خلال الوصول إلى الوعاء والقيام بتطبيق العزم في عكس اتجاه عقارب الساعة للمهائئ الموجود في اتجاه التيار.

1. إرفاق أداة السحب الاختيارية مع حركة الالتواء في اتجاه الساعة.

2. إخراج مجموعة العناصر بالقدر الكافي من الوعاء حتى يسهل إزالة العنصر الأول بطريقة آمنة. تذكر أنه يمكن فصل العناصر داخل الوعاء أثناء عملية التفريغ لذا يجب توخي الحذر عند القيام بإخراج العناصر أو إدخالها في الوعاء.

3. بعد القيام بتدعيم العنصر، يتم فك اقتران العنصر من خلال الالتواء في عكس اتجاه الساعة. وأحياناً يعد هذا مفيداً في الإبعاد من الوعاء عندما يكون مفتوحاً.

4. تكرار هذه العملية لحين الانتهاء من تفريغ الوعاء. يمكن سحب كل المجموعة من الجانب المقابل للوعاء من خلال قضيب دفع أو من خلال عناصر استبدال كأحد البدائل لسحب العناصر من الوعاء.

#### 5-4 تقنية الموصل البيئي لعناصر FILMTEC البالغ قطرها 8 بوصة

يعد الموصل الداخلي بين عنصرين من عناصر الغشاء مكوناً أساسياً في الأداء العام للتناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة. يقوم الموصل البيئي بتوصيل مياه الناتجة ذات الضغط المنخفض من عنصر إلى

عنصر وإخراجها في النهاية من وعاء الضغط مع فصلها عن التغذية والمحاليل الملحية ذات الضغط العالي. ولذا يجب أن يكون الموصل الداخلي قوي بالقدر الكافي لتحمل ضغط التغذية والعمل كغالق جيد بين مياه التغذية والمياه المنتجة.

#### 4-5-1 مميزات الموصل البيئي الجديد

يتوفر في الموصل البيئي "دوج بون" ثلاث مزايا عن الأجيال السابقة من الموصلات البيئية. الميزة الأولى هي أن إجمالي مساحة الإغلاق الموجودة في الموصل البيئي دوج بون عبارة عن الأربعة حلقات العازلة الموجودة بالموصلات السابقة. وهي نفس الحلقات العازلة نظراً لأن الحلقات العازلة المستخدمة تزيد على قطر القطاع العرضي بمقدار الضعف وبنفس نسب الحز المحفور. بالإضافة إلى أن آثار الإغلاق المحكم أكبر من إحدى الحلقات العازلة الكبيرة، فإن منطقة الغلق من المحتمل أن تغطي العيوب الموجودة في السطح الغالق. ويعد وجود ختم إغلاق واحد كبير للأثر أحد المميزات مقارنة بوجود منطقتين أصغر لغلق الآثار. الشكل 4-2 عبارة عن أحد الرسومات البيانية لحلقتين دائريتين أصغر وحلقة واحدة عازلة كبيرة تزيد على قطر القطاع العرضي بمقدار الضعف.

الشكل 4-2، القطاع العرضي لعدد 2 من الحلقات العازلة وأطراف الموصل الداخلي "دوج بون"

الميزة الثانية للموصل الداخلي "دوج بون" هي السماح بعدم محاذاة أنابيب عناصر المياه المنتجة. ولا تستقيم أطراف أنبوب مياه المنتج بشكل طبيعي نظراً لأن أحد أطراف العنصر عبارة عن غالق للمحلول الملحي بينما لا يوجد في الطرف الآخر. ويوجد غالق المحلول الملحي بشكل طبيعي في منتصف أحد أطراف العنصر بوعاء الضغط بينما يتراخي الطرف الذي لا يوجد به المحلول الملحي ويتدلى. يبين الشكل 4-3 عدم المحاذاة

لعنصرين مع صورة مكبرة للموصل الداخلي بمفرده. ونظرًا لأن لكل وصلة بينية حلقة عازلة مفردة في كل طرف تكون ضيقة من المنتصف، فإنه يمكن محورة وتصحيح عدم المحاذاة الموجودة في أنابيب المياه الناتجة.

#### الشكل 4-3، عدم المحاذاة في أنبوب المياه الناتجة

الميزة الثالثة للموصل الداخلي "دوج بون" هو أن الحلقة العازلة ذات القطاع العرضي الأكبر تكون لها فرصة أقل في "التدحرج" من الحز المحفور المصمم للحلقة. وعندما تقوم الأجزاء المغلقة للحلقة العازلة بالانزلاق للأمام وللخلف، تكون الحلقة العازلة عرضة للبروز للخارج في الفجوة الموجودة بين الجزئيين. في تصميم كلا الموصلين البينيين، تتساوى الفجوة الموجودة بين الأجزاء. ونظرًا لأن النسبة بين قطر الحلقة العازلة والمساحة العرضية للفجوة أكبر بكثير بالنسبة للموصل البيني دوج بون، فإن هناك فرصة ضئيلة للغاية لخروج الحلقة العازلة من الحز المحفور المخصص لها وتعرض الغالق للتلف أو الضياع.

#### 4-5-2 ملخص الموصلات البينية للعناصر الكبيرة

يلخص الجدول 4-1 نطاق الموصلات الداخلية المستخدمة من قبل FilmTec لعناصر يبلغ قطرها 8 بوصة. ويوضح أيضًا رقم جزء الوصلة البينية ورقم الجزء وتكافؤ الحلقة الدائرية في حالة الحاجة إلى استبدالها أثناء صيانة النظام.

#### الجدول 4-1 ملخص الموصل البيني (قارنة) من FILMTEC

#### 4-6 تركيب فاصل العناصر (مباعد)

في بعض الأمثلة يكون من المفضل الحد من كمية الماء التي ينتجها نظام الأغشية. وفي الأنظمة الكبيرة غالباً ما يتم القيام بذلك من خلال إيقاف تشغيل مجموعة العناصر. وفي الأنظمة الأخرى يتم خفض ضغط التغذية، إلا أن خفض ضغط التغذية سوف يقلل من جودة المياه بشكل عام. ومن ثم فإنه قد يكون من الضروري إزالة عناصر الرئيسية من النظام وتركيب فواصل العناصر (المباعدات) بدلاً من ذلك.

يعتبر فاصل العناصر (المباعد) الذي يطلق عليه كذلك (الرجل الميت) هو ببساطة أنبوب مياه قياسي للمنتج دون فتحات نافذة. ويعتبر التركيب الصحيح له هاماً من أجل كل من السلامة والأداء. ولا يمكن تركيب سوى فاصل واحد عن كل وعاء ضغط ويجب دائماً تركيبه في موضع العنصر الأول أو العنصر الرئيسي. وإذا تم وضعه في أي موضع آخر، فقد يتصدع أو ينهار بسبب القوة الموضوعة على أنبوب مياه المنتج.

لتركيب الفاصل:



1. أزل العنصر من موضعه الأول أو الرئيسي.
  2. أزل المهائئ والموصل البيني الأول وقم بفحصهما وتأكد من أن الحلقات الدائرية غير محكمة الغلق وكذلك مجموعة الضغط (المسطحة من أحد الجانبين)، أو غير ذلك تالفة. استبدل الحلقة الدائرية عندما يستلزم الأمر ذلك.
  3. أدخل الموصل البيني في الفاصل وادفع الفاصل/ الموصل البيني في موضع العنصر الثاني.
  4. ادخل المهائئ ثم استبدل رأس وعاء الضغط. وقد يكون من المفيد القيام بالإدخال الجزئي للموصل البيني والمهائئ لترك مساحة لمحاذاة الأجزاء. وبدلاً من ذلك، يمكن إدخال عصا توجيه عبر فتحة النفاذ في رأس الوعاء لحمل الفاصل بشكل محاذي مع دفع الأجزاء سويًا.
- يظهر الشكل 4-4 فاصل عنصر مركب بصورة صحيحة في وعاء ضغط.

## 5- تشغيل النظام

### 1-5 مقدمة

يعتمد الأداء الناجح طويل الأمد لنظام الأغشية على التشغيل الصحيح والصيانة المناسبة للنظام. وهذا يشمل التشغيل الأولي للمحطة وعمليات بدء التشغيل وإيقاف التشغيل والتنفيذية. إن منع تلوث الاغشية وتقسرها وانسدادها وانحلالها بفعل الأكسدة ليس أمراً متعلقاً بالتصميم فحسب بل يتعلق بعملية التكليف والتشغيل المناسبين. ويلزم الاحتفاظ بالسجلات وتنظيم البيانات لمعرفة الأداء الفعلي للمحطة والتمكن من اتخاذ إجراءات تصحيحية عند الضرورة. كما يلزم حفظ سجلات كاملة ودقيقة في حالة المطالبة بضمان أداء النظام.

### 2-5 التشغيل الأولي

قبل بدء إجراءات التشغيل الأولي، يجب استكمال فحص عمليات المعالجة التحضيرية وتحميل عناصر الأغشية ومعايرة الأدوات وفحوصات الأجهزة الأخرى.

### 1-2-5 المعدات

يتم إجراء عملية التشغيل الأولية بعد تحميل العناصر مباشرة. ويتم إدراج المواد الضرورية لتحميل العناصر في القسم الفرعي 1-4، الإعداد. وبالنسبة لبدء التشغيل فينصح بتوفر المعدات الإضافية التالية - والتي ينبغي أن تكون جزءاً من معدات الموقع:

- نظارات وقاية عند العمل مع المواد الكيميائية

- مقياس حرارة
- جهاز قياس الحموضة
- جهاز قياس الدرجة التوصيلية (النطاق: من توصيلية المنتج المنقى إلى المادة المركزة)
- معدات قياس مؤشر كثافة الطمي
- مواد كيميائية كافية للتنظيف والتعقيم والحفظ.
- مقياس لوزن عنصر واحد
- عناصر بديلة
- منصة اختبار عناصر فردية (للأنظمة الكبيرة < 500 عنصر).
- زجاجات لعينات الماء:
  - الحجم: 125 مللي لتر على الأقل
  - المادة: بولي إيثيلين عالي الكثافة HDPE
  - العدد: كافي لأخذ عينات الماء الخام وتغذية النظام ومنتج نفاذ النظام ومركز النظام. في حالة وجود نظام به أكثر من تسلسل، يتم أخذ عينة من كل تسلسل بصورة منفصلة. وفي حالة الأنظمة المكونة من أكثر من مرحلة، تتم إضافة عينات المنتج المنقى للمراحل الفردية وعينات التغذية/المادة المركزة بين المراحل. يجب توفير ظروف تشغيل نظام الأغشية أثناء أخذ العينات.
- معدات التحليل الخاصة بما يلي:
  - إجمالي التصلد
  - الكالسيوم
  - الفلوية
  - الكلور
  - الكبريت
  - الحديد
  - السليكا
  - الكلور الحر
  - جهد الأكسدة والاختزال
  - إجمالي الكربون العضوي
  - اللون (حاوية بيضاء كبيرة قد تقي بغرض اكتشاف اللون في المنتج المنقى)

## 5-2-2 فحوصات ما قبل بدء التشغيل واختبارات التشغيل

بعد إضافة العناصر إلى أوعية الضغط وقبل بدء تشغيل وحدة الغشاء، تأكد من أن قسم المعالجة التحضيرية بالكامل يعمل وفقاً للمواصفات. وفي حال تضمنت المعالجة التحضيرية تغيير الخصائص الكيميائية للمواد الخام، عندها يجب إجراء تحليل كامل للماء الداخِل لوحدة الغشاء. فضلاً عن ذلك فإنه يجب تحديد غياب الكلور وعكارة المياه ومؤشر كثافة الطم.

يجب أن يكون مأخذ الماء الخام مستقراً من حيث:

- التدفق
- مؤشر كثافة الطمي
- التعكر
- درجة الحرارة
- درجة الحموضة
- الموصلية
- البكتريا (إجمالي الصفائح القياسية)

ينصح بإجراء عمليات التحقق التالية لنظام المعالجة التحضيرية ووحدة الغشاء من أجل بدء التشغيل الأولي (يجب تضمين النتائج في تقرير بدء التشغيل):

### قائمة التحقق والمراجعة في مرحلة ما قبل التشغيل

- استخدام المواد المقاومة للتآكل لجميع المواد من مصدر الإمداد إلى الغشاء بما في ذلك الأنابيب والأوعية والأدوات والأجزاء المبللة من المضخة.
- أن تكون جميع الأنابيب والمعدات متوافقة مع ضغط التصميم
- أن تكون جميع الأنابيب والمعدات متوافقة مع نطاق درجة الحموضة المخطط له (التنظيف).
- حماية جميع الأنظمة والمعدات ضد التآكل الجلفاني
- شطف مرشحات الوسائط وغسلها عكسياً بالماء
- تركيب مرشحات خرطوشة جديدة/نظيفة بصورة مباشرة ضد تيار مضخة الضغط العالي.
- تنظيف خط التغذية بما في ذلك مشعب التغذية المتناضح العكسي قبل توصيل أوعية الضغط.
- تواجد نقاط الإضافة الكيميائية في مكان مناسب.
- التأكد من تركيب صمامات منع الطرد في خطوط الإضافة الكيميائية.
- توجد قيود وشروط لخلط المواد الكيميائية في تيار التغذية

- ملء خزانات المواد الكيميائية للجرعة بالمواد الكيميائية المناسبة
- توجد قيود وشروط لمنع نظام التناضح العكسي عند إغلاق مضخات الجرعة.
- توجد قيود وشروط لمنع مضخات الجرعة من العمل عند إغلاق نظام التناضح العكسي .
- إذا تم استخدام الكلور، فلا بد من توافر مخصصات لضمان النزع الكامل للكلور قبل الأغشية.
- مدى سماح الأجهزة والأدوات المخطط لها للتشغيل المناسب والرقابة على المعالجة التحضيرية ونظام التناضح العكسي (انظر القسم الفرعي 3-13-5)
- تركيب الأجهزة الموجهة وعملها.
- التحقق من معايرة الأجهزة
- تركيب حماية تخفيف الضغط وضبطه بشكل صحيح.
- توجد قيود وشروط لمنع ضغط المنتج المنقى من تجاوز ضغط التغذية/المادة المركزة بمقدار 5 رطل على البوصة (0.3 بار) في أي وقت.
- ضبط التشابكات ومرحلات التأخير الزمني وأجهزة الإنذار.
- توجد قيود وشروط لأخذ عينات المنتج المنقى للأتماط الفردية.
- توجد قيود وشروط لأخذ عينات المواد الخام والتغذية وتدفقات المادة المركزة من كل مرحلة والتدفق الإجمالي للمنتج المنقى من المحطة.
- توصيل أنابيب أوعية الضغط بصورة صحيحة لكل من وضعي التشغيل والتنظيف.
- تأمين أوعية الضغط حتى الحامل أو الإطار وفق تعليمات جهات التصنيع.
- العمل بتدابير الأمان المذكورة في القسم 4 تجميع وتحميل أوعية الضغط
- حماية الأغشية من درجات الحرارة المرتفعة (التجميد بالتبريد وأشعة الشمس المباشرة وعادم السخان وغير ذلك).
- جاهزية المضخات للعمل: محاداتها وتشحيمها وتدويرها بشكل مباشر .
- إحكام ربط التجهيزات
- تركيب نظام التنظيف وجعله في وضع الاستعداد
- أن يكون خط المنتج المنقى مفتوحاً
- توجيه تدفق المنتج المنقى (في أنظمة المسار المزدوج، توفر مخصصات لغسل المسار الأول دون مرور المنتج المنقى بالمسار الثاني).
- التأكد من كون صمام التحكم في دفع الطرد مفتوحاً.

□ التأكد من إحكام غلق تدفق التغذية و/أو صمام تحويل المضخة مفتوح للحد من تدفق التغذية لأقل من 50% من تدفق تغذية التشغيل.

### 3-2-5 تسلسل بدء التشغيل

يعتبر بدء تشغيل أنظمة معالجة مياه التناضح العكسي والترشح المتناهي الدقة أمراً أساسياً لإعداد الأغشية لخدمة التشغيل ومنع تلف الأغشية بسبب الضغط/التدفق المفرط أو الصدمة الهيدروليكية. وعقب تسلسل بدء التشغيل السليم تتم المساعدة في ضمان توافق معلمات تشغيل الأنظمة مع ظروف التشغيل حتى يتم تحقيق جودة المياه وأهداف الإنتاجية. ويعتبر قياس أداء النظام الأولي جزءاً هاماً من عملية بدء التشغيل. حيث تعتبر نتائج التقييم الموثقة علامات إرشادية يمكن من خلالها قياس أداء تشغيل الأنظمة المستمر.

وفيما يلي تسلسل نظام تشغيل أنظمة التناضح العكسي:

### تسلسل بدء التشغيل النموذجي

(أ) قبل بدء تسلسل التشغيل، يتم غسل قسم المعالجة التحضيرية بدقة لإزالة الحطام وغيره من الملوثات دون السماح للتغذية بالدخول إلى العناصر. تابع فحوصات ما قبل التشغيل المذكورة في القسم الفرعي 2-2-5، وفحص ومراجعة ما قبل التشغيل واختبار التشغيل.

(ب) التحقق من جميع الصمامات لضمان صحة الإعدادات. ويجب أن تكون صمامات التحكم في ضغط التغذية وصمامات التحكم في مادة التركيز مفتوحة بالكامل.

(ج) استخدم مياه ذات ضغط منخفض وفق معدل تدفق منخفض لإخراج الهواء من العناصر ومن أوعية الضغط. الدفق عند مقياس ضغط بقيمة 30 إلى 60 رطل على البوصة (0.2 - 0.4 ميغا باسكال). ويجب توجيه جميع تدفقات المنتج المنقى ومادة التركيز إلى مصرف تجميع نفايات مناسب أثناء الدفق.

قد يؤدي الهواء الموجود في العناصر و/أو أوعية الضغط إلى قوى مفرطة على العنصر في اتجاه التدفق أو في اتجاه الشعاعي والتسبب في تصدع الألياف الزجاجية، إذا تمت زيادة التغذية بسرعة كبيرة (انظر أيضا القسم 8 استكشاف الأعطال وإصلاحها).

(د) أثناء عملية الدفق، يتم فحص جميع موصلات الأنابيب والصمامات بحثاً عن تسربات. إحكام ربط التوصيلات عند الضرورة.

(هـ) بعد دفق النظام بحد أقصى 30 دقيقة، يتم غلق صمام التحكم في ضغط التغذية.

(و) التحقق من أن صمام التحكم في التركيز مفتوح.

إذا تم البدء في حالة كان صمام التركيز مغلقاً أو شبه مغلق فقد يؤدي ذلك إلى تجاوز الاسترجاع وهو ما قد يؤدي إلى التفشر.

(ز) يعمل التصدع البطيء على فتح صمام التحكم في ضغط التغذية (يجب أن يكون ضغط التغذية أقل من 60 رطل على البوصة المربعة / 0.4 ميغا باسكال)

(ح) بدء تشغيل مضخة الضغط العالي.

(ط) يعمل فتح صمام التحكم في الضغط على زيادة ضغط التغذية ومعدل تدفق التغذية لعناصر الأغشية حتى يتم الوصول إلى تدفق تركيز التصميم. ويجب أن لا يزيد ضغط التغذية للعناصر عن 10 رطل على البوصة (0.07 ميغا باسكال) في الثانية لتحقيق بداية سلسلة. الاستمرار في إرسال جميع تدفقات المنتج المنقى إلى مصرف تجميع نفايات مناسب.

إذا حدثت زيادة في ضغط التغذية و/أو معدل تدفق التغذية بسرعة كبيرة، فإن تسكين العناصر يتضرر بفعل القوة المفرطة في تدفق التغذية و/أو في التوجيه الإشعاعي - ولاسيما إذا أدى الهواء في النظام إلى الاصطدام الرتلي و/أو تصدع هيكل الألياف الزجاجية انظر القسم 8، استكشاف الأعطال وإصلاحها).

(ي) قم بإغلاق صمام التحكم في التركيز ببطء حتى يتم الاقتراب من معدل تدفق المنتج المنقى بحيث لا يتجاوز معدل التصميم (الاسترداد). الاستمرار في التحقق من ضغط النظام لضمان عدم تجاوزه حد التصميم العلوي.

(ك) كرر الخطوات "ط" و"ي" لحين الحصول على تدفقات المنتج المنقى والتركيز.

(ل) احسب معدل استرجاع النظام وقارنه بقيمة تصميم النظام.

(م) تحقق من إضافة المواد الكيميائية للمعالجة التحضيرية (الحامض ومثبط التفشر وميتا كبريتيد الصوديوم في حال تم استخدامهم). قياس درجة حموضة مياه التغذية.

(ن) تحقق من مؤشر لانجيلير للتشبع أو مؤشر ستيف ودافيز للثبات لمادة التركيز من خلال قياس درجة الحموضة والتوصيلية وصلادة الكالسيوم ومستويات الكلورية ثم إجراء الحسابات الضرورية.

(س) السماح للنظام بالتشغيل لمدة ساعة.

(ع) قم بتسجيل القراءة الأولى لجميع مؤشرات التشغيل.

(ف) تحقق من توصيلية المنتج المنقى في كل وعاء ضغط للتحقق من أن جميع الأوعية تتوافق مع توقعات الأداء (الأوعية ذات الحلقات الدائرية المتسرية أو أي أدلة أخرى على الأعطال يتم التعرف عليها من أجل القيام بالإجراءات التصحيحية).

(ص) من بعد 24 إلى 48 ساعة من التشغيل، يتم مراجعة جميع بيانات المصنع المسجلة مثل ضغط التغذية والضغط التفاضلي ودرجة الحرارة والتدفقات والاستعادة وقراءات التوصيل (يرجى الرجوع إلى **القسم الفرعي 5-6**). وفي نفس الوقت، يتم أخذ عينات من مياه التغذية والتركيز والمنتج المنقى لتحليل مكوناتهم.

(ق) مقارنة أداء النظام لتصميم القيم

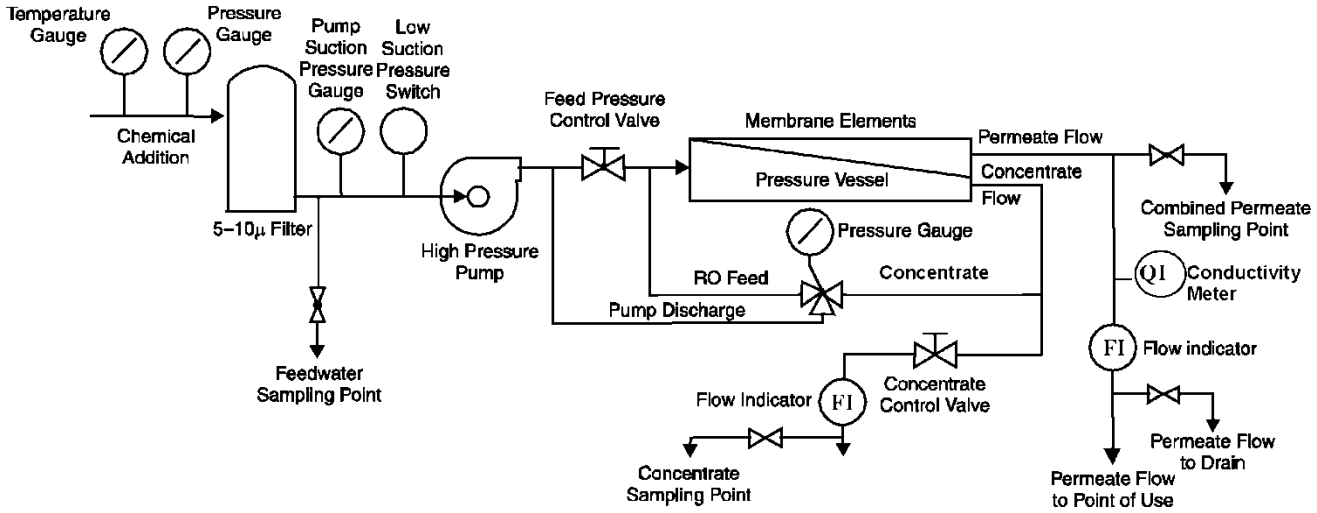
(ر) التأكد من عمل الأجهزة الميكانيكية وأجهزة السلامة.

(ش) تحويل تدفق المنتج المنقى من التصريف إلى وضع الخدمة العادي.

(ت) قفل النظام على وضع التشغيل التلقائي

(ث) استخدم معلومات النظام الأولية التي تم الحصول عليها في الخطوات "ع" و"ص" كمرجع لتقييم أداء النظام المستقبلي. قياس أداء النظام بصورة منتظمة أثناء الأسبوع الأول من التشغيل لضمان الأداء المناسب أثناء مرحلة الأولية الهامة.

**الشكل 1-5 نظام التناضح العكسي / الترشيح المتناهي الدقة التقليدي**



#### 4-2-5 أداء بدء تشغيل نظام الغشاء واستقراره

يعتمد أداء بدء تشغيل نظام غشاء التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة والوقت المطلوب لتحقيق الأداء المحقق على ظروف التخزين المسبقة للغشاء. وتصل الأغشية الجافة والأغشية المبتلة المحفوظة- إذا تم تخزينها بصورة مناسبة- إلى نفس الأداء المستقر بعد بضع ساعات أو عدة أيام من التشغيل. ويكون أداء تدفق الأغشية المبتلة مستقرًا منذ البداية بينما تميل الأغشية الجافة إلى البدء وفق معدل تدفق عالٍ إلى حد ما. ويتحسن طرد الملح من أغشية FILMTEC بصورة عامة أثناء الساعات أو الأيام الأولى من العمل ثم يظل مستقرًا بعد ذلك. تستقر الأغشية المبتلة بسرعة أكبر من الأغشية الجافة.

#### 5-2-5 الأنظمة الخاصة: التناضح العكسي مزدوج المسار

عند بدء تشغيل نظام ذو مسار عكسي مزدوج، يجب أن يكون نظام المسار الأول قيد التشغيل لمدة 24 ساعة على الأقل قبل تغذية المسار الأول بالمواد المنتج المنقى إلى أغشية المسار الثاني. وإلا قد ينتج فقد مستمر في التدفق للمسار الثاني. يجب تعديل درجة حموضة مياه التغذية لكلا المسارين بحيث يتم تعديلها وفق أفضل النتائج في الطرد. يتم الحصول على توصيلية لمياه المنتج النهائي > مايكرو سيمنز/ سم بصورة منتظمة من مصادر المياه متوسطة الملوحة مع أنظمة غشاء BWRO مزدوجة المسار.



## 5-2-6 الأنظمة الخاصة: التناضح العكسي للتعقيم الحراري

يجب إجراء تهيئة مسبقة لعناصر التعقيم الحراري HSRO الجديدة قبل التعرض للمياه الساخنة. ارجع إلى [القسم الفرعي 6-10-4](#), تعقيم حراري.

### 3-5 بدء تشغيل العمليات

فور بدء تشغيل النظام الغشائي، يكون من الأفضل الاستمرار في تشغيله في ظروف ثابتة. وفي الواقع، يتعين إغلاق محطات الأغشية وإعادة تشغيلها على فترات قصيرة. وينتج عن دورات التشغيل/الإيقاف تغييرات في الضغط والتدفق، مما ينتج عنه إجهاداً ميكانيكياً للعناصر الغشائية. لذلك، يجب التقليل من تواتر التشغيل/الإيقاف، مع لزوم أن يكون تتابع بدء تشغيل العمليات المنتظمة يسيراً قدر الإمكان. ومبدئياً، يُوصى بنفس التتابع لأجل بدء التشغيل الأولي. والأكثر أهمية من ذلك هو زيادة ضغط التغذية ببطء، خاصةً لمحطات مياه البحر.

وتتم ميكنة تتابع بدء التشغيل المعتاد من خلال استخدام وحدات التحكم المبرمجة والصمامات العاملة عن بُعد. ويجب التحقق من معايرة وصيانة الأجهزة والمعدات وعمل أجهزة الإنذار والسلامة ومنع التآكل والتشغيل الخالي من التسريب على أساس منظم.

### 4-5 إغلاق أنظمة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

يُصمم نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة عادةً من أجل تشغيله بشكل متواصل. غير أنه، وفعلياً، سيبدأ تشغيل الأنظمة الغشائية وإغلاقها على فترات قصيرة. وعند إغلاق النظام الغشائي، يجب دفع النظام بصورة تفضيلية بالماء المنتج المنقى أو، بدلاً من ذلك، بماء التغذية عالي الجودة؛ ومن أجل إزالة تركيزات الملح عالية الجودة من أوعية الضغط، حتى تتوافق توصيلية المادة المركزة مع توصيلية مياه التغذية. ويتم القيام بالتدفق عند ضغط منخفض (حوالي 40 رطل للبوصة المربعة/3 بار). وفي بعض الأحيان، يكون معدل تدفق التغذية المرتفع مفيداً بالنسبة لتأثير التنظيف، غير أنه لا يجب تجاوز أقصى انخفاض في الضغط لكل عنصر وكل وعاء متعدد العناصر، وفقاً لما ذكرته صفحة معلومات المنتج الخاصة بأغشية TMFILMTEC. وخلال الدفع منخفض الضغط، عادة ما تتعرض أوعية المرحلة الأخيرة من النظام محدد المراحل للمادة المركزة إلى أعلى معدلات من تدفق التغذية، ولذلك، فهي تظهر أعلى انخفاض للضغط.

يجب ألا يحتوي الماء المستخدم في الفيضان على أية مواد كيميائية مستخدمة للمعالجة التحضيرية، وخاصة الخالية من مانعات التقرُّش. لذلك يتم إيقاف أي حقن للمواد الكيميائية (إن كانت مستخدمة) قبل الفيض. وبعد فيضان النظام، تُغلق صمامات التغذية بالكامل. وإذا انتهى خط المادة المركزة في تصريف أدنى من مستوى أوعية الضغط، فيمكن استخدام كابح هوائي في خط المادة المركزة عند موضع أعلى من وعاء الضغط الأعلى. ومن ناحية أخرى، يمكن تفريغ الأوعية باستخدام تأثير الدفع.

عند إغلاق مضخة الضغط العالي، مع عدم فيضان جانب التغذية/المادة المركزة باستخدام الماء المنتج المنقى، سيحدث التدفق العكسي للمادة المنتج المنقى عن طريق التناضح الطبيعي. وغالباً ما يُشار إلى هذا التدفق العكسي على أنه السحب العكسي أو الشفط العكسي للمادة المنتجة النقية. ويمكن أن يوفر الشفط العكسي للمادة المنتج المنقى بمفرده أو مع فيض جانب التغذية أثر التنظيف النافع. ومن أجل ملاءمة الشفط العكسي للمادة

المنتجة النقية، يجب إتاحة كمية كافية من الماء لمنع سحب التلخلل أو شفت الهواء عكسياً في عنصر الغشاء. ومن أجل تحديد أبعاد خزان السحب العكسي، انظر القسم الفرعي 3-13-6.

وفي حال تم ضغط خط المنتج المنقى خلال العمل وإغلاق النظام، فقد يتعرض الغشاء إلى الضغط العكسي المنتج المنقى الساكن. ولتفادي تضرر الغشاء من الضغط العكسي، يجب أن لا يتجاوز الضغط العكسي للمنتج المنقى الساكن 5 رطل للبوصة المربعة (0.3 بار) في أي وقت. كما يمكن استخدام الصمامات القلابة أو صمامات التصريف الجوي في خط المنتج المنقى لحماية الغشاء. وتحتاج صمامات الحماية هذه للعمل أيضاً وبصورة خاصة في حالة الإغلاق غير المجدول، كإيقاف التيار الكهربائي أو الإغلاق في حالات الطوارئ. عندما يتعين إغلاق النظام لأكثر من 48 ساعة، عليك مراعاة ما يلي:

- أن لا تجف العناصر. أن لا تفقد العناصر الجافة فيضانها بشكل نهائي.
- يتم حماية النظام بشكل كامل من النمو الحيوي الدقيق أو يُنفذ الفيض المنتظم كل 24 ساعة.
- ومت استلزم الأمر، يتم حماية النظام من درجات الحرارة المرتفعة.

قد يتم إيقاف محطة الغشاء لمدة 24 ساعة دون تحفظات أو احتياطات للتلوث الحيوي الدقيق. وإذا لم يتوافر ماء التغذية كل 24 ساعة، فيلزم الحفظ بالمواد الكيميائية لفترات توقّف أطول من 48 ساعة. انظر القسم الفرعي 4-7 للتعرف على مزيد من اعتبارات وضع المتابعة.

## 5-5 تعديل معايير التشغيل

### 5-5-1 مقدمة

يُصمم نظام الغشاء على أساس مجموعة محددة من البيانات، مثل تدفق المنتج المنقى وتكوين ماء التغذية ودرجة الحرارة. وفي الواقع، يجب أن يكون تشغيل المحطة مرناً في الاستجابة للاحتياجات أو الظروف المتغيرة.

### 5-5-2 الماء متوسط الملوحة

إن الطريقة المعتادة لتشغيل محطات التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة للماء متوسط الملوحة هي الاحتفاظ بالتدفقات، وبذلك، يثبت الاسترجاع عند قيم التصميم. وأي تغيير في فيض الغشاء، مثلاً، عن طريق درجة الحرارة أو التلوث، يتم تعويضه من خلال تعديل ضغط التغذية. لكن لا يجب أن يتم تجاوز أقصى ضغط للتغذية المحددة أو أن يتم التغاضي عن الكثير من التلوث (بخصوص التنظيف، انظر القسم 6، التنظيف والتعقيم).

في حال تغيير تحليل ماء التغذية مع زيادة إمكانية النقش، يجب خفض استرجاع النظام أو أن تُتبع التدابير الأخرى لتتماشى مع الوضع الجديد. انظر القسم 2، كيمياء الماء والمعالجة التحضيرية.

يعد الموقف الأكثر شيوعاً هو لزوم تعديل قدرة المنتج المنقى للمحطة وفقاً للاحتياجات. وعادة، تُصمم القدرة الاستيعابية بالصورة التي تلبي احتياجات الذروة. وبوجه عام لا يُنصح بالتشغيل مع القدرة الاستيعابية الزائدة. وبذلك يُقصد بالتعديل تقليل ناتج المنتج المنقى المصممة. وتعد الطريقة الأسهل هي إغلاق المحطة عندما لا تكون هناك حاجة لأي مادة نافذة. لكن يمكن للترار المتزايد لبدء التشغيل/الإيقاف أن يخفض من أداء الأغشية ومدة عملها. كما يمكن استخدام خزان التغذية للسماح بالتشغيل الأكثر ثباتاً.

كذلك، فإن تقليل ضغط التغذية هو طريقة أخرى لتقليل تدفق المنتج المنقى. والأفضل، أن يتم ذلك عن طريق استخدام مضخة يمكن التحكم في سرعتها بغرض توفير الطاقة. وعادة ما يتم المحافظة على ثبات استرجاع النظام عند تقليل تدفق المنتج المنقى. وينبغي ضمان عدم تجاوز استرجاعات العنصر الواحد حدودها، وذلك عن طريق تحليل النظام، باستخدام برنامج حاسوبي (انظر **القسم 3**، تصميم النظام). وخلال عمليات التدفق المنخفض، تكون إزالة ملح النظام أقل خلال تشغيل التدفق المصمم. وأيضاً فإنه يجب عليك التأكد من المحافظة على الحد الأدنى من تدفقات المادة المركزة خلال تشغيل التدفق المنخفض.

### 3-5-5 مياه البحار

مبدئياً يتم تعديل مؤشرات تشغيل محطات مياه البحر بنفس طريقة استخدامات المياه متوسطة الملوحة. إلا أن الحد الأقصى من ضغط التغذية المسموح به في صفحة معلومات المنتج والمواد الصلبة الذائبة الكلية في المنتج المنقى غالباً هي عوامل التقييد.

يمكن تعويض انخفاض في درجة حرارة مياه التغذية من خلال زيادة ضغط التغذية إلى الحد الأقصى. وبمجرد الوصول إلى الحد الأقصى من الضغط تتسبب درجة الحرارة المتزايدة في انخفاض تدفق المنتج المنقى.

أما درجة الحرارة الزائدة فيتم تعويضها من خلال خفض الضغط. إلا أن ذلك لا يكون ذلك متاحاً، إلا إذا لم يتم تجاوز الحد الأقصى من المواد الصلبة الذائبة الكلية في المنتج المنقى. وبدلاً من ذلك، يمكن التعويض عن درجة الحرارة المتزايدة من خلال إخراج عدد من أوعية الضغط من الخدمة. ومن خلال خفض مساحة الغشاء الفعالة، يتم الحفاظ على ثبات ضغط التغذية والمواد الصلبة الذائبة الكلية في المنتج المنقى. ويجب إجراء تحليل للنظام للتأكد من عدم تجاوز الحد الأقصى من تدفقات المنتج المنقى. وعند إخراج بعض الأوعية من الخدمة، يجب عزلها وحفظها بصورة صحيحة.

يمكن التعويض عن الزيادة في ملوحة مياه التغذية من خلال زيادة ضغط التغذية إلى الحد الأقصى. إذا لم يكن من الممكن إجراء زيادة إضافية في الضغط عندها يجب قبول تدفق منخفض للمنتج المنقى واسترجاع النظام. وتسمح درجة ملوحة مياه التغذية المنخفضة بخفض ضغط التغذية و/أو زيادة استرجاع النظام و/أو زيادة تدفق المنتج المنقى.

وعادة ما يتم تعديل سعة المنتج المنقى إلى الحد المنخفض من خلال خزانات منتج ذات أبعاد نسبية كافية. وتتقسم المحطات الكبيرة إلى عدد من السلاسل المتماثلة. ثم بعد ذلك يمكن تعديل عدد سلاسل الخدمة وفق الاحتياجات.

## 6-5 حفظ السجلات

### 1-6-5 مقدمة

للتمكن من متابعة أداء وحدة التناضح العكسي، فمن الضروري جمع كل البيانات المتعلقة بذلك وتسجيلها والاحتفاظ بها في ملف. وبعيداً عن متابعة الأداء، تعد سجلات التشغيل أدواتاً قيمة للتعرف على المشكلات وحلها كما توجد حاجة إليها في حالات مطالبات الضمان.

هذا الفصل للتوجيه العام فحسب ولا يجوز استخدامه بدلاً من دليل التشغيل الخاص بمحطة محددة. وتمنع العوامل المعتمدة على الموقع توصيات محددة لجميع عمليات الحفظ بالسجلات. ومن ثم فإنه لا يتم تناول سوى عملية الحفظ العام بالسجلات في هذا القسم.

### 2-6-5 تقرير بدء التشغيل

- يقدم وصفاً كاملاً لمحطة التناضح العكسي. ويمكن القيام بذلك من خلال استخدام مخطط عمليات التدفق ومعدات وأدوات وقائمة المواد لتوضيح مصدر الماء ونظام المعالجة التحضيرية وتهيئة التناضح العكسي ونظام ما بعد المعالجة.
- يتم وضع نتائج الفحص وفقاً لقائمة الفحص (القسم الفرعي 2-2-5) وفحص ما قبل التشغيل واختبار بدء التشغيل)
- تقديم منحنيات المعايرة لجميع العدادات وأجهزة القياس بناءً على توصيات جهة التصنيع.
- تسجيل الأداء الأول للتناضح العكسي ونظام المعالجة التحضيرية على النحو الموضح أدناه.

### 3-6-5 بيانات تشغيل التناضح العكسي

يجب تسجيل البيانات التالية وإدخالها في سجل تشغيل مناسب مرة كل سجل على الأقل، ما لم يرد خلاف ذلك (انظر الجدول 1-5 للاطلاع على أحد الأمثلة).

- تاريخ ووقت وساعات التشغيل
- هبوط الضغط لكل خرطوشة مرشح وكل مرحلة.
- ضغط التغذية والمنتج المنقى والمادة المركزة في كل مرحلة.
- تدفقات المنتج المنقى والمادة المركزة في كل مرحلة.
- درجة توصيل تدفقات التغذية والمنتج المنقى والمادة المركزة لكل مرحلة. ودرجة توصيل المنتج المنقى لكل وعاء ضغط أسبوعياً.

- المواد الصلبة الذائبة الكلية لتدفقات التغذية والمنتج المنقى والمادة المركزة لكل مرحلة. ويتم حساب المواد الصلبة الذائبة الكلية من تحليل المياه. ويمكن حسابها كذلك من خلال درجة التوصيل (عند 25 درجة مئوية)  $EC_{25}$  وعامل K مناسب:

$$TDS = K EC_{25}$$

- يجب تحديد العامل K لكل تدفق محدد. وتظهر عوامل K القياسية في الجدول 5-2.
  - درجة حموضة التغذية وتدفقات المنتج المنقى والمادة المركزة.
  - مؤشر كثافة الطمي أو عكارة مجرى تغذية التناضح العكسي أو كليهما
  - درجة حرارة مجرى التغذية
  - مؤشر لانجيلير لتشبع مجرى المادة المركزة من المرحلة الأخيرة (جريان المادة المركزة  $> 10.000$  مللي غرام على اللتر من المواد الصلبة الذائبة الكلية).
  - مؤشر ستيف ودافيز لمجرى المادة المركزة من المرحلة الأخيرة (جريان المادة المركزة  $< 10.000$  مللي غرام على اللتر).
  - معايرة جميع العدادات وأجهزة القياس بناءً على توصيات جهة التصنيع من حيث الطريقة وعدد المرات لكن بما لا يقل عن مرة كل ثلاثة أشهر.
  - أية حوادث استثنائية مثل اضطراب مؤشر كثافة الطمي ودرجة الحموضة والضغط والتوقفات عن التشغيل.
  - تحليل كامل لتدفقات مياه التغذية والمنتج المنقى والمادة المركزة والماء الخام عند بدء التشغيل وفي كل أسبوع بعد ذلك.
- يجب أن يتضمن تحليل المياه ما يلي:

- الكالسيوم
- الماغنسيوم
- الصوديوم
- البوتاسيوم
- السترونتيوم
- الباريوم
- الحديد (الإجمالي والمذاب والحديد ثنائي التكافؤ).
- الألومنيوم (الإجمالي والمذاب)
- البيكربونات
- الكبريت
- الكلور

- النيترات
- الفلوريد
- الفوسفات (الإجمالي)
- السليكا (المذاب)
- إجمالي المواد الصلبة الذائبة
- الموصلية
- درجة الحموضة
- إجمالي الكربون العضوي

الجدول 5-1 سجل تشغيل التناضح العكسي (مثال)

الجدول 5-2 عوامل تقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية من التوصيل

K	EC251 (mS/m)	Water
0.50	0.1 - 1	Permeate
0.55	30 - 80	
0.70	4,500 - 6,000	Seawater
0.75	6,500 - 8,500	Concentrate

5-6-4 بيانات تشغيل المعالجة التحضيرية

ولأن أداء نظام التناضح العكسي يعتمد بصورة كبيرة على التشغيل المناسب للمعالجة المسبقة، فإن خصائص تشغيل أجهزة المعالجة التحضيرية يجب تسجيلها. ولا يمكن تقديم توصيات محددة لجميع عمليات الحفظ بالسجلات لأن المعالجة التحضيرية تعتمد على الموقع. وعادة يجب تسجيل البنود التالية:

- إجمالي تركيز الكلور المتبقي في تغذية التناضح العكسي (يوميًا - إلا إذا كان معروفًا بغيابه الكامل).
- ضغط التفريغ لأي بئر أو مضخات معززة (مرتان يوميًا).
- هبوط ضغط جميع المرشحات (مرتان يوميًا).
- استهلاك الحامض وأية مواد كيميائية (يوميًا - إذا تم استخدامها).
- معايرة جميع العدادات وأجهزة القياس بناءً على توصيات جهة التصنيع من حيث الطريقة وعدد المرات لكن بما لا يقل عن مرة كل ثلاثة أشهر.
- أية حوادث غير استثنائية مثل الاضطرابات وإيقاف التشغيل حال حدوثها.

### 5-6-5 سجل الصيانة

- تسجيل الصيانة الروتينية
- تسجيل الأعطال والتبديلات الميكانيكية
- تسجيل أي تغيير بأماكن عنصر الغشاء مع الأرقام المسلسلة للعنصر
- تسجيل التبديلات أو الإضافات إلى أجهزة التناضح العكسي
- تسجيل معايرة جميع العدادات وأجهزة القياس.
- تسجيل استبدال أو إضافة معدات المعالجة التحضيرية مثل مرشحات الخرطوش وتضمين التاريخ واسم العلامة التجارية والتصنيف الاسمي.
- تسجيل جميع منظفات أغشية التناضح العكسي. تضمين تاريخ ومدة التنظيف وعامل (عوامل) التنظيف والمادة المركزة ودرجة حموضة المحلول ودرجة الحرارة أثناء التنظيف ومعدل التدفق والضغط (لمعرفة إجراءات التنظيف انظر القسم 6, التنظيف والتعقيم).

### 6-6-5 وضع معايير أداء المحطة

يتأثر أداء نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة بتركيب ماء التغذية وضغط التغذية ودرجة الحرارة والاسترجاع. فعلى سبيل المثال، يتسبب انخفاض درجة حرارة التغذية إلى 4 درجات مئوية إلى انخفاض تدفق المنتج المنقى بمقدار 10% تقريباً. إلا أن هذا يعتبر ظاهرة طبيعية.

ويهدف التفريق بين هذه الظواهر الطبيعية وتغيرات الأداء بسبب التلوث أو وجود مشكلات، يجب وضع معيار لتدفق المنتج المنقى المقاس ومرور الملح؛ حيث يعتبر وضع المعايير مقارنة للأداء الفعلي بأداء مرجعي معين مع مراعاة تأثيرات مؤشرات التشغيل في الاعتبار. ويمكن أن يكون أداء المرجع هو الأداء المصمم أو الأداء الأولي المقاس.



يعتبر وضع المعايير فيما يتعلق بأداء النظام المصمم (أو الخاضع للضمان) مفيداً للتحقق من أن المحطة تحقق الأداء المحدد (الخاضع للضمان). كما يعتبر وضع المعايير فيما يتعلق بأداء النظام الأولي مفيداً لإظهار أي تغيرات في الأداء بين اليوم الأول والتاريخ الفعلي.

ينصح بشدة وضع معايير لأداء المحطة لأنه يسمح بالتعرف الأولي على المشكلات المحتملة (مثل التقشر أو التلوث) عند تسجيل البيانات المحددة معاييرها بصورة يومية. وتعتبر الإجراءات العلاجية أكثر فعالية عند اتخاذها في وقت مناسب.

ويتوفر برنامج حاسوبي باسم FTNORM لوضع معايير بيانات التشغيل وإعداد مخططات رسومية لتدفق المنتج المنقى المعياري بالإضافة إلى انخفاض الضغط. يتوفر هذا البرنامج على موقعنا [www.filmtec.com](http://www.filmtec.com) وهو يتطلب وجود برنامج Excel®. وبدلاً من ذلك، يمكن تحويل الأداء المدروس للمحطة في ظروف التشغيل إلى الظروف القياسية (المرجعية) من خلال إجراء الحسابات التالية:

#### أ - التدفق المعياري للمنتج المنقى

$$\begin{aligned} \text{مع} &= \text{ضغط التغذية} \\ &= \text{انخفاض في ضغط الجهاز بمقدار النصف} \\ &= \text{ضغط التغذية} \\ &= \text{الضغط التناضحي لمزيج المادة المركزة للتغذية} \\ &= \text{عامل تصحيح درجة الحرارة} \\ &= \text{تدفق المنتج} \\ &= \text{الظروف القياسية} \\ &= \text{ظروف التشغيل} \end{aligned}$$

يتبع عامل تصحيح درجة الحرارة الصيغة التالية:

$$\text{TCF} = \text{EXP} [2640 \times \{1 / 298 - 1 / (273 + T)\}]; T \geq 25^\circ\text{C}$$

$$= \text{EXP} [3020 \times \{1 / 298 - 1 / (273 + T)\}]; T \leq 25^\circ\text{C}$$

حيث T = درجة الحرارة المئوية.

وباعتبارها ظروفًا قياسية، فإننا نأخذ قيم التصميم أو ظروف الأداء الأولي على النحو المبين في تقرير بدء التشغيل حتى تتوفر نقطة مرجعية ثابتة.

أما بالنسبة للضغط التناضحي، فتتوفر العديد من الصيغ في المطبوعات. يرد أدناه تقريب مختصر صحيح وعملي:

و

حيث  $C_{fc}$  = تركيز المادة المركزة للتغذية

يمكن حساب  $C_{fc}$  من خلال التقريب التالي:

حيث  $Y$  = استعادة الماء العذب من الماء المالح =  $C_f$  = تغذية المواد الصلبة الذائبة الكلية مللي غرام / لتر

ب - يتم حساب المواد الصلبة الذائبة الكلية المعيارية للمنتج المنقى من خلال

ولم يتم تعريف الأطراف الرياضية تحت البند أ وهي:

= تركيز المنتج كأيون بالمللي غرام / للتر  
= الضغط التناضحي للمنتج المنقى بالرطل

مثال

قيم بدء التشغيل:

تحليل مياه التغذية بالمللي غرام/لتر

200	Ca كالسيوم:	152	البيكربونات HCO <sub>3</sub> :
61	Mg المغنسيوم:	552	الكبريت SO <sub>4</sub> :
388	Na صوديوم:	633	كالسيوم Cl:

درجة الحرارة: 59 درجة فهرنهايت (15 انخفاض الضغط: 44 رطل للبوصة المربعة (3 بار)

الضغط:	363 رطل للبوصة المربعة (25 بار)	درجة مئوية)	ضغط المنتج المنقى: 14.5 رطل للبوصة المربعة (1 بار)
التدفق:	660 غالون لكل متر (150 م <sup>3</sup> /ساعة)		إجمالي المواد الذائبة 83 مللي غرام / لتر للمنتج المنقى:
الاسترجاع:	75 %		

القيم بعد 3 شهور:

تحليل مياه التغذية بالملي جرام/لتر

Ca كالسيوم:	200	البكربونات HCO <sub>3</sub> :	152
Mg المغنسيوم:	80	الكبريت SO <sub>4</sub> :	530
Na صوديوم:	480	كالسيوم Cl:	850

درجة الحرارة:	50 درجة فهرنهايت (10 درجات مئوية)	انخفاض الضغط:	58 رطل للبوصة المربعة (4 بار)
الضغط:	406 رطل للبوصة المربعة (28 بار)	ضغط المنتج المنقى:	29 رطل للبوصة المربعة (2 بار)
التدفق:	600 غالون لكل متر (127 م <sup>3</sup> /ساعة)	إجمالي المواد الذائبة 80 مللي غرام/ لتر للمنتج المنقى:	
الاسترجاع:	72 %		

بالنسبة للظروف القياسية المتوفرة لدينا:

$$363 = \text{رطل للبوصة المربعة (25 بار)}$$

$$181.5 = \text{رطل للبوصة المربعة (1.5 بار)}$$

$$1986 = \text{مللي غرام / لتر}$$

$$36.3 = \text{رطل للبوصة المربعة (2.5 بار)}$$

$$= \text{EXP} [3020 \times \{1 / 298 - 1 / (273 + 15)\}] = 0.70 =$$

بالنسبة للظروف التشغيلية المتوفرة لدينا:

$$= 406 \text{ رطل للبوصة المربعة (28 بار)}$$

$$= 29 \text{ رطل للبوصة المربعة (2 بار)}$$

$$= 2292 \text{ مللي غرام / لتر}$$

$$= 39.4 \text{ رطل للبوصة المربعة (2.72 بار)}$$

$$= \text{EXP} [3020 \times \{1 / 298 - 1 / (273 + 10)\}] = 0.58 =$$

عند التعويض عن هذه القيم في المعادلة (1) يعطي:

$$= 636 \text{ غالون لكل متر من التدفق المعياري (144 م}^3\text{/ساعة)}$$

مقارنة بظروف التشغيل، فقدت المحطة نحو 4% من قدرتها الاستيعابية. وهذه قيمة طبيعية بعد فترة 3 شهور. ومازال التنظيف ليس ضرورياً حتى الآن.

يتم الحصول على المواد الصلبة الذائبة الكلية للمنتج المنقى المعياري من المعادلة (2):

$$= 77 \text{ مللي غرام / لتر}$$

مقارنة بالقيمة الأولية 83 مللي غرام/لتر، فقد تحسن طرد الملح إلى حد ما. وهذا السلوك اعتيادي في المرحلة الأولية.

## المراجع

- (1) يونغبيرغ، دي إيه.: بدء تشغيل نظام مياه نقية للتناضح العكسي/الترشح المتناهي الدقة مياه فائقة النقاء، مارس/ إبريل 1986، 46-50.
- (2) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D4472-89 (إعادة الاعتماد 2003): الدليل المعياري لحفظ سجلات أنظمة التناضح العكسي
- (3) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D4516-00: الممارسة المعيارية لوضع معايير بيانات أداء التناضح العكسي.
- (4) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM D4195-88 (إعادة الاعتماد 2003): الدليل المعياري لتحليل المياه لاستخدامات التناضح العكسي
- (5) والتون في آر جي.: التوصيلية الكهربائية وإجمالي الأملاح المذابة - ما العلاقة الدقيقة بينهما؟ تحلية المياه 72 (1989)، 275-292

## 6- التنظيف والتعقيم

### 1-6 مقدمة

إن سطح عشاء التناضح العكسي (RO) عرضة للترسب الملوث من جانب المواد الغريبة التي قد توجد في مياه التغذية مثل الهيدرات وأكاسيد المعادن، ورواسب الكالسيوم، والمواد العضوية والحيوية. ويشمل مصطلح "الترسب" تكوين كل أنواع الطبقات على سطح الغشاء، بما في ذلك التقرن.

تم إعداد المعالجة التحضيرية لمياه التغذية السابقة لعملية التناضح العكسي أساساً لكي تحد من تلوث أسطح الغشاء بقدر الإمكان. ويصحب هذا تركيب نظام معالجة مسبقة ملائم واختيار الظروف المثلى للتشغيل، مثل معدل تدفق المنتج المنقى، والضغط ونسبة استعادة مياه المنتج المنقى.

أحياناً، يحدث الترسب الملوث في أسطح الأغشية عن طريق:

- نظام معالجة مسبقة غير ملائم
- ظروف مضطربة في المعالجة التحضيرية
- اختيار غير مناسب للمواد (المضخات، الأنابيب، وغير ذلك)
- الفشل في نظم وضع الجرعات الكيميائية
- الغسيل غير الملائم بعد الإيقاف
- تحكم غير مناسب في التشغيل
- التكوين البطيء للمترسبات عبر فترات ممتدة (الباريوم، والسليكا)
- التغير في تركيب مياه التغذية
- التلوث الحيوي في مياه التغذية

يظهر الترسب الملوث على أسطح الغشاء نفسه في انخفاض الأداء، ومعدل أدنى لتدفق المنتج المنقى و/أو مرور أعلى للمذابات. أحد الآثار الجانبية للترسب الملوث هو الهبوط المتزايد في الضغط بين جانبي التغذية والمادة المركزة.

ويمكن تنفيذ عملية التنظيف بشكل فعال للغاية بسبب الجمع بين الاستقرار في درجة الحموضة ومقاومة درجة الحرارة الخاصة بالغشاء ومكونات العنصر. ومع ذلك فإذا تأخر التنظيف لفترة طويلة للغاية، قد يكون من الصعب إزالة الملوثات تماماً من سطح الغشاء. ويكون التنظيف أكثر فعالية عندما يتم تعديله ليتناسب مع مشكلة تلوث محددة. وأحياناً يؤدي الاختيار الخاطئ للمواد الكيميائية المنظفة إلى وضع أسوأ. وبالتالي، فلا بد أن يتم تحديد نوع الملوثات على سطح الغشاء قبل التنظيف. وهناك طرق مختلفة للقيام بهذا:

- قم بتحليل بيانات أداء المحطة. تم تقديم التفاصيل في القسم الفرعي 2-8، تقييم أداء وتشغيل النظام.
- قم بتحليل مياه التغذية. ويحتمل بالفعل رؤية مشكلة تلوث هناك.
- افحص نتائج عمليات التنظيف السابقة.
- قم بتحليل الملوثات التي تم جمعها في بطانة مرشح الغشاء التي تستخدم في تحديد قيمة مؤشر كثافة الطمي ( انظر القسم الفرعي 2-5-1).
- قم بتحليل الرواسب على مرشح الخرطوشة.
- قم بفحص السطح الداخلي لأنبوب خط التغذية لليفة حلزونية في نهاية التغذية الخاصة بعنصر FILMTEC™ إذا كان بنياً محمراً، فقد يكون هناك ترسباً ملوثاً بمواد تحوي الحديد. غالباً ما يكون الترسب الحيوي الملوث أو المادة العضوية لزجة أو هلامية.

## 2-6 احتياطات الأمان

1. عند استخدام أية مادة كيميائية مشار إليها هنا أو في أقسام لاحقة، قم باتباع ممارسات السلامة المتفق عليها. استشر منتج المواد الكيميائية من أجل معلومات مفصلة عن الأمان والتعامل معها والتخلص منها.
2. عند تحضير محاليل التنظيف، تأكد من أن كل المواد الكيميائية مذابة ومختلطة جيداً قبل نشر المحاليل عبر العناصر.
3. نوصي بشطف العناصر بمياه جيدة خالية من الكلور (بدرجة حرارة 20 درجة مئوية كحد أدنى) بعد التنظيف. يوصى بمياه المنتج المنقى. ويمكن استخدام المياه الخام غير المعالجة قبل الترشيح أو مياه تغذية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة لشطف محلول التنظيف، ورغم ذلك قد توجد مخاطرة ببقاء مادة تنظيف كيميائية و/أو حدوث ترسب ملوث. ويجب الحرص على التشغيل مبدئياً باستخدام تدفق وضغط منخفضين لشطف الجزء الأعظم من محلول التنظيف من العناصر قبل استئناف العمل تحت الضغوط والتدفقات العادية. وبالرغم من هذا الاحتياط، إلا أنه ستظل مواد التنظيف الكيميائية موجودة في جانب المنتج المنقى بعد التنظيف. وبالتالي، فعند بدء التشغيل بعد التنظيف، لا بد من تحويل المنتج المنقى إلى المصرف لمدة عشر دقائق على الأقل أو حتى يصبح الماء رائقاً.
4. هناك حدود لدرجة الحرارة ودرجة الحموضة أثناء إعادة دوران محاليل التنظيف. يرجى الرجوع إلى جدول 1-6.
5. وبالنسبة للعناصر التي يتجاوز قطرها ست بوصات، لا بد من أن يظل اتجاه التدفق أثناء التنظيف هو نفسه اتجاهه أثناء العملية الطبيعية لمنع تداخل "اصطدام" العناصر لأن حلقة دفع الوعاء يتم تركيبها فقط عند نهاية الطرد الخاصة بالوعاء. وينصح بهذا أيضاً بالنسبة للعناصر الأصغر. تم توضيح معدات التنظيف أدناه.

### جدول 1-6 نطاق درجة الحموضة وحدود درجة الحرارة أثناء التنظيف

Element type	Max Temp 50°C (122°F) pH range	Max Temp 45°C (113°F) pH range	Max Temp 35°C (95 °F) pH range	Max Temp 25°C (77°F) pH range
BW30, BW30LE, LE, XLE, TW30, TW30HP, NF90	Please contact Dow for assistance	1 - 10.5	1 - 12	1 - 13
SW30HR, SW30HR LE, SW30XLE, SW30	Please contact Dow for assistance	1 - 10.5	1 - 12	1 - 13
NF200, NF270	Not allowed	3 - 10	1 - 11	1 - 12
SR90	Not allowed	3 - 10	1 - 11	1 - 12

### 3-6 متطلبات التنظيف

في العملية الطبيعية، يمكن أن يتلوث الغشاء في عناصر التناضح العكسي بسبب تقشر المعادن، والمواد الحيوية، والجسيمات الغروانية، والمكونات العضوية غير القابلة للإذابة. وتتكون الترسبات على أسطح الغشاء أثناء العملية حتى تسبب نقصاً في تدفق المنتج المنقى القياسي، وفقداناً في طرد الملح القياسي، أو الاثنين معاً.

لا بد من تنظيف العناصر عندما ينطبق مؤشر أو أكثر من المؤشرات المذكورة أدناه:

- هبوط تدفق المنتج المنقى القياسي بمقدار 10%
  - زيادة مرور "اجتياز" الملح القياسي بمقدار 5 - 10%
  - زيادة هبوط الضغط القياسي (ضغط التغذية ناقص ضغط المادة المركزة) بمقدار 10 - 15%
- إذا انتظرت لفترة أطول مما ينبغي، فقد لا يستعيد التنظيف أداء عنصر الغشاء بنجاح. وكذلك، يصبح الوقت بين عمليات التنظيف أقصر حيث ستتلوث عناصر الغشاء بالترسب أو التقشر بسرعة أكبر.



ولا بد من قياس وتسجيل الضغط التفاضلي ( $\Delta P$ ) عبر كل مرحلة في صف أوعية الضغط. إذا انسدت قنوات التغذية داخل العنصر، سيزداد الضغط التفاضلي. ولا بد من ملاحظة أن فيض المنتج المنقى سيهبط إذا زادت درجة حرارة مياه التغذية. وهذا طبيعي ولا يشير إلى تلوث الغشاء بالترسيب.

ويمكن أن يؤدي الخلل الوظيفي في المعالجة التحضيرية أو التحكم في الضغط أو الزيادة في الاسترجاع إلى انخفاض في مخرج المياه الناتجة أو زيادة في مرور الملح. وإذا تمت ملاحظة المشكلة، فلا بد من دراسة هذه الأسباب أولاً. قد لا يحتاج العنصر/العناصر إلى تنظيف. وتوفر FilmTec برنامج حاسوب يسمى FTNORM لجعل بيانات أداء أغشية التناضح العكسي الخاصة بـ FILMTEC<sup>TM</sup> قياسية. ويمكن استخدام هذا البرنامج للمساعدة في تحديد توقيت التنظيف ويمكن تحميله من موقعنا ([www.filmtec.com](http://www.filmtec.com)).

#### 4-6 معدات التنظيف

تتضح معدات التنظيف في الشكل البياني التخطيطي لنظام التنظيف (شكل 1-6). ويمكن أن تتراوح درجة حموضة محاليل التنظيف المستخدمة مع عناصر FILMTEC<sup>TM</sup> فيما بين 1 إلى 13 (انظر جدول 1-6)، وبالتالي لا بد من استخدام مواد بناء لا تتآكل في نظام التنظيف.

#### شكل 1-6 الشكل البياني التخطيطي لنظام التنظيف

1. لا بد أن يتم بناء خزان الخلط من البروبيلين المتعدد أو البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (FRP). ولا بد من تزويد الخزان بغطاء قابل للإزالة و مقياس لدرجة الحرارة. وتكون عملية التنظيف أكثر فعالية عندما تتم في وجود مياه دافئة، وننصح بالإبقاء على المحلول وفقاً للدلائل الإرشادية الخاصة بدرجة الحموضة ودرجة الحرارة المدرجة في جدول 1-6. ولا ننصح باستخدام درجة حرارة للتنظيف أقل من 15 درجة مئوية بسبب الحركة الكيميائية البطيئة للغاية عند درجات الحرارة المنخفضة. كذلك، قد تترسب مواد كيميائية مثل لوريل كبريتات الصوديوم عند درجات حرارة منخفضة. وقد يتطلب الأمر التبريد في مناطق جغرافية معينة، لذا لا بد من وضع متطلبات التسخين/التبريد في الحسبان أثناء التصميم. وهناك مبدأ أساسي في تحديد حجم خزان التنظيف ألا وهو استخدام الحجم التقريبي لأوعية الضغط الفارغة ثم إضافة حجم التغذية ثم إعادة الخراطيم أو الأنابيب. فمثلاً، لتنظيف عشرة أوعية ضغط ذات قطر ثمانى بوصات وست عناصر للوعاء الواحد، يتم تطبيق الحسابات التالية:

أ - حجم الأوعية

حيث 2 = نصف

القطر ا = الطول

= 52,2 غالون لكل وعاء.

= 522 = 10 x 52 = 522 غالون (2.0 متر مكعب m<sup>3</sup>)

ب- الحجم في الأنابيب، بافتراض أن الأنابيب ذات SCH 80 والطول الإجمالي هو 50 قدماً ، 4 بوصات.

= 30 غالون

= 522 + 30 = 552 غالون (2.1 متر مكعب m<sup>3</sup>)

وبالتالي فإن خزان التنظيف لا بد أن يكون حوالي 550 غالوناً (2.1 متر مكعب m<sup>3</sup>).

2. لا بد أن يتم تحديد حجم مضخة التنظيف بالنسبة للتدفقات والضغط الواردة في جدول 6-2، مع السماح بنقص الضغط في الأنابيب وعبر مرشح الخرطوشة. ولا بد أن يتم صنع مضخة ذات 316 حاجز تأمين أو من مركب غير معدني من البوليستر.

جدول 6-2 معدل التغذية الموصى به لكل وعاء ضغط أثناء إعادة دوران معدل التدفق المرتفع

Feed pressure <sup>a</sup>		Element diameter	Feed flow rate per pressure vessel	
psig	bar	inches	gpm	m <sup>3</sup> /h
20 - 60	1.5 - 4.0	2.5	3 - 5	0.7 - 1.2
20 - 60	1.5 - 4.0	4	8 - 10	1.8 - 2.3
20 - 60	1.5 - 4.0	4 full fit	12 - 14	2.7 - 3.2
20 - 60	1.5 - 4.0	6	16 - 20	3.6 - 4.5
20 - 60	1.5 - 4.0	8	30 - 45	6.0 - 10.2
20 - 60	1.5 - 4.0	8 full fit	45 - 55	10.2 - 12.5

<sup>a</sup> تعتمد على عدد العناصر في وعاء الضغط، ومقدار الراسب الملوث ومنع التدفق في صمام المادة المركزة.

3. لا بد من تركيب الصمامات ومقاييس التدفق والضغط المناسبة للتحكم الملائم في التدفق. وتكون خطوط الخدمة إما أنابيب صلبة أو خرطوم. وفي كلتا الحالتين، لا بد أن يكون معدل التدفق متوسطاً 10 قدم لكل ثانية (3 متر لكل ثانية) أو أقل.
4. تأكد من أن خطوط عودة المادة المركزة والمنتج المنقى مغمورة في خزان التنظيف لتقليل الرغوة للحد الأدنى.

## 5-6 إجراء التنظيف

هناك ست خطوات لتنظيف العناصر:

1. قم بصنع محلول التنظيف.
2. الضخ ذو التدفق المنخفض. قم بضخ محلول التنظيف المختلط المسخن مسبقاً إلى الوعاء عند معدل تدفق منخفض (حوالي نصف ذلك الموضح في جدول 6-2) وضغط منخفض لاستبدال مياه العملية. واستخدم فقط ضغطاً كافياً لتعويض الهبوط في الضغط من التغذية إلى المادة المركزة. ويجب أن يكون الضغط منخفضاً بما يكفي بحيث يحدث أساساً إنتاج منخفض للنافذ أو لا يحدث على الإطلاق. ويقلل الضغط المنخفض من إعادة ترسيب القذارة على الغشاء للحد الأدنى. وقم بإفراغ المادة المركزة-عند الضرورة- لمنع تخفيف محلول التنظيف.
3. قم بإعادة الدوران. بعد نقل مياه العملية، يصبح محلول التنظيف موجوداً في مسار المادة المركزة. ثم أعد دوران المادة المركزة والمنتج المنقى لخزان محلول التنظيف واسمح بثبات "استقرار" درجة الحرارة. قم بقياس درجة الحموضة للمحلول وقم بتعديلها إذا اقتضى الأمر ذلك.
4. النقع. قم بإغلاق المضخة واسمح بنقع العناصر. أحياناً يكون النقع لمدة ساعة تقريباً كافياً وبالنسبة للترسب الملوث الشديد فإطالة فترة النقع أمر مفيد للغاية، قم بنقع العناصر على طوال الليل لمدة 10-15 ساعة. للحفاظ على درجة الحرارة المرتفعة أثناء فترة النقع الممتدة، استخدم معدل إعادة دوران منخفض (حوالي 10% من ذلك الموضح في جدول 6-2).
5. ضخ التدفق العالي. قم بتغذية محلول التنظيف بالمعدلات الموضحة في جدول 6-2 لمدة من 30 إلى 60 دقيقة. يقوم معدل التدفق العالي بشطف الرواسب المزالة من سطح الغشاء بالتنظيف. إذا كانت العناصر ملوثة بالرواسب بصورة شديدة، فقد يكون معدل التدفق الأعلى بنسبة 50% من الموضح بجدول 6-2 مساعداً على التنظيف. قد يمثل الهبوط المفرط في الضغط عند معدلات التدفق الأعلى مشكلةً فالحد الأقصى الموصى به للهبوط في الضغط هو 15 رطل للبوصة المربعة للوعاء ذي العنصر الواحد و 50 رطل للبوصة المربعة للوعاء متعدد العناصر، أيهما أكثر تقييداً. لاحظ من فضلك

أنه ينبغي أن لا نستخدم الخمسة عشر 15 رطلاً للبوصة المربعة بالنسبة للوعاء ذي العنصر الواحد أو الخمسين 50 رطلاً للبوصة المربعة بالنسبة للوعاء متعدد العناصر كمعيار تنظيف. ويوصى بالتنظيف عندما يزداد الهبوط في الضغط بمقدار 15%. وقد يتسبب الهبوط في الضغط بما يتجاوز 50 رطل للبوصة المربعة في مرحلة واحدة في إلحاق ضرر بالغ للغشاء.

6. الشطف بالماء. ينصح بالتناضح العكسي للمنتج المنقى أو الماء المزالة أيوناته لشطف محلول التنظيف. وينبغي تجنب المياه غير المعالجة قبل الترشيح أو مياه التغذية حيث قد تتفاعل مكوناتها مع محلول التنظيف: قد يحدث ترسب للملوثات في عناصر الغشاء. الحد الأقصى من درجة حرارة الشطف بالماء هو 20 درجة مئوية.

## 6-6 نصائح التنظيف

1. يوصى بتنظيف مراحل نظام التناضح العكسي أو الترشيح المتناهي الدقة بشكل منفصل. وهذا لتجنب دفع مادة التلوث المزالة من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية مما يؤدي إلى مستوى أقل من تحسين الأداء بعد القيام بعملية التنظيف. وإذا كان النظام يتكون من 3 مراحل، فيجب تنظيف المرحلة 2 والمرحلة 3 أيضاً بشكل منفصل. أما فيما يتعلق بالأنظمة متعددة المراحل حيث يتم تنظيف كل مرحلة على حدة، فيمكن القيام بعمليات الشطف والنقع بشكل متزامن لكل المراحل. ويلزم تحضير محلول تنظيف جديد عندما يصبح محلول التنظيف عكر و/أو يتغير لونه. بينما يجب القيام بعملية إعادة تدوير التدفق العالي لكل مرحلة بشكل منفصل بما يترتب عليه عدم انخفاض معدل التدفق في المرحلة الأولى أو ارتفاعه بشكل كبير في المرحلة الأخيرة. ويمكن القيام بهذا الأمر من خلال استخدام مضخة تنظيف واحدة وعدم تشغيل أكثر من مرحلة في وقت واحد أو من خلال استخدام مضخة تنظيف منفصلة لكل مرحلة.

2. تتكون عناصر التلوث أو النقش في الغالب من مجموعة من مواد التلوث أو النقش مثل وجود خليط من الملوثات العضوية والملوثات الغروانية والملوثات الحيوية. لذا فإنه من الضروري للغاية اختيار خطوة التنظيف الأولى بعناية فائقة. وتوصي شركة "FilmTec" بالتنظيف باستخدام المواد القلوية بشكل كبير في خطوة التنظيف الأولى. ولا يجب التنظيف باستخدام المواد الحمضية في خطوة التنظيف الأولى إلا في حالة وجود كربونات الكالسيوم أو أكسيد/هيدروكسيد الحديد فقط في عناصر الأغشية. تتفاعل الأحماض في الغالب مع السليكا والمواد العضوية (مثل الأحماض الدبالية) وطبقة تراكمات الكائنات المجهرية الموجودة على سطح الغشاء مما قد يتسبب في مزيد من التدهور في أداء الغشاء. ويمكن أن يعمل التنظيف بالمواد القلوية أحياناً على استعادة هذا التدهور المترتب على استخدام التنظيف بالمواد الحمضية إلا أنه يلزم القيام بالتنظيف الدقيق. ويتم القيام بعملية التنظيف الدقيق في ظل وجود درجة حموضة ودرجة حرارة تختلف عن تلك المنصوص عليها في الدلائل الإرشادية للشركة المصنعة للغشاء أو من خلال استخدام المنظفات الكيميائية التي تتناسب مع عناصر الغشاء. ولا يتم

القيام بعملية التنظيف الدقيق إلا كوسيلة أخيرة في الحالات التي يمكن أن تؤدي إلى إصابة الغشاء بالتلف. وفي حالة إصابة النظام بتلوث غرواني أو عضوي أو حيوي مع وجود كربونات الكالسيوم، يلزم تطبيق برنامج التنظيف المكون من خطوتين: القيام بعملية التنظيف بالمواد الحمضية عقب التنظيف بالمواد القلوية. ويمكن القيام بعملية التنظيف بالمواد الحمضية بعد التخلص من التلوث العضوي والتلوث الغرواني والتلوث الحيوي بشكل فاعل من خلال التنظيف بالمواد القلوية.

3. يتم قياس درجة الحموضة بشكل دائم أثناء عملية التنظيف. وفي حالة زيادة درجة الحموضة عن 0.5 وحدة أثناء عملية التنظيف بالمواد الحمضية، يلزم إضافة المزيد من الحمض. في حالة نقص درجة الحموضة عن 0.5 وحدة أثناء عملية التنظيف بالمواد القلوية، يلزم إضافة المزيد من المواد الكاوية.

4. أوقات النقع الطويلة. من الممكن أن يتشبع المحلول بشكل كامل وترسب الملوثات مرة ثانية على سطح الغشاء. كما ستخفض درجة الحرارة أثناء هذه الفترة بما يترتب عليه تقليل فاعلية النقع. وينصح بتدوير المحلول بشكل منتظم للحفاظ على درجة الحرارة (يجب أن لا تقل درجة الحرارة عن 5 درجة مئوية) مع إضافة المواد الكيميائية إذا اقتضى الأمر تعديل درجة الحموضة.

5. يجب استبدال محاليل التنظيف العكرة أو ذات الألوان القوية. يتم تكرار عملية التنظيف باستخدام محلول تنظيف جديد.

6. في حالة إغلاق النظام لأكثر من 24 ساعة، يجب حفظ العناصر عند 1% من الوزن الكلي لمحلول ميتا كبريتيد الصوديوم.

## 6-7 تأثير درجة الحموضة على التخلص من مواد التلوث

بالإضافة إلى القيام بعمل تسلسل التنظيف الصحيح، (التنظيف بالمواد القلوية كخطوة أولى)، فإن اختيار درجة الحموضة الصحيحة مهم جداً للتخلص من الملوثات بشكل جيد. وفي حالة عدم التخلص من الملوثات بشكل ناجح، ينخفض مستوى أداء نظام الغشاء بشكل أسرع حيث يكون من السهل ترسيب مواد التلوث على منطقة سطح الغشاء. وتقل المسافة الزمنية الفاصلة بين عمليات التنظيف مما يؤدي إلى قلة فترة صلاحية عنصر الغشاء وارتفاع تكلفة التشغيل والصيانة.

تسمح عملية التنظيف الأكثر فاعلية بمدى أطول لتشغيل النظام في المسافة الفاصلة بين عمليات التنظيف وتؤدي إلى انخفاض تكاليف التشغيل.

يبين الشكل 6-2 والشكل 6-3 أدناه أهمية اختيار درجة الحموضة الصحيحة للقيام بعملية التنظيف بشكل ناجح

الشكل 6-2، تأثير درجة الحموضة على التخلص من كربونات الكالسيوم

ويتم التخلص من كربونات الكالسيوم بشكل أفضل من خلال التنظيف بحمض الهيدروكلوريك في درجة حموضة من 1 إلى 2.

### الشكل 6-3، تأثير درجة الحموضة على التخلص من التلوث الحيوي

يتم التخلص من التلوث الحيوي بشكل أفضل من خلال القيام بعملية التنظيف في 12 درجة حموضة.

### 8-6 المنظفات الكيميائية

يبين الجدول 6-3 المنظفات الكيميائية المناسبة. وتعد مواد التنظيف الحامضية ومواد التنظيف القلوية منظفات كيميائية قياسية. تستخدم المنظفات الحامضية للتخلص من المترسبات غير العضوية (بما في ذلك الحديد) بينما تستخدم المنظفات القلوية للتخلص من الملوثات العضوية (بما في ذلك المواد الحيوية). يجب أن لا يُستخدم حمض الكبريتيك في عملية التنظيف تجنباً لخطر ترسيب كبريتات الكالسيوم. ويمكن استخدام المنظفات الكيميائية الخاصة في حالات التلوث الشديد أو وجود متطلبات تنظيف معينة. ويُفضل عدم استخدام نافذ التناضح العكس/الترشيح المتناهي الدقة في إعداد مواد التنظيف بينما يمكن استخدام مياه خام مرشحة بشكل مسبق. ويمكن معالجة مياه التغذية بمحلول كيميائي منظم بدرجة كبيرة لذا فربما تدعو الحاجة إلى إضافة المزيد من الحمض أو الهيدروكسيد إلى مياه التغذية للوصول إلى درجة الحموضة المرغوبة التي تكون 2 في حالة التنظيف بالمواد الحامضية و12 في حالة التنظيف بالمواد القلوية.

### الجدول 6-3 محاليل التنظيف البسيطة

Cleaner	0.1% (W) NaOH and pH 12, 35°C max. or 1.0% (W) Na <sub>4</sub> EDTA and pH 12, 35°C max.	0.1% (W) NaOH and pH 12, 35°C max. or 0.025% (W) Na-DSS and pH 12, 35°C max.	0.2% (W) HCl, 25°C and pH 1 - 2	1.0% (W) Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , 25°C and pH 5	0.5% (W) H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 25 °C and pH 1 - 2	1.0% (W) NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H, 25°C and pH 3 - 4
<b>Foulant</b>						
Inorganic Salts (for example, CaCO <sub>3</sub> )			Preferred	Alternative	Alternative	
Sulfate Scales (CaSO <sub>4</sub> , BaSO <sub>4</sub> )	OK					
Metal Oxides (for example, iron)				Preferred	Alternative	Alternative
Inorganic Colloids (silt)		Preferred				
Silica	Alternative	Preferred				
Biofilms	Alternative	Preferred				
Organic	Alternative	Preferred				

## ملاحظات:

1. (الوزن) يشير إلى النسبة المئوية للمكون النشط.
2. الرموز الكيميائية المستخدمة في مادة التلوث بالترتيب:  $CaCO_3$  هو كربونات الكالسيوم;  $CaSO_4$  هو كبريتات الكالسيوم;  $BaSO_4$  هو كبريتات الباريوم.
3. رموز المنظفات الكيميائية المستخدمة بالترتيب:  $NaOH$  هو هيدروكسيد الصوديوم;  $Na_4EDTA$  هو ملح الصوديوم الرباعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين ويتوافر هذا المركب لدى شركة داو للكيماويات ويحمل العلامة التجارية بلورات  $VERSENE^* 100$  و  $VERSENE 220$ ،  $Na-DSS$ ، وهو ملح دوديسيل الكبريتات وكبريتات لوريل الصوديوم،  $HCl$  هو حمض الهيدروكلوريك;  $H_3PO_4$  هو حمض الفوسفوريك;  $NH_2SO_3H$  هو حمض السلفاميك;  $Na_2S_2O_4$  هو ثنائي ثيونيت الصوديوم.
4. لتنظيف تقشر الكبريتات بشكل فاعل، يجب اكتشاف الحالة ومعالجتها في مرحلة مبكرة. إضافة كلوريد الصوديوم إلى محلول التنظيف المكون من هيدروكسيد الصوديوم وملح الصوديوم الرباعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين " $Na_4EDTA$ " يمكن أن يساعد في زيادة درجة ذوبان الكبريتات مع الزيادة في درجة الملوحة. إن عملية التنظيف الناجحة لتقشر الكبريتات التي تزيد على أسبوع واحد يكون مشكوك فيها.
5. يعد حامض الستريك بديلاً آخرًا لتنظيف أكاسيد المعادن وتقشر كربونات الكالسيوم. ولكنه أقل فاعلية. ويمكن أن يساهم في زيادة التلوث الحيوي وخاصة في حالة عدم الشطف بالمياه بطريقة جيدة.

## 9-6 طريقة التنظيف في بعض الحالات

### 1-9-6 اعتبارات عامة

تختلف كل حالة تنظيف عن الأخرى ولذا تعتمد بعض توصيات التنظيف على نوع مادة التلوث. ويتم الرجوع إلى تعليمات التنظيف العامة للحصول على المعلومات الشائعة عن جميع أنواع التنظيف مثل المعدات المقترحة والحدود الخاصة بدرجة الحرارة ودرجة الحموضة ومعدلات التدفق الموصى بها ثم تطبيق بعض التوصيات الخاصة إذا لزم الأمر.

### 2-9-6 تقشر الكبريتات

إجراء التنظيف التالي مصمم خصيصاً لنظام يوجد به ترسبات قشور كبريتات في العناصر. جدير بالذكر أن قشور الكبريتات من الصعب جداً التخلص منها ولا يمكن اكتشاف وجودها في مرحلة مبكرة ويكون احتمال درجة نجاح عملية التنظيف ضعيف جداً. كما أنه من المحتمل أيضاً نقص التدفق وهو الأمر الذي لا يمكن استرجاعه. ولاستعادة مستوى أداء نظام الغشاء مرة ثانية، يمكن أن يستلزم هذا الأمر العديد من دورات التنظيف والنقع.

## إجراء التنظيف

يوجد سبع خطوات لتنظيف العناصر من تقشر الكبريتات.

1. تكوين محلول التنظيف المدرج في الجدول 4-6.
2. تقديم محلول التنظيف.
3. إعادة تدوير محلول التنظيف لمدة 30 دقيقة.
4. نقع العناصر في محلول التنظيف لمدة تتراوح من 1 إلى 15 ساعة.
5. ضخ التدفق العالي.
6. الشطف بالماء.
7. إعادة تشغيل النظام.

## الجدول 4-6، محاليل تنظيف تقشر الكبريتات

Solution	Cleaning solutions
0.1 wt % NaOH	Preferred
1.0 wt % Na <sub>4</sub> EDTA	
pH 12, 30°C maximum	

رموز التراكيب الكيميائية للمنظفات المستخدمة بالترتيب: NaOH هو هيدروكسيد الصوديوم; Na<sub>4</sub>EDTA هو ملح الصوديوم الرباعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين ويتوافر هذا المركب لدى شركة داو كيميكال ويحمل العلامة التجارية بلورات 100 VERSENE™ و VERSENE 220 crystals.

وللحصول على تنظيف ناجح لتقشر الكبريتات، يجب اكتشاف الحالة ومعالجتها في مرحلة مبكرة. إن إضافة 1% كلوريد الصوديوم إلى محلول التنظيف المكون من هيدروكسيد الصوديوم وملح الصوديوم الرباعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين "Na<sub>4</sub>EDTA" يمكن أن يساعد لأن درجة ذوبان الكبريتات تزيد بزيادة درجة الملوحة.

## 3-9-6 تقشر الكربونات

ولقد تم تصميم إجراء التنظيف التالي خصيصاً للنظام الذي يوجد به ترسبات قشور كربونات في العناصر. ففي حالة تقشر كربونات الكالسيوم الشديد، يمكن تسخين محلول التنظيف لدرجة تزيد على 35 درجة مئوية. ويتم القيام بعملية تنظيف كربونات الكالسيوم الطبيعية في درجة حرارة تتراوح من 20 إلى 25 درجة مئوية. ولا يعد إجراء التنظيف إجراءً مكتملاً إلا عندما لا تتغير درجة حموضة محلول التنظيف أثناء إعادة التدوير و/أو ضخ التدفق العالي.



ومن الممكن استرجاع العناصر المتعرضة للتقشر بدرجة كبيرة من خلال التنظيف بالمواد الحمضية. حيث تتحلل قشور كربونات الكالسيوم بسهولة في الأحماض من خلال إطلاق ثاني أكسيد الكربون. ويمكن ملاحظة هذه العملية في شكل تفاعل الرغوة/ الفقاعات.

## إجراء التنظيف

هناك سبع خطوات لتنظيف العناصر من تقشر الكربون ألا وهما

1. تكوين محلول التنظيف المدرج في الجدول 5-6.
2. تقديم محلول التنظيف.
3. إعادة التدوير. إعادة تدوير محلول التنظيف لمدة 10 دقائق لحين التخلص من وجود تغير في اللون بشكل مرئي. وإذا تغير اللون في أي وقت أثناء عملية التدوير، يتم التخلص من المحلول وإعداد محلول جديد كما ورد في الخطوة 2 مع الحفاظ على درجة الحموضة لضمان الحصول على عملية تنظيف فاعلة. وتتم إضافة منظف كيميائي إضافي عند اللزوم للحفاظ على درجة الحموضة.
4. النقع. يكفي النقع لمدة تتراوح من ساعة إلى ساعتين للأنظمة التي بها تقشر طفيف. كما يمكن استرجاع الأنظمة المتعرضة للتقشر بمقدار كبير من خلال إطالة فترة النقع. يجب نقع العناصر المتعرضة للتقشر بمقدار كبير بشكل فردي خارج وعاء الضغط في وضع رأسي. ويتم التأكد من درجة الحموضة وتعديلها أو استبدال محلول التنظيف عند اللزوم.
5. ضخ التدفق العالي
6. الشطف بالماء.
7. إعادة تشغيل النظام.

## الجدول 5-6، محاليل تنظيف تقشر الكربونات.

Cleaning solutions	Solution
Preferred	0.2 wt % HCl (pH 1 - 2, 35°C)
Alternative	2.0 wt % citric acid
Alternative	0.5% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Optional	1.0% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>

Cleaning chemical formula in order used: HCl is hydrochloric acid (muriatic acid); H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> is phosphoric acid, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> is sodium hydrosulfite.

صينغ المركبات الكيميائية المستخدمة في التنظيف بالترتيب: HCL وهو هيدروكسيد الصوديوم; H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> وهو حمض الفوسفوريك; Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub> وهو ثنائي ثيونيت الصوديوم.

## 6-9-4 تلوث الحديد

إجراء التنظيف التالي مصمم خصيصاً للنظام المتعرض لتلوث الحديد.

### إجراء التنظيف

هناك يوجد سبع خطوات لتنظيف العناصر من تلوث الحديد ألا وهي

1. تكوين محلول التنظيف المدرج في الجدول 6-6.
2. تقديم محلول التنظيف.
3. إعادة التدوير.
4. النقع. أوقات النقع ضرورية جداً حتى يصبح ثنائي ثيونيت الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  فاعلاً. ويختلف وقت النقع وفقاً لدرجة شدة التلوث. ويتراوح وقت النقع النمطي من 2 إلى 4 ساعات.
5. ضخ التدفق العالي.
6. الشطف بالماء.
7. إعادة تشغيل النظام.

### الجدول 6-6، محاليل تنظيف تلوث الحديد

Cleaning solutions	Solution
Preferred	1.0 wt % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (pH 5, 30°C)
Alternative	2.0 wt % citric acid
Alternative	0.5% $\text{H}_3\text{PO}_4$
Alternative	1.0% $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$

Cleaning chemical formula in order used:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  is sodium hydrosulfite;  $\text{H}_3\text{PO}_4$  is phosphoric acid;  $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$  is sulfamic acid.

صيغ المركبات الكيميائية المستخدمة في التنظيف بالترتيب:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  وهو حمض الفوسفوريك؛  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  وهو ثنائي ثيونيت الصوديوم،  $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$  وهو حمض السلفاميك.

### معلومات إضافية

يتميز ثنائي ثيونيت الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  برائحة قوية جداً، لذا يجب تهوية الغرفة بشكل جيد. يتم اتباع قواعد وإجراءات السلامة. يعد زمن التلامس عاملاً أساسياً في نجاح عملية التنظيف. وأحياناً يقوم المحلول بتغيير

العديد من الألوان المختلفة. إن اللون الأسود والبني والأصفر جميعها ألوان طبيعية جداً لهذا النوع من التنظيف. وفي حالة تغير لون المحلول، يجب التخلص منه وتحضير محلول جديد. ويعتمد طول وعدد فترات النقع على درجة شدة التلوث.

### 6-9-5 التلوث العضوي

يتم تخصيص طريقة التنظيف التالية لأي نظام تعرض للتلوث بمواد عضوية مثل أحماض الدبال وأحماض الفولفيك أو مضادات التقشر أو الزيوت.

#### إجراء التنظيف

هناك ثلاثة خطوات في تنظيف العناصر الملوثة بمواد عضوية إلا أنه يتم تطبيق ست خطوات أولاً بحلول تنظيف عالية الحموضة ثم تكرر بمحلول تنظيف منخفض الحموضة.

1. وضع محلول التنظيف عالي الحموضة المحدد بالجدول 6-7
2. تقديم محلول التنظيف.
3. معالجة محلول التنظيف لمدة 30 دقيقة. وإذا حدث تغير في اللون، يتم التخلص من محلول التنظيف وإعداد محلول جديد.
4. النقع
5. ضخ التدفق العالي
6. الشطف بالماء.
7. كرر الخطوة 2 عبر 6 مع محلول تنظيف حمض الهيدروكلريك HCl مع درجة حموضة 2.
8. إعادة تشغيل النظام.

#### معلومات إضافية

لضمان الفعالية القصوى، يجب أن تكون درجة حرارة محلول التنظيف فوق 25 درجة مئوية. وسيساعد رفع درجة حرارة محلول التنظيف على الإزالة العضوية من سطح الغشاء. وهناك بعض المواد العضوية التي يصعب جداً إزالتها. ولإزالتها يجب محاولة النقع في أوقات مختلفة لضمان الفعالية القصوى. فضلاً عن ذلك، تتضمن أكثر محاليل التنظيف فعالية بالسطح مثل Na-DDS أو ربما بعض منظفات الأغشية المتاحة تجارياً التي تحتوي على عوامل تنشيط سطحية أو منظفات من شأنها إزالة الزيوت. اطلب نصيحة مورد المواد الكيميائية الخاص بك لتحصل على توصياته.

إذا كان التلوث العضوي نتيجة للإفراط في التغذية بمادة مخثرة للمعالجة التحضيرية لمياه التغذية، فإن عكس نظام المنظفات من شأنه أن يكون أكثر فعالية. ولتحديد الترتيب الصحيح لمحاليل التنظيف (المحاليل العالية الحموضة متبوعة بدرجة حموضة منخفضة أو عكس ذلك)، حاول أخذ عينة من الملوثة العضوي من النظام

الخاص بك. وباستخدام العينة، حاول معالجتها بمادة كاوية ثم مادة حمضية والعكس بالعكس لتحديد أي ترتيب من محاليل التنظيف يقوم على نحو كفي بتفكيك المادة الملوثة بصورة أفضل. وإذا ظهر أن كلا طريقتي المعالجة تعملان بصورة جيدة، فمن الأفضل دائماً التنظيف باستخدام محلول عالي الحموضة أولاً.

#### الجدول 6-7، محاليل تنظيف التقشر العضوي.

Cleaning solutions	Solution	
Preferred	0.1 wt % NaOH pH 12, 30°C maximum, followed by: 0.2% HCl pH 2, 45°C maximum	6-9-6
Preferred	0.1 wt % NaOH 0.025 wt % Na-DDS pH 12, 30°C maximum, followed by: 0.2% HCl pH 2, 45°C maximum	
Alternate	0.1 wt % NaOH 1.0 wt % Na <sub>4</sub> EDTA pH 12, 30°C maximum, followed by: 0.2% HCl pH 2, 45°C maximum	

هو هيدروكسيد الصوديوم; NaOH رموز التراكيب الكيميائية للمنظفات المستخدمة بالترتيب:  
هو ملح الصوديوم الرباعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين ويتوافر هذا المركب Na<sub>4</sub>EDTA  
VERSENE 220 و VERSENE™ 100 لدى شركة داو كيميكال ويحمل العلامة التجارية بلورات  
crystals

#### التلوث الحيوي

تم إعداد إجراء التنظيف التالي خصيصاً لنظام تعرض للتلوث الحيوي.

#### إجراء التنظيف

هناك سبع خطوات لتنظيف العناصر من تلوث حيوي ألا وهي

1. تكوين محلول التنظيف المدرج في الجدول 6-8.
2. تقديم محلول التنظيف.
3. إعادة التدوير.
4. النقع

5. ضخ التدفق العالي
6. الشطف بالماء.
7. إعادة تشغيل النظام.

#### الجدول 6-8، محاليل تنظيف التلوث الحيوي

Cleaning solutions	Solution
Preferred	0.1 wt % NaOH pH 13, 35°C maximum
Preferred	0.1 wt % NaOH 0.025 wt % Na-DDS pH 13, 35°C maximum
Alternate	0.1 wt % NaOH 1.0 wt % Na <sub>4</sub> EDTA pH 13, 35°C maximum

هو هيدروكسيد الصوديوم; NaOH رموز التراكيب الكيميائية للمنظفات المستخدمة بالترتيب:  
هو ملح الصوديوم الزراعي لحمض ثنائي أمين الإيثيلين ويتوافر هذا المركب Na<sub>4</sub>EDTA  
VERSENE 220 و VERSENE™ 100 لدى شركة داو كيميكال ويحمل العلامة التجارية بلورات  
crystals

#### معلومات إضافية

ومن خلال التجربة فإن محلول تنظيف Na<sub>4</sub>EDTA مع مادة كاوية وُجد أنه أقل فعالية مقارنة بالمحاليل الكاوية التقليدية أو أي محلول كاوي أو Na-DDS.

وبالنسبة لأي محلول، فإن زمن التلامس هام للغاية. وقد يكون النقع لعدة أيام ضرورياً لاستعادة أداء النظام. بعد تنظيف العناصر فمن المفيد للغاية إجراء تنظيف إضافي للتخلص من طبقة تراكم الكائنات الدقيقة على سطح الغشاء. وسيعمل أي غلاف حيوي على جذب الأتربة ومن ثم فإن التنظيف الإضافي سوف يعمل على زيادة الوقت بين عمليات التنظيف. في حالة التلوث الحيوي الشديد، يلزم وضع جرعة كتلية من المبيد الحيوي لتحسين نتائج إجراء التنظيف. يرجى الرجوع إلى القسم الفرعي 2-6-5 للتفاصيل المتعلقة باستخدام المبيد الحيوي.

عندما يمثل التلوث الحيوي مشكلة تشغيلية، ينصح باتخاذ إجراءات تعقيم منتظمة على النحو المذكور في القسم الفرعي 6-10 بعد التنظيف.

## 6-9-7 التنظيف الطارئ

إذا لم يتم إجراء التنظيف في الموعد المحدد، بمعنى أن الضغط التفاضلي ( $\Delta P$ ) تضاعف بالفعل، أو انخفض تدفق المنتج المعياري بمقدار 50%، فإن نجاح عمليات التنظيف المذكورة سابقاً قد تكون محدوداً. وإذا أخفقت طرق التنظيف التقليدية في إزالة الملوثات، يمكن محاولة تطبيق طرق تنظيف أكثر قوة.

ويرجى الاتصال بممثل شركة داو للحصول على التوصيات والنصائح. وعلى الرغم من ذلك فلقد تم التركيز على أنه لا يمكن تقديم ضمان على كفاءة أي طريقة تنظيف أو أداء الغشاء بعد محاولات التنظيف تلك.

## 6-10 تعقيم أنظمة أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة

### 6-10-1 مقدمة

يتمثل تعقيم أنظمة أغشية التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة على النحو المذكور في هذا الفصل في استخدام محاليل فعالة من حيث الإبادة الحيوية أو مياه ساخنة على الأغشية عندما لا يكون النظام قيد التشغيل أي أنه ليس في وضع الإنتاج. يتم تناول وضع المواد الكيميائية للمبيدات الحيوية عندما يكون النظام في وضع الإنتاج في [القسم الفرعي 2-6](#)، [الوقاية من التلوث الحيوي](#).

يتم تعقيم أنظمة الأغشية بهدف الحفاظ على عدد الكائنات الدقيقة الحية وفق مستوى منخفض مقبول. وهناك سببين وراء ضرورة التعقيم:

(أ) **سلاسة التشغيل.** قد تنمو الكائنات الدقيقة لتكون غلاًفاً حيوياً منها على الغشاء و سطح فاصل التغذية والتسبب في التلوث الحيوي. ويمثل التلوث الحيوي تهديداً كبيراً لعمل النظام وبعده التعقيم المنتظم جزءاً من استراتيجية التحكم في التلوث الحيوي. ويعمل التعقيم المنتظم على المساعدة في الحفاظ على مستوى النمو الحيوي منخفضاً بالقدر الكافي لتجنب المشكلات التشغيلية. وفي أنظمة التناضح العكسي التي تعمل بمياه تغذية نشطة حيوياً، قد يظهر تراكم للكائنات الدقيقة في غضون من 3 إلى 5 أيام بعد التطعيم بالكائنات القابلة للحياة والنمو. وبالتالي فإن عدد مرات التعقيم الشائعة يكون كل 3-5 أيام أثناء ذروة النشاط الحيوي (الصيف) وكل 7 أيام تقريباً أثناء النشاط الحيوي المنخفض (الشتاء). ويكون المعدل المثالي للتعقيم معتمداً على الموقع ويجب تحديده بحسب خصائص تشغيل نظام التناضح العكسي.

(ب) **جودة مياه المنتج المنقى.** تتطلب بعض الاستخدامات، على سبيل المثال في الصناعات الغذائية والصناعات الدوائية، جودة مياه عالية فيما يتعلق بمؤشرات الأحياء الدقيقة. وعلى الرغم من طرد أغشية التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة نظرياً لنسبة 100% من الكائنات الحية الدقيقة، فإن أي تسرب دقيق في نظام الأغشية قد يسمح لمياه المنتج المنقى بالتلوث. وتكون مخاطر التلوث أعلى بكثير في وجود غلاف حيوي في جانب التغذية، ومن ثم يجب الحفاظ على الغشاء في حالة معقمة.

ويلزم إجراء تعقيم منتظم في هذه الاستخدامات على النحو المطلوب لضمان الجودة الحيوية الدقيقة لمياه المنتج المنقّى حتى وإن لم تتم مواجهة مشكلات تشغيلية.

## 6-10-2 فوق أكسيد الهيدروجين وحمض فوق الأستيك

لقد تم استخدام فوق أكسيد الهيدروجين أو مزيج من فوق أكسيد الهيدروجين وحمض فوق الأستيك بنجاح لمعالجة أنظمة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة الملوثة حيويًا التي تستخدم أغشية FILMTEC. يأتي محاليل فوق أكسيد الهيدروجين/حمض فوق الأستيك المتوفرة كيميائيًا بشكل مركز وتخفف بمنتج نفاذ التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة للحصول على محلول فوق أكسيد (بوزن) 0.2%.

هناك عاملان يؤثران بصورة كبيرة على معدل فوق أكسيد الهيدروجين على الغشاء: درجة الحرارة والحديد يجب ألا تتجاوز درجة حرارة عامل التعقيم 77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية). وأظهرت عينات أغشية FT30 المختبرة بفوق أكسيد هيدروجين 0.5% عند درجة حرارة 34 مئوية درجة مرور ملح عالية للغاية بعد عدة ساعات. إلا أنه عند درجة حرارة 24 درجة مئوية، أظهرت عينات الغشاء توافقاً مع فوق أكسيد الهيدروجين 0.5% بعد 96 ساعة.

يمكن لوجود الحديد أو غيره من المعادن الانتقالية بالإضافة إلى محاليل فوق أكسيد الهيدروجين أن يؤدي إلى انحلال الغشاء. تم اختبار عينة أغشية FT30 باستخدام محلول فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز 0.15% ومياه صنوبر تحتوي على الحديد. بعد 150 ساعة، يبدأ مرور الملح الخاص بالغشاء بالزيادة بصورة كبيرة. قد يتسبب التعرض المستمر عند هذا التركيز في النهاية إلى تلف الغشاء. وبدلاً من ذلك، ينصح بالاستخدام الدوري المنتظم.

بالنسبة لأنظمة التناضح العكسي الملوثة حيويًا التي تستخدم أغشية FILMTEC، ينصح بالإجراء التالي لتطبيق محاليل فوق أكسيد الهيدروجين:

1. أي نوع من الترسب على الغشاء أو أجزاء أخرى من النظام يجب إزالته بمنظف قلوي قبل التعقيم. وسوف تعمل إزالة هذه الترسبات التي تؤوي الكائنات الدقيقة على مضاعفة درجة التعقيم. وبعد التنظيف القلوي، يتم غسل النظام بمنتج نفاذ التناضح العكسي.
2. نظف نظام التناضح العكسي على النحو المذكور في **القسم الفرعي 6-9-4** لإزالة أي حديد من سطح الغشاء. اغسل النظام بمنتج نفاذ التناضح العكسي.
3. وزع محلول فوق أكسيد الهيدروجين مخفف بوزن 0.2% مع منتج نفاذ التناضح العكسي عند درجة حرارة 77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية) لمدة 20 دقيقة. وتوفر درجة الحمضية ما بين 3-4 نتائج مثالية للإبادة الكائنات الحية الدقيقة وفترة عمر أطول للغشاء.

### 6-10-3 المنتجات المعالجة بالكلور ومنتجات المبيدات الحيوية الأخرى

لا ينصح بوضع كلور حر أو ثاني أكسيد الكلور أو عوامل مبيدة حيويًا تتضمن كلور متحد بصورة عامة، انظر القسم الفرعي 2-6-3 و 2-6-6.

تسبب مركبات اليود والمبيدات الحيوية رباعية العناصر ومركبات الفينول نقصًا في التدفق ولا يوصى باستخدامها كعوامل إبادة حيوية.

### 6-10-4 التعقيم الحراري

يمكن تعقيم السلسلة HSRO من عناصر FILMTEC بماء ساخن. وهي الطريقة المفضلة في الأطعمة والاستخدامات الدوائية. إن مميزات الماء الساخن كعامل تعقيم هي كما يلي:

• يصل إلى المناطق التي لا تصل إليها المواد الكيميائية (المناطق صعبة الوصول وغيرها)

• يسهل التأكد منها

- سهولة مراقبة الحرارة عن التركيزات الكيميائية.

- أسهل في إظهار توزيع كامل للحرارة

• لا توجد حاجة لتنظيف المواد الكيميائية.

• لا توجد حاجة إلى تخزين المواد الكيميائية.

• الحد من مشاكل التخلص من الفضلات.

• لا توجد حاجة إلى اعتماد المواد الكيميائية.

يجب إجراء تهيئة مسبقة لعناصر ملفات التعقيم الحراري HSRO الجديدة قبل التعرض للمياه الساخنة. ويجب استخدام مياه ذات جودة مناسبة خلال جميع خطوات التهيئة المسبقة. ويفضل أن يكون هذا الماء خاليًا من الكلور وأيضًا مانعًا للتقشر/التلوث. ويفضل منتج نفاذ التناضح العكسي؛ إلا أنه يجب أن يكون غشاء التناضح العكسي قيد التشغيل لمدة 24 ساعة على الأقل قبل استخدام ماء التناضح العكسي للتهيئة المسبقة. ويمكن بدلاً من ذلك استخدام مياه تغذية تم ترشيحها سابقًا.

ويتضمن إجراء التهيئة المناسب مما يلي:

1. الغسل للتصريف بمياه ذات جودة مناسبة عند ضغط منخفض ومعدل تدفق منخفض للمنتج المنقّى.
2. معالجة المياه الدافئة (45 درجة مئوية أو أقل) عند الضغط عبر الغشائي المنخفض للغاية (>25 رطل للبوصة المربعة / 1.7 بار) مع أقصى ضغط تغذية بقيمة 45 رطلاً للبوصة المربعة (3 بار).
3. إدخال المياه الساخنة إلى النظام لزيادة درجة الحرارة إلى 176 درجة فهرنهايت (80 درجة مئوية).



4. حافظ على الضغط عبر الغشائي أقل من 25 رطل على البوصة (1.7 بار) عندما يتم تغذية الغشاء بالماء دافئ أو الساخن (45 درجة مئوية).

5. الحفاظ على درجة الحرارة لمدة 60 إلى 90 دقيقة.

6. السماح للنظام بالتبريد حتى 45 درجة مئوية أو أقل.

7. الغسل للتصريف بمياه ذات جودة مناسبة عند ضغط عبر غشائي منخفض للغاية (>25 رطل للبوصة المربعة / 1.7 بار) مع أقصى ضغط تغذية بقيمة 45 رطل للبوصة المربعة (3 بار).

تتمتع أغشية HSRO بمعدل نفاذية عالية للمياه قبل إجراء تهيئة مسبقة لها. وبعد التهيئة المسبقة، يتم تحقيق التدفق ومعدل طرد الملح المحدد أثناء التشغيل في درجة حرارة عادية. ويظل الأداء ثابتاً ومستقراً بغض النظر عن دروات التعقيم الإضافية التالية. وقد يكون إجراء التعقيم المنتظم هو نفسه المذكور أعلاه، إلا أنها في النهاية مسؤولية المستخدم النهائي. وتتطلب بعض الصناعات إجراءات تعقيم قد تكون مختلفة عن إجراءاتنا.

## 7- المعالجة والحفظ والتخزين

### 1-7 عام

يجب مناولة عناصر أغشية FILMTEC بحيث يتم منع النمو الحيوي والتغير في أداء الغشاء أثناء التخزين طويل الأمد أو الشحن أو إيقاف النظام. يجب تخزين العناصر وشحنها خارج أوعية الضغط وتحميلها إلى أوعية الضغط قبل بدء التشغيل مباشرة.

اتباع ممارسات السلامة المتفق عليها والمعتمدة عند استخدام محاليل الإبادة الحيوية مثل المواد الحافظة للأغشية. قم دائماً بارتداء واقي للعين. ارجع إلى سجلات بيانات سلامة المواد على النحو الذي تقدمه جهة تصنيع المواد الكيميائية.

### 2-7 تخزين وشحن عناصر FILMTEC الجديدة

يتم اختبار عناصر FILMTEC الجديدة وشحنها سواءً في ظروف جافة أو رطبة ومع عناصر حافظة. يتم حفظ العناصر الرطبة في محلول تخزين قياسي يحتوي على ميتا كبريتيت الصوديوم بجودة تناسب الأطعمة (SMBS) بوزن 1%. يمنح محلول التخزين النمو الحيوي أثناء التخزين وشحن العناصر. للاطلاع على سجلات بيانات سلامة المواد يرجى زيارة مركز الإجابة Answer Center على موقعنا [www.dowwatersolutions.com](http://www.dowwatersolutions.com).

يتم تعبئة العناصر الرطبة في حقيبة بلاستيكية من مركب حامل أكسجيني قابلة للتحمل قبل إيقاف التخلخل وسده. يعمل حجم الحفظ الدقيق والسلامة الكاملة للحقيبة في ضمان بيئة حفظ مستقرة أثناء النقل والتخزين.

يتم تغليف عناصر FILMTEC الجافة وغلقتها بإحكام في حقيبة بلاستيكية قوية. وهي لا تحتاج إلى أية محاليل حفظ إلا أنه يجب الحفاظ عليها في الحقيبة محكمة الغلق لحين استخدامها مرة أخرى.

يرجى اتباع التعليمات الخاصة بتخزين عناصر FILMTEC:

- خزن داخل مبنى أو مخزن بارد دون التعرض للشمس المباشرة.
- حدود درجة الحرارة: 22 فهرنهايت إلى 95 فهرنهايت (-4 درجة مئوية إلى +35 درجة مئوية).
- سوف تتأثر العناصر الجافة الجديدة بدرجات الحرارة الأقل من 22 فهرنهايت (-4 درجة مئوية).
- العناصر المخزنة في 1% ميتا كبريتيت الصوديوم سوف تتجمد عند درجة حرارة أقل من -4 مئوية إلا أن الغشاء لن يتعرض للتلف شريطة ذوبان العناصر قبل التحميل أو الاستخدام.
- الحفاظ على العناصر في عبوتها الأصلية
- يجب إجراء فحص بصري للعناصر المحفوظة بحثاً عن النمو الحيوي بعد مضي 12 من الشحن وبعد ذلك كل ثلاثة أشهر. إذا اتضح أن محلول الحفظ غير نقي، يجب إزالة العنصر من الحقيبة ونقعه في

محلول حفظ جديد وإعادة تعبئته. ارجع إلى النشرة رقم 609-02104 لمعرفة التوجيهات. وفي حالة عدم وجود أدوات وتجهيزات لإعادة الحفظ (محلول جديد أو بيئة نظيفة أو جهاز لإحكام غلق الحقائب)، يمكن ترك العناصر في عبوتها الأصلية حتى 18 شهر. عند تحميل العناصر بعد ذلك إلى أوعية الضغط، يجب تنظيفها بمنظف قلوي قبل بدء تشغيل المحطة.

### 3-7 عناصر FILMTEC المستخدمة

#### 1-3-7 الحفظ والتخزين

يجب حفظ أي عنصر من FILMTEC تم استخدامه وإزالته من وعاء الضغط من أجل التخزين أو الشحن في محلول الحفظ، على النحو التالي:

- استخدم محلول التخزين المعياري لميتا كبريتيت الصوديوم من رتبة غذائية بنسبة 1% (غير منشطة بالكوبالت) في الماء ذي الجودة الجيدة (يُفضل التناضح العكسي) أو المنتج المنقى للترشيح المتناهي الدقة.
- اغمس العنصر لمدة ساعة واحدة في المحلول واحتفظ به في وضع رأسي حتى يمكن إخراج الهواء المحبوس. اجعله يتسرب واحبسه في حقيبة بلاستيكية حاجزة للأكسجين. ونحن نوصي بإعادة استخدام الحقيبة الأصلية أو الحقائب الإضافية الأصلية المتاحة من داو. لا تملأ الحقيبة البلاستيكية بمحلول الحفظ- فالرطوبة في العنصر كافية، ويمكن لحقائب التسريب أن تُوجد مشكلة خلال النقل.
- تعرّف على العنصر ومحلول الحفظ على خارج الحقيبة.
- تعد شروط التخزين هي نفسها الشروط الخاصة بالعناصر الجديدة - انظر [القسم الفرعي 2-7](#).
- يجب فحص العناصر المُعاد حفظها بصرياً للتعرف على النمو الحيوي كل ثلاثة أشهر. إذا بدا ظهر محلول الحفظ غير واضح، يجب إعادة حفظ العنصر وتعبئته مرة أخرى، على النحو الموضح أعلاه.
- ويجب أن لا تتخفض درجة الحموضة لمحلول الحفظ عن 3. وفي غياب المحلول المنظم، كما هو مستخدم في المادة الحافظة الأصلية لعناصر FILMTEC<sup>TM</sup> الرطبة، يمكن أن تتخفض درجة الحموضة عند أكسدة ثنائي الكبريتيت إلى حمض الكبريتيك. لذلك، يجب أن تتم المراجعة السريعة لمحلول حفظ ثنائي الكبريتيت كل 3 أشهر على الأقل. وتكون إعادة الحفظ إلزامية عندما تكون درجة الحموضة 3 أو أقل.
- ارتد القفازات الوقائية والكمامات لتقادي التلامس الطويل للجلد والكمامات عند العمل مع المادة الحافظة.

### 2-3-7 إعادة ترطيب العناصر الجافة

يمكن أن تفقد العناصر التي جفت بعد استخدامها نفاذيتها للماء دون رجعة. وقد تتجح إعادة الترطيب مع واحدة من الطرق الآتية:

- اغمسها في 50/50% إيثانول/ ماء أو بروبانول/ ماء لمدة 15 دقيقة.
- اضغط العنصر عند 150 رطل للبوصة المربعة (10 بار) وأغلق فتحة النفاذية لمدة 30 دقيقة. واحذر من أن يُعاد فتح فتحة النفاذية قبل تصريف ضغط التغذية. يمكن تنفيذ هذا الإجراء مع تثبيت العناصر في النظام. وفي هذه الحالة، لا يجب أن يتجاوز انخفاض الضغط من جانب التغذية إلى جانب المادة المركزة 10 رطل للبوصة المربعة (0.7 بار) أثناء التشغيل عالي الضغط مع إغلاق فتحة النفاذية، وإلا فسيصبح الضغط المرتد للمادة الناتجة النقية النافذة بالقرب من نهاية المادة المركزة عالياً للغاية. والأفضل أن لا يتم إغلاق فتحة النفاذية بشكل كامل، لكن يتم خنقها حتى قيمة تساوي ضغط المادة المركزة. ثم بعد ذلك ليس هناك أي حاجة لحد خاص لانخفاض الضغط.
- اغمس العنصر في حمض الهيدروكلوريك 1% أو حمض النيتريك 4% لمدة 1-100 ساعة. اغمر العنصر في وضع رأسي للسماح للهواء المحصور بالخروج.

### 3-3-7 الشحن

عند لزوم شحن عناصر FILMTEC، يجب حفظها بمحلول الحفظ، وفقاً للقسم الفرعي 1-3-7.

تأكد مما يلي:

- الحقيبة البلاستيكية لا تسرّب.
  - العنصر محدد بالصورة المناسبة.
  - تسمية محلول الحفظ بالصورة المناسبة.
- نوصي باستخدام العبوة الأصلية مع وسائد رغوية أصلية من البوليستيرين لحماية العنصر من التلف الميكانيكي. ويجب حماية العناصر التي بها أنابيب الماء الناتج المقطوعة بشكل غير متساوٍ (مقطع التدفق) من الضرر اللاحق بأطراف أنبوب الماء الناتج.
- ولن تتضرر عناصر الغشاء بفعل درجات الحرارة المتجمدة خلال الشحن، شريطة أن تذوب العناصر قبل التحميل والاستخدام.

### 4-3-7 التصريف

يمكن التصريف في عناصر FILMTEC المستخدمة كنفائيات بلدية، شريطة ما يلي:

- عدم احتواء العنصر على محلول الحفظ أو أي سائل خطير آخر.
- عدم وجود ترسيبات للمواد الخطيرة على الأغشية (مثل العناصر المستخدمة في معالجة مياه الصرف).

#### 4-7 حفظ أنظمة التناضح العكسي والترشيح المتناهي الدقة

تم توضيح إجراء إغلاق نظام التناضح العكسي/الترشيح المتناهي الدقة في القسم الفرعي 5-4. ويجب حفظ عناصر FILMTEC في أي وقت يتم فيه إغلاق المحطة لأكثر من 48 ساعة، بحد أقصى؛ وذلك لمنع النمو الحيوي. واستناداً إلى التاريخ التشغيلي السابق للمحطة، فسيكون من الضروري، في أغلب الحالات، تنظيف الأغشية قبل الإغلاق والحفظ. وهذا ينطبق على الحالات التي تم التعرف فيها على تلوث الأغشية أو يفترض تلوثها.

وبعد التنظيف، يجب أن يأتي الحفظ تباعاً خلال الساعات العشر التالية، على هذا النحو التالي:

1. اغمر العناصر بالكامل في أوعية الضغط في محلول ميتا كبريتيت الصوديوم من 1 إلى 1.5%، مع تصريف الهواء خارج أوعية الضغط. استخدم تقنية الغمر: قم بتدوير محلول ميتا كبريتيت الصوديوم بالصورة التي نقلت من الهواء المتبقي في النظام بعد اكتمال إعادة التدوير. وبعد امتلاء وعاء الضغط، يجب السماح لمحلول ميتا كبريتيت الصوديوم بالفيض عبر الفتحة الواقعة أعلى الطرف العلوي لأعلى وعاء للضغط يتم ملؤه.
2. اعزل محلول الحفظ عن الهواء في الخارج عن طريق إغلاق كافة الصمامات. وسيؤدي أي اتصال بالأكسجين إلى أكسدة محلول ميتا كبريتيت الصوديوم.
3. تحقق من درجة الحموضة مرة أسبوعياً. عندما تصبح درجة الحموضة 3 أو أقل، قم بتغيير محلول الحفظ.
4. قم بتغيير محلول الحفظ مرة كل شهر على الأقل.

وخلال فترة الإيقاف، يجب المحافظة على خلو المحطة من الجليد، ولا يجب أن تتجاوز درجة الحرارة 113 درجة فهرنهايت (45 درجة مئوية). وتكون درجة الحرارة الأقل هي المطلوبة.

يعد ضعف القدرة على إزالة الملح وطرده ونقصان تدفق المنتج المنقى هما أكثر المشكلات شيوعاً في التناضح العكسي والترشيح النانوي. وهناك مشكلة اعتيادية أخرى وهي انسداد قنوات التغذية وهي مشكلة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بزيادة انخفاض الضغط. فإذا ضعفت القدرة على نزع الملح إلى حد ما أو تناقص تدفق المنتج المنقى بصورة بطيئة، فقد يشير هذا إلى التلوث المعتاد الذي يمكن التعامل معه من خلال التنظيف المناسب والمنظم، انظر القسم 6، التنظيف والتعقيم). كما يدل الانخفاض الفوري في الأداء على وجود عيب في المحطة أو على سوء التشغيل. وفي كلتا الحالتين يكون من الضروري اتخاذ الإجراء التصحيحي المناسب في أقرب وقت ممكن، نظراً لأن أي تأخير يقلل من فرص استعادة أداء المحطة، فضلاً عن المشكلات الأخرى التي قد تنشأ نتيجة تدفق المنتج المنقى المنخفض بشدة و/أو الزيادة الكبيرة للمواد الصلبة الذائبة الكلية في المنتج المنقى إلى حد.

يعد الشرط الخاص بالكشف المبكر عن المشكلات المحتملة هو الحفاظ السليم للسجلات (انظر القسم الفرعي 5-6) وتنظيم أداء المحطة (انظر القسم الفرعي 5-6-6). وهذا يتضمن المعايرة المناسبة لجميع الأدوات. وبدون القراءات الدقيقة، سيكون الوقت قد تأخر للغاية قبل الكشف عن المشكلة وتصحيحها.

وبمجرد التعرف على انخفاض الأداء، تكون الخطوة الأولى في حل المشكلة هي تحديد موضع المشكلة والتعرف على السبب أو الأسباب وراءها. وتكون الخطوة الأولى هي تقييم الأداء وتشغيل النظام. ويمكن القيام بهذا باستخدام بيانات نماذج حفظ السجلات أو بعض القياسات الإضافية المتواجدة ضمن شبكة المحطة. ثم يجب القيام ببعض الفحوصات واختبارات النظام. وتظهر فعالية حل المشكلات إذا توفرت مزايا معينة في النظام وبعض المعدات، انظر القسم الفرعي 3-16، تصميم النظام من أجل نجاح حل المشكلات. وإذا لم تكن بيانات النظام كافية لتحديد السبب أو الأسباب والتوصية بالإجراء التصحيحي، فيجب أخذ واحد أو أكثر من عناصر الغشاء من المحطة وتحليلهم. ويتضمن تحليل أداء العنصر التحليل المتلف أو غير المتلف. وختاماً، يتم اتباع التدابير التصحيحية لاستعادة أداء المحطة وتفاذي المشكلات المستقبلية.

قراءة إضافية: W.Byrne (المحرر): التناضح العكسي، القسم 7/1.

## 8-2 تقييم أداء النظام وعمله

في حال لم يكن أداء النظام الغشائي مرضياً، تكون الخطوة الأولى هي تقييم أداء النظام بالكامل وعمله. ويتم القيام بذلك على أساس البيانات الخاصة بالمحطة، انظر القسم الفرعي 5-6-6، تنظيم أداء المحطة. عند مقارنة أداء المحطة الطبيعي الفعلي بالأداء عند بدء التشغيل، يمكن تحديد أي تدهور كبير يلحق بالأداء.

في حال لم يكن الأداء الأولي للنظام عند بدء التشغيل مرضياً، فسيكون من المفيد للغاية مقارنة أداء النظام الفعلي بأداء النظام المتوقع عن طريق برنامج تحليل نظام التناضح العكسي (ROSA) في ظل الظروف الفعلية.

يعد برنامج تحليل نظام التناضح العكسي أداة مستخدمة لتقييم الأداء المتوازن لنظام التناضح العكسي أو الترشيح النانوي الجديد في ظل ظروف التصميم، لكنه قد يُستخدم أيضاً لتقييم أداء نظام التناضح العكسي/الترشيح النانوي الحالي تبعاً للظروف الفعلية السائدة. ويستند هذا الأداء المتوقع إلى مواصفات الأداء الاسمي لعنصر (عناصر) FILMTEC المستخدم/المستخدمة في هذا النظام. ويُستخدم عامل التلوث 1.00 في التوقُّع لحساب أداء العناصر الجديدة، مع معدل التدفق الاسمي الدقيق. ويجب استخدام عامل تلوث أقل من 1 عند عمل تصميم بغرض التشغيل طويل المدى. وفي نظام فعلي، يمكن أن يكون للعناصر تبايناً في أداء التدفق بنسبة +/-15% من القيمة الإسمية، أو أيما كان التباين المحدد لهذا النوع من العناصر. وقد تصبح أيضاً نسبة إزالة الملح للعامل المنفرد أعلى أو أقل من نسبة إزالة الملح الإسمية (دون أن تقل عن الحد الأدنى لإزالة الملح). لذلك فإنه من غير المحتمل أن يصل الأداء المستقر المقاس إلى الأداء المتوقع، لكن بالنسبة للأنظمة التي تحتوي على أكثر من 36 عنصراً جديداً، فيجب أن تكون مقارباً له.

يجب أن يتراوح عامل التلوث الفعلي لنظام التناضح العكسي الجديد المتوازن - الذي يحتوي على 36 عنصراً على الأقل - ما بين 0.95 و 1.05. ولا ينبغي أن تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المقاسة فعلياً في المادة المنتجة النقية أعلى من حوالي 1.5 مرة ضعف المواد الصلبة الذائبة الكلية المحسوبة. وبالنسبة للأنظمة ذات العنصر الواحد أو العناصر القليلة، يمكن أن يصبح انحراف الأداء الفعلي المقاس عن الأداء المتوقع كبيراً كتباين أداء العنصر المحدد.

وفي حال تدهور الأداء الفعلي المحدد بدرجة كبيرة مقارنة بالأداء الأولي أو أن الأداء الفعلي المقاس لا يتوافق بشكل كافٍ مع الأداء المتوقع، تحقق مما يلي:

- هل كافة العدادات والمجسات ومقاييس الضغط تم فحصها ومعايرتها؟

#### إرشادات حل المشكلات:

استخدم معادلات التوازن الكنتي البسيطة للتأكد من دقة معدات التدفق والتوصيلية. ويجب تشغيل أنظمة التناضح العكسي/الترشيح النانوي عند معدلات التدفق والاسترجاع المخطط لها لضمان خلو عملية التشغيل من المشكلات. وقد يؤدي التشغيل عند مستويات مرتفعة من التدفق إلى تضرُّر العناصر الغشائية، كما يمكن أن ينتج التلوث من معدلات التدفق التي تنخفض جداً لمنع ترسيب الجسيمات الدقائقية. ومن الوارد أن يحدث التفسُّر أو التلوث في أنظمة التناضح العكسي عند التشغيل على معدلات استرجاع أعلى من المعدلات المتفق عليها في التصميم الرئيسي للمحطة.

تقدم المعادلتين 1 و 2 طريقة مبسطة للتحقق من دقة عدّادي التدفق والتوصيلية. ويجب استخدام هذه المعادلات كمؤشر، وليس الغرض منها أن تحل محل المعايرة الدورية للأدوات والمعدات. وإذا لوحظ الانحراف عن التوافق والانسجام في المعادلة 2، فقد يؤدي هذا إلى الإخلال بدقة أحد العدادين، ويلزم إجراء المعايرة.

$$1- \text{تدفق التغذية} = \text{تدفق المنتج المنقّى} + \text{تدفق المحلول الملحي}$$

$$2- \text{(تدفق التغذية) (توصيلية التغذية)} = \frac{0.05}{1} \pm 1 =$$

تدفق المنتج المنقى (توصيلية المنتج المنقى) + (تدفق المحلول الملحي) (توصيلية المحلول الملحي)

ولتنفيذ المعادلة 2، يجب أخذ قياسات التوصيلية بعد جميع الإضافات الكيميائية وأن تعكس مياه التغذية بدقة.

- هل ثبت النظام واستقر؟ يجب أن يكون قد استمر النظام بالعمل لمدة تتراوح ما بين 24 إلى 72 ساعة عند أخذ القراءات. ويجب التحقق من الأنظمة العاملة لوقت طويل عن طريق تطوير بيانات أداء النظام الموحدة. ويمكن القيام بهذا باستخدام برنامج FTNORM، كما هو موضح في **القسم الفرعي 6-6-5**.

- هل تم أخذ ضغط المنتج المنقى بعين الاعتبار؟ ينتج عن ضغط المنتج المنقى المهمل ضغط تغذية أعلى من المتوقع.

- هل هناك أية نسب انخفاض كبيرة في الضغط من التغذية إلى المادة المركزة؟ يساهم تحليل نظام التناضح العكسي 5 والإصدارات الأقدم في انخفاض الضغط في الأنابيب 5 رطل للبوصة المربعة (0.35 بار) لكل مرحلة، بالإضافة إلى فقدان الضغط في عناصر FILMTEC. وسينتج عن القيود في رأسيات التغذية أو المادة المركزة نسب انخفاض في الضغط أعلى من المتوقع. تحقق من بُعد مجسات الضغط عن نهاية التغذية والمادة المركزة في أوعية الضغط. ويجب أن تكون مواضع مجسات الضغط أقرب ما يمكن من وعاء الضغط وفي مسافة كافية من الصمامات أو الأماكن الأخرى ذات الاضطراب الكبير.

- تحقق من المخطط البياني للعملية والمعدات الخاصة بالنظام:

- هل تم الاستعداد لتفادي ملابس وظروف التشغيل غير الملائمة؟ انظر **القسم الفرعي 3-13**, مفاتيح الإغلاق

- هل تم تركيب الصمامات اللازمة؟ انظر **القسم الفرعي 3-13-4**, الصمامات

- هل تم الاستعداد لحل المشكلات بشكل فعال؟ انظر **القسم 3-16**, تصميم النظام لحل المشكلات بنجاح.

- تأكد من إجراءات تشغيل وإيقاف النظام: هل تم الاستعداد لتفادي سحب (انثحاب) أوعية الضغط خلال فترات التوقف عن العمل؟ انظر **القسم الفرعي 5-4**, تعطيل نظام التناضح العكسي والترشيح النانوي

- تحقق من إجراءات تشغيل وإيقاف النظام: هل هي آمنة تجاه الصدمات الهيدروليكية والضغط المرتد للمادة المنتجة النقية والتدفق العكسي للمادة المنتجة النقية؟ انظر **القسم الفرعي 5-2** إلى **القسم الفرعي 4-5** لمعرفة إجراءات بدء التشغيل والإيقاف.

- تحقق من إجراءات التنظيف والمواد الكيميائية المستخدمة: هل الإجراء فعال والمواد الكيميائية آمنة فيما يتعلق بتضرر الغشاء؟ انظر **الفصل 6**, التنظيف والتعقيم.



- ما معدل تكرار تنظيف النظام؟ قد يشير التواتر المرتفع للتنظيف (أكثر من مرة واحدة كل 4-6 أسابيع) إلى سوء أداء المعالجة التحضيرية أو عمل نظام التناضح العكسي/الترشيح النانوي خارج معايير التصميم. وكدليل إرشادي: يعتبر التنظيف الكيميائي من مرة إلى ثلاث مرات في العام الواحد أمراً جيداً، في حين أن أربع وحتى ست مرات للتنظيف سنوياً ما يزال أمراً مقبولاً. وعادة ما يكون تواتر التنظيف الأعلى مبرراً، بينما يعد تحسين نظام المعالجة التحضيرية أكثر اقتصادية في الغالب.
- هل تم إجراء تحليلات للمياه؟ لا تعد التوصيلية كافية لحساب إزالة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وخاصة أن ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) في مياه التغذية سيمر إلى المنتج المنقى، مما يؤدي إلى تكون حمض الكربونيك ويزيد من توصيلية المنتج المنقى.
- تحقق من كمية استخدام الكلور والمواد الكيميائية المؤكسدة الأخرى- وربما يشير هذا إلى احتمالية حدوث مشكلة الأكسدة.
- تحقق من معدل إحلال المرشحات الأولية- يمكن لمعدل الإحلال المرتفع أن يشير إلى احتمالية حدوث مشكلة التلوث. وقد يتسبب معدل الإحلال المنخفض للغاية أيضاً- مثل إحلال المرشحات الخرطوشية- في وقوع بعض المخاطر (كالتوقف والعطل المفاجئ وما إلى ذلك).
- تحقق من سجل التشغيل لمؤشر كثافة الطمي: يجب أن يكون مؤشر كثافة الطمي للتغذية > 5 أو > 3 بصورة ثابتة اعتماداً على تصميم النظام.
- تحقق من حسابات الترسب وتأكد من معدلات جرعات المواد الكيميائية، مثل مانع الترسب. في حال مراعاة كل ذلك وما يزال أداء النظام الملاحظ بعيداً عن التوقعات، قم بإجراء اختبارات النظام، كما هو موضح تباعاً.

### 3-8 عمليات فحص النظام

بعد القيام بفحص البيانات المتوافرة عن تشغيل النظام والأداء، ستنتم معاينة النظام وفحصه بشكل أكثر تفصيلاً.

#### 1-3-8 المعاينة البصرية

- ما هو مستوى نظافة المعدات؟ إن وجود عفن ونمو حيوي في الخزانات والأنابيب يعد مؤشراً على وجود مشكلة تلوث حيوي. وقد يؤدي وجود رشح أو تسرب بالأوعية إلى سحب الهواء وامتصاصه عند توقف النظام عن التشغيل مما يؤدي إلى حدوث صدمة هيدروليكية عند بدء التشغيل وحدث تلوث مبكر وخاصة في حالات مياه البحار.
- فتح وعاء التغذية عند جانب التغذية. هل يوجد أي ملوثات على سطح العنصر الرئيسي؟ يوجد غلاف حيوي زلق على أحد الأسطح الرطبة. هل له أي رائحة؟ هل تم تدعيم العناصر بشكل جيد؟ (انظر [القسم الفرعي 3-4](#), تدعيم العناصر).

- فتح وعاء الضغط عند جانب المادة المركزة: ملمس الترسب يكون كملمس ورقة السنفرة.
- إزالة العناصر من أحد الأوعية أو من بعضها وفحص القارنات والوصلات للتأكد من عدم وجود تلف أو خروج الحلقات الدائرية عن موضعها. يتم استبدال الحلقات الدائرية. انظر [القسم الفرعي 4-5](#) للتعرف على تقنية الموصلات البيئية.
- معاينة العناصر للتأكد من عدم وجود تلوث أو تقشر أو تلف ميكانيكي- يتم فحص أحد العناصر الأمامية وأحد العناصر الخلفية على الأقل.

### 2-3-8 نوع مادة التلوث وطريقة التنظيف الأكثر فاعلية

- كيف يستجيب النظام لعمليات التنظيف المختلفة؟ تعد كفاءة بعض عمليات التنظيف المعينة مؤشراً على وجود مشكلة تلوث معينة. انظر [القسم الفرعي 6-9](#), طريقة التنظيف في بعض الحالات.
- ما هو شكل محلول التنظيف الذي يخرج من النظام؟ محلول التنظيف الأولي الذي يخرج من نظام الغشاء يمكن أن يحتوي على كميات عالية من مواد التلوث التي يتم التخلص منها. ويتم تحليل المعادن في مادة التنظيف الكيميائي المتبقية وكذلك الكربون العضوي الكلي ومقارنة هذا التحليل بالمحلول الجديد. ويمكن تقييم نوع مادة التلوث من خلال مقارنة تحليل محلول التنظيف المستخدم وغير المستخدم.

### 3-3-8 تحديد موضع مرور نسبة عالية من المادة المذابة

#### 1-3-3-8 تحديد البيانات التعريفية للنظام

في حالة تمرير النظام لنسبة عالية من المادة المذابة، تكون أحد الخطوات الأولى في حل المشكلات هي تحديد المصدر. وقد يكون تناقص نسبة طرد مادة الذوبان واحدة على مستوى النظام أو تكون مقتصرة على طرفي النظام المقدمة والمؤخرة. وقد يكون هذا إخفاً عاماً في النظام أو قد يكون مقتصراً على وعاء واحد أو بعض الأوعية الفردية. ولتحديد موضع مرور نسبة عالية من المادة المذابة في نظام ما، فإنه يُنصح أولاً بتحديد البيانات التعريفية للنظام. ولتحديد البيانات التعريفية للنظام، يتم فحص المواد الصلبة الذائبة الكلية أو درجة توصيل جميع الأوعية الفردية أو غيرها من قيم الجودة الأخرى التي لها علاقة بها. ويحتوي النظام ذو التصميم الجيد على فتحة أخذ عينة تقع في مجرى تيار المنتج المنقى القادم من جميع الأوعية. ويجب توخي الحذر أثناء أخذ العينات لتجنب خلط عينة المنتج المنقى لوعاء ما مع المنتج المنقى الخاص بالأوعية الأخرى. ويتم فحص جميع عينات المنتج المنقى بعد ذلك لمعرفة درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية أو قياس درجة التوصيلية. ويجب استخدام تطبيقات الترشيح النانوي أو الطرق التحليلية الخاصة بالكبريت أو غيره من المركبات ذات الصلة. ويجب أن تكون قراءات العينات المأخوذة من جميع أوعية الضغط الموجودة في نفس المرحلة في مستوى واحد. لا حظ أنه من مرحلة إلى أخرى يزيد عادة متوسط المواد الصلبة الذائبة الكلية في المنتج المنقى أو درجة التوصيلية بسبب تغذية المرحلة الثانية بالمادة المركزة القادمة من المرحلة الأولى. ولتحديد موضع مرور المادة

الذائبة لجميع أوعية الضغط القادمة من تركيز المنتج المنقى، يجب أيضاً قياس تركيز تيار التغذية في كل مرحلة. ومرور المادة الذائبة هو عبارة عن النسبة بين تركيز المنتج المنقى وتركيز التغذية. ولذا يمكن رجوع سبب مرور نسبة عالية من المادة الذائبة في النظام إلى المرحلة الأولى أو المرحلة الأخيرة أو إلى الأوعية الفرعية.

### 8-3-3-2 الفحص

في حالة ظهور تركيز نافذ عالي بشكل أكبر في وعاء ضغط مقارنة بالأوعية الأخرى لنفس المرحلة، يجب فحص هذا الوعاء. ويسمح هذا الإجراء بتحديد موضع المشكلة داخل وعاء الضغط عندما يكون موجوداً ومتصلاً بدون تفريغ العناصر. وتشتمل عملية الفحص على إدخال أنبوب بلاستيكي (بقطر 1/4 بوصة (6 ملم) تقريباً) داخل أنبوب المنتج المنقى بالكامل (انظر الشكل 8-1) لقياس درجة توصيلية المنتج المنقى في أماكن مختلفة داخل وعاء الضغط. ويمكن إتمام هذا الإجراء من خلال عزل الوعاء عن مُشعب المنتج المنقى واستخدام فتحة المنتج المنقى أو من خلال إزالة سدادة المنتج المنقى للطرف المقابل. في حالة بقاء مُشعب المنتج المنقى في موضعه، يجب التأكد من عدم تأثير أي مادة نافذة من أوعية أخرى على عملية الفحص. وفي حالة تشغيل النظام في ظل وجود الضغط المرند للمادة النافذة، فإنه يجب فصل الوعاء الذي يتم فحصه عن نافذ النظام لمنع دخول المنتج المنقى من الأوعية الأخرى إلى الوعاء الذي يتم فحصه.

يُمنع استخدام تجهيزات وتركيبات أنبوب معدلة وفقاً للشكل 8-2 تسرب المياه عند نقطة الدخول. ويمكن استخدام الجهاز في الطرف المقابل لوعاء الضغط القادم من الأنبوب الرأسي للمنتج مع بقاء مُشعب المنتج المنقى في موضعه حتى في ظل وجود درجة معتدلة من الضغط المرند للنافذ. ويتم توصيل صمام كروي 1/2 بوصة بفتحة المنتج المنقى. ويتم تركيبه بأنبوب باركر بلاستيكي مقاسه 1/4 بوصة والذي تم تعديله من خلال حفر الجسم بما يسمح بمرور أنبوب مسبار بلاستيكي 1/4 بوصة بشكل كامل من خلال التركيب. بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود قطعة قصيرة (2 بوصة "5 سم") من أنبوب مطاطي جداري رقيق ولدن جداً مركب بشكل محكم بطرف أنبوب المسبار المصنوع من النايلون وبيبرز للخارج حوالي 1/2 بوصة سيمنع وجود إعاقة في أجزاء توصيل أنبوب المنتج والموصلات الداخلية لأنبوب المنتج.

وفي حالة عمل نظام الغشاء في ظروف العمل العادية، يتم تحويل المياه من تيار المنتج النقي للوعاء الذي يتم فحصه. يجب توفير عدة دقائق لغسل الأنبوب والسماح لنظام الغشاء بالتوازن. فيما يتعلق بنظام التناضح العكسي، ويمكن قياس إجمالي المواد الصلبة الذائبة أو درجة توصيل عينة المنتج المنقى المأخوذة من الأنبوب من خلال عداد قياس محمول يدوياً مع تسجيل البيانات. ويفضل ضبط عداد قياس درجة التوصيل على المؤشر المستمر باستخدام التدفق خلال الخلية أو الترتيب المبين في الشكل 8-1. ويجب أن يعكس القياس إجمالي المواد الصلبة المذابة للنافذ الذي يتم إنتاجه من خلال عنصر FILMTEC الموجود في هذا الموضع. أما فيما

يتعلق بنظام الترشيح النانوي، يمكن أن تكون درجة توصيل المنتج المنقى بالحساسية الكافية لتحديد موضع التسريب. وبدلاً من ذلك، يجب تحديد درجة تركيز الكبريت في العينة.

يتم سحب الأنبوب للخارج من الطرف بمقدار ست بوصات (15 سم) مع أخذ عينة لقياس درجة التوصيلية عند السطح البيئي المشترك للمهائئ/للعنصر. ثم يتم سحب الأنبوب بمقدار ثمان بوصات (20 سم) وأخذ عينة أخرى. ثم يتم سحب الأنبوب بشكل زائد للحصول على درجة التوصيل (انظر الشكل 8-1). ويجب أن تكون مواضع أخذ العينات بعد كل ثمان بوصات (20 بوصة) لذا يتم تحديد كل قارنة توصيل بين العنصرين من خلال العينة الخامسة. وهذا يسمح بعمليات قياس متعددة لكل عنصر بالإضافة إلى فحص جميع الحلقات الدائرية الخاصة بالفارنات والمهائئات. ويمكن تحديد الأنبوب ووسمه حتى يمكن الوصول إلى أماكن أخذ العينات المرغوبة بسهولة.

إن أخذ قراءة درجة التوصيل عند كل 8 بوصات لكل عنصر بمثابة فحص أدق لتحديد أي من عازلات الحلقات الدائرية للقارنة (موصل داخلي) به تسريب. وبالمثل، يجب وضع المسبار بعيداً بعض الشيء وفي طرف المهائئ للتأكد من سلامة عازل الحلقة الدائرية بالمجموعة الرأسية لوعاء الضغط (السدادة الطرفية) وهذا ما يوضحه الشكل 8-2 من خلال طريقة وضع المسبار للكشف عن وجود تسريبات بعازل الحلقة الدائرية لمهائئات أنبوب المنتج في هيكل أنبوب المنتج المنقى من ناحية السدادة الطرفية. ويبين الشكل المسبار في وضع "التشغيل" المناسب لعناصر الـ 8 بوصة حيث يتم استخدام فتحة المنتج المنقى المسدودة عادة في توصيل جهاز الفحص وإدخال أنبوب المسبار. وتختلف الأبعاد باختلاف الشركة المصنعة ونموذج أوعية الضغط الفعلية. وينصح في معظم الأحيان بفتح أحد أوعية الضغط لتحديد الأبعاد الخاصة بموضع أنبوب المسبار بالتحديد. وبعد القيام بهذه العملية، يجب وضع جدول بأبعاد جميع الأماكن نظراً أن الأمر يتطلب وجود توقعات أثناء عملية سحب أنبوب المسبار بهدف تسجيل درجات قياس التوصيل.

يمكن وضع المسبار الخاص بنقاط أخذ البيانات هذه بشكل دقيق من خلال استخدام حلقة دائرية إضافية (بحجم 108 لأنبوب بقطر خارجي 1/4 بوصة) كمؤشر خارج تركيب الأنبوب. وبعد إدخال المسبار بالكامل في موضع التشغيل والحلقة الدائرية للمؤشر عند السطح الخارجي لتركيب الأنبوب، يمكن قياس الوضع التالي المحدد مسبقاً بشكل دقيق من خلال شريط قياس حيث تتحرك الحلقة الدائرية باتجاه الأنبوب عندما يتم سحب المسبار. ثم السماح للمسبار بانزلاق الحلقة الدائرية للمؤشر بشكل ثابت مرة ثانية إلى تركيب الأنبوب استعداداً لقياس عملية السحب التالية. وأثبتت هذه الطريقة البسيطة فاعليتها الشديدة في تحديد موضع المسبار بشكل دقيق في حالة وجود سبعة عناصر على التوالي.

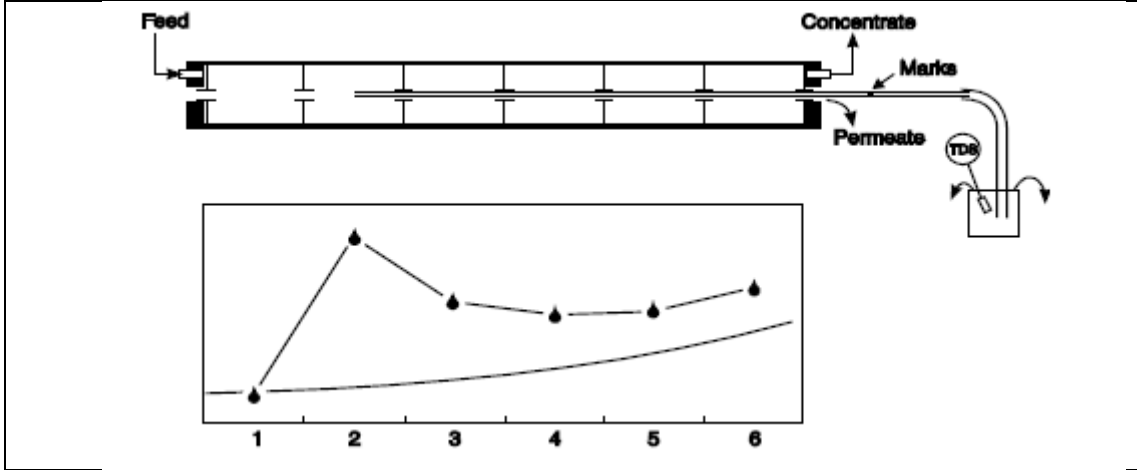
وتظهر درجة التوصيل الطبيعية زيادة ثابتة في المنتج المنقى الذي يتم إنتاجه عند طرف التغذية لوعاء الضغط باتجاه طرف المادة المركزة للوعاء. ويعين الانحراف الكبير غير المعتاد عن هذه الدرجة موضع مصدر مشكلة مرور نسبة عالية من الملح. ويتم الإشارة إلى وجود مشكلات في الحلقات الدائرية بشكل عام من خلال وجود

تغيير تدريجي في درجة التوصيل عند موضع القارنة/المهايئ بينما يشير وجود زيادة ملحوظة خارج هذه النقاط إلى وجود تسريب من أحد العناصر بسبب توقف الضغط المرتد.

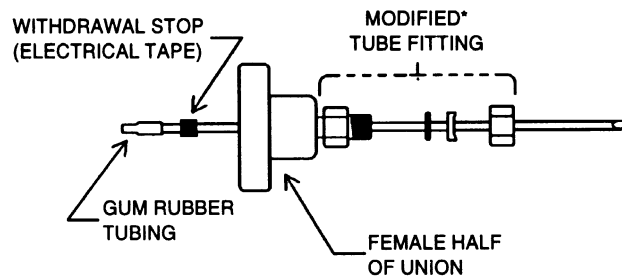
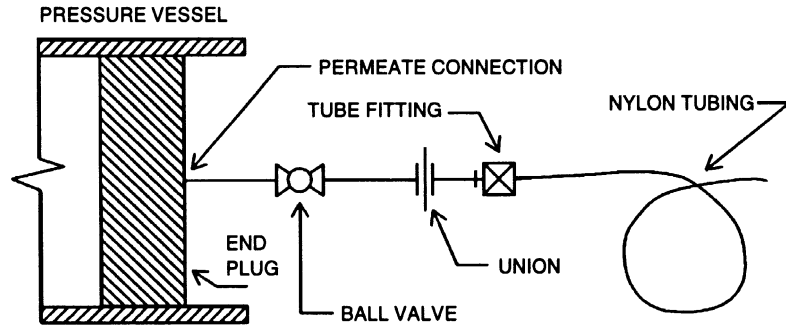
تعتمد درجة التوصيل الطبيعية (المرجعية) أيضاً على موضع دخول أنبوب المسبار واتجاه تدفق المنتج المنقى من خارج الوعاء الذي يتم فحصه. ويبين الشكل 1-8 ترتيب عملية الفحص من طرف المادة المركزة للوعاء مع تدفق المنتج المنقى إلى جانب المادة المركزة أيضاً. تمثل العينة الأولى من طرف جانب التغذية للوعاء المنقى الذي يتم إنتاجه في هذا الموضع بالتحديد. ونظراً لسحب الأنبوب بالتدرج من الوعاء، فإن العينة تمثل خليطاً من المنتج المنقى المجمع الذي يتم إنتاجه في عكس اتجاه مجرى موضع العينة. وتمثل العينة الأخيرة المنتج المنقى للوعاء بالكامل.

في حالة اتصال الوعاء بمشعب المنتج المنقى و/أو أنبوب المسبار الذي تم إدخاله من جانب التغذية للوعاء، تتغير درجة التوصيل المرجعية بناءً على ذلك. وتصبح دقة تنفيذ الطريقة أفضل ما يكون عندما تتأثر العينة بشكل طفيف للغاية بالماء النافذ من الأغشية المعاكسة لاتجاه التيار. ويجب أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار عند تقييم النتائج.

الشكل 1-8، درجة التوصيل



الشكل 2-8 جهاز فحص المنتج المنقى للغشاء الحلزوني



ملحوظة: يتم تعديل تركيب الأنابيب من خلال توسيع الثقب الذي يبلغ 1/4 بوصة من خلال الجسم والتخلص من حلقة القابض.

#### 4-8 عنصر الغشاء

##### 1-4-8 تقييم اختيار العينات

في حالة عدم معرفة أسباب تدهور أداء المعدات أو في حالة التأكد من الأسباب، يلزم تحليل أحد عناصر النظام أو أكثر كل بمفرده. ويجب تحليل العناصر التي يوجد بها زيادة تدريجية في درجة التوصيل.

في حالة حدوث إخفاق عام بالمحطة، يجب اختيار العنصر الأمامي أو العنصر الخلفي بالاعتماد على موقع المشكلة. وتكون المشكلات الأمامية في الغالب مشكلات تلوث بينما تكون المشكلات الخلفية في الغالب مشكلات ترسب. وفي حالة عدم تحديد موضع المشكلة، يجب أخذ عامل من كلا طرفي النظام.

ينصح بأخذ عينة من العنصر الثاني من موضع مجاور في حالة التخطيط للقيام بفحوصات تنظيف. ثم يمكن بعد ذلك استخدام أحد العناصر لتحليل طبقة التلوث والقيام بإجراء الفحوصات المختبرية لتنظيف الترسب حيث يتم تطبيق نتائج هذه الفحوصات على العنصر الآخر.

## 2-4-8 DIRECTOR<sup>SM</sup> خدمات

تقدم شركة FilmTec خدمة تحليل العناصر تسمى خدمة المدير DIRECTOR Service والتي تشمل على مجموعة متنوعة من إجراءات المعاينة والتشخيص والفحص. وفي حالات الضمان، يجب إشراك إدارة الجودة بشركة داو.

كما يمكن أيضاً القيام بعملية اختبار عناصر الغشاء وفحصها وتحليلها من خلال أحد المختبرات الخارجية. وتتوافر لدى المنشآت الكبرى إمكانيات لتقييم عناصر الغشاء في الموقع. ويمكن أن تقدم المعاينة البصرية وبعض الفحوصات البسيطة في الموقع بعض المعلومات السريعة والقيمة.

تعتمد الإجراءات المنصوص عليها أدناه على الطرق المعيارية والممارسات الخاصة بالجمعية الأمريكية لاختبار المواد كلما أمكن ذلك. وينصح بهذه الطرق عند تقييم عنصر الغشاء بينما لا تقدم خدمات المدير DIRECTOR Services جميع هذه الطرق. ومن الناحية الأخرى، تقدم خدمات المدير بعض عمليات التقييم الخاصة غير المنصوص عليها في هذا القسم. وتتوفر تفاصيل وحالات وإجراءات إرجاع العناصر على الصفحات الإلكترونية الخاصة بنا ([www.dow.com/liquidseps/service](http://www.dow.com/liquidseps/service)).

## 3-4-8 المعاينة البصرية والوزن

تقدم المعاينة البصرية لعناصر الغشاء معلومات عن احتمالية حدوث مشكلات تلوث أو ترسب. وتتم معاينة العنصر للكشف عن وجود تغيير في ألوان الغلاف الخارجي والألياف الزجاجية أو شريط الغلاف. كما تتم معاينة العنصر للكشف عن وجود أية ترسيبات أو أجسام غريبة. وقد يشير جود خلل في آلية عمل الغشاء أو ضرر لحق بالألياف الزجاجية إلى وجود أحمال هيدروليكية زائدة أو تحميل وعاء الضغط بطريقة غير صحيحة. تتم معاينة أنبوب المياه الناتجة النقية للكشف عما إذا كان هناك عطل ميكانيكي قد يتسبب في عبور الملح ومروره. كما تتم معاينة غالق المحلول الملحي للتأكد من حالته وتركيبه بطريقة صحيحة.

## 4-4-8 اختبار التلاشي الفراغي

ينبغي أولاً فحص عنصر FILMTECTM ذو المرور المرتفع للملح لمعرفة إمكانية وجود تسربات لمياه التغذية/المادة المركزة في جانب المنتج المنقى من العنصر. وقد تأتي التسربات من خلال التلث الموجود بسطح الغشاء ذاته عن طريق الثقوب أو الخدوش أو من خلال طبقات التنطين الرقيقة أو من خلال التلث المادي في الغشاء عن طريق الضغط المرتد للماء النافذ أو المطرقة المائية مثلاً. ويمكن إجراء اختبار التلاشي الفراغي- الذي سيتم وصفه لاحقاً- لاكتشاف التسربات أو التأكد من السلامة الميكانيكية لعنصر FILMTEC. وتعتمد هذه الطريقة على معايير الجمعية الأمريكية لاختبار المواد D3923 /2/ وD6908 /3/.

يعتبر اختبار التلاشي الفراغي وسيلة لاكتشاف التسربات أو التأكد من سلامة عناصر FILMTEC الخاصة بالتناضح العكسي والترشيح النانوي بعد تشغيلها. ويمكن تطبيقه على عنصر واحد أو على وعاء ضغط كامل يحتوي على عناصر متعددة. وقبل الاختبار، يجب تفريغ العناصر من المياه الموجودة في قنوات التغذية وفي مخارج المنتج المنقى. ولا بد أن لا يحتوي وعاء الضغط المقرر اختباره على أية مياه. ويتم تفريغ وعزل أنبوب المنتج المنقى الخاص بالعنصر. ويشير معدل التلاشي الفراغي إلى السلامة الميكانيكية أو إلى التسرب في عنصر الغشاء. وسيظل العنصر السليم ميكانيكياً وكذلك الغشاء التالف كيميائياً حاجزاً لآلة التفريغ ومستوعباً لها، بينما العنصر التالف ميكانيكياً لا يمكنه ذلك.

يعتبر هذا الاختبار مفيداً كإجراء فحص ولا يعد وسيلة للتثبيت الكامل من التسرب. ومع ذلك، فالاختبار يسمح بتحديد عناصر التسرب أو الحلقات الدائرية في وقت قصير. وهو يساعد كذلك في التمييز بين التلف الكيميائي في الغشاء (الذي لا يظهر كتسرب) والتلف الميكانيكي في الغشاء. ويمكن إجراء الاختبار في الموقع الميداني لاختبار عدد ضخم من العناصر عندما لا تتوفر وحدة اختبار العنصر الفردي، أو لا يتوفر الوقت الكافي لاختبار الأداء.

يتم الإجراء كالتالي (انظر شكل 3-8):

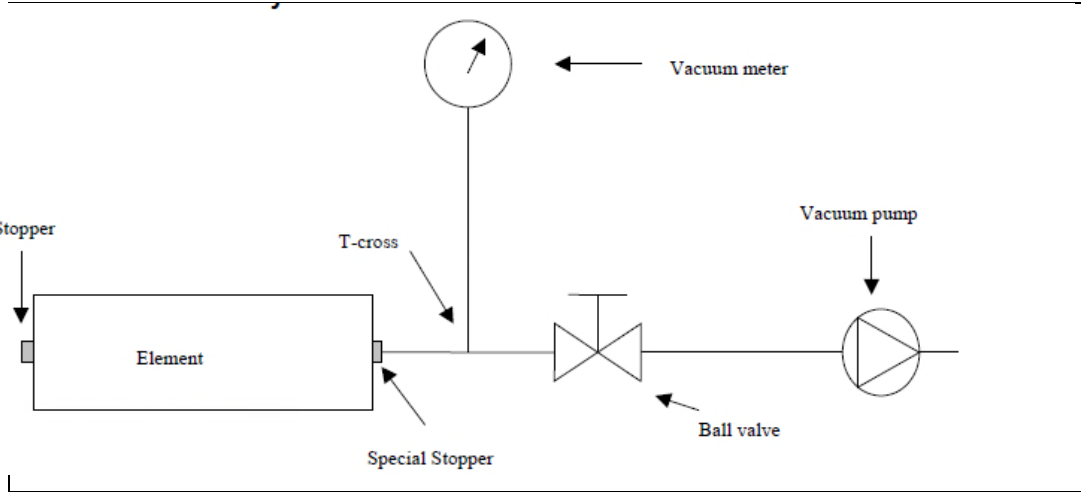
- أ. قم بتفريغ العنصر.
- ب. قم بسد إحدى نهايتي أنبوب المنتج المنقى بغطاء مانع للتسرب.
- ج. قم بتوصيل طرف النهاية الأخرى لأنبوب المنتج المنقى بمقياس فراغي ومصدر تفريغ ذي صمامات.
- د. قم بتفريغ العنصر وسحبه إلى 100-300 ميلي بار ضغط مطلق.
- هـ. قم بإغلاق صمام العزل ولاحظ القراءة على المقياس الفراغي. لاحظ المعدل الذي يتلاشى عنده التفريغ. يشير التلاشي السريع (أكبر من زيادة في الضغط بمقدار 100 ميلي بار في الدقيقة) إلى وجود تسرب.
- و. قم ببطء بتحريك آلة التفريغ واسمح للعنصر بالوصول إلى الضغط الجوي قبل الانفصال.
- ز. يجب تكرار الاختبار عدة مرات قبل التأكد على قابلية إعادته بنتائج متطابقة.

تدخل القارنات والمهائئات في إجراء اختبار التسرب لوعاء ضغط كامل. وتكون الإجراءات كما تم وصفها مع اختلاف بسيط وهو أن فتحة المنتج المنقى على أحد جانبي الوعاء مغلقة، ويتم دفع آلة التفريغ من فتحة المنتج المنقى على الجانب الآخر. قد تكون فتحات التغذية والمادة المركزة مفتوحة.

### شكل 3-8 اختبار التلاشي الفراغي







#### 5-4-8 اختبار الأداء

يتم استخدام اختبار الأداء القياسي للعنصر لتحديد نسبة طرد المادة المذابة ومعدل تدفق المنتج المنقى الخاص بعنصر FILMTECTM في ظل ظروف الاختبار القياسية (Standard Test Conditions) الخاصة بـ FILMTEC. وبعد ذلك يمكن مقارنة نتائج الاختبار بمواصفات العنصر محل الاختبار. ويتم تحديد أداء العنصر قبل أي محاولة تنظيف لتقييم فعالية المعالجة وبعدها أيضاً.

يتكون جهاز الاختبار القياسي من خزان يحمل التغذية مزود بنظام مبادلة حرارية ذي منظم حرارة للحفاظ على محلول التغذية عند  $1 \pm 25$  درجة مئوية، ومضخة لتوفير الضغط المطلوب ومعدل تدفق التغذية، وجهاز تناضح عكسي. ولقد تم تقديم وصف مفصل في *ASTM D4194-03 / 4*. ويتم استخدام محلول اختبار تركيبى كميّاه التغذية مثلاً. وتتم معالجة المنتج المنقى والمادة المركزة وإعادتها لخزان التغذية.

يتم استخدام كلوريد الصوديوم كمذاب اختباري للتناضح العكسي. أما بالنسبة للترشيح النانوي فيتم أيضاً استخدام كل من كبريتات الماغنسيوم وكلوريد الكالسيوم. ولقد تم تحديد تركيز الملح وضغط التغذية في ظروف الاختبار القياسية الموجودة في نشرة معلومات المنتج الخاصة بعنصر FILMTEC. ويجب تعديل معدل تدفق التغذية للوصول إلى استرجاع العنصر كما هو موضح في ظروف الاختبار القياسية المذكورة. ولابد من تعديل درجة الحموضة إلى 8 بإضافة حمض الهيدروكلوريك أو هيدروكسيد الصوديوم. وللحصول على ملخص ظروف الاختبار القياسية، انظر [القسم الفرعي 8-1](#)، جدول 8-1-5.

بعد مرور ساعة من بدء التشغيل، تم تسجيل البيانات التالية، وتم تكرار التسجيل بعد مرور ساعتين إلى ثلاث ساعات من بدء التشغيل، ثم بعدها كل ساعة حتى اتفقت ثلاثة معدلات تدفق نافذ متتالية (تم تصحيحها إلى 25 درجة مئوية) ونسب مرور الملح في نطاق 5% (نسبياً):

- ضغوط كل من التغذية والمادة المركزة والمنتج المنقى

- تدفقات المنتج المنقى والمادة المركزة (استخدم مقاييس تدفق مدرجة أو حاوية ذات حجم مدرج وساعة إيقاف)
  - درجة حرارة المنتج المنقى
  - موصلية التغذية، والمنتج المنقى، والمادة المركزة، أو محتوى الكلور في المسارات الثلاثة.
- لا بد أن يتم تصحيح معدل تدفق المنتج المنقى إلى 25 درجة مئوية باستخدام الصيغ الواردة في القسم الفرعي 6-7، جعل أداء المحطة قياسياً. يتم حساب نسبة طرد الملح من موصلية المنتج المنقى  $K_p$  وموصلية التغذية  $K_f$  :

$$\text{Rejection, \%} = \left(1 - \frac{K_p}{K_f}\right) \times 100$$

#### 6-4-8 تقييم التنظيف

عندما يكون معدل تدفق المنتج المنقى الخاص بالعنصر المختبر منخفضاً للغاية مقارنة بالقيمة المحددة، يمكن محاولة التنظيف. ومع ذلك لا يمكن أن تكون عملية التنظيف ناجحة في حال كان الغشاء نفسه تالفاً، أو إذا كان الغشاء ملوثاً/به مناطق ترسب كثيرة للغاية (عادة عندما يكون تدفق المنتج المنقى > 50% من المحدد في المواصفات).

يشمل تقييم التنظيف تحديد إجراءات التنظيف وتثبيتها، وتنظيف عينات الغشاء واختبار الأداء اللاحق. ويمكن تقييم التنظيف الذي تم إجراؤه على عناصر الغشاء بعد اختبار الأداء أو على قطع القماش المسطحة اللوحية للغشاء بعد التشريح الإتلافي. ويتم تنفيذ التنظيف وفقاً لإجراء التنظيف الموصوف في [القسم 6، التنظيف والتعقيم](#).

عندما يثبت اختبار التنظيف فعاليته، يمكن تطبيق المعالجة على نظام التناضح العكسي ككل.

#### 6-4-8 التشريح

بعد القيام بالاختبارات الموصوفة سابقاً، فإن الطريقة المثلى لتحديد سبب/أسباب تردي الأداء هو التحليل (التشريح) الإتلافي لعنصر FILMTEC™. ويجب إشراك إدارة الجودة في شركة "داو" إذا تطلب الأمر تحليلاً إتلافياً في حالات الضمان.

يتم شق العنصر طولياً للسماح للغشاء بالانكشاف. ولابد من شقه إلى جزئين أو أربعة من على الجوانب المتقابلة، ويكون شقاً عميقاً بما يكفي للتغلغل في غلاف العنصر. وينبغي الكشف عن العنصر بحرص حتى لا يتم تدمير سطح الغشاء. ويتم فحص السلامة الهيكلية للأوراق. كذلك يتم فحص الغشاء كاملاً ويتم أخذ عينات للغشاء و/أو الملوثات للتحليل أو لاختبارات الأغشية المسطحة.

**اختبار صبغ الضغط:** لتحديد سبب/أسباب مرور الملح وموضعه، يتم تشغيل العنصر بمحلول صبغ مضغوط قبل التشريح. يمكن استخدام الرودامين "ب" كصبغة. ويشير المنتج المنقى الوردي إلى أن الغشاء تالف. يتم تشريح العنصر المصبوغ وفحصه للبحث عن موقع مرور الصبغة؛ حيث نكتسب المناطق التالفة من الغشاء لوناً وردياً. ويسمح لنا هذا التقييم بالتمييز بين التلف الكيميائي في الغشاء (كالتأكسدي) والتلف الميكانيكي كالذي ينتج عن الضغط المرتد للمادة النافذة.

#### 8-4-7 تحليل الغشاء

يتم تحديد تشكيل الرواسب عن طريق مجهر ضوئي قياسي ومجسم أو مجهر إلكتروني ماسح (SEM). يتم الحصول على معلومات حول العناصر الكيميائية التي يحتوي الغشاء عليها أو على طبقة التلوث/الترسب الخاصة به من التحليل الطيفي لاستشعاع الطاقة المتفرقة بالأشعة السينية (EDXRF). ويمكن تحليل عينات الغشاء "كما هو" والغشاء المغسول والمشطوف والملوثات/الترسبات المعزولة والمجففة عن طريق التحليل الطيفي لاستشعاع الطاقة المتفرقة بالأشعة السينية. وتعطي النتيجة تراكيباً نصف كمي للعناصر الكيميائية الخاصة بالغشاء والملوثات. كذلك قد تقدم هذه الطريقة الدليل على تلف الهالوجين "مولد الملح" بالغشاء. والعناصر التقليدية التي تم العثور عليها هي الكالسيوم، والباريوم، والسترونشيوم، والكبريت (التقشر) والحديد، والسليكون، والرصاص، والزنك (التلوث الغرواني) والكلور، والبروم، واليوم (التلف بالأوكسدة). ومع ذلك، لا يمكن اكتشاف التلوث العضوي تماماً والتلوث الحيوي بهذه الطريقة.

يتم استخدام ICP (طيف الانبعاث ببلازما الحث المزوج) للتحديد الكمي للمعادن والسليكا على سطح الغشاء. يمكن تحديد الشوائب المحيطة عضوياً بسطح الغشاء باختبار ESCA (التحليل الطيفي للإلكترونات من أجل التحليل الكيميائي). يتم استخدام هذا الاختبار أساساً لتحديد مصدر الأوكسدة.

يتم القيام باختبار الأغشية المسطحة بعد التشريح المتلف. ويتم قطع أجزاء دائرية من غشاء العنصر المشرح ووضعها في جهاز الأغشية المسطحة. ويمكن تنظيف الأجزاء أو معالجتها بمواد كيميائية مختلفة. ويمكن مقارنة أداء الألواح المختلفة الخاصة بعينات الغشاء للمعالجة بطرق مختلفة بالأجزاء الضابطة.

يمكن كشط الرواسب أو الملوثات اللزجة من سطح الغشاء ثم إجراء الاختبار الحيوي الدقيق على هذه العينات. ويكشف الاختبار الحيوي الدقيق عن وجود البكتيريا وعن نوع البكتيريا الموجودة والتي قد تسمح بدورها بابتكار استراتيجية مضادة للتلوث الحيوي.

## 5-8 أعراض المشكلة وأسبابها والإجراءات التصحيحية

المشكلة في أداء نظام التناضح العكسي/الترشيح النانوي عادة ما تعني إحدى النقاط التالية على الأقل:

- النقص في معدل تدفق المنتج المنقى القياسي، ويظهر هذا عملياً بصورة طبيعية في حالة الزيادة في ضغط التغذية للحفاظ على ناتج المنتج المنقى.
  - زيادة في مرور المذابات المعايير، ويرتبط هذا في التناضح العكسي بصورة تقليدية بالزيادة في موصلية المنتج المنقى.
  - الزيادة في نسبة انخفاض الضغط: يصبح الفرق بين ضغط التغذية وضغط المادة المركزة أكبر عند معدل تدفق ثابت.
- يمكن غالباً تحديد أسباب المشكلة من هذه الأعراض وموقعها ونوع حدوثها. وفي الأقسام الفرعية التالية، تتم مناقشة المشكلات الرئيسية الثلاثة المذكورة بصورة منهجية.

### 1-5-8 التدفق المنخفض

إذا عانى النظام من انخفاض في أداء تدفق المنتج المنقى القياسي وأمكن تحديد موضع المشكلة، تكون القاعدة العامة هي:

- مشكلة المرحلة الأولى: ترسب مادة معينة، التلوث الحيوي المبدئي
- مشكلة في المرحلة الأخيرة: الترسب
- مشكلة في كل المراحل: التلوث المتقدم

قد يصحب أداء التدفق المنخفض مرور طبيعي أو مرتفع أو منخفض للمذابات. وبناءً على هذا الدمج، يمكن استخلاص النتائج المتعلقة بالأسباب.

### 1-1-5-8 التدفق المنخفض والمرور الطبيعي للمذابات

قد ينجم التدفق المنخفض للنافذ المرتبط بالمرور الطبيعي للمذابات عن الأسباب الآتية:

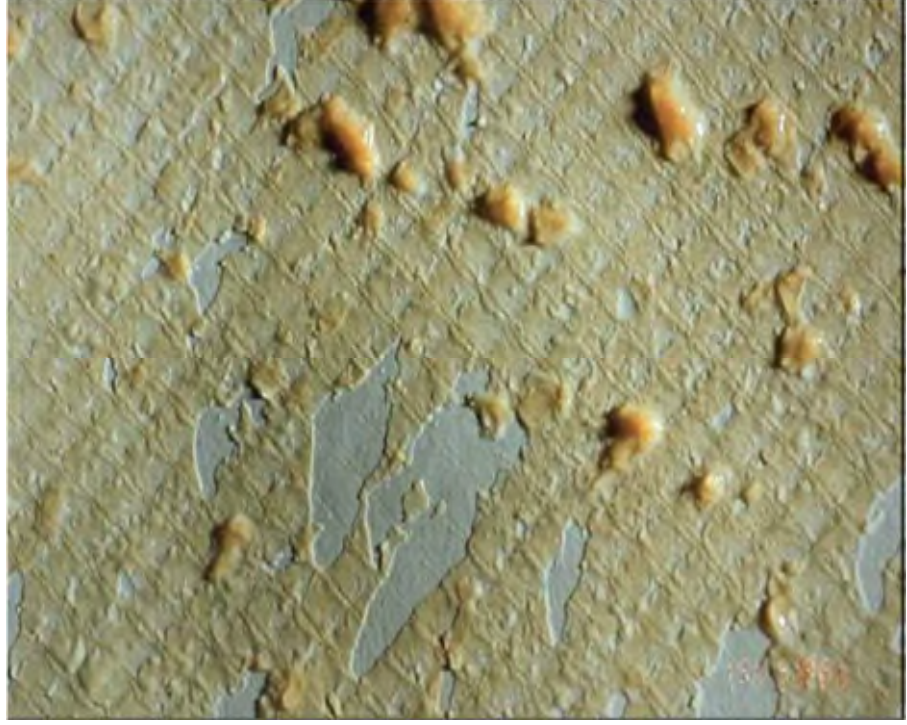
#### أ. التلوث الحيوي والمادة العضوية الطبيعية (NOM):

يتضح التلوث الحيوي للأغشية بناءً على التغيرات التالية في مؤشرات التشغيل، وذلك عند النهاية الأمامية للنظام بصفة أساسية:

- ينخفض تدفق المنتج المنقى عند التشغيل على ضغط تغذية واسترجاع ثابتين.

- ينخفض الاسترجاع عند التشغيل بضغط تغذية ثابت، في الحالات التي يكون فيها التلوث الحيوي متطوراً إلى كتل حيوية ضخمة.
  - يجب أن يزداد ضغط التغذية إذا كان لا بد من المحافظة على تدفق المنتج المنقى عند استرجاع ثابت. ومع ذلك تعتبر الزيادة في ضغط التغذية معرقة للنظام عند تطبيقها لمدة طويلة، نظراً لأنها تزيد من التلوث مما يجعل التنظيف اللاحق أصعب.
  - يزداد الضغط التفاضلي بصورة حادة عندما يكون التلوث البكتيري ضخماً أو عندما يصبح تلوث بالظمي. ونظراً لأن هبوط الضغط في أوعية الضغط قد يكون مؤشراً حساساً للتلوث، فنوصي بشدة بتضمين إجراءات لتركيبة أجهزة مراقبة الضغط التفاضلي في كل مرحلة في النظام.
  - يظل مرور المذابات طبيعياً أو حتى منخفضاً عند البداية، ويزداد عندما يصبح التلوث ضخماً.
  - تشير الأعداد المرتفعة من الكائنات الدقيقة في عينات المياه المأخوذة من مسارات التغذية أو المادة المركزة أو المنتج المنقى إلى بداية أو وجود تلوث حيوي. ومن أجل مراقبة حيوية دقيقة مناسبة انظر [القسم الفرعي 2-6-2](#)، تقييم إمكانية التلوث الحيوي. وعندما يشتبه في وجود تلوث حيوي، لا بد من فحص النظام وفقاً للعناصر الموصوفة في [القسم الفرعي 3-15](#)، اعتبارات في تصميم النظام للتحكم في النشاط الحيوي الدقيق.
  - يكون الغلاف الحيوي زلقاً عند لمسه، وغالباً ما يكون له رائحة كريهة
  - يعد اختبار الحرق اختباراً سريعاً للتلوث الحيوي: يتم جمع عينة من الغلاف الحيوي باستخدام ملاعق أو طرف سكين وحرقتها على لهب قداحة. تكون رائحة الغلاف الحيوي المحترق مشابهة لرائحة الشعر المحترق. (وحقاً يعتبر هذا اختباراً سريعاً لمؤشر ولكنه ليس اختباراً إيجابياً).
- يمثل شكلا 4-8 و 5-8 صوراً للغشاء الملوث حيويًا وفاصل التغذية، تم التقاطه بعد تشريح العنصر.

#### 4-8 صورة الغلاف الحيوي لسطح الغشاء



شكل 8-5 صورة فاصل التغذية مع الغلاف الحيوي



تجمع أسباب التلوث الحيوي غالباً بين مياه التغذية النشطة حيويًا والمعالجة التحضيرية غير الملائمة. الإجراءات التصحيحية هي:

- غسل وتعقيم النظام كله، بما في ذلك قطاع المعالجة التحضيرية والعناصر. انظر [القسم 6](#) للحصول على تفاصيل أكثر. ويؤدي الغسل والتطهير غير المكتملين إلى إعادة التلوث بشكل سريع.
- النقع والشطف في درجة حموضة عالية - انظر تعليمات التنظيف، [القسم 6](#)
- تركيب نظام المعالجة التحضيرية والعمل على تحسينه للتوافق مع إمكانية التلوث بالمياه الخام غير المعالجة (انظر [القسم الفرعي 2-6](#)، منع التلوث الحيوي).
- تركيب عناصر مقاومة للتلوث.

#### ب- محلول الحفظ القديم

يمكن أن تصبح عناصر أو أنظمة التناضح العكسي المحفوظة في محلول ثنائي الكبريتيد أيضاً ملوثة حيويًا، إذا كان محلول الحفظ قديماً أكثر من اللازم، أو دافئاً أكثر من اللازم، أو تأكسد بفعل الأكسجين. وعادة ما يساعد التنظيف بالقلويات في استعادة تدفق المنتج المنقى. قم بتجديد محلول الحفظ عند تخزين العناصر. قم بالتخزين في بيئة باردة جافة مظلمة.

### ج- الترطيب غير الكامل

قد يكون لعناصر FILMTEC™ التي تم السماح لها بالجفاف تدفقاً نافذاً منخفضاً، لأن المسام الدقيقة لطبقة السلفون المتعدد لم يتم ترطيبها. ولقد تم وصف أساليب إعادة ترطيب الأغشية الجافة في القسم الفرعي 2-3-7. إعادة ترطيب العناصر الجافة.



## 8-5-1-2 التدفق المنخفض ومرور نسبة عالية من المادة المذابة

إن التدفق المنخفض المصاحب لمعدل مرور عالي من المادة المذابة هو حالة غالباً ما تحدث وتتسبب في انهيار المحطة وتعطلها. والأسباب المحتملة هي:

### أ- التلوث الغرواني

للتعرف على وجود تلوث غرواني، يتم الآتي:

- مراجعة نسب مؤشر كثافة الطمي المسجلة لمياه التغذية. أحياناً تكون المشكلة بسبب فترات التوقف غير المنتظمة واضطرابات المعالجة التحضيرية وخللها.
- تحليل المادة المتبقية من بطانة مرشح مؤشر كثافة الطمي.
- تحليل المواد المتراكمة على خراطيش المرشحات المسبقة.
- فحص وتحليل الرواسب الموجودة على النهاية الطرفية لتمرير التغذية للعناصر الرئيسية للمرحلة الأولى.

الإجراءات التصحيحية عبارة عن:

- تنظيف العناصر بالاعتماد على المادة الملوثة (انظر تعليمات التنظيف، [القسم 6](#)).
- تعديل أو تصحيح و/أو تغيير عملية المعالجة التحضيرية.

### ب- التلوث بأكسيد المعادن

يحدث التلوث بأكسيد المعادن بشكل كبير في المرحلة الأولى. ويمكن تحديد موضع المشكلة بسهولة في حالة تركيب عدادات لقياس تدفق المنتج المنقى في كل مجموعة بشكل منفصل. المصادر الشائعة عبارة عن:

- وجود حديد أو المونيوم في مياه التغذية (انظر [القسم الفرعي 2-9](#)، الوقاية من تلوث الحديد والمنجنيز [والقسم الفرعي 2-10](#)، منع تلوث الألمونيوم).
- يؤدي وجود كبريتيد الهيدروجين مع الهواء في مياه التغذية إلى وجود كبريتيد المعادن و/أو الكبريت العنصر (انظر [القسم الفرعي 2-11](#)، معالجة مياه التغذية المحتوية على كبريتيد الهيدروجين).
- تآكل الأنابيب أو الأوعية أو المكونات الموجودة في عكس اتجاه التيار لعناصر الغشاء.

للتعرف على وجود تلوث بأكاسيد الحديد، يتم الآتي:

- تحليل مياه التغذية للكشف عن وجود حديد وألمونيوم.
- فحص مكونات النظام للكشف عن وجود تآكل.

يمكن التعرف بسهولة على وجود تلوث بالحديد من خلال مظهر العنصر- انظر الشكل 8-6 على سبيل المثال.

الشكل 8-6، صورة جانب التغذية لأحد العناصر الملوثة بالحديد وبه خلل في آلية العمل وعلامات على وجود قوى ميكانيكية



الإجراءات التصحيحية عبارة عن:

- تنظيف العناصر بالشكل المناسب (انظر تعليمات التنظيف, **القسم 6**).
- تعديل أو تصحيح و/أو تغيير عملية المعالجة التحضيرية.
- تعديل وإصلاح الأنابيب أو مكونات النظام باستخدام المواد المناسبة.

### ج- الترسّب (الملحي)

الترسّب (الملحي) عبارة عن مشكلة تحدث في التركيب الكيميائي للمياه تتولد من ترسيب الأملاح قليلة الذوبان. السيناريو التقليدي هو نظام الماء قليل الملوحة الذي يعمل عند نسبة استرجاع عالية من دون القيام بعملية المعالجة التحضيرية بشكل جيد. وفي الغالب تبدأ مشكلة الترسّب في المرحلة الأولى ثم تنتقل بشكل تدريجي إلى المراحل الموجودة في عكس اتجاه التيار. ويمكن للمياه التي تحتوي على تركيزات عالية من الكالسيوم والبيكربونات و/أو الكبريت أن تصيب النظام بالترسّب في غضون ساعات. بينما يعتبر الترسّب بمادة الباريوم أو بمادة الفلوريد بطيئاً جداً بسبب انخفاض نسب التركيز الموجودة.

وللتعرف على الترسّب، يتم الآتي:

- فحص تحليل مياه التغذية للكشف عن احتمال الترسّب عند قيام النظام بعملية الاسترجاع.
- تحليل التركيز للتعرف على مستويات الكالسيوم والباريوم والسترونشيوم والكبريت والفلوريد والسليكات ودرجة الحموضة ومؤشر لانجيلير للتشبع (مؤشر ستيف ودافيز لتشبع مياه البحار). ومحاولة حساب التوازن الكتلّي لهذه الأملاح مع تحليل مياه التغذية والمنتج المنقى أيضاً.

- معاينة جانب المادة المركزة للنظام للكشف عن وجود الترسيب.
  - وزن العنصر المتأخر الخلفي: العناصر المتعرضة للترسيب تكون ثقيلة الوزن.
  - فحص العنصر الخلفي وتحليل الغشاء للكشف عن وجود الترسيب: يمكن ملاحظة التركيب البلوري للترسبات تحت المجهر. يشير التفاعل الرغوي مع الحمض إلى ترسيب كربونات. يتم التعرف على نوع الترسيب من خلال عمل التحليل الكيميائي أو التحليل الطيفي لاستشعاع الطاقة المتفرقة بالأشعة السينية أو تحليل طيف الانبعاث ببلازما الحث المزوج.
  - يكون ملمس الجزء الموجود به ترسيب خشن، مثل ملمس ورقة السنفرة. لا يمكن مسحه.
- يبين الشكل 7-8 صور الأغشية المتقشرة.

الشكل 7-8، صورة لسطح غشاء به ترسيب مع وجود آثار لفاصل التغذية



الإجراءات التصحيحية عبارة عن:

- التنظيف باستخدام محلول EDTA الحمضي و/أو القلوي (انظر تعليمات التنظيف، القسم 6). يمكن أن يساعد تحليل المحلول المستخدم في التحقق من وجود أثر لعملية التنظيف.
- تعتمد عملية التنظيف الجيدة على أملاح الترسيب الموجودة.
- ترسيب الكربونات: انخفاض درجة الحموضة وتعديل الجرعة المضادة للترسيب.
- ترسيب الكبريتات: انخفاض درجة الاسترجاع وتعديل الجرعة المضادة للترسيب ونوعها.
- ترسيب الفلوريد: انخفاض درجة الاسترجاع وتعديل الجرعة المضادة للترسيب ونوعها.

### 3-1-5-8 التدفق المنخفض ومرور نسبة منخفضة من المادة المذابة أ- الضغط والانبثاق

وعالبا ما تُصاحَب عملية ضغط الغشاء وانبثاقه بانخفاض تدفق المنتج المنقى وتحسن درجة طرد الملح. وتحدث عملية الضغط نتيجة لضغط الغشاء وكبسه عن طريق الضغط ودرجة الحرارة مما قد يؤدي إلى انخفاض معدل التدفق ونسبة تمرير الملح. وعملية الانبثاق عبارة عن تشوه لدائني في شكل الغشاء من خلال ضغطه في فاصل قناة المنتج المنقى في ظل وجود قُوَى و/أو درجات حرارة زائدة. ويترك فاصل المنتج المنقى أثر النمط الخاص به على الغشاء بشكل واضح. وفي الغالب يصاحب عملية الانبثاق انخفاض التدفق. ومن الناحية العملية، يمكن أن يحدث كل من الضغط والانبثاق في وقت واحد وعندها يصعب التمييز بينهما. وبالرغم من أن غشاء FILMTEC يظهر القليل من الضغط وانبثاق حتى في حالة التشغيل الجيدة، فإن عملية الضغط والانبثاق يمكن أن تحدث بشكل كبير في ظل وجود الظروف التالية:

- وجود درجة عالية من ضغط التغذية
- درجة الحرارة المرتفعة
- الطرق المائي

وعندما يبدأ تشغيل مضخة الضغط العالي بالهواء الموجود في النظام، يمكن أن يحدث الطرق المائي.

ويجب استبدال العناصر التالفة أو إضافة عناصر جديدة إلى النظام لتعويض نقص التدفق. وفي حالة تركيب عناصر جديدة مع أخرى مستخدمة، يجب تحميل العناصر الجديدة في المواقع الخلفية المتأخرة من النظام لحمايتها من عملية التدفق العالي جداً. ويجب توزيع العناصر الجديدة بالتساوي في أوضاع متوازنة. ويجب تجنب تحميل الأوعية مع العناصر الجديدة وخصوصاً العناصر المركبة بالتوازي مع الأوعية الأخرى التي تحتوي على العناصر المستخدمة فقط. وقد يتسبب هذا في توزيع التدفق واسترجاع الأوعية الفردية بشكل غير متساوي.

فعلى سبيل المثال، إذا تم استبدال ستة عناصر من النظام 4(6):2(6)، يجب تركيب العناصر الجديدة في الأوضاع 4 و5 و6 لكل من وعائي المرحلة الثانية. وعلى نفس النمط إذا تم إضافة ستة عناصر، فيجب تركيبهم في الأوضاع 5 و6 من الأوعية الثلاثة للمرحلة الثانية من نظام 4(6):3(6) الموسع. وفي حالة لم يتسنى القيام بهذه العملية لسبب ما، فلا يجب تحميل المواضع 1 و2 من المرحلة الأولى على الأقل مع العناصر الجديدة.

### ب- التلوث العضوي

يتسبب امتزاز المادة العضوية الموجودة في مياه التغذية على سطح الغشاء في نقص التدفق وخاصة في المرحلة الأولى. وتعمل طبقة الامتزاز في بعض الحالات كحاجز إضافي للأملاح الذائبة أو لسد الثقوب الصغيرة الموجودة في الغشاء مما يؤدي إلى تمرير نسبة أقل من الملح. وقد تُحدث هذا الأثر الكائنات العضوية ذات

الكتلة الجزيئية الكبيرة وأيضاً التي بها مجموعات لا تتألف مع المياه أو مجموعات كاتيونية. ومن أمثلة ذلك متعددات التكهرل الكاتيونية أو المتتبع للزيت والتي تستخدم أحياناً في عملية المعالجة التحضيرية. ويصعب جداً إزالة المواد العضوية من سطح الغشاء.

وللتعرف على وجود تلوث عضوي، يتم الآتي:

- تحليل المواد المترسبة على خراطيش المرشح والأجزاء المبطنه لمرشح مؤشر كثافة الطمي.
- تحليل المياه الداخلة للكشف عن وجود زيت وشحومات وملوثات عضوية بشكل عام.
- فحص المخثرات المستخدمة في عملية المعالجة التحضيرية والمواد المساعدة للمرشح وخاصة متعددات التكهرل الكاتيونية.
- فحص مواد التنظيف وعوامل التنشيط السطحية.

الإجراءات التصحيحية عبارة عن:

- تنظيف المواد العضوية (انظر تعليمات التنظيف، [القسم 6](#)). يمكن تنظيف بعض المواد العضوية بشكل ناجح بينما لا يمكن تنظيف البعض الآخر (مثل زيت التدفئة).
- عملية المعالجة التحضيرية الصحيحة: استخدام أدنى حد من جرعات التخثر ومراقبة التغيير الذي يطرأ لتجنب الجرعات الزائدة.
- تعديل عملية المعالجة التحضيرية، على سبيل المثال أجهزة فصل الزيت عن المياه.

## 8-5-2 مرور نسبة عالية من المادة المذابة

### 8-5-2-1 مرور نسبة عالية من المادة المذابة وتدفق المنتج المنقى الطبيعي

قد يكون لمرور نسبة عالية من المادة المذابة في ظل تدفق طبيعي للنافذ العديد من الأسباب المختلفة.

#### أ - تسريب الحلقات الدائرية

يمكن اكتشاف الحلقات الدائرية التي بها تسريب من خلال أسلوب الجس "الفحص" (انظر [الفحص - القسم الفرعي 8-3-3-2](#)). افحص الحلقات الدائرية للقارنات والمهائئات والسدادات الطرفية للتأكد من التركيب بشكل صحيح والتحقق من أنها بحالة جديدة. قم بإحلال الحلقات الدائرية القديمة والتالفة. انظر أيضاً [تقنية الموصل الداخلي - القسم الفرعي 4-5](#).

يمكن أن تسرب الحلقات الدائرية بعد تعرضها لمواد كيميائية معينة أو لضغط ميكانيكي مثل حركة العنصر التي يسببها الطرق المائي. ويعد تدعيم العناصر بشكل جيد في وعاء الضغط أمراً ضرورياً لتقليل درجة تعرض الغالقات للتلف (انظر [تدعيم العناصر - القسم الفرعي 4-3](#)). وفي بعض الحالات، قد تكون الحلقات الدائرية غير مركبة أو مركبة بطريقة غير مناسبة أو تم تحريكها من موضعها الطبيعي أثناء عملية تحميل العناصر. للقيام باستبدال الحلقات الدائرية، انظر الجدول 4-1: يوجد ملخص عن الموصل الداخلي لـ FILMTEC [تقنية الموصل الداخلي - القسم الفرعي 4-5](#).

## ب- الاصطدام الرتلي

يمكن تعرض عناصر FILMTEC لتلف ميكانيكي من خلال تأثير يسمى الاصطدام الرتلي حيث تتحل طبقات الغشاء الخارجية للعنصر وتتمدد في اتجاه تيار الماء لتتجاوز باقي الطبقات. وليس بالضرورة أن يحدث الاصطدام الرتلي الخفيف تلقاً في الغشاء إلا أنه في بعض الحالات الشديدة يمكن يمزق خط الغراء و/أو الغشاء. ويمكن حدوث الاصطدام الرتلي بسبب انخفاض الضغط الزائد من التغذية إلى المادة المركزة. وتؤكد من استخدام حلقة دفع مزودة بعناصر مقياسها ثمان بوصات لدعم الأقطار الخارجية للعناصر.

ولقد تم تفصيل حالات التشغيل التي تؤدي إلى انخفاض زائد في الضغط في الضغط التفاضلي المرتفع - **القسم الفرعي 3-5-8**. ويمكن تحديد تلف الاصطدام الرتلي من خلال الفحص أو اختبار التسريب (انظر اختبار التلاشي الفراغي - **القسم 4-4-8**). استبدال العناصر التالفة وإصلاح العطل.

## ج- تعرض سطح الغشاء للكشط

يمكن أن تدخل الجسيمات البلورية أو المعدنية ذات الحواف الحادة الموجودة في مياه التغذية إلى قنوات التغذية وخدش سطح الغشاء. وقد يتسبب هذا في زيادة معدل مرور الملح من العناصر الرئيسية الأمامية. ويتم فحص المياه الداخلة للكشف عن هذه الجسيمات. كما يتم أيضاً الكشف عن التلف من خلال الفحص المجهرى لسطح الغشاء. ويجب استبدال الأغشية التالفة. كما يجب التحقق من عملية الترشيح المسبقة لاكتشاف هذه المشكلة والتغلب عليها. ويتم التأكد من عدم خروج جسيمات من المضخة وأنباب الضغط المرتفع وغسل الأنابيب قبل القيام بعملية بدء التشغيل.

## د- الضغط المرتد للنافذ

في حالة زيادة درجة ضغط المنتج المنقى عن ضغط المادة المركزة بما يزيد عن 5 رطل للبوصة المربعة (0.3 بار) في أي وقت، قد يتعرض الغشاء للتمزق. ومن خلال الفحص أو اختبار التسريب يمكن التعرف على التلف (انظر اختبار التلاشي الفراغي - **القسم 4-4-8**) ويتم التأكد من خلال المعاينة البصرية أثناء التشريح. بعد انبساط مصراع العنصر التالف بسبب الضغط المرتد، يظهر في الغشاء الخارجي طيات متوازية مع أنبوب المنتج المنقى، الذي يكون في الغالب قريباً من خط الغراء الخارجي. ويتشقق الغشاء ويكون فقاعات على فاصل التغذية (انظر الشكل 8-8). ويحدث تمزق الغشاء في الغالب في الحواف بين أنبوب الغراء لجانب التغذية وأنبوب الغراء الخارجي وخط الغراء لجانب المادة المركزة.

الشكل 8-8، صورة غشاء به تلف من الضغط المرتد للنافذ



### 8-5-2-2 مرور نسبة عالية من المادة المذابة وتدفق المنتج المنقى العالي

#### أ- أكسدة الغشاء

ترجع النسبة العالية لتمرير الملح يصاحبها تدفق نافذ يزيد على المعدل الطبيعي في المقام الأول إلى وجود تلف بسبب الأكسدة. وفي حالة وجود كلور حر أو برومين أو أوزون أو غيرها من المواد الكيميائية المؤكسدة في المياه الداخلة، تكون العناصر الأمامية في الغالب أكثر تأثراً عن غيرها.

وقد تحدث الأكسدة أيضاً بسبب التطهير باستخدام العوامل المؤكسدة وعدم الالتزام بالحدود الخاصة بدرجة الحموضة ودرجة الحرارة أو في حالة تحفيز عملية الأكسدة من خلال وجود حديد أو غيره من المعادن (انظر تعقيم أنظمة أغشية التناضح العكسي / الترشيح النانوي - القسم الفرعي 6-10). وفي هذه الحالة، من المحتمل حدوث تلف عام موحد.

يستمر عنصر FILMTEC الذي تعرض غشائه إلى تلف من خلال التأكسد في العمل ميكانيكياً من خلال فحصه باختبار التلاشي الفراغي - القسم الفرعي 8-4-4. يمكن رؤية التلف الكيميائي للغشاء من خلال القيام بالاختبار الصباغي للعنصر أو أجزاء من الغشاء (انظر الفحص الدقيق - القسم الفرعي 8-4-7). ويمكن القيام بتشريح أحد العناصر وتحليل الغشاء للتأكد من وجود تلف بفعل الأكسدة. وليس في الإمكان القيام بأي إجراء تصحيحي. كما يجب استبدال جميع العناصر التالفة.

#### ب - التسريب

يمكن أن يسمح التلف الميكانيكي الشديد للعنصر أو أنبوب المنتج المنقى للتغذية أو المادة المركزة باختراق المنتج المنقى وخاصة عند التشغيل في ظل درجات عالية من الضغط. ويُظهر الاختبار الفراغي استجابة إيجابية واضحة. وتتم مناقشة الأسباب المحتملة في الجزء التالي.

### 8-5-3 فرق الضغط العالي

يمثل الضغط التفاضلي العالي، والذي يطلق عليه أيضاً فرق الضغط أو  $\Delta p$  من التغذية إلى المادة المركزة مشكلة في تشغيل النظام نظراً لوجود خلل في مستوى دفع النظام حيث تحتاج العناصر الرئيسية الأمامية للعمل

على مستوى تدفق عالي جداً بينما تعمل العناصر الخلفية ع مستوى ضغط منخفض جداً. ويزداد ضغط التغذية مما يعني وجود زيادة في استهلاك الطاقة. ويتسبب الضغط التفاضلي العالي في إحداث قوة كبيرة في اتجاه التدفق لجانب التغذية من العنصر. ويجب دخول هذه القوة في أنابيب المنتج المنقى - في حالة العناصر التي تبلغ 8 بوصة- من خلال أدوات تمرير العناصر والأغطية الخارجية المصنوعة من مادة الألياف الزجاجية المجاورة للعناصر الموجودة في نفس الوعاء. ويقع الضغط الأكبر على العنصر الأخير في الوعاء: حيث يتحمل إجمالي القوى الناتجة عن فرق الضغط للعناصر الموجودة في عكس اتجاه التيار.

إن الحد الأقصى للضغط التفاضلي لكل وعاء متعدد العناصر هو 50 رطل للبوصة المربعة (3.5 بار) ولكل عنصر واحد مصنوع من الألياف الزجاجية 15 رطل للبوصة المربعة (1 بار). وفي حال تجاوز هذه الحدود ولو حتى لفترة قصيرة، يمكن أن تتعرض عناصر FILMTEC للتصادم الرتلي والتلف الميكانيكي.

ستتحمط العناصر التي تبلغ 8 بوصة بشكل محيطي عند أي موضع للغطاء الخارجي المصنوع من الألياف الزجاجية أو سيتم دفع السدادة الطرفية للخارج أو ستتحمط أسلاك السدادة الطرفية أو سيتم دفع فاصل التغذية خارج قنوات المادة المركزة. وبالرغم من سهولة التعرف على هذا التلف بمجرد النظر، إلا أنه عادة لا يؤثر على أداء الغشاء بشكل مباشر. كما أن هذا يشير إلى أن الضغط التفاضلي مرتفع للغاية. وتتسبب التصدعات الموجودة حول السدادة الطرفية في تمرير مياه التغذية بما قد يؤدي إلى التلوث أو التقشر.

صور العناصر التي يوجد بها تلف بسبب التصادم الرتلي مبينة أدناه.

شكل 8-10 صورة لغلاف تالف من الألياف الزجاجية	الشكل 8-9 تم سحب السدادة الطرفية
	



	<p>شكل 8-11 الانخفاض الكبير في الضغط نظراً لأن التلوث الحيوي قد دفع فاصل التغذية وطرده للخارج</p>
	

عادة ما تحدث الزيادة في الضغط التفاضلي عند معدلات تدفق ثابتة بسبب وجود الحطام والملوثات أو الترسب داخل قنوات تدفق العنصر (فاصل التغذية). وعادة ما يصحبها تناقص في تدفق السائل، وقد تمت مناقشة أسباب هذا في [القسم الفرعي 8-5-1](#).

يحدث هبوط مفرط في الضغط عندما يتم تجاوز الحد الأقصى من معدلات تدفق التغذية الموصى بها [\(القسم الفرعي 3-9-1، جداول 3-4 و 3-6\)](#). ويحدث كذلك عندما يتزايد ضغط التغذية بسرعة أكبر من اللازم أثناء بدء التشغيل (الطرق المائي). ويزداد التأثير حدة مع وجود إحدى المواد الملوثة، وخصوصاً أن الغلاف الحيوي يسبب انخفاضاً كبيراً في الضغط.

ويمكن كذلك أن يحدث الطرق المائي -وهو صدمة هيدروليكية لعنصر الغشاء- عندما يتم تشغيل النظام قبل أن يتم طرد كل الهواء للخارج. ويمكن أن يكون الأمر كذلك عند بدء التشغيل الأولي أو عمليات بدء التشغيل عندما يُسمح للنظام بالتصريف. تأكد من أن أوعية الضغط ليست تحت فراغ عندما يتم إيقاف تشغيل المحطة (أي عن طريق تركيب قاطع خواء)، وإلا قد يدخل الهواء إلى النظام. وعند بدء تشغيل نظام تناضح عكسي به تصريف جزئي، قد تعمل المضخة كما لو كان ضغطها المرتد ضعيفاً أو غير موجود. وسيقوم بامتصاص المياه بسرعات كبيرة، وبالتالي يطرق العناصر. كذلك قد تتلف مضخة الضغط العالي بسبب ظاهرة التجويف.

يعتبر الضغط التفاضلي من التغذية إلى المادة المركزة مقياساً لمقاومة التدفق الهيدروليكي للمياه عبر النظام. وهو يعتمد فعلياً على معدلات التدفق عبر قنوات تدفق العنصر وعلى درجة حرارة المياه. وبالتالي يُقترح الحفاظ على معدلات تدفق المنتج المنقى ومعدلات المادة المركزة ثابتة قدر الإمكان لملاحظة ومراقبة أي انسداد في العنصر بسبب زيادة في الضغط التفاضلي.

توفر المعرفة بحجم زيادة الضغط التفاضلي وموقعه أداة قيمة لتحديد سبب (أو أسباب) المشكلات. ولذا فمن المفيد ملاحظة الضغط التفاضلي عبر كل مجموعة "مصفوفة" وكذلك الضغط التفاضلي الكلي من التغذية إلى المادة المركزة.

تمت مناقشة بعض الأسباب الشائعة للضغط التفاضلي المرتفع والوقاية منه أدناه.

#### أ. الممر الجانبي في المرشحات الخرطوشية

على المرشحات الخرطوشية أن تحمي نظام التناضح العكسي من الحثات والحطام الكبير الذي يمكن أن يسد قنوات التدفق في عناصر الطرق الأمامي. قد يحدث مثل هذا الانسداد عندما يتم تركيب المرشحات الخرطوشية على نحو غير محكم في أماكنها، حيث يتم توصيلها دون استخدام موصلات داخلية أو نسيانها تماماً. أحياناً تتلف المرشحات الخرطوشية أثناء التشغيل بسبب الصدمة الهيدروليكية أو وجود مواد متعارضة. لا بد من تجنب المرشحات المعتمدة على السلولوز لأنها قد تتلف وتسد عناصر FILMTECTM.

#### ب. الاختراق في مرشح الوسائط في المعالجة التحضيرية

في بعض الأحيان، قد تقوم الوسائط الأديق من الرمل، والوسائط المتعددة، والكربون، والراتينج المبادل للكاتيونات ذي الحمض الضعيف، أو مرشحات المعالجة التحضيرية للتراب المشطوري بالنفاذ إلى مياه تغذية التناضح العكسي.

#### ج. التلف في دفاة المضخة

تستخدم معظم مضخات الطرد المركزي متعددة المراحل دفاة بلاستيكية واحدة على الأقل. وعندما تتطور مشكلة في المضخة مثل سوء المحاذاة في عمود المضخة، فمن المعروف أن الدفاة تتلف وتخرج كشطات بلاستيكية صغيرة. ويمكن للكشطات أن تدخل إلى عناصر التناضح العكسي في الطرف الأمامي وتسدها. ويُفترض أن تتم مراقبة ضغط التصريف الخاص بمضخات التناضح العكسي قبل أي صمامات تحكم كجزء من برنامج الصيانة الروتيني لمعرفة ما إذا كانت المضخة تحتفظ بضغط المخرج الخاص بها. وإذا لم يكن الأمر كذلك، فقد تكون تالفة.

#### د. الترسيب

قد يسبب الترسيب زيادة في الضغط التفاضلي عند الطرف الخلفي. تأكد من أخذ التحكم في الترسيب في الاعتبار بصورة ملائمة (انظر [القسم الفرعي 2-3](#))، وقم بتنظيف الغشاء بالمواد الكيميائية المناسبة (انظر [القسم الفرعي 8-6](#)). تأكد من عدم تجاوز نسبة استرجاع النظام المخطط لها.

#### هـ. مشكلات غالق المحلول الملحي

يمكن أن يتسبب التلوث في غالق المحلول الملحي في زيادة عشوائية في الضغط التفاضلي. فقد تتلف غالقات المحلول الملحي أو "تنقلب" أثناء التركيب أو بسبب التغيرات الهيدروليكية المفاجئة. وهذا يؤدي إلى إحاطة مقدار معين من مياه التغذية بالعنصر وتدفق وسرعة أقل عبر العنصر، ومن ثم تجاوز الحد الأقصى لاسترجاع العنصر. وعندما يحدث هذا، يكون العنصر أكثر عرضة للتلوث والترسب. وعندما يصبح العنصر الملوث في واحد من العديد من أوعية الضغط متعددة العناصر أكثر انسداداً، يكون هناك ميل أكبر لأن تصبح العناصر في اتجاه التيار ملوثة نظراً لمعدلات تدفق المادة المركزة غير الكافية داخل ذلك الوعاء.

لا يتم تركيب غالقات المحلول الملحي في حالة العناصر الملائمة تماماً والقابلة للتعقيم بالحرارة. وهذا يساعد التدفق على جوانب العناصر بصورة مدروسة في الحفاظ عليها خالية من النمو البكتيري. ولا ينبغي أن يتم تركيب غالقات المحلول الملحي في المحطات التي تستخدم العناصر الملائمة تماماً حيث لا يوجد شق أخدودي في العنصر للحفاظ على غالقات المحلول الملحي في مكانها، بل يتم طردها في النهاية مما يسبب مشكلات غير متوقعة في النظام.

#### و. التلوث الحيوي

وعادة ما يرتبط التلوث الحيوي بالزيادة الملحوظة في الضغط التفاضلي عند الطرف الأمامي من نظام التناضح العكسي. وتعتبر الأغلفة الحيوية هلامية وكثيفة إلى حد كبير، مما يصنع مقاومة مرتفعة للتدفق. ولقد تم وصف الإجراءات التصحيحية في [القسم الفرعي 8-5-1-1](#).

#### ز. مضادات الترسب

عندما تتلامس مضادات الترسب العضوية البوليميرية مع كاتيونات عديدة التكافؤ مثل الألومنيوم، أو مع المكثبات البوليميرية الكاتيونية المتبقية، فإنها تشكل ترسبات شبيهة بالعلكة يمكن أن تلوث العناصر الداخلة. وعندها سيكون التنظيف صعباً، ولكن قد يساعد في ذلك الاستخدام المتكرر لمحلول ثنائي أمين الإيثيلين رباعي حمض الخليك القلوي.

#### 8-5-4 شبكة حل المشكلات

تعتبر التغيرات في تدفق المنتج المنقى، ومرور الملح والضغط التفاضلي أعراضاً يمكن أن ترتبط بأسباب محددة في حالات عديدة. ورغم ذلك، فإن أعراض الأسباب المختلفة قد تتداخل في الواقع، ويتم الإعلان عن الأعراض تقريبا في حالات معينة. تم عرض نظرة عامة للأعراض وأسبابها المحتملة والإجراءات التصحيحية الخاصة بها في شبكة حل المشكلات في جدول 8-1 .

(تم توفير دليل إرشادي تفاعلي في حل المشكلات بروابط مباشرة لطرق التنظيف والعلاج من موقع "داو" لحلول المياه والمعالجة في مركز الخدمة التقني - <http://www.dow.com/liquidseps/service/trouble.htm>)

## جدول 1-8 الأعراض، والأسباب، والإجراءات التصحيحية

Permeate flow	Salt passage	Differential pressure	Direct cause	Indirect cause	Corrective measure
↑	↑↑	→	Oxidation damage	Free chlorine, ozone, KMnO <sub>4</sub>	Replace element
↑	↑↑	→	Membrane leak	Permeate backpressure; abrasion	Replace element, improve cartridge filtration
↑	↑↑	→	O-ring leak	Improper installation	Replace o-ring
↑	↑↑	→	Leaking product tube	Damaged during element loading	Replace element
↓	↑	↑	Scaling	Insufficient scale control	Cleaning, scale control
↓	↑	↑	Colloidal fouling	Insufficient pretreatment	Cleaning, improve pretreatment
↓	→	↑↑	Biofouling	Contaminated raw water, insufficient pretreatment	Cleaning, disinfection, improve pretreatment
↓	→	→	Organic fouling	Oil; cationic polyelectrolytes water hammer	Cleaning, improve pretreatment
↓	↓	→	Compaction	Water hammer	Replace element or add elements

↑ Increasing ↓ Decreasing → Not changing ↑↑ Main symptom

## المراجع

- (1) ويز بيرن (المحرر): التناضح العكسي - دليل عملي للمستخدمين الصناعيين. الطبعة الثانية. دار نشر تول أوكس، 2002، الفصل السابع: حل المشكلات في نظم التناضح العكسي، ص 437-494
- (2) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد e1 (2003) D3923-94 ممارسات قياسية لاكتشاف التسربات في أجهزة التناضح العكسي
- (3) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد D6908-03 ممارسة قياسية لاختبار سلامة نظم أغشية ترشيح المياه
- (4) الجمعية الأمريكية لاختبار المواد D4194-03 طرق اختبار قياسية للخصائص التشغيلية لأجهزة التناضح العكسي والترشيح النانوي

## 7- الملحق

## 1-9 المصطلحات

مطيافية الامتصاص الذري	<b>AAS</b>
الكربون العضوي القابل للتمثل	<b>AOC</b>
عادة ما تكون بوليمرات مشتركة أميد أكريليكية وأميد أكريليكية وأكريليكية، سالبة الشحنة، وتستخدم في التخثر/التكتل، انظر متعددات التكهرل.	متعددات التكهرل الأيونية السالبة
هو فحم صلب حبيبي يستخدم كوسيط ترشيح، ومن الشائع استخدامه على أنه الطبقة الأخشن في المرشحات الثنائية ومتعددة الوسائط.	فحم الأنتراسيت
انظر مضاد التقشر.	مضادات التلوث:
هو مركب يضاف للمياه يقوم بمنع ترسيب الأملاح غير العضوية القابلة للذوبان بدرجة ضئيلة.	مضاد التقشر
هو جهاز بلاستيكي أو معدني موصول بنهايات خرطوشة ملف لولبي لمنع حركة أوراق الخرطوشة في اتجاه تدفق مياه التغذية، نظراً للتدفقات المرتفعة لمياه التغذية.	الجهاز المضاد للاصطدام الرتلي
هو ترتيب للأجهزة المتصلة بأنابيب التغذية والناتج والطرود المشتركة، بمعنى آخر مصفوفة 2: 1.	المصفوفة
انظر الجهاز المضاد للاصطدام الرتلي.	<b>ATD</b>
أدينوزين ثلاثي الفوسفات	<b>ATP</b>
هو تشريح وحدة الغشاء أو العنصر لفحص أسباب الأداء غير المرض.	التشريح
الوقت التشغيلي أو القدرة التشغيلية المقدره لنظام معالجة المياه.	القدرة التشغيلية
معامل نفاذية الماء من الغشاء. يتم تعريف المعامل على أنه مقدار المياه الناتجة لكل وحدة مساحة من الغشاء عندما يكون صافي الضغط الدافع هو الوحدة، ووحدة القياس هي المتر المكعب/ساعة/متر مربع/ كيلو باسكال.	قيمة-A
هو عكس تدفق المياه مع/ بدون الهواء عبر أو من خلال وسيط تم تصميمه لإزالة المواد الغريبة التي تم جمعها من القاع.	الجريان العكسي
أي كائن حي مجهري وحيد الخلية يتكاثر بالانقسام أو الأبواغ. وتتميز بأجسام دائرية أو شبيهة بالعود أو لولبية أو خيطية، وغالباً ما تتجمع في مستعمرات أو تتحرك باستخدام السياط. وتنتشر بصورة بشكل كبير في التربة، والمياه، والمواد العضوية، وأجسام النباتات والحيوانات. وتكون ذاتية التغذية (داعمة لذاتها، ذاتية التوالد)، رُمية (تستمد التغذية من	البكتريا

المادة العضوية غير الحية الموجودة فعلاً في البيئة)، أو طفيلية (تستمد التغذية من كائن حي آخر). وغالباً ما تكون متعايشة (مفيدة) في الإنسان، ولكنها أحياناً تكون مسببة للمرض.	
وسيلة لها القدرة على قتل البكتيريا.	مبيد البكتيريا
مادة تمنع النمو والأبيض البكتيريين ولكن ليس بالضرورة أن تقتل البكتيريا.	كابح الجراثيم
مجموعة من الأجهزة. انظر مصفوفة، كتلة، سلسلة، سلسلة التناضح العكسي.	صف الأجهزة
وحدة الضغط؛ 14.50 رطل للبوصة المربعة، 1.020 كغم/سم <sup>2</sup> /كجم، 0.987 ضغط جوي، 0.1 ميغا باسكال.	البار
الكربون العضوي القابل للذوبان والتحلل الحيوي	BDOC
عمق وسيط المرشح أو رزين التبادل الأيوني في أحد الأوعية.	عمق القاع
هو مادة تقتل كل الكائنات الحية.	المبيد الحيوي
الحطام الذي خلفته الكائنات الحية كنتيجة لعملياتهم الحيوية.	الرواسب الحيوية
أي مادة كانت كائناً حياً أو ما زالت أو أفرزها كائن حي مجهري.	الكتلة الحيوية
هو مادة تكبح النمو الحيوي.	الكابح الحيوي
مجموعة الأجهزة في وحدة واحدة ولها تحكم مشترك. انظر المصفوفة وصف الأجهزة والسلسلة.	كتلة "الأجهزة"
مطلوبية الأكسجين البيوكيميائي. هو مقدار الأكسجين المذاب الذي تستفيد منه وسائط وعوامل طبيعية في المياه في العمل على توازن المادة العضوية واستقرارها في ظل ظروف اختبارية محددة.	مطلوبية الأكسجين البيوكيميائي:
هي طبقة رقيقة على سطح الغشاء حيث تقل عندها سرعات المياه بدرجة ملحوظة عن تلك الموجودة في التدفق الكتلتي.	طبقة الحد
هي المياه التي يتراوح فيها التركيز التقريبي للمواد الصلبة الذائبة الكلية من 1,000 إلى 10,000 مللي غرام/ لتر. انظر المياه متوسطة الملوحة بدرجة عالية، مياه البحار.	الماء متوسط الملوحة
هي النقطة التي يتم عندها تشبع طلب كلور الماء ويكون أي كلور إضافي هو الكلور المتبقي، أنواع الكلور "الحر".	النقطة المقررة للمعالجة بالكلور
هو جهاز تخزين يستخدم في العزل الهيدروليكي والحماية من الانفجاعات المفاجئ.	الخان الفاصل "الحاجز"
هو مسار المادة المركزة (الطرد) من جهاز غشائي ذي سريان متعارض يقوم بإزالة الأملاح. ولا تمر حصّة من مسار التغذية عبر الغشاء. انظر المادة المركزة.	المحلل الملحي
هو غالق ذو حافة مطاطية على الجانب الخارجي من خرطوشة الملف اللولبي وهو يمنع التغذية من المرور بين الخرطوشة والحائط الداخلي لوعاء الضغط.	غالق المحلول الملحي (المادة المركزة)

تصميم مراحل نظام المحلول الملحي	هي العملية التي يتم فيها تغذية المادة المركزة -الواقعة تحت الضغط- الخاصة بمجموعة من الأجهزة الغشائية بصورة مباشرة إلى مجموعة أخرى من أجهزة الغشاء لتحسين فعالية فصل المياه.
قيمة-B معامل انتشار الملح	يتم تعريف المعامل على أنه مقدار الملح المنقول لكل وحدة مساحة من الغشاء عندما يكون الفرق في تركيز الملح عبر الغشاء هو الوحدة. وحدة القياس هي متر/الساعة.
BWRO	التناضح العكسي للماء متوسط الملوحة
CAC	الكلور المتحد المتاح
مكافئات كربونات الكالسيوم (مللي غرام/ لتر ككربونات الكالسيوم) (mg/L as CaCO <sub>3</sub> )	هي طريقة للتعبير بمللي غرام/لتر كأيون في إطار كربونات الكالسيوم. يتم حساب تركيز كربونات الكالسيوم بضرب التركيز بالمللي غرام/لتر للأيون في الوزن المكافئ لكربونات الكالسيوم (50) وقسمته على الوزن المكافئ للأيون.
عسر الكربونات	هو عسر المياه الذي تسببه كربونات وثنائي كربونات الكالسيوم والماغنسيوم. مقدار مكافئ العسر للقلوية التي تشكلت وترسبت عند غليان الماء. في الغلايات، يتم إزالة عسر الكربونات بسهولة عن طريق الانخفاض المفاجئ في الضغط.
متعددات التكهرل الأيونية الموجب	هي مجموعة من البوليمرات التي تحتوي على شحنات موجبة المستخدمة بغرض التخثر/التكتل، وعادة ما تكون ميثاكريلات ثنائي الإيثيل - أمينو الإيثيل أو أكريلات ثنائي الميثيل - أمينو الإيثيل. انظر متعدد التكهرل.
CFU	وحدة تشكيل المستعمرة، وحدة تستخدم في قياس العدد الكلي للبكتيريا (TBC).
صنع القنوت	التوزيع غير المتساوي للتدفق في حزمة تحلية المياه أو قاع المرشح.
عوامل خالبة	هو عامل الفصل والحجز "منحنى الأيونات" أو التعقيد -في المحلول المائي- الذي يجعل الأيون الفلزّي خاملاً من خلال تكوين هيكل حلقي داخلي مع الأيون.
مضخة التغذية الكيميائية	هي مضخة تستخدم في قياس المواد الكيميائية -مثل كلور متعدد الفوسفات - الموجودة في إمدادات مياه التغذية.
الكلورامين	هو عبارة عن اتحاد الكلور والأمونيا في الماء التي يتسم بخواص مضادة للبكتيريا لوقت أطول من الكلور الحر.
الكلور	مادة كيميائية تستخدم -نظراً لخواصها- كعامل تبييض أو كعامل أكسدة وكمادة مطهرة في عملية تنقية المياه.
مطلوبية الكلور	كمية الكلور المستخدمة من خلال التفاعل مع المواد القابلة للأكسدة في الماء قبل قياس بقايا الكلور.

بقايا الكلور	كمية الكلور المتوفرة في الماء في أي وقت محدد.
الكلور الحر المتاح	الكلور ( $Cl_2$ ) أو أيونات الهيبوكلوريت ( $OCl^-$ ), أو حمض الهيبوكلوروز ( $HOCl$ ) أو اتحادهم في الماء.
الكلور، الإجمالي المتاح	بعض الكلور الحر المتاح بالإضافة إلى الكلورامين الموجود في الماء.
CIP	التنظيف في الموقع
حمض الستريك	$C_3H_4(OH)(CO_2H)_3$ , المواد الكيميائية المنظفة للأغشية.
المنقي (المصفاة)	خزان توضع به المواد المترسبة وفوائض السوائل الطافية، وهي وحدة لفصل السوائل عن المواد الصلبة باستخدام الجاذبية أو إزالة المواد الصلبة من خلال الترسيب.
المادة المخثرة	هي مادة كيميائية تتم إضافتها إلى الماء وتطبيقات المياه المستخدمة لتخلخل الجسيمات العالقة وتكون لاحقاً كتلاً متلبدة تمتاز أو تُحتجز أو تقوم خلافاً لذلك بجمع المواد العالقة الدقيقة جداً المعروفة باسم المواد الغروانية. وعادة ما يتم استخدام مركبات الحديد والألومنيوم لتكوين تلبدات للسماح بإزالة التعكر والبكتيريا واللون وغيرها من المواد القابلة للانقسام من الماء و المياه المستخدمة.
مطلوبية الأكسجين الكيميائي	كمية الأكسجين المطلوبة في ظل ظروف خاصة لأكسدة المواد المائية العضوية وغير العضوية.
المادة الغروانية	مادة ذات حجم جزيئي دقيق للغاية ويكون قطرها عادة ما بين 0.1 و 0.001 ومعلقة في السائل أو مبعثرة في الغاز. وهي نظام يتكون من مرحلتين على الأقل بما في ذلك السائل المتدفق بالإضافة إلى الجسيمات الصلبة أو السائلة أو الغازية وهي صغيرة للغاية حتى أنها تظل مشتتة لفترة طويلة.
وحدة تكوين المستعمرة	وحدة تستخدم في قياس عدد البكتيريا الكلي.
التدميج (الضغط)	في ترشيح السريان المتقاطع، قد يؤدي نتاج الضغط والحرارة المستخدمين في ضغط غشاء البوليمر إلى انخفاض التدفق.
غشاء مركب	غشاء يتكون من طبقتين أو أكثر بخصائص فيزيائية أو كيميائية. وهو غشاء مصنوع من خلال تشكيل طبقة حاجزية رقيقة لإزالة الملح من على غشاء حامل مسامي.
المادة المركزة	التدفق الخارج من جهاز غشاء السريان المتقاطع الذي يعمل على زيادة تركيز المواد الذائبة والجسيمات عبر تدفق التغذية. جزء من تدفق التغذية الذي لا يمر عبر الغشاء. التدفق الذي تتركز فيه المواد الصلبة أو الجسيمات الذائبة أو كليهما في عملية فصل الغشاء.
عامل التركيز	نسبة كمية التغذية (أو تدفق التغذية) على مدار كمية التركيز (أو تدفق التركيز). $C_B$ (تركيز المياه متوسطة الملوحة)



	= CF	
	$C_f$ (تركيز مياه التغذية)	
استقطاب التركيز	زيادة تركيز المحلول في محلول التغذية الكمية والذي يوجد في طبقة حدية رقيقة في جانب التغذية من سطح الغشاء مما يؤدي إلى إزالة المحلول.	
معالجة المادة المركزة	طريقة لتحسين الاسترجاع حيث تتم معالجة جزء من المادة المركزة عبر النظام الغشائي.	
الموصلية	قدرة أي مادة (في هذه الحالة: الماء والأيونات الذائبة) على نقل الكهرباء. وهي عكس القدرة على المقاومة. ويتم قياسها من خلال مقياس توصيل وتمثل بالمايكرو سيمنز/سم أو ميكرو مور/سم، أو مايكرو سيمنز/سم.	
المادة الملوثة	أية مواد غريبة موجودة سوف تؤثر سلباً على الأداء أو الجودة.	
نواتج التآكل	النواتج التي تنشأ عن التفاعل الكيميائي أو التفاعل الكيميائي الكهربائي بين أحد المعادن والبيئة المحيطة به.	
CPU	وحدة مزج الكلور بالبلاتين (مؤشر اللون)	
CRC	الكلور المتبقي المتحد	
ترشيح أغشية السريان المتقاطع	فصل مكونات سائل من خلال أغشية شبه منفذة عن طريق استخدام ضغط وتدفق موازيان لسطح الغشاء. وتتضمن عمليات التناضح العكسي والترشيح فائق الدقة والترشيح المتماهي الدقة والترشيح الدقيق.	
دالتون	وحدة تقديرية للوزن الجزيئي، 1 1/2 من كتلة نكليد الكربون 12. وحدة قياس لأصغر حجم جزيئي يمكن للمرشح الفائق الاحتفاظ به.	
الترشيح ذو النهاية المغلقة	عملية يتم خلالها دفع الهواء عبر أحد الوسائط التي تلتقط الجسيمات المتبقية داخلها حيث تتضمن العملية جرياناً متدفقاً وغير متدفق.	
زوال التآين (نزع الأيونات)	إزالة الأيونات من أحد المحاليل عن طريق التبادل الأيوني.	
نزع التمدن	عملية إزالة المعادن من الماء.	
التحلية	انظر نزع التمدن.	
منظف	عامل تنظيف لأي من مستحضرات المياه التركيبية المتعددة أو المستحضرات العضوية السائلة التي تختلف من الناحية الكيميائية عن الصابون إلا أنها تشبهه من حيث القدرة على استحلاب الزيوت والإبقاء على المخلفات في حالة معلقة.	
التعقيم	عملية قتل الكائنات الحية في مصدر الإمداد بالمياه أو نظام التوزيع من خلال الحرارة أو المواد الكيميائية أو الأشعة فوق البنفسجية.	

المواد الصلبة المذابة	المواد المتبقية بعد ترشيح المواد المعلقة من أحد المحاليل وتبخير المحلول إلى الوضع الجاف عند درجة حرارة محددة. وهذه المادة -باستثناء الغازات- تذوب في الماء لتكون مادة حالتها الفيزيائية سائلة فردية متجانسة.
نظام التناضح العكسي ذو المسار المزدوج	نظام التناضح العكسي الذي تتم فيه إزالة ملوحة المنتج المنقى بصورة متزايدة من خلال نظام تناضح عكسي لاحق.
العنصر	المكون الذي يحتوي على الغشاء وهو قابل للتبديل بصورة عامة مثل خرطوشة الملف اللولبي.
ERD	جهاز استعادة جزء من الطاقة
ERT	توربين استعادة جزء من الطاقة
FAC	الكلور المتاح الحر
FDA	إدارة الأغذية والأدوية (الولايات المتحدة الأمريكية)
تغذية	المحلول الداخل إلى نظام أو جهاز المعالجة/التنقية بما في ذلك مصدر الإمداد بالماء الخام قبل أي معالجة. السائل الذي يدخل إلى الوحدة.
فاصل قناة التغذية	شبكة بلاستيكية بين ألواح الغشاء التي توفر قناة التدفق لمرور السائل عبر سطح الغشاء وزيادة اضطراب تدفق التغذية متوسطة الملوحة.
مياه التغذية	المياه الداخلة إلى أحد الأجهزة أو العمليات
كلوريد الحديد	مادة مخثرة صلبة مثل، $FeCl_3$ أو سائلة مثل $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .
كبريت الحديدك	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ ، مادة مخثرة.
كبريت الحديدوز	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ، مادة مخثرة.
FI	مؤشر التلوث
ترشيح	الجزء من تدفق التغذية الذي مر عبر المرشح.
الكتلة المتلبدة	كتلة سائبة ذات هيكل مفتوح تنتج عن تراكم الجسيمات الدقيقة.
النديف	مادة كيميائية تشكل عند إضافتها إلى الماء جسور بين الجسيمات العالقة مما يعمل على نكتلتها إلى مجموعات أكبر تترسب بعد ذلك أو تتدفق من خلال اختلافات جاذبية محددة.
التكتل "التنديف"	عملية تراكم الجسيمات الدقيقة إلى مجموعات أكبر تسمى التكتلات.
التدفق	كمية التدفق العابر للغشاء، ويعبر عادة عنه بحجم المنتج المنقى عن كل وحدة زمنية من كل وحدة مساحة مثل الغالونات عن كل قدم <sup>2</sup> أو لتر في الساعة لكل م <sup>2</sup> .
التلوث	خفض التدفق بسبب تراكم المواد الصلبة على السطح أو داخل مسام الغشاء مما أدى إلى تغيير

أداء العنصر .	
انظر مؤشر كثافة الطمي.	مؤشر التلوث
الكلور المتبقي الحر	FRC
المسافة الموجودة فوق طبقة ترشيح في وعاء ترشيح للسماح بتوسيع الطبقة أثناء غسل الشريط.	اللوح الحر
الكلور الموجود; حمض هيبوكلوروز أو الأيونات المتفككة. الكلور المتبقي بعد الوفاء بمطلوبية الكلور.	الكلور (المتاح) الحر
البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية	FRP
نباتات بدائية تتميز عن الطحالب بغياب الكلوروفيل.	الفطر
الكربون الحبيبي النشط	GAC
الجالونات يوميا. انظر GPD.	GD
وحدة معدل المنتج المنقى أو التدفق؛ غالون في اليوم لكل قدم مربعة من منطقة الغشاء الفعالة.	(GFD) (GPDSF)
وحدة معدل التدفق، غالون في اليوم. انظر GD.	GPD
مرشح يتدفق الماء من خلاله بفعل الجاذبية.	مرشح الجاذبية
معدن (غلوكونيت)، يستخدم كوسيط ترشيح. انظر الرمل الأخضر المنجيزي.	الرمال الخضراء
مياه محصورة في طبقات الرمل المنفذة بين الصخر أو الطين، ذلك الجزء من المياه تحت السطحية الموجودة في المنطقة المشبعة.	المياه الجوفية
أي عنصر من عائلة عناصر الفلور والكلور والبرومين واليود (التعريف لغرض هذا المعيار).	الهالوجين
تركيز الأيون الموجب متعدد التكافؤ للماء (عادة الكالسيوم والمغنسيوم). يعبر عنه عادة باسم مللي غرام/لتر مثل $CaCO_3$ .	الصلادة
انظر المشعب.	أنبوب التوصيل الرئيسي
انخفاض ضغط السائل الذي يصاحب عادة مرور محلول عبر طبقة وسيط الترشيح.	انخفاض الضغط
العناصر ذات الكثافة العالية أو الجاذبية المحددة بمقدار 5.0 تقريباً أو أعلى. مصطلح عام يستخدم لوصف الملوثات مثل الكاديوم أو الرصاص أو الزئبق وغير ذلك. ومعظمها سامة للبشر عند التركيزات المنخفضة.	المعادن الثقيلة
هي المياه التي يتراوح فيها التركيز للمواد الصلبة الذائبة الكلية من 10,000 إلى 30.000 مللي غرام / لتر. انظر المياه متوسطة الملوحة و ماء البحر.	الماء متوسط الملوحة عالي التركيز
مياه معالجة بصورة عالية مع الاهتمام بتقليل أو الحد من الأحياء الدقيقة والجسيمات والكائنات	مياه عالية النقاء

	الحيمة والمعادن.
<b>HPC</b>	تعداد الصفائح غير ذاتية التغذية. يطلق عليها رسمياً اسم عدد الصفائح القياسي.
<b>HPW</b>	مياه عالية النقاء
<b>حمض دبالي</b>	مجموعة متنوعة من المركبات العضوية الذائبة في الماء، التي تتكون من خلال تحلل المواد العضوية التي تتسرب إلى مصدر الماء بفعل مياه السيل أو النضح. يوجد في معظم الأسطح وبعض المياه الجوفية. وتؤدي التركيزات العالية إلى جعل اللون ضارياً للسمة. يصعب إزالته إلا من خلال الامتزاز أو الترشيح الفائق أو الترشيح المتناهي الدقة أو التناضح العكسي.
<b>التخثر الداخلي</b>	عملية ترشيح يتم إجراؤها على نحو متواصل من خلال إضافة مادة مخثرة إلى ماء التغذية الخام ثم تمرير الماء عبر مرشح لإزالة الجسيمات الدقيقة التي تكونت.
<b>الموصل الداخلي</b>	جهات لتوصيل عناصر الغشاء المجاورة على التوالي ولإحكام قناة الإنتاج من قناة التغذية بالماء متوسط الملوحة.
<b>التبادل الأيوني</b>	عملية قابلة للانعكاس حيث يتم تبادل الأيونات بين مادة سائلة وصلبة دون تغيير هيكل أساسي في المادة الصلبة وإزالة الأيونات من السائل من خلال الترابط الكيميائي مع الوسيط.
<b>القوة الأيونية</b>	قياس الاحتمال الإلكتروني الشامل لأحد المحاليل، قوة المحلول بناءً على تركيزات وتكافؤات الأيونات الموجودة.
<b>التأين</b>	فصل الجزيئات إلى جسيمات مشحونة (الأيونات).
<b>مؤشر لانجيلير للتشبع</b>	مؤشر يتم حسابه من إجمالي المواد الصلبة الذائبة وتركيز الكالسيوم وإجمالي القلوية ودرجة الحموضة ودرجة حرارة المحلول التي تظهر ميل محلول الماء لترسيب أو انحلال كربونات الكالسيوم.
<b>صحيفة رقيقة</b>	طبقة بينية لغشاء اللوح المسطح/فاصل قناة المنتج ملصقة سويماً من الجوانب عبر النهاية الخارجية في عنصر الملف اللولبي.
<b>إزالة عسرة الماء بالجير والصودا</b>	استخدام الجير و $\text{Na}_2\text{CO}_3$ لإزالة عسرة الماء.
<b>LSI</b>	مؤشر لانجيلير للتشبع، مقياس ذائبية $\text{CaCO}_3$ في المياه متوسطة الملوحة. انظر <b>S&amp;DSI</b> .
<b>الرمال الأخضر المنجنيزي</b>	الرمال الخضراء المغلفة بثاني أكسيد المنجنيز المستخدم كوسيط ترشيح لإزالة المنجنيز والحديد. انظر <b>الرمال الخضراء</b> .
<b>المُشعب</b>	أنبوب واسع مع توصيلات متاحة للتغذية الفردية ومنافذ للمحاليل الملحية والمنتج الخاصة بجهاز التحلية.

الانتقال الكمي (أو الكتلي) عبر غشاء قائم على قوة دافعة.	معامل انتقال الكتلة
رقاقة مصممة شبه نافذة ورفيعة تعمل كحاجز يسمح بمرور المواد حتى حجم معين أو شكل محدد أو خاصية كهربائية كيميائية بعينها. يتم استخدام الأغشية كعامل الفصل في التناضح العكسي والفصل الكهربائي والترشيح الفائق والترشيح المتناهي الدقة والترشيح الدقيق وكمرشحات قرصية في المختبرات وخرطيش ترشيح مثنية ولاسيما للترشيح الدقيق.	الغشاء
المنطقة النشطة المتاحة للترشيح الدقيق والمتناهي الدقة والفائق والتناضح العكسي.	منطقة الغشاء
انظر الانضغاط.	انضغاط الغشاء
تصميم وتشكيل عنصر غشاء معين (خرطوشة) مثل الألياف الأنبوبية أو ألياف الملف اللولبي أو الألياف المجوفة.	تكوين الغشاء
مجموعة من أغلفة الغشاء اللولبية مرتبطة معاً ككتلة واحدة.	عنصر الغشاء
مصفوفة مسامية منتظمة هندسياً؛ إزالة الجسيمات الذي يزيد حجمها عن حجم المسام المقدر من خلال استثناء الحجم المادي.	مرشح الغشاء
SP <sub>m</sub> هو تركيز مركب في المنتج المنقى المتعلق بتركيزه المتوسط في جانب التغذية/التركيز.	مرور ملح الغشاء
إزالة عسرة الماء في استخدام أغشية السريان المتقاطع للحد بصورة كبيرة من قساوة الأيونات في الماء. انظر الترشيح المتناهي الدقة.	إزالة عسرة الماء في الغشاء
الترشيح الدقيق	MF
مؤشر التلوث المعدل	MFI
مليون غالون في اليوم	MGD (MGPD)
الترشيح المصمم لإزالة الجزيئات في نطاق يتراوح ما بين 0.05 إلى 2 ميكرو متر تقريباً.	الترشيح الدقيق
البكتريا والكائنات الحية الأخرى التي تحتاج إلى مجهر لرؤيتها.	الميكروب
انظر الميكروب.	الكائنات الدقيقة
وحدة قياس نقاء الماء من خلال التوصيلية الكهربائية، واحد ميكرو مور؛ متبادلة للمقاومة. انظر ميغا أوم، أوم.	مايكرو سيمنز
قياس الوزن - الحجم من خلال قسمة التركيز المعبر عنه بالملي غرام لكل لتر بالوزن المكافئ للمادة أو الأيون. إذا كانت الجاذبية المحددة وحدة فإن الملي المكافئ/لتر هو نفسه epm.	ملي مكافئ لكل لتر (meq/L)
قياس الوزن - الحجم الذي يعبر عن تركيز أي محلول بالملي غرام لكل لتر من المحلول. عندما تكون الجاذبية المحددة موحدة فإن الملي غرام/لتر = جزء في المليون. عند لا تكون الجاذبية المحددة موحدة، فإن ملي غرام/لتر مقسمة على الجاذبية المحددة للمحلول تعادل جزء في	ملي غرام لكل لتر (mg/L)

المليون.	
خليط مادي بين مواد التبادل الأيوني والتبادل الأيوني الموجب	طبقة مختلطة
عنصر غشاء مجتمع مع مبيت العنصر. أوعية الضغط التي تحتوي على عناصر أغشية.	الوحدة النمطية
المولات (الوزن الجزيئي الغرامي) للمذاب بكل 1.000 غرام من المذيب.	التركيز الجزيئي الغرامي (-m <sub>1</sub> )
المولات (الوزن الجزيئي الغرامي) للمذاب بكل لتر من المحلول.	التركيز الجزيئي الغرامي (m <sub>1</sub> )
تصنيف الغشاء لحجم المذابات غير المشحونة التي ستطردها. ويشار إليها كذلك باسم قطع الوزن الجزيئي الاعترابي.	قطع الوزن الجزيئي
مرشح مع طبقة تتكون من ثلاثة وسائط ترشيح فاصلة أو أكثر. الأكثر خشونة والأقل كثافة في الأعلى، والأفضل والأعلى كثافة في القاع.	مرشح الوسائط المتعددة
سداسي ميثا فوسفات الصوديوم ، مضاد للتقشر	NaHMP
عملية سريان متقاطع مع أحجام مسامية مصممة لإزالة الأملاح المحددة ومعظم المواد العضوية فوق نطاق وزن جزيئي بمقدار 300 ويشار إليه أحياناً بالتناضح العكسي المنحل.	الترشيح المتناهي الدقة
جهاز يستخدم لقياس تعكر الماء بصورة رئيسية مع التعبير عن النتائج بوحدات التعكر نيفيللومتر. تضيء المقاييس عند درجة حرارة 90 درجة مئوية.	مقياس الكدر
بوليمرات محايدة مشحونة عادة ما تستخدم متعددات الأكريلاميد في التخثر/التدميج. انظر متعدد الكهارل.	إلكتروليت متعدد غير أيوني

تحويل البيانات الفعلية إلى مجموعة من الظروف المرجعية لتوحيد معايير العملية لتصبح قاعدة مشتركة.	وضع المعايير
الترشيح المتناهي الدقة	NF
المادة العضوية الطبيعية	NOM
انظر مقياس الكدر.	NTU
المنتج الأصلي للمعدة	OEM
التشغيل والصيانة	O&M
هو الضغط الهيدروليكي المعياري الذي تدخل عنده مياه التغذية جهاز.	ضغط التشغيل
جهد التأكسد والاختزال	ORP

التناضح	هو التدفق التلقائي للمياه من محلول أقل تركيزاً إلى محلول أعلى تركيزاً من خلال غشاء شبه منفذ حتى يتم الوصول إلى الاتزان في الجهد الكيميائي.
الضغط التناضحي	هو مقياس للفرق في الطاقة الكامنة بين المحاليل على جانبي الغشاء شبه المنفذ. وهو عامل في تصميم ضغط التشغيل الخاص في معدة التناضح العكسي. لا بد أن يتغلب الضغط المستخدم أولاً على الضغط التناضحي الموجود في المحلول الكيميائي لإحداث أي فيض.
جهد التأكسد-الاختزال	هو القوة الكهربائية الدافعة التي يولدها قطب معدن نبيل مغمور في الماء، ويشار إليه بقطب الهيدروجين القياسي.
مطلوبية الأكسجين	كمية الأكسجين المطلوبة لأكسدة المادة العضوية وغير العضوية التي ينقلها الماء في ظل ظروف اختبار محددة.
أجزاء من المليار (ppb)	هو مقياس للنسبة بالوزن، وهو يكافئ وزن وحدة المذاب لكل مليار وزن وحدة للمحلول (تقريباً بيكوغرام/لتر أو ملي غرام/متر مكعب في المحاليل المخففة).
أجزاء من المليون (ppm)	هو قياس النسبة بالوزن، وهو يكافئ وزن وحدة المذاب لكل مليون وزن وحدة للمحلول (تقريباً ملي غرام/لتر أو غرام/متر مكعب في المحاليل المخففة).
المرور	هي خطوة معالجة أو واحدة من خطوات متعددة تحدث مسار منتج من نظام الغشاء.
منفذ	يسمح للمواد بالمرور عبره.
المنتج المنقى	هو قدر من المياه يمر عبر الغشاء، ويسمى كذلك المنتج.
فاصل قناة المنتج المنقى	هو قماش يدعم الغشاء ميكانيكياً ويصرف المياه إلى أنبوب المنتج المنقى، انظر فاصل قناة المنتج (المنتج المنقى).
القماش "النسيج" الجامع للنافذ	انظر فاصل قناة المنتج المنقى.
فيض المنتج المنقى	هو معدل تدفق المنتج المنقى لكل وحدة مساحة من الغشاء، ويعبر عنه عادة بالتر لكل متر مربع في الساعة أو $l/m^2h$ (أو القدم المربع في اليوم (GFD)).
قدرة المحطة	صناعة المنتج لكل وحدة زمن ويعبر عنها بالمتر المكعب يومياً، والمتر المكعب لكل ساعة، والغالون يومياً، والمليون غالون يومياً.
عامل الانسداد	انظر عامل التلوث ومؤشر كثافة الطمي.
الاستقطاب	انظر استقطاب التركيز.
متعدد الكهارل	هي جزيئات تركيبية (أو طبيعية)، تحوي مجموعات أيونية متعددة، تستخدم كمخثرات أو مكثلات، وهي متوفرة كجزيئات أيونية سالبة، وأيونية موجبة، وغير أيونية.

البوليمرات	هي مادة تتكون من جزيئات تتميز بتكرار نوع أو أكثر من الوحدات المركبة البسيطة.
المسامية	هي ذلك الجزء المفتوح لتدفق السائل من حجم مرشح الغشاء، وهو معروف كذلك بالحجم الفارغ.
المعالجة اللاحقة	هو إضافة المواد الكيميائية لمسار المنتج أو المادة المركزة لجعله مناسباً للاستخدام النهائي المرغوب فيه.
المعالجة اللاحقة	الاستفادة من معدات مثل مزيلات الغاز لجعل مسار المنتج أو المادة المركزة أو كليهما ملائماً للاستخدام النهائي المرغوب فيه.
الترشيح بالضغط	هو الترشيح الذي يتم في وعاء ترشيح مغلق مكيف الضغط.
وعاء الضغط	هو الوعاء الذي يحتوي على واحد أو أكثر من عناصر الغشاء الفردية وتم تصميمه لمقاومة الضغط الهيدروليكي الذي يدفع آلية الفصل بصورة آمنة.
المعالجة التحضيرية	هي عمليات يمكن استخدامها مع مياه التغذية في أجهزة الغشاء لتحسين الجودة وتخفيض احتمالية التقشر والتآكل للحد الأدنى، والتحكم في النشاط الحيوي مثل المعالجة بالكور، والتخثر، والتنقية، والتحميض.
فاصل قناة الناتج (حامل المنتج المنقى)	هو قماش أو مادة أخرى يتم عبرها تدفق مياه المنتج المنقى بعد مرورها عبر الغشاء اللوحي المسطح.
إعداد مراحل الناتج	هي العملية التي يتم فيها استخدام المنتج المنقى الناتج من أحد محطات الغشاء كتغذية لمحطة غشاء أخرى وذلك لمزيد من تحسين جودة المنتج.
أنبوب الناتج	هو الأنبوب الموجود في مركز خرطوشة الملف اللولبي الذي يقوم بجمع مياه المنتج المنقى.
الإنتاجية	معدل تدفق المياه الناتجة.
مياه المنتج	هي المياه النقية التي تنتج خلال عملية. انظر المنتج المنقى.
التنبؤ والتوقع	حسابات تتم عادة باستخدام حزمة برمجيات، تتنبأ بأداء محطة المياه أو بأجزاء منها.
مولدات الحمى	أي مادة قادرة على التسبب في الحمى في الثدييات. يتم تدميرها عادة باستخدام سم داخلي مثل السكر المتعدد الدهني الذي تولده بكتيريا سلبية الغرام. وليس من الضروري أن يتم تدمير مولدات الحمى في نفس ظروف قتل البكتيريا لأنها مستقرة كيميائياً وطبيعياً.
المياه غير المعالجة	هي المياه التي لم تتم معالجتها. وهي المياه غير المعالجة من الآبار والمصادر السطحية والبحر أو إمدادات المياه العمومية.
الاسترجاع - Y (التحويل)	هو النسبة بين كمية الناتج (معدل تدفق مسار المنتج المنقى) وكمية التغذية (معدل تدفق مسار التغذية)، مقدرة بالكسر أو بالنسبة المئوية.
المادة المطرودة	المحلول الملحي أو مسار (المادة المركزة) الخارج من جهاز إزالة الملح "التحلية". هو جزء من



	مسار التغذية لا يمر عبر الغشاء.
الطرد	قدرة الغشاء على منع عناصر معينة من المرور عبره. يعبر عنها بطرح 1 من النسبة بين المادة المركزة في الناتج والتغذية.
المادة المتبقية	انظر المادة المركزة.
التناضح العكسي	هي عملية فصل أحد مكونات المحلول من مكون آخر باستخدام تدفق مسار التغذية تحت الضغط عبر غشاء شبه منفذ. ويزيل التناضح العكسي الأيونات المعتمدة على قوى كهروكيميائية، والغروانيات، والمواد العضوية ذات الوزن الجزيئي 150 فأكبر. قد يسمى كذلك الترشيح الزائد.
RO	التناضح العكسي
سلسلة التناضح العكسي	هو واحد أو اثنان أو ثلاثة من تركيبات التناضح العكسي الكاملة، وتشمل تشغيل الأغشية ومضخة الضغط العالي بالتوازي.
S&DSI	مؤشر استقرار ستيف وديفيس
درجة الملوحة	تركيز الأملاح غير العضوية في المياه.
فيض الملح	مقدار الملح المذاب الذي يمر عبر الغشاء، وتقاس بالمول يوماً لكل وحدة مربعة من مساحة الغشاء. مرور الملح، SP- $SP = \frac{CP \times 100}{CF}$
التعقيم	الانخفاض في عدد الملوثات البكتيرية إلى مستويات آمنة. انظر التطهير.
التشبع	هي النقطة التي يحتوي فيها المحلول على ما يكفي من المواد الصلبة والسائلة والغازية المذابة بحيث لا يحدث أي ذوبان إضافي في المحلول عند درجة حرارة وضغط معينين.
SBS	ثنائي كبريتات الصوديوم، NaHSO <sub>3</sub> .
مثبط التقشر	هو مادة كيميائية تثبط نمو البلورات الميكرونية "متناهية الصغر" (تثبط ترسيب الأملاح ضئيلة القابلية للذوبان). انظر مضاد التقشر.
التقشير	هو الزيادة التدريجية في الأملاح المترسبة على سطح ما، مثل الأغشية، والأنابيب، والخزانات، أو أنابيب تكتيف الغلايات.
مؤشر كثافة الطمي -	هو مؤشر يتم حسابه من معدل انسداد 0,45 ميكرومتر من مرشح الغشاء. وهو يشير إلى مقدار المادة الجزيئية في الماء، ويسمى أحياناً مؤشر التلوث.
SDI	
S&DSI	مؤشر تشبع ستيف وديفيس، وهو مقياس لقابلية كربونات الكالسيوم CaCO <sub>3</sub> للذوبان في مياه

البهار أو المياه مرتفعة الملوحة. انظر LSI.	
هي المياه التي يتراوح فيها تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية من 30,000 إلى 60,000 مللي غرام/ لتر. المياه متوسطة الملوحة، المياه متوسطة الملوحة عالية التركيز.	مياه البحار
هو ترسب أو استقرار المواد غير القابلة للذوبان من تعليق ما، سواءً عن طريق الجاذبية أو بصورة صناعية. مثل، الطرد المركزي، والضغط.	الترسب
هو الغشاء الذي يسمح بطريقة انتقائية تمييزية بمرور مركبات معينة ويطرد غيرها.	الأغشية شبه المنفذة
سداسي ميثا فوسفات الصوديوم (NaHMP).	SHMP
مقياس الموصلية الكهربائية في الماء، وهو يكافئ الموه. انظر الموه، أوم.	السيمنز
هي الترسبات الحيوية من مواد هلامية أو خيطية.	المادة اللزجة
ميثا ثنائي كبريتيت الصوديوم $Na_2S_2O_5$ .	SMBS
انظر إزالة عسرة الماء في الغشاء.	إزالة عسرة الماء
هي معدات معالجة المياه التي تستخدم رزين تبادل أيوني قائم على الصوديوم بصورة أساسية لإزالة الأيونات الموجبة مثل الكالسيوم والماغنسيوم.	مزيلات عسرة الماء
هو جهاز معالجة المياه المستخدمة في عمليات إزالة عسرة الماء بالجبر، ومعالجة المياه المستخدمة، والتخثر.	منقي المواد الصلبة بالتلامس
$aX_b \rightarrow aM^+ + bX^-$ حيث تشير الأقواس إلى تركيزات مكونات التوازن التآين حيث تكون الأملاح ضئيلة القابلية للذوبان [MX] وحدة واحدة بالضرورة.	ناتج الذائبية
المواد الذائبة في مذيب ما.	المذابات
يتم تحديده هنا على أنه الماء.	المذيب
التعداد القياسي للصفائح (غير ذاتية التغذية). طريقة لقياس عدد البكتيريا.	SPC
الفيض مقسوماً على القوة الدافعة للضغط الصافي.	الفيض المحدد
هو تصميم عنصر غشاء ذي سريان متقاطع يتكون من أنبوب ناتج، وأوراق غشاء مسطحة، وفواصل قنوات تغذية، وأجهزة مضادة للاصطدام الرتلي، وغالق محلول ملحي (مركز).	خرطوشة الملف اللولبي
هو غشاء لوجي مسطح ذو فاصل قناة تغذية واحد أو أكثر وطبقات حاجزة، وتم لف كل هذا في شكل لولبي.	غشاء الملف اللولبي
هي تنظيم متتابع من أوعية الضغط، وعادة يتم وضع مراحل الطرد في مصفوفة 1:2، وأحياناً يتم وضع مراحل المنتج المنقى في نظام تناضح عكسي ذي مسار مزدوج.	المرحلة

إعداد المراحل	انظر إعداد مراحل المحلول الملحي والنتاج.
ظروف الاختبار القياسية	هي المؤشرات التي يقوم بمقتضاها منتج الغشاء باختبار الأجهزة الخاصة بالتدفق وطرده الملح.
التعقيم	تدمير أو إزالة كل الكائنات الحية.
مؤشر استقرار ستيف وديفيس، S&DSI	مؤشر يتم حسابه من إجمالي المواد الصلبة الذائبة وتركيز الكالسيوم وإجمالي القلوية ودرجة الحموضة ودرجة حرارة المحلول التي تظهر ميل محلول الماء لترسيب أو إذابة كربونات الكالسيوم. يتم استخدام هذا المؤشر أساساً لتطبيقات التناضح العكسي على مياه البحار.
STP	ثلاثي فوسفات الصوديوم - $Na_5P_3O_{10}$ , مساعد في التنظيف.
STPP	ثلاثي فوسفات الصوديوم المتعدد. انظر STP.
التشبع المفرط	هي حالة يكون فيها الملح (الأملاح) غير العضوي مذاباً عند مستوى أعلى من ناتج الذائبية الخاص به.
المواد الصلبة المعلقة (SS)	هي الجسيمات الصلبة العضوية وغير العضوية التي تكون معلقة في السائل.
SWRO	التناضح العكسي لمياه البحر
مرور الملح بالنظام	هي تركيز مركب ما في المنتج المنقى بالنسبة إلى تركيزه في مياه التغذية، ويسمى كذلك مرور الملح.
TBC	العدد الكلي للبكتيريا، وهو العدد الكلي للكائنات الحية المجهرية الموجودة في العينة، مع استبعاد الكائنات اللاهوائية.
إجمالي المواد الصلبة المذابة	إجمالي المواد الصلبة المذابة يعبر عنه بالملي غرام لكل لتر أو بالجزء من المليون.
الاصطدام الرتلي	حركة الطبقات الخارجية من خرطوشة الملف اللولبي في اتجاه تدفق التغذية التي يسببها الانخفاض الزائد في الضغط عبر فاصل قناة التغذية.
معامل تصحيح درجة الحرارة (TCF)	يحدد تأثير درجة الحرارة على تدفق المنتج المنقى بالنسبة إلى درجة حرارة أساسية (25 درجة مئوية)، وهي أساساً دالة على خصائص السائل ولكنها كذلك دالة على بوليمر الغشاء.
التركيب المُصنع الرقيق (TFC)	انظر الغشاء المركب.
المعالجة الاستهلاكية	هي عملية إيقاف الترسيب عند بداية الحدوث، وعادة ما لا توقف تكوين النويات، ولكنها تثبط النمو. انظر مضاد التفشّر.
THM التراي هالوميثان	مركبات تراي هالوميثان "Trihalomethanes"، هي مجموعة من الجزيئات منخفضة الوزن

الجزئي يمكن أن تؤدي إلى معالجة المواد العضوية الموجودة في المياه السطحية بالكلور.	
مؤشرات مركبات تراهالوميثان، هي جزيئات عضوية موجودة في المياه لديها إمكانية التفاعل مع الكلور لتكوين التراهالوميثان	THMP
هو اسطوانة بلاستيكية موضوعة بين خرطوشة الملف اللولبي الأخيرة والصفحة النهائية للوعاء لدعم الخرطوشة الأخيرة في وعاء الضغط ضد الاصطدام الرتلي.	طوق دفع
إجمالي الكربون العضوي هو مقياس لمستوى المكونات العضوية في المياه.	إجمالي الكربون العضوي
إجمالي الكلور العضوي.	TOCI
إجمالي الهاليدات العضوية.	TOX
إجمالي احتمالية تكون الهاليد العضوي.	TOXFP
مجموعة من الأجهزة. انظر مصفوفة، مجموعة، كتلة.	السلسلة
هو صافي القوة الدافعة عبر الغشاء. التباين في الضغط الهيدروليكي من جانب التغذية إلى جانب المنتج المنقى أقل من التباين في الضغط التناضحي على كل الجانبين.	الضغط عبر الغشائي
إجمالي الكلور المتبقي.	TRC
ثلاثي فوسفات الصوديوم $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ ، مساعد في التنظيف.	ثلاثي فوسفات الصوديوم (TSP)
إجمالي المواد الصلبة المعلقة. هو تركيز المواد الصلبة غير المذابة في السائل، وعادة ما يعبر عنها بالمللي غرام لكل لتر أو بالجزء من المليون.	TSS
هو تعلق جسيمات دقيقة تقوم بتشتيت أو امتصاص أشعة الضوء.	التعكر
هو مقياس تجريبي للتعكر يقوم على قياس خصائص تشتت الضوء (أثر تندال) على المادة الجسيمية في العينة.	التعكر (وحدة قياس التعكر)
هو عملية تستخدم الغشاء شبه المنفذ تحت تدرج ضغط هيدروليكي لفصل مكونات المحلول. تكون مسام الغشاء بحجم يسمح بمرور المذيب (المذيبات) ولكنه يستبقى المذابات غير الأيونية المعتمدة أساساً على الحجم المادي، وليس الجهد الكيميائي.	الترشيح الفائق
للمياه التي يتم استخدامها في صناعة أشباه الموصلات مواصفات (كيميائية، وطبيعية، وحيوية) من أجل مستويات تلوث منخفضة للغاية.	UPW - المياه فائقة النقاء
يتراوح الطول الموجي بين 200 إلى 300 نانومتر. لهذه الأطوال الموجية تأثير قوي مبيد للجراثيم. يكون الحد الأقصى من التأثير عند 253,7 دقيقة.	إشعاع الأشعة فوق البنفسجية (UV)
القدرة على الحياة أو النمو. مثل، البكتيريا، والنباتات.	القابلية للحياة والنمو

قياس النشاط الحيوي (الحياة أو النمو) في الماء.	عدد الكائنات الحية القابلة للنمو (VOC)
هو مركب عضوي ذو ضغط بخار أعلى من الماء.	المركب العضوي المتطاير (VOC)
هو وعاء يحتوي على رزين أيوني موجب في هيئة صوديوم يقوم بإزالة الأيونات الموجبة من الكالسيوم والماغنيسيوم من المياه ويحرر أيوناً آخر مثل الصوديوم. يتم عادة تجديد الرزين. انظر المادة الملينة.	المادة الملينة للمياه
التحويل، الاسترجاع	Y
هي حالة لا تقوم فيها المنشأة بتفريغ أي تدفقات ناتجة عن العمليات.	التفريغ الصفري

## 2-9 التوصيل الكهربائي الخاص بكلوريد الصوديوم (جدول 9-1)

µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm	µmhos/cm	ppm
10	5	640	317	1,525	766	3,650	1,899	9,300	5,047	22,500	13,013	62,000	38,561
20	9	650	323	1,550	770	3,700	1,917	9,400	5,103	22,750	13,167	63,000	39,239
30	14	660	328	1,575	792	3,750	1,945	9,500	5,159	23,000	13,321	64,000	39,917
40	19	670	333	1,600	805	3,800	1,972	9,600	5,215	23,250	13,474	65,000	40,595
60	28	680	338	1,625	817	3,850	1,999	9,700	5,271	23,500	13,628	66,000	41,273
70	33	690	343	1,650	830	3,900	2,027	9,800	5,327	23,750	13,782	67,000	41,961
80	38	700	348	1,675	843	3,950	2,054	9,900	5,383	24,000	13,936	68,000	42,629
90	42	710	353	1,700	856	4,000	2,081	10,000	5,439	24,250	14,089	69,000	43,307
100	47	720	358	1,725	868	4,100	2,136	10,200	5,551	24,500	14,243	70,000	43,985
110	52	730	363	1,750	881	4,200	2,191	10,400	5,664	24,750	14,397	71,000	44,663
120	57	740	368	1,775	894	4,300	2,245	10,600	5,776	25,000	14,550	72,000	45,341
130	61	750	373	1,800	907	4,400	2,300	10,800	5,888	25,500	14,858	73,000	46,091
140	66	760	378	1,825	920	4,500	2,356	11,000	6,000	26,000	15,165	74,000	46,697
150	71	770	383	1,850	932	4,600	2,412	11,200	6,122	26,500	15,473	76,000	48,053
160	75	780	388	1,875	945	4,700	2,468	11,400	6,243	27,000	15,780	77,000	48,731
170	80	790	393	1,900	958	4,800	2,524	11,600	6,364	27,500	16,087	78,000	49,409
180	85	800	399	1,925	971	4,900	2,580	11,800	6,485	28,000	16,395	79,000	50,087
190	90	810	404	1,950	983	5,000	2,636	12,000	6,607	28,500	16,702	80,000	50,765
200	95	820	409	1,975	996	5,100	2,692	12,200	6,728	29,000	17,010	81,000	51,443
210	100	830	414	2,000	1,000	5,200	2,748	12,400	6,843	29,500	17,317	82,000	52,121
220	105	840	419	2,025	1,022	5,300	2,805	12,600	6,970	30,000	17,624	83,000	52,799
230	110	850	424	2,050	1,034	5,400	2,861	12,800	7,091	30,500	17,932	84,000	53,477
240	115	860	429	2,075	1,047	5,500	2,917	13,000	7,213	31,000	18,239	85,000	54,155
250	120	870	434	2,125	1,073	5,600	2,973	13,200	7,334	31,500	18,547	86,000	54,833
260	125	880	439	2,150	1,085	5,700	3,029	13,400	7,455	32,000	18,854	87,000	55,511
270	130	890	444	2,175	1,098	5,800	3,085	13,600	7,576	32,500	19,161	88,000	56,130
280	135	900	449	2,200	1,111	5,900	3,141	13,800	7,698	33,000	19,469	89,000	56,867
290	140	910	454	2,225	1,124	6,000	3,197	14,000	7,819	34,000	20,084	90,000	57,545
300	145	920	459	2,250	1,137	6,100	3,253	14,200	7,940	34,500	20,391	91,000	58,223

310	150	930	464	2,275	1,140	6,200	3,309	14,400	8,061	35,000	20,698	92,000	58,901
320	155	940	469	2,300	1,162	6,300	3,365	14,600	8,182	35,500	21,006	93,000	59,579
330	160	950	474	2,325	1,175	6,400	3,421	14,800	8,304	36,000	21,313	94,000	60,257
340	165	960	480	2,350	1,188	6,500	3,477	15,000	8,425	36,500	21,621	95,000	60,935
350	171	970	485	2,375	1,200	6,600	3,533	15,250	8,576	37,000	21,928	96,000	61,613
360	176	980	490	2,400	1,213	6,700	3,589	15,500	8,728	37,500	22,235	97,000	62,291
370	181	990	495	2,425	1,226	6,800	3,645	15,750	8,879	38,000	22,543	98,000	62,969
380	186	1,000	500	2,450	1,239	6,900	3,701	16,000	9,031	38,500	22,850	99,000	63,647
390	191	1,020	510	2,475	1,251	7,000	3,758	16,250	9,182	39,000	23,158	100,000	64,325
400	196	1,040	520	2,500	1,264	7,100	3,814	16,500	9,334	39,500	23,465		
410	201	1,080	540	2,550	1,290	7,200	3,870	16,750	9,486	40,000	23,773		
420	206	1,100	550	2,600	1,315	7,300	3,926	17,000	9,637	41,000	24,387		
430	211	1,120	561	2,650	1,344	7,400	3,982	17,500	9,940	42,000	25,002		
440	216	1,140	571	2,700	1,371	7,500	4,038	17,750	10,092	43,000	25,617		
450	221	1,160	581	2,750	1,398	7,600	4,094	18,000	10,247	44,000	26,357		
460	226	1,180	591	2,800	1,426	7,700	4,150	18,250	10,400	45,000	27,035		
470	231	1,200	601	2,850	1,453	7,800	4,206	18,500	10,554	46,000	27,713		
480	236	1,220	611	2,900	1,480	7,900	4,262	18,750	10,708	47,000	28,391		
490	241	1,240	621	2,950	1,508	8,000	4,318	19,000	10,852	48,000	29,069		
500	247	1,260	632	3,000	1,535	8,100	4,374	19,250	11,015	49,000	29,747		
510	252	1,280	642	3,050	1,562	8,200	4,430	19,500	11,169	50,000	30,425		
520	257	1,300	652	3,100	1,589	8,300	4,486	19,750	11,323	51,000	31,103		
530	262	1,320	662	3,150	1,617	8,400	4,542	20,000	11,476	52,000	31,781		
550	272	1,340	672	3,200	1,644	8,500	4,598	20,250	11,630	53,000	32,459		
560	277	1,360	682	3,250	1,671	8,600	4,654	20,500	11,784	54,000	33,137		
570	282	1,380	692	3,300	1,699	8,700	4,710	20,750	11,937	55,000	33,815		
580	287	1,400	702	3,350	1,726	8,800	4,767	21,000	12,091	56,000	34,493		
590	292	1,420	713	3,400	1,753	8,900	4,823	21,250	12,245	57,000	35,171		
600	297	1,440	723	3,450	1,781	9,000	4,879	21,500	12,399	58,000	35,849		
610	302	1,460	733	3,500	1,808	9,100	4,935	21,750	12,552	59,000	36,527		
620	307	1,480	743	3,550	1,835	9,200	4,991	22,000	12,705	60,000	37,205		
630	312	1,500	754	3,600	1,863	9,216	5,000	22,250	12,860	61,000	37,883		

### 3-9 موصلية الأيونات

جدول 2-9 موصلية الأيونات كما يعبر عنها بالميكرو سيمينز/ سم لكل مللي مكافئ/ لتر، مخفف إلى ما لا نهاية.

Ion	68°F (20°C)	77°F (25°C)	212°F (100°C)
H <sup>+</sup>	328	350	646
Na <sup>+</sup>	45	50.1	155
K <sup>+</sup>	67	73.5	200
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	67	73.5	200
Mg <sup>++</sup>	47	53.1	170
Ca <sup>++</sup>	53.7	59.5	191
OH <sup>-</sup>	179	197	446
Cl <sup>-</sup>	69.0	76.3	207
HCO <sub>3</sub>	36.5	44.5	—
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	65.2	71.4	178
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	30.1	36.0	—
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63.0	72.0	—
HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	—	53.4	—
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	71.8	79.8	234
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	—	69.0	—

المصدر: Landolf-Börnstein 6° edition Band II/7

### 4-9 درجة توصيل المحاليل

الجدول 3-9، درجة توصيل المحاليل والأحماض والقلويات والأملاح 77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية) والتي يتم التعبير عنها في شكل ميكرو سيمينز/ سم لكل مللي مكافئ/ لتر

Component	Infin. diluted	Concentration in meq/l						
		0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	50.0	100.0
HCl	426	425	423	421	415	412	399	392
HNO <sub>3</sub>	421	420	417	416	410	407	394	386
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	430	424	412	407	390	380	346	317
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	419	394	359	336	264	223	133	104
NaOH	248	247	246	245	241	238	227	221
KOH	271	270	269	268	264	261	251	246
NH <sub>4</sub> OH	271	109	49	36	17	12	5.6	3.9
NaCl	126	126	124	124	121	118	111	107
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	130	128	126	124	117	113	97.7	90.0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	124	122	120	119	112	108	93.2	86.3
NaHCO <sub>3</sub>	96.0	95.2	94.2	93.5	90.5	88.4	80.6	76.0
KCl	150	149	148	141	144	141	133	129

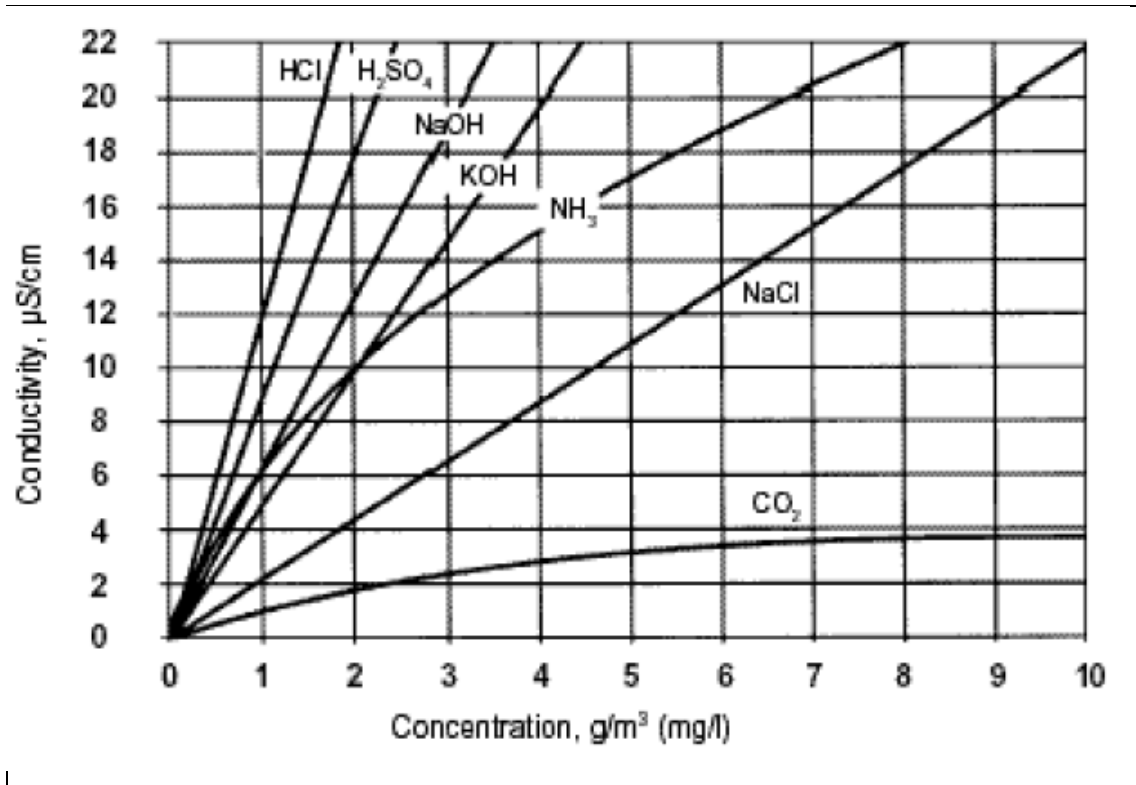
تقوم الأشكال البيانية الواردة في الصفحة التالية بتوضيح العلاقة بين درجة توصيل المحلول الذي يحتوي على أحد المواد الكيميائية ودرجة تركيز هذه المادة.

يمكن حساب درجة توصيل المحاليل في درجات حرارة أخرى من خلال ضرب درجات التوصيل المقدره بـ 77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية) في عوامل التصحيح الواردة في الجدول التالي. لا يتم تطبيق هذه العوامل إلا في حالة المحاليل المخففة حيث أنها تفترض مسبقاً إجمالي الأيونات المنحلة للمادة الكيميائية.

الجدول 4-9، عوامل تصحيح درجة التوصيل

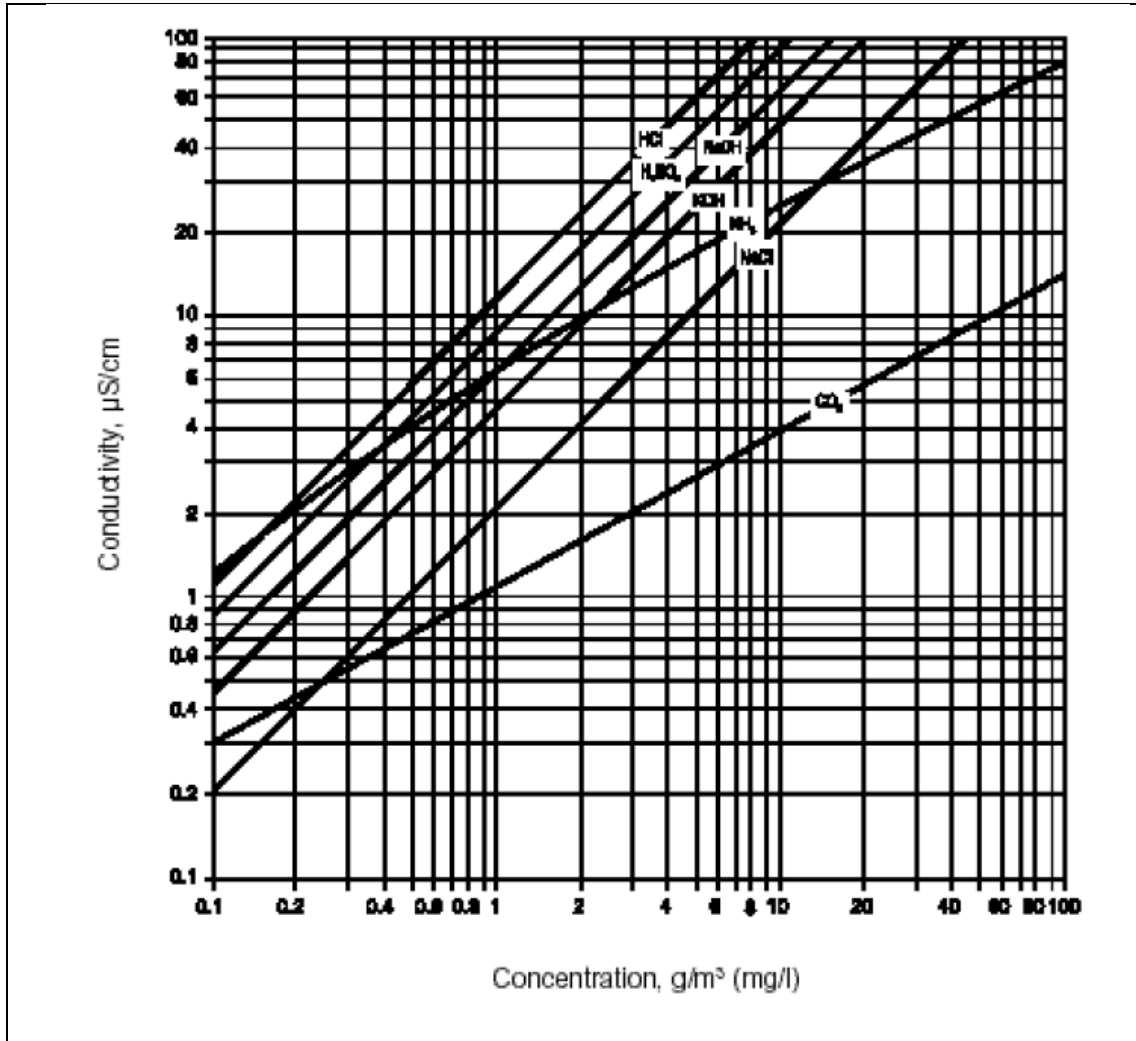
	32°F (0°C)	64°F (18°C)	77°F (25°C)	122°F (50°C)
HCl	0.66	0.89	1.00	1.37
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.66	0.87	1.00	1.38
NaCl	0.53	0.86	1.00	1.57
NaOH	0.54	0.89	1.00	1.51
KOH	0.55	0.89	1.00	1.50

الشكل 9-1، درجة توصيل المحاليل الأيونية عند درجة 77 فهرنهايت (25 درجة مئوية)





الشكل 9-2، درجة توصيل المحاليل الأيونية عند درجة 77 فهرنهايت (25 درجة مئوية)



### 5-9 تحويل وحدات التركيز الخاصة بالأنواع الأيونية

يبين الجدول التالي عوامل التحويل الخاصة بتحويل وحدات التركيز الخاصة بالأنواع الأيونية بالغرام الأيوني لكل لتر إلى اللتر المكافئ أو الغرام المكافئ من كربونات الكالسيوم لكل لتر ( $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )

الجدول 9-5، عوامل التحويل الخاصة بتحويل وحدات تركيز الأنواع الأيونية

Compound	Formula	Ionic weight	Equivalent weight	Conversion to g CaCO <sub>3</sub> /L eq/L	
<b>Positive ions</b>					
Aluminium	Al <sup>+++</sup>	27.0	9.0	5.56	0.111
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	18.0	18.0	2.78	0.0556
Barium	Ba <sup>++</sup>	137.4	68.7	0.73	0.0146
Calcium	Ca <sup>++</sup>	40.1	20.0	2.50	0.0500
Copper	Cu <sup>++</sup>	63.6	31.8	1.57	0.0314
Hydrogen	H <sup>+</sup>	1.0	1.0	50.0	1.000
Ferrous iron	Fe <sup>++</sup>	55.8	27.9	1.79	0.0358
Ferric iron	Fe <sup>+++</sup>	55.8	18.6	2.69	0.0538
Magnesium	Mg <sup>++</sup>	24.3	12.2	4.10	0.0820
Manganese	Mn <sup>++</sup>	54.9	27.5	1.82	0.0364
Potassium	K <sup>+</sup>	39.1	39.1	1.28	0.0256
Sodium	Na <sup>+</sup>	23.0	23.0	2.18	0.0435
<b>Negative ions</b>					
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61.0	61.0	0.82	0.0164
Carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	60.0	30.0	1.67	0.0333
Chloride	Cl <sup>-</sup>	35.5	35.5	1.41	0.0282
Fluoride	F <sup>-</sup>	19.0	19.0	2.63	0.0526
Iodide	I <sup>-</sup>	126.9	126.9	0.39	0.0079
Hydroxide	OH <sup>-</sup>	17.0	17.0	2.94	0.0588
Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62.0	62.0	0.81	0.0161
Phosphate (tri-basic)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	95.0	31.7	1.58	0.0315
Phosphate (di-basic)	HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	96.0	48.0	1.04	0.0208
Phosphate (mono-basic)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	97.0	97.0	0.52	0.0103
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	96.1	48.0	1.04	0.0208
Bisulfate	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	97.1	97.1	0.52	0.0103
Sulfite	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	80.1	40.0	1.25	0.0250
Bisulfite	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	81.1	81.1	0.62	0.0123
Sulfide	S <sup>-</sup>	32.1	16.0	3.13	0.0625
<b>Neutral<sup>1</sup></b>					
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.0	44.0	1.14	0.0227
Silica	SiO <sub>2</sub>	60.0	60.0	0.83	0.0167
Ammonia	NH <sub>3</sub>	17.0	17.0	2.94	0.0588

1 تقوم العمليات الحسابية على أساس تحويل الأنواع أحادية التكافؤ

6-9 عامل تصحيح درجة الحرارة

الجدول 6-9، عامل تصحيح درجة الحرارة

Temperature ° C	Temperature Correction Factor	Temperature ° C	Temperature Correction Factor	Temperature ° C	Temperature Correction Factor	Temperature ° C	Temperature Correction Factor	Temperature ° C	Temperature Correction Factor
10.0	1.711	14.0	1.475	18.0	1.276	22.0	1.109	26.0	0.971
10.1	1.705	14.1	1.469	18.1	1.272	22.1	1.105	26.1	0.968
10.2	1.698	14.2	1.464	18.2	1.267	22.2	1.101	26.2	0.965
10.3	1.692	14.3	1.459	18.3	1.262	22.3	1.097	26.3	0.962
10.4	1.686	14.4	1.453	18.4	1.258	22.4	1.093	26.4	0.959
10.5	1.679	14.5	1.448	18.5	1.254	22.5	1.090	26.5	0.957
10.6	1.673	14.6	1.443	18.6	1.249	22.6	1.086	26.6	0.954
10.7	1.667	14.7	1.437	18.7	1.245	22.7	1.082	26.7	0.951
10.8	1.660	14.8	1.432	18.8	1.240	22.8	1.078	26.8	0.948
10.9	1.654	14.9	1.427	18.9	1.236	22.9	1.075	26.9	0.945
11.0	1.648	15.0	1.422	19.0	1.232	23.0	1.071	27.0	0.943
11.1	1.642	15.1	1.417	19.1	1.227	23.1	1.067	27.1	0.940
11.2	1.636	15.2	1.411	19.2	1.223	23.2	1.064	27.2	0.937
11.3	1.630	15.3	1.406	19.3	1.219	23.3	1.060	27.3	0.934
11.4	1.624	15.4	1.401	19.4	1.214	23.4	1.056	27.4	0.932
11.5	1.618	15.5	1.396	19.5	1.210	23.5	1.053	27.5	0.929
11.6	1.611	15.6	1.391	19.6	1.206	23.6	1.049	27.6	0.926
11.7	1.605	15.7	1.386	19.7	1.201	23.7	1.045	27.7	0.924
11.8	1.600	15.8	1.381	19.8	1.197	23.8	1.042	27.8	0.921
11.9	1.594	15.9	1.376	19.9	1.193	23.9	1.038	27.9	0.918
12.0	1.588	16.0	1.371	20.0	1.189	24.0	1.035	28.0	0.915
12.1	1.582	16.1	1.366	20.1	1.185	24.1	1.031	28.1	0.913
12.2	1.576	16.2	1.361	20.2	1.180	24.2	1.028	28.2	0.910
12.3	1.570	16.3	1.356	20.3	1.176	24.3	1.024	28.3	0.908

12.4	1.564	16.4	1.351	20.4	1.172	24.4	1.021	28.4	0.905
12.5	1.558	16.5	1.347	20.5	1.168	24.5	1.017	28.5	0.902
12.6	1.553	16.6	1.342	20.6	1.164	24.6	1.014	28.6	0.900
12.7	1.547	16.7	1.337	20.7	1.160	24.7	1.010	28.7	0.897
12.8	1.541	16.8	1.332	20.8	1.156	24.8	1.007	28.8	0.894
12.9	1.536	16.9	1.327	20.9	1.152	24.9	1.003	28.9	0.892
13.0	1.530	17.0	1.323	21.0	1.148	25.0	1.000	29.0	0.889
13.1	1.524	17.1	1.318	21.1	1.144	25.1	0.997	29.1	0.887
13.2	1.519	17.2	1.313	21.2	1.140	25.2	0.994	29.2	0.884
13.3	1.513	17.3	1.308	21.3	1.136	25.3	0.991	29.3	0.882
13.4	1.508	17.4	1.304	21.4	1.132	25.4	0.988	29.4	0.879
13.5	1.502	17.5	1.299	21.5	1.128	25.5	0.985	29.5	0.877
13.6	1.496	17.6	1.294	21.6	1.124	25.6	0.982	29.6	0.874
13.7	1.491	17.7	1.290	21.7	1.120	25.7	0.979	29.7	0.871
13.8	1.486	17.8	1.285	21.8	1.116	25.8	0.977	29.8	0.869
13.9	1.480	17.9	1.281	21.9	1.112	25.9	0.974	29.9	0.866

معدل التدفق المعدل = (معدل التدفق الذي تم قياسه)\* (معامل تصحيح درجة الحرارة TCF @ درجة حرارة مياه التغذية).

†مقدم هذا الجدول في الشكل رقم. 609-00139

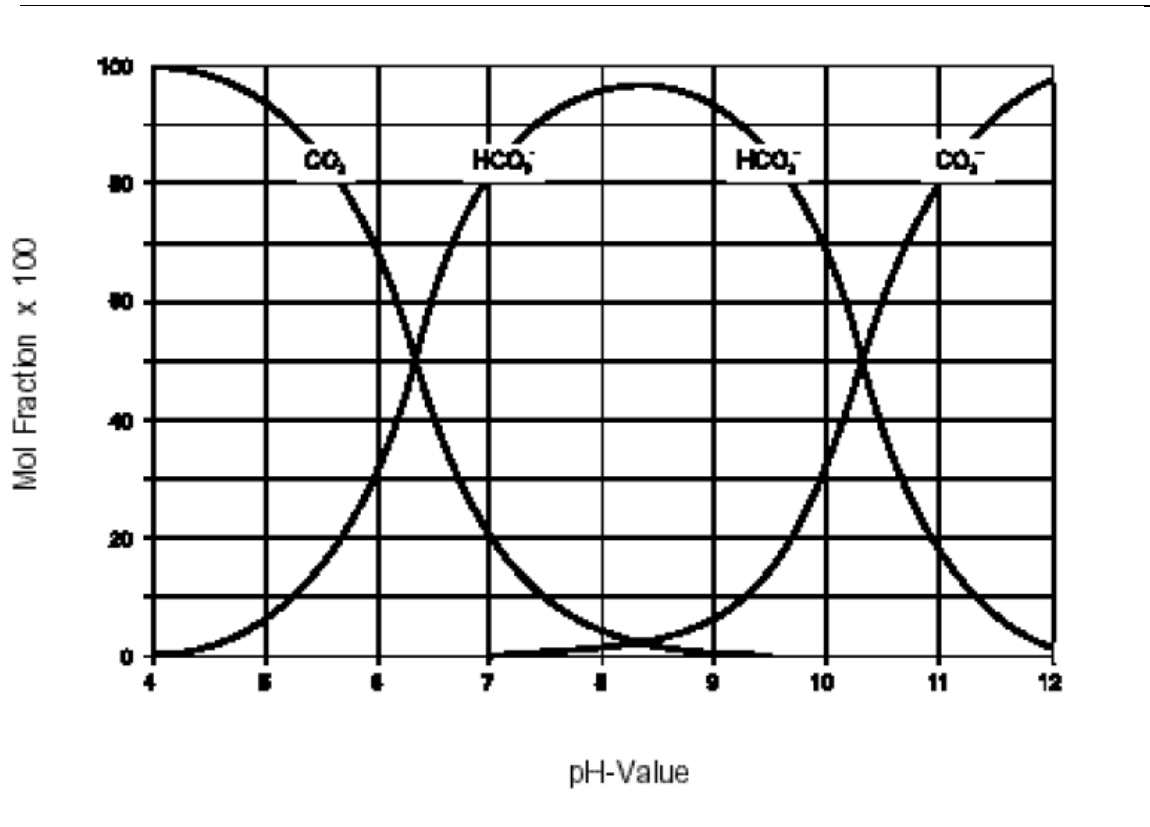
#### 7-9 تحويل الوحدات الأمريكية إلى وحدات مترية

1 بوصة = 2.54 سم	=	0.0254	م
1 قدم	=	0.3048	م
1 قدم مربع	=	0.0929	متر مربع
1 غالون (أمريكي)	=	3.785	لتر
1 رطل للبوصة المربعة	=	0.069	بار
1 غالون لكل دقيقة	=	0.227	متر مكعب/ ساعة
	=	0.063	لتر/ ثانية

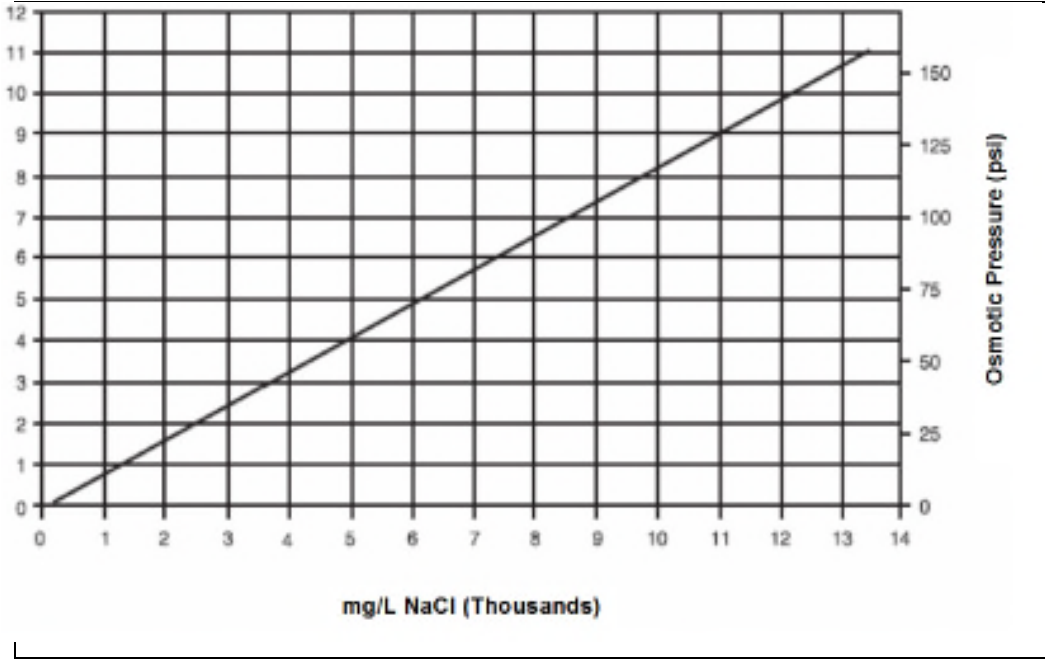
1 غالون في اليوم	=	0.003785	=	متر مكعب/يوم
	=	0.158	=	لتر/الساعة
1 مليون غالون في اليوم	=	157.73	=	متر مكعب/ساعة
	=	3,785	=	متر مكعب/يوم
1 غالون للقدم المربع واليوم	=	1.70	=	لتر/متر المربع/ساعة

### 8-9 تأين محاليل ثاني أكسيد الكربون

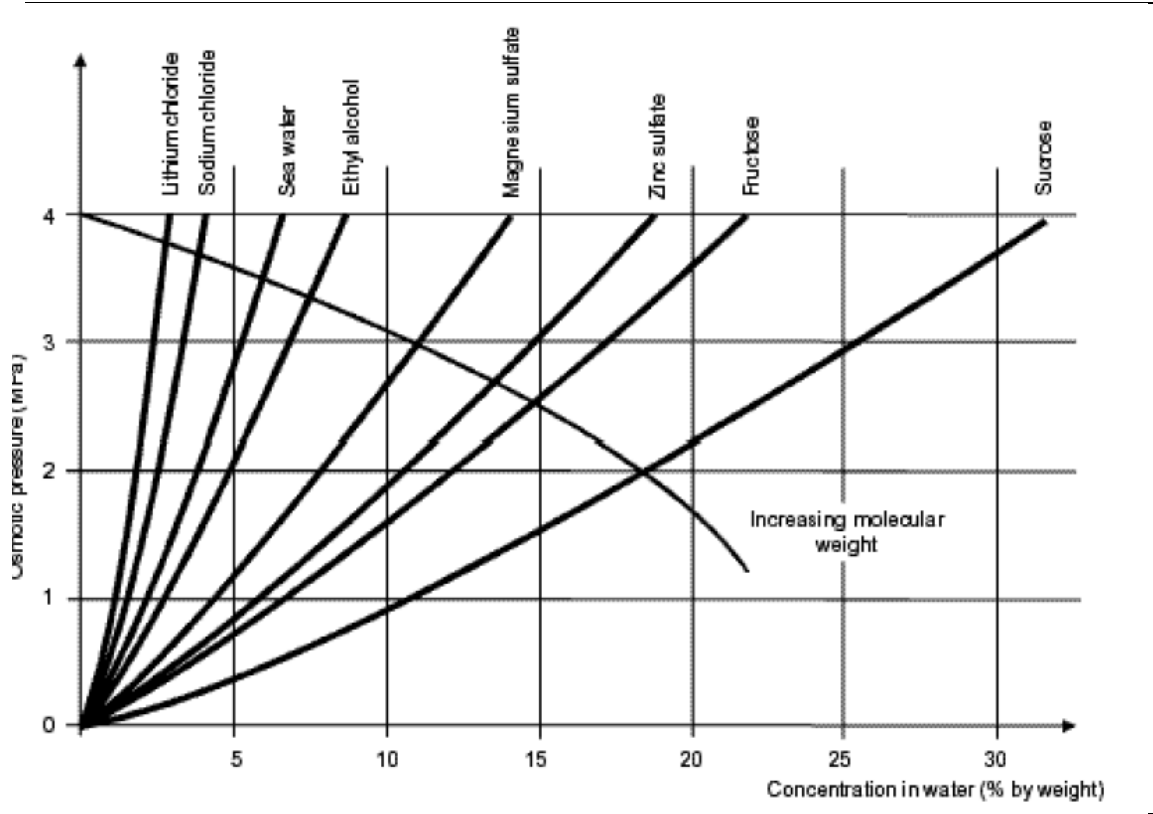
الشكل 9-3، تأين محاليل ثاني أكسيد الكربون بفعل درجة الحموضة عند 77 درجة فهرنهايت (25 درجة مئوية)



9-9 الضغط التناضحي لكوريد الصوديوم  
الشكل 9-4، الضغط التناضحي لكوريد الصوديوم



10-9 الضغط التناضحي للمحاليل  
الشكل 9-5، الضغط التناضحي للمحاليل



## 11-9 اختبار درجة الملائمة الكيميائية مع أغشية FILMTEC

### الملخص

يتم إضافة المواد الكيميائية في الغالب إلى أنظمة الغشاء لمنع النمو الحيوي وإزالته وحماية الغشاء من التلوث والتقشر. ويجب أن لا تؤثر هذه المواد الكيميائية سلباً على أداء الغشاء. وفيما يلي بيان ببعض إجراءات الاختبار التي يمكن استخدامها في تحديد توافق هذه المواد الكيميائية مع الأغشية المركبة من طبقات رقيقة من عدمه. إجراءات الاختبار هذه مصممة خصيصاً لتحديد ما إذا كانت المادة الكيميائية تقوم بإحلال أو تغيير سطح الغشاء متعدد الأبعاد أو أن تدفق مياه المنتج خلال الغشاء قد تأثر.

يتضمن الإجراء (1) فحص أجزاء أو عناصر الغشاء بعد الانتعاش في محلول مختبر و(2) إضافة المادة الكيميائية إلى عنصر الغشاء بشكل متكرر أثناء عملية التشغيل. اختبارات الانتعاش مفيدة في تحديد قيام المركب الكيميائي بإحلال الغشاء من عدمه. بينما تكون إضافة المادة الكيميائية بشكل مستمر إلى عنصر الغشاء أثناء عملية التشغيل وسيلة لتحفيز حالات التشغيل الفعلي باستخدام المواد الكيميائية في الاختبار. ففي حالة تحديد ملائمة المادة المضادة للتقشر على سبيل المثال، يوصى باختبار عملية التشغيل لمدة 1,000 ساعة متواصلة. ومن الضروري ملاحظة أن الإجراءات التالية لا تقوم بعملية الفحص إلا في حالة توافق المادة الكيميائية مع ملاحظة الآثار الضارة لهذه المادة. لا تقوم هذه الإجراءات بتحديد مدى كفاءة أو إفادة المادة الكيميائية. كما أنه بالرغم من أن الاختبارات التالية تعد مؤشراً لمدى الملائمة، تعد الملاحظات والتجربة العملية أكثر المؤشرات موثوقية على مدى الملائمة والنجاح.

ومن المهم ملاحظة نجاح أساليب الاختبار الأخرى الخاصة بتحديد مدى الملائمة. ولقد قامت الجهات الموردة للمواد الكيميائية بتطوير بعض هذه الأساليب بما في ذلك تعرض الغشاء لمستويات عالية من مادة كيميائية معينة لفترة زمنية أقصر مما عند مستوى استخدام طبيعي لفترة زمنية أطول. ولذا، فإن النتيجة تكون متساوية في حالة التعرض لفترة جزء في المليون على سبيل المثال. وتشتمل الأساليب الأخرى على فحص سطح الغشاء من خلال الفحص المجهرى و/أو غيرها من الأساليب التحليلية التي تؤكد وجود تغيرات أو تلف في الغشاء. ويمكن الاعتماد على هذه الأساليب في الغالب عندما يقوم على تطبيقها أفراد على دراية واسعة بتقنية الغشاء والتركيبة الكيميائي لمنتجاتهم.

بالرغم من إمكانية ظهور توافق إحدى المواد الكيميائية، إلا أن هذا لا يعد توقعاً بعدم حدوث مشكلات. فيمكن لزيادة التغذية بأحد المواد الكيميائية، على سبيل المثال، أن تسبب في تلوث جميع أنواع الأغشية من خلال الترسيب الجملي لكمية كبيرة من المادة الكيميائية على سطح الغشاء. ويمكن تطبيق هذه الفكرة على قياس مدى ملائمة وتوافق أحد المنتجات في ظل وجود مستوى منخفض بما قد يترتب عليه آثار كارثية بمستويات أعلى من خلال إضافة مستوى عالي من المادة بطريقة غير متعمدة من خلال ممارسات مثل عدم ارتباط عملية الإضافة المستمرة بتشغيل نظام الغشاء من عدمه. كما أن أحد المواد الكيميائية الملائمة يمكن أن تكون غير ملائمة مع مواد كيميائية أخرى مستخدمة في النظام. المكثبات الأيونية موجبة، على سبيل المثال، يمكن أن تسبب في تلوث الغشاء من خلال تفاعلها مع مضادات التقشر المشحونة بشحنة سالبة. لذا فإنه من الضروري الأخذ بعين الاعتبار نظام إضافة المواد الكيميائية للغشاء بشكل كامل والاندماج الجيد للعديد من المنتجات الكيميائية في نظام الغشاء. كما أنه من الضروري تحديد مدى ملائمة المادة الكيميائية مع مواد الإنشاء المستخدمة في معدات التخزين والمناولة.

تتعامل المناقشات التالية مع إجراءات اختبار مدى ملائمة المادة الكيميائية في الفئات الخمس التالية:

- المخثرات والمكثبات
- مضادات التقشر
- المنظفات الكيميائية
- المبيدات الحيوية
- المواد الحافظة للغشاء

#### التفاصيل - معدات

#### الاختبار وبعض

#### إجراءاته الخاصة

#### معدات الاختبار

وحدة الخلية المسطحة. يتم استخدام نوعين من حلقات الاختبار لاختبار مدى ملائمة المادة الكيميائية من الناحية المختبرية. يحتوي النوع الأول على العديد من الخلايا المسطحة المتصلة على التوالي، 8-10، حيث يتم اختبار أجزاء الغشاء المسطحة. الشكل التخطيطي للتدفق مبين في الشكل 11. يجب

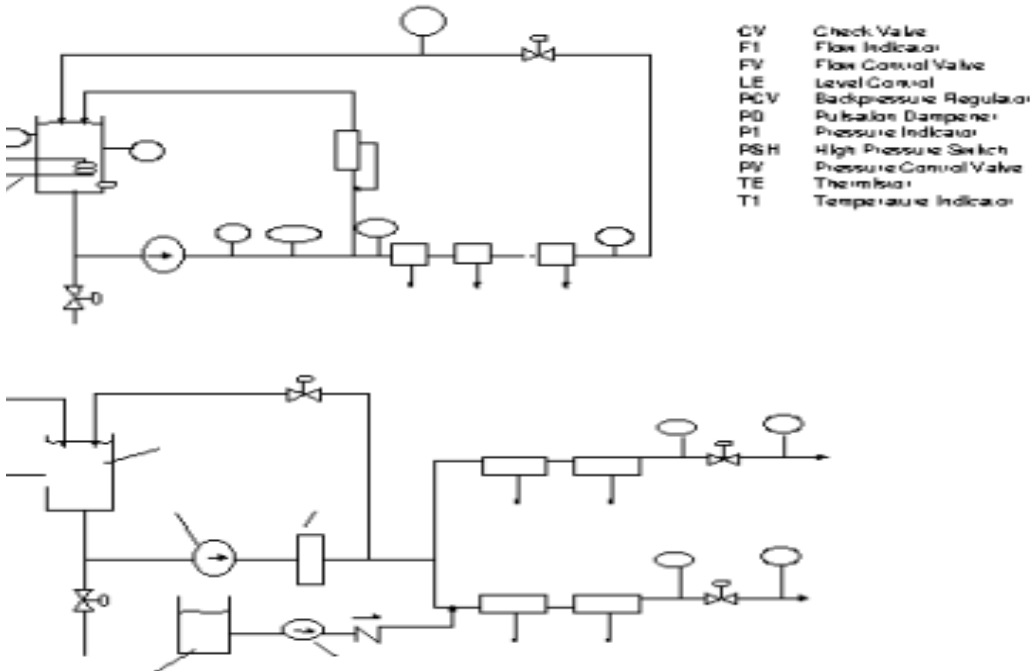


غلق خلية الاختبار من خلال غلق الصمام الكروي لجانب المنتج المنقى. يمكن أيضاً القيام باختبار صفيحة الغشاء المتراكمة وجهاز الإطار من خلال عمل تصميم للنظام مشابه للشكل التخطيطي المبين في الشكل 1أ.

حالات الاختبار القياسية للأغشية FT30FILMTEC مأخوذة من القسم الفرعي 1-8، الجدول 1-5. يتم أخذ القياسات بعد بدء عملية التشغيل بساعتين تقريباً. ويعتمد معدل تدفق المحلول الملحي على خلايا الاختبار المعينة التي يتم استخدامها ويجب الالتزام بالتوصيات الخاصة بالجهة الموردة لخلية الاختبار.

كما هو مبين في الشكل 1أ، يتم إرجاع المادة المركزة إلى خزان التغذية. ويتم توجيه المنتج المنقى إلى أنبوب التصريف باستثناء الدقائق من 10 إلى 30 حيث يتم تجميعه في البوتقة بهدف قياس معدل تدفق المنتج المنقى.

الشكل 9-6، الشكل التخطيطي للتدفق



وحدات اختبار العناصر والمكونات. يبين الشكل 1ب المخطط التدفقي لحققة الاختبار الثانية. ويوجد خطين متوازيين يشتمل كل خط على وعاءين للضغط متصلين على التوالي. وغالباً ما يتم استخدام عناصر صغيرة الحجم مثل العناصر التي يبلغ قطرها 2.5 بوصة بطول 14 بوصة المستخدمة في هذه الاختبارات. وتقوم مضخة القياس بإضافة المادة الكيميائية التي تم اختبار مدى ملائمتها مع أحد

الخطين المتوازيين. وتذهب المادة المركزة والمنتج المنقى القادمان من كلا الخطين إلى أنبوب التصريف. ويوجد عنصرين لكل خط. وفي حالة تأثر أداء الغشاء بسبب وجود شيء ما في مياه التغذية، يجب أن يكون هذا واضحاً للعناصر الموجودة في كلا الخطين. ومن خلال هذا النوع من النظام، يستطيع الشخص تحديد مستوى التأثير بشكل أفضل بسبب وجود خط "معياري" وآخر "للاختبار". ويمكن، على سبيل المثال، استخدام هذا النوع من جهاز الفحص المختبري على نظام به عناصر غشاء FILMTEC تبلغ 8 بوصة تعمل بعيداً عن التيار الجانبي في ظل وجود وحدة معالجة مياه كاملة الأغشية. ويمكن استخدام نفس الشكل التخطيطي المبين في الشكل 1ب.

في الفحوصات المخبرية، تكون مياه الصنبور الملينة هي التغذية شائعة الاستخدام مع تركيزات أيونية بمقدار 300 ملغرام/لتر من البيكربونات و15 ملغرام/لتر من الكلور و11 ملغرام/لتر من الكبريتات ودرجة توصيل بمقدار 550 ميكرو سيمنز/سم. كما يمكن أن تحتوي على الكلور الحر الذي يجب إزالته من خلال مرشح الكربون. ويتم قياس درجة توصيل المنتج المنقى والتغذية ومن المفترض زيادة درجة التوصيل بسبب وجود كربونات الصوديوم بمفردها. وعندما يكون قياس الضغط في المدى من 50 إلى 80 رطل للبوصة المربعة (من 350 إلى 400 كيلو باسكال) فإن هذا يؤدي إلى انخفاض تدفق المنتج المنقى إلى درجة ما عندها يمكن التشغيل من خلال استهلاك نسبة منخفضة في استهلاك المياه والمواد الكيميائية. ويتراوح معدل تدفق المنتج المنقى في الخط بشكل نمطي من 0.2 إلى 0.4 لتر/ الدقيقة تقريباً. ويجب أن تكون درجة حرارة مياه التغذية ثابتة إلى حد ما، حتى لا تكون هناك حاجة إلى التحكم في درجة الحرارة.

في حالة زيادة الضغط في الخط عن 50 رطل للبوصة المربعة (350 كيلو باسكال) في معظم الأوقات، فليس هناك حاجة إلى خزان التغذية أو المضخة.

## مضادات التفسر

يجب أن تمر المادة المضادة للتفسر باختبارين وهما اختبار نمو الكائنات الحيوية الدقيقة واختبار ملائمة الغشاء.

**اختبار نمو الكائنات الحيوية الدقيقة.** وعادة ما تتحول المادة المضادة للتفسر إلى شكل مركز. يتم تخفيفها في الخزان حيث يتم إضافتها إلى مياه التغذية ثم إلى وحدة الغشاء. ومن المهم عدم وجود نمو للكائنات الحيوية الدقيقة في المحلول المضاد للتفسر الذي يدخل إلى وحدة الغشاء. وغالباً لا يوجد نمو للكائنات الحيوية الدقيقة في محلول المادة المركزة المضادة للتفسر، ولكن قد يوجد نمو لها في حالة انخفاض التركيز عن درجة معينة. ولتحديد الحد الأدنى لتركيز المادة المضادة للتفسر في محلول التخفيف، يتم القيام باختبار نمو الكائنات الحيوية الدقيقة. وعادة ما تقوم الشركة المصنعة بهذه العملية.

يتم تخفيف المادة المضادة للتقشر باستخدام المياه الخالية من الكلور بتركيزات مختلفة في البوتقة التي يتم تخزينها لمدة شهر. والتركيزات النمطية هي 1 و 6 و 10 و 25 بالمئة وفقاً للكمية التي يتم توريدها. ويتم استخدام بوتقة بها مياه خالية من الكلور كأداة للتحكم. ويتم تلقیح المحاليل بالكائنات الحية الدقيقة أو تكون البوتقة معرضة للهواء لتحديث بذلك عملية التلقیح "الطبيعي". ويتم حساب عدد الصفائح الميكروبية مرة واحدة في الأسبوع أثناء فترة التخزين التي تستمر لشهر. وستكون أقل درجة تركيز للمادة المضادة للتقشر التي تتسبب في انخفاض عدد الصفائح بمرور الوقت هي أقل درجة تركيز في خزان التخفيف حيث يتم اعتماد المادة المضادة للتقشر.

يفضل القيام بإجراء اختبار الكائنات الحية الدقيقة قبل القيام بإجراء اختبار ملائمة الغشاء لفترة 1,000 ساعة المبين أدناه. ويرجع السبب في ذلك إلى أنه في حالة حدوث تغيير في تكوين المبيد الحيوي الموجود في المادة المضادة للتقشر، يجب إعادة اختبار مدى ملائمة الغشاء.

**اختبار ملائمة الغشاء.** لكي يتم تحديد ملائمة مضاد التقشر للاستخدام، لا بد أن يتم تغذية عناصر الملف اللولبي التي تحوي الغشاء بمضاد التقشر لمدة 1,000 ساعة دون الانخفاض في الأداء. سيكون الإعداد كما يظهر في شكل (1ب) - أو نظام مشابه - مرضياً لمثل هذا التحديد. وفي البداية يجب إنشاء خط قاعدي. ويتم هذا عن طريق تشغيل النظام لمدة 12 ساعة على الأقل دون إضافات كيميائية. ولا يمكن اعتبار الاختبار صحيحاً إذا كان معدل تدفق المنتج المنقى أكبر من 15 في المئة أقل من القيمة المتوقعة للغشاء النظيف. يتم تثبيت الخط القاعدي للغشاء دون مضاد تقشر عن طريق اختبار يستخدم محلولاً وضغطاً كما يظهر في القسم الفرعي، 1-8، جدول 1-5.

بعد تثبيت الخط القاعدي، يتم إضافة مضاد التقشر بصورة مستمرة لمدة 1,000 ساعة على الأقل. ويجب أن يظل المعدلان القياسيان مرور أو طرد الملح وتدفق النافذ ثابتين نسبياً أثناء هذا الوقت للمادة الكيميائية التي تعتبر ملائمة. يكون الحد الأعلى للتركيز المناسب للملائمة هو الحد الأقصى من تركيز المادة الكيميائية في مسار التركيز.

تم اختبار المخثرات والمكثلات في الإعداد المبين في شكل (1ب). يتم أولاً تشغيل العناصر باستخدام مياه صنوبر ملينة لمدة يوم على الأقل للتأكد من أن العناصر مستقرة. ثم تتم إضافة المادة الكيميائية المراد اختبار ملائمتها لمياه التغذية في أحد الخطين المتوازيين لتصنع محلولاً بمقدار 5 أجزاء من المليون تقريباً. وإذا لم تؤثر الإضافة الكيميائية لمدة أسبوع واحد بصورة ملحوظة في معدل تدفق المنتج

## المخثرات والمكثلات

المنقى أو مرور الملح القياسيين الخاصين بالعنصر، يتم اعتبار المادة الكيميائية مُرضية.

وعموماً قد تتداخل المخثرات والمكثلات مع الأغشية بصورة مباشرة أو غير مباشرة. ويحدث التداخل غير المباشر عندما يشكل المركب راسباً يترسب على الغشاء. فعلى سبيل المثال، فإن طريقة توجيه مرشح الوسائط في القنوات يمكن أن تساعد الجسيمات على المرور عبر الغشاء والترسيب عليه. كما يمكن أن يتكون راسب في حالة تركيز مياه التغذية المعالجة مثل حالة إضافة مخثرات الألمونيوم أو الحديد دون تقليل درجة الحموضة بعد ذلك لتجنب حدوث الإفراط في التشبع في النظام ذاته.

كما أن التفاعل مع المركب المضاف بعد مرشح الوسائط يمكن أن يتسبب في تكوين راسب. وهذا يتضح جلياً في حالة مضادات التفسر. وتعتبر جميع مضادات التفسر تقريباً مشحونة بشحنة سالبة وتتفاعل مع المخثرات أو المكثلات الأيونية موجبة الموجودة في المياه. وتتلوث العديد من النظم بشدة بالهلام الذي يتكون من التفاعل بين متعددات التكهرل الأيونية موجبة ومضادات التفسر. وبالتالي يعد أمراً مهماً اختبار كل المخثرات والمكثلات بالنظر إلى إمكانية الاحتكاك المباشر لبعض هذه المنتجات بمضاد التفسر.

يحدث التداخل المباشر عندما يؤثر المركب نفسه على الغشاء بما يؤدي إلى انخفاض معدل التدفق. ويمكن أن يكون للقوة الأيونية تأثير على تداخل المخثرات أو المكثلات مع الغشاء. ولتقليل حجم خطورة التداخل المباشر أو غير المباشر مع الغشاء للحد الأدنى، فإنه يُفضل المكثلات الأيونية سالبة أو غير الأيونية عن المكثلات الأيونية موجبة. ويجب تجنب الجرعات الزائدة.

وكما هو متوقع، يمكن استخدام المواد الكيميائية في التنظيف في ظل نطاق كبير من الظروف مثل تكرار التنظيف، ووقت التنظيف، ودرجة الحرارة. ويسبب هذا الغموض، تعتمد المناقشات المتعلقة بمواد التنظيف الكيميائية على تكرار التنظيف مرة واحدة شهرياً أو أقل.

## المنظفات الكيميائية

يتم استخدام حلقة اختبار الخلية المسطحة - كما تظهر في شكل (I أ) - من أجل اختبارات ملاءمة مواد التنظيف الكيميائية.

وقد تتسبب أيضاً مادة تنظيف كيميائية ذات أداء تنظيف ممتاز في نقص جودة الغشاء حيث تسبب انخفاضاً في معدل طرد الغشاء للملح مع مرور الزمن. وقد لا يكون هذا النقص ملحوظاً بعد عملية تنظيف واحدة فقط. ولتحديد ملاءمة المادة الكيميائية في التنظيف، يتم غمر أجزاء من الغشاء (ثلاثة على الأقل) في محلول التنظيف ذي القوة العادية لمدة أسبوعين ثم اختبارها في ظروف الاختبار

القياسية. وفي الظروف المثالية، يجب أن تكون درجة حرارة محلول النقع هي أقصى درجة حرارة مسموح بها في التنظيف.

تعتبر مادة التنظيف الكيميائية ملائمة في حال لم يخفض التنظيف لمدة ساعتين من فيض الغشاء أو طرد الملح وكذلك لم يخفض اختبار النقع لمدة أسبوعين من معدل طرد الملح.

تم إدراج خطوات اختبار التنظيف لمدة ساعتين واختبار النقع لمدة أسبوعين في محلول التنظيف هنا كما يلي:

#### اختبار التنظيف لمدة ساعتين

1. قم باختبار الغشاء عند ظروف الاختبار القياسية (القسم الفرعي 1-8, جدول 1-5).
2. قم بالتنظيف بمضاعفة محلول التنظيف ذي القوة العادية بإعادة دوران المحلول حول الغشاء عند درجات حرارة التنظيف الموصى بها و 50 رطل لكل بوصة مربعة لمدة ساعتين.
3. قم بشطف محلول التنظيف. ثم قم باستخدام مياه ذات توصيلية منخفضة لهذا حتى تكون قادراً على التأكد من شطف جانبي المنتج المنقى والمحلول الملحي للأغشية بصورة تامة وفعالة.
4. قم بإعادة تكرار ظروف الاختبار القياسية. يكون النقص في الفيض أقل من خمسة بالمئة ولا بد أن لا تكون هناك زيادة في مرور الملح مقارنة بالاختبار المبدئي المذكور في البند (1) أعلاه.

#### النقع لمدة أسبوعين في محلول التنظيف

1. قم باختبار الغشاء عند ظروف الاختبار القياسية (القسم الفرعي 1-8, جدول 1-5).
2. قم بنقع الغشاء في محلول تنظيف ذي قوة عادية عند درجة حرارة التنظيف العادية لمدة أسبوعين.
3. قم بشطف محلول التنظيف. ثم قم باستخدام مياه ذات توصيلية منخفضة لهذا حتى تكون قادراً على التأكد من شطف جانبي المنتج المنقى والمحلول الملحي للأغشية بصورة تامة وفعالة.
4. قم بالتكرار عند ظروف الاختبار وفقاً للبند (1) أعلاه. ويجب أن لا تكون هناك زيادة في

معدل مرور الملح مقارنة بالاختبار المبدئي في البند (1) أعلاه.

## المبيدات الحيوية

مثل مواد التنظيف الكيميائية، يمكن أن تتسبب المبيدات الحيوية في أن يفقد الغشاء طرد الملح و/أو قابلية الماء للنفاذ. وقد تتلامس المبيدات الحيوية مع الغشاء بصورة مستمرة لفترة طويلة، كالمبيدات الحيوية المستخدمة لتخزين الغشاء أو الإضافة المستمرة لمياه التغذية، أو تتم إضافتها بصورة متقطعة كالمبيدات الحيوية المستخدمة للتطهير الدوري أو المعالجة بـ "الصدمة". ويجب أن لا يؤثر المبيد الحيوي المطابق للمواصفات سلبياً في أداء الغشاء أثناء الاحتكاك لمدة عام. مثل اختبارات الملاءمة الأخرى، يتم غالباً إنجاز كل من "اختبارات النقع" و "الاختبارات المستمرة" لتحديد الملاءمة الكيميائية والأداء المرضي.

يوصى غالباً بالقيام باختبار مبدئي لمدة أسبوع لملاحظة تأثير الإضافة المستمرة للمبيد الحيوي على قابلية المياه للنفاذ من الغشاء. وإذا كانت النتيجة أن المبيد الحيوي ليس له أي تأثير سلبي على قابلية المياه للنفاذ من الغشاء، يتم تنفيذ اختبار النقع لمدة عام بعد ذلك.

وهناك بديل يستخدم بصورة أوسع في الأعوام الأخيرة، وهو اختبار الملاءمة المستمر لمدة 1,000 ساعة المشابه لذلك الخاص بمضادات التقتش.

يتم إجراء كل اختبارات المبيدات الحيوية عموماً عند درجة حرارة 20-25 درجة مئوية. وقد يكون لدرجة حموضة المحلول أثر في كيفية تأثير المبيد الحيوي على الغشاء، وخاصة عندما يتغير التركيب الجزيئي للمبيد الحيوي بتغير درجة الحموضة أو بحدوث تفاعل أكسدة.

## الخيار الأول

اختبار التشغيل المستمر لمدة أسبوع. نحتاج إلى اختبار التشغيل المستمر عندما تتخفض قابلية الماء للنفاذ من الغشاء أثناء اختبار النقع، وهذا هو ما يحدث بالنسبة لكل المبيدات الحيوية المختبرة تقريباً. يتم استخدام وحدة الاختبار الموجودة في شكل (1ب) لاختبار التشغيل المستمر. ويتم تشغيل العناصر لمدة يوم واحد على الأقل قبل إضافة المبيد الحيوي للتأكد من استقرار العناصر.

بعد أن تستقر العناصر وتثبت، تتم إضافة المبيد الحيوي لمياه التغذية لتحديد الحد الأقصى من التركيز الذي ستنتم الموافقة على المبيد الحيوي عنده. وفي حال لم تكن هناك زيادة ملحوظة في قابلية المياه للنفاذ أو طرد الملح أثناء الإضافة المستمرة للمبيد الحيوي لمدة أسبوع، يتم اعتبار المبيد الحيوي مرشحاً

جيداً في عدم التأثير على نفاذية المياه من الغشاء ويمكن بعد ذلك القيام بـ"اختبار النقع" ذي المدى الأطول.

اختبار النقع. يتم وضع محاليل المبيد الحيوي المقرر اختبارها في جرار زجاجية ذات أغطية. ويعتبر تركيز المبيد الحيوي الحد الأقصى من التركيز الذي تمت الموافقة عليه. ونظراً لأنه يتم التحكم فيها، يتم استخدام جرة تحتوي على محلول تخزين معياري (محلول يحتوي على 1 في المئة من ثنائي كبريتيت الصوديوم) وجرة فارغة. ويتم وضع حوالي 20 جزء من كل نوع غشاء يراد اختباره في كل جرة. يتم اختبار جزئين لكل نوع غشاء من كل جرة بعد فترة نقع تقدر بـ:

1. أسبوع واحد
2. أسبوعين
3. أربعة أسابيع
4. شهرين
5. أربعة أشهر
6. ستة أشهر
7. عام واحد

يتم استخدام الأجزاء مرة واحدة فقط ويتم التخلص منها بعد الاختبار. ولبعض محاليل المبيدات الحيوية عمر أقصر من عام واحد ولا بد أن يتم إحلال محلول مبيد حيوي جديد محلها بعد فترات مناسبة.

إذا لم يرتفع معدل مرور الملح من الغشاء المنقوع في محلول المبيد الحيوي لمدة عام بصورة ملحوظة، عندها يُفترض أن المبيد الحيوي لن ينقص من جودة الغشاء.

وغالباً ما تكون البيانات التي تم جمعها من اختبار النقع لعام واحد واختبار التشغيل المستمر لمدة أسبوع كافية لتقرير ما إذا كان المبيد الحيوي ملائماً أم لا. ومع ذلك، إذا أظهر أحد الاختبارين نتائج مثيرة للجدل، يتطلب الأمر إجراء اختبار التشغيل المستمر طويل المدى، سواءً كان ذلك في المختبر أم في الموقع.

قد لا يكون من الضروري إجراء اختبار النقع لعام واحد في الحالات التي سيتم فيها استخدام المبيد الحيوي بصورة غير منتظمة فقط، مثل استخدامها مرة واحدة أسبوعياً لمدة ساعات قليلة كما في "المعالجة بالصدمة". وقد تكون ساعات الاختبار المتواصلة من التعرض بالنسبة للعمر المتوقع للغشاء

عند مستوى جرعة المبيد الحيوي كافية. فعلى سبيل المثال، إذا تم استخدام مبيد حيوي ما لمدة 30 دقيقة أسبوعياً بتركيز 400 جزء من مليون، قد يكون كافياً إجراء اختبار مستمر عند 400 جزء من مليون لمدة 130 ساعة (30 دقيقة أسبوعياً مضروباً في 52 أسبوعاً لكل عام مضروباً في 5 أعوام)

## الخيار الثاني

اختبار التشغيل المستمر لمدة 1,000 ساعة. يشبه اختبار مضادات التفسر، وهو متوافق مع المبيد الحيوي وملائماً له، ولا بد من تغذية عناصر الملف اللولبي التي تحوي الغشاء بالمبيد الحيوي لمدة 1,000 ساعة دون انخفاض مستوى الأداء. واعتماداً على آخر التجارب الحديثة، يبدو هذا الاختبار مفضلاً بصرف النظر عن احتياجه لوقت أطول. يعتبر الإعداد المبين في شكل 1ب مُرضياً بالنسبة لمثل هذا التحديد. وفي البداية لا بد من إنشاء خط قاعدي. ويتم هذا عن طريق تشغيل النظام لمدة 12 ساعة على الأقل دون إضافات كيميائية. وبصورة طبيعية، لا يمكن اعتبار الاختبار صحيحاً إذا كان معدل تدفق المنتج المنقى أكبر من 15 في المئة فيما أقل من القيمة المتوقعة للغشاء النظيف. ويمكن استنتاج قيمة التدفق المتوقعة لأغشية FILMTEC<sup>TM</sup> اللوحية المسطحة من مواصفات التدفق المنشورة لعنصر الغشاء المعني والقيمة المنشورة لمساحة الغشاء النشطة لهذا العنصر.

بعد وضع الخط القاعدي، تتم إضافة المبيد الحيوي بصورة مستمرة لمدة 1,000 ساعة على الأقل. ويجب أن يظل مرور الملح ومعدل التدفق القياسيان ثابتين نسبياً أثناء هذا الوقت بالنسبة لهذه المادة الكيميائية التي تعتبر ملائمة. ويكون الحد الأعلى للتركيز المناسب للملاءمة هو الحد الأقصى من تركيز المادة الكيميائية في مسار التركيز.

## المواد الحافظة للغشاء

المواد الحافظة للغشاء هي محاليل مبيدات حيوية تستخدم في منع النمو الحيوي والتغير في أداء الغشاء أثناء فترات التخزين الممتدة. وبالتالي لا بد أن يكون للمبيد الحيوي المستخدم فترة حياة طويلة. تكون عوامل التنشيط السطحية "العوامل المخفضة للتوتر السطحي" و/أو المرطبات موجودة غالباً في المحلول للحفاظ على الغشاء رطباً. ومن ثم يمكن أن تؤثر أي من هذه المركبات في الغشاء بصورة سلبية سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق التفاعل مع الأجزاء الأخرى من العنصر أو تكوين المركبات الضارة بالغشاء.

ينبغي أن لا تظهر المادة الحافظة للغشاء الملائمة أي انخفاض ملحوظ في خصائص عنصر الغشاء المتعلقة بقابلية المياه للنفوذ أو طرد الملح أثناء التخزين لمدة عام. وتعد أحد وسائل إجراء الاختبار هي تخزين خمسة عناصر مختبرة بحيث تغمر كلياً في محلول التخزين ويتم اختبار واحد منها بعد شهرين وأربعة وستة واثني عشر شهراً من التخزين. ويتم اختبار عنصر جديد في كل مرة ويعاد إلى محلول



التخزين بعد الاختبار. ولقد تم ضم العنصر الخامس إلى الاختبار كعنصر احتياطي للاستخدام إذا وقع شك في بيانات الاختبار لأي من العناصر الأخرى. ويجب استخدام عنصرين مُخزينين في محلول التخزين الحالي بتركيز واحد في المئة من ثنائي كبريتيت الصوديوم كضوابط. ويتم اختبارهما في نفس وقت اختبار أي من العناصر الخمسة الأخرى. وإذا تمت المحافظة على أداء الغشاء في المحلول الحافظ، لا بد وأن يستمر نفس الاختبار لأعوام وذلك عن طريق اختبار العنصر مرة واحدة أو مرتين سنوياً لمعرفة عمر محلول التخزين.

قبل تخزين العناصر المرطبة، يتم نقع العناصر مبدئياً في محلول التخزين لمدة حوالي ساعة واحدة ثم يتم تجفيف العناصر وتعبئتها "في أجرية". ويجب أن لا يحدث أي نمو حيوي في الأجرية أو إفساد في أداء العناصر المعبأة أثناء العمر التخزيني لمحلول التخزين. ولفحص إمكانية استخدام محلول مادة حافظة أخرى للغشاء بغرض تخزين العناصر المعبأة في الأجرية، يتم اختبار العناصر ثم نقعها لمدة ساعة أو اثنتين أو 20 ساعة في محلول المادة الحافظة للغشاء. ثم يتم تجفيف العناصر وتعبئتها في أجرية. ويتم استخراج عنصرين من كل فترة نقع من أجريتها بعد فترة تخزين لمدة شهرين، وستة، واثني عشر، وثمانية عشر، وأربعة وعشرين، وثمانية وأربعين شهراً. ويتم أخذ أعداد الصفائح الميكروبية من محلول التخزين بالجراب، ويتم اختبار العناصر. ويتم قياس أداء العنصر قبل وبعد تطبيق ضغط المنتج المنقى لتحديد إمكانية جفاف الغشاء عند تخزينه. ويتم تطبيق ضغط المنتج المنقى بأسهل طريقة بغلق مخرج المنتج المنقى عند ضغط تغذية 150 رطل للبوصة المربعة (1,000 كيلو باسكال) على الأقل فوق الضغط التناضحي لمحلول التغذية. وتنتهي ثلاث مرات نقع، وسبع مرات للاختبار، ومضاعفة العناصر إلى 42 عنصراً لكل محلول تخزين يجب اختباره. ولتقليل مساحة التخزين، غالباً ما يتم استخدام عناصر صغيرة. ويتم استخدام نسبة الواحد في المئة من محلول ثنائي كبريتيت الصوديوم كضابط أيضاً. ونظراً لأن النقع لمدة ساعة كافٍ للضبط، يستلزم الأمر 14 عنصراً ضابطاً فقط.

† تم سحب هذا القسم باستمارة رقم 609-00291

## 9-12 دليل الكلمات الرئيسية

الكشط- 150	اختبار الاحتراق- 146	مقياس درجة التوصيل- 97
إضافة الحمض- 27	القيمة 90 B-	درجة التوصيل - 140-141
المنظف الحمضي- 126		العملية المستمرة- 76,75
صبغة الأكريليد البرتقالية- 59	CAC - 60	الاختبار المستمر - 171, 175-177
الكربون المنشط - 59, 62, 64, 65	الكالسيوم - 26-29, 47	أدوات التحكم - 97
الامتزاز - 65	كربونات الكالسيوم - 27, 28, 32	كبريتات النحاس - 64

الكتلة- 52	فلوريد الكالسيوم - 28, 43	التآكل - 65, 99, 148
الهواء- 110, 149, 153	فوسفات الكالسيوم - 28, 51	القارنة- 106
مكبح الهواء - 98, 112	كبريتات الكالسيوم - 40, 42	الكلور المتبقي المتحد - 61
المعهد الأمريكي للحديد والفولاذ - 99	المعايرة- 138	تآكل الفجوات - 99
أجهزة الإنذار - 98	ثاني أكسيد الكربون - 29, 32, 36, 81, 169	السريان المتقاطع- 10
البرونز -99	تقشر الكربونات -28-29, 32-39, 126, 129, 148	
الأشنيات- 58	المرشح الخرطوشي - 56, 153	مادة DBNPA الكيميائية - 63
المنظف القلوي- 126	البوليمرات/متعددات التكهرل الأيونية موجبة - 174, 150, 52, 28	نزع القلوية - 28, 40
الألمونيوم - 28, 47, 51, 66, 69, 148	مضخة الطرد المركزي - 95	نزع الكلور - 60
مخثرات الألمونيوم - 55, 56	عامل التركيز - 31, 95	جهاز إزالة الغاز - 68
سيليكات الألمونيوم -66	وحدة تكوين المستعمرة - 59	التطابق - 143
الألمونيوم- 55	قائمة الفحص - 109	تحلية المياه - 9
عديم الأكسجين- 55, 65, 66, 67	الملائمة الكيميائية - 171-177	معادلات التصميم - 90-93
فحم الأنتراسيت- 54	الكلورامين- 61, 63	المبادئ التوجيهية للتصميم - 82-84
المادة المضادة للتلوث - 28, 57	منتجات المبيدات الحيوية المعالجة بالكلور -134	التحليل الإلتافي - 144
المادة المضادة للتقشر - 28, 33, 56, 58, 66, 154, 173-174	المعالجة بالكلور - 60	المنظف- 150
الكربون العضوي القابل للتمثل - 59	الكلور - 56, 58, 60, 69, 98	التراب الدياتومي - 153
الأباتيت- 51	مطلوبية الكلور -61	الضغط التفاضلي 54, 57, 58 - 123, 146, 152-154
مرور الملح الظاهري - 79	ثاني أكسيد الكلور - 62, 63, 134	الحساب المباشر - 59
اختبار الاستخدام -94	معدل تحمل الكلور - 16, 61, 63	خدمة المدير - 142
الاستخدامات- 11	الطمي - 66	التخلص- 136

التقطير - 9	المنظفات الكيميائية --174, 126 175	الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد- 25, 142
مضخة الجرعات - 96	معدل تكرار مرات التنظيف - 82, 174, 139	أدينوسين ثلاثي الفوسفات - 60
خزان الجرعات - 98	إجراء التنظيف - 125	الميكنة- 98
المرور المزدوج - 84, 112	مضخة التنظيف - 125	الفحص الدقيق - 151, 144
مكاتب داو للمبيعات - 181	محلول التنظيف - 123, 125, 139	قيمة- 90 - A
DOWEX™ - 28	نظام التنظيف - 124	
الاسترداد - 67, 97, 113	خزان التنظيف - 124	التدفق العكسي - 67, 97
العنصر الجاف - 135, 136	اختبار التنظيف- 142, 144, 175	مرشح التدفق الخلفي - 56
	التنظيف الموضعي - 97, 101	الغسيل الخلفي- 54
التحليل الطيفي لاستشعاع الطاقة المتفرقة بالأشعة السينية - 145, 148	مادة التخرثر - 56, 174	البكتيريا - 59-58
الفصل الكهربائي - 10	التخرثر - التكتل - 56	الترشيح على ضفاف النهر - 64
تركيب العنصر - 18	COD - 69	الباريوم- 28, 29
الغلاف الخارجي للعنصر - 20	التلوث الغرواني - 52-57, 147	كبريتات الباريوم - 42
أداء العنصر - 20, 144	السيليكا الغروانية - 47, 56	الطبقة الحاجزة - 15
إزالة العنصر - 104	الكلور المتحد - 63	العملية المرحلية - 75, 84, 97
استبدال العنصر - 149	الضغط- 149	عدد بيتا - 79
حجم العنصر - 20	درجة الملائمة- 171-177	تكوين تراكمات الكائنات الدقيقة - 60
فاصل العنصر - 81, 106	برنامج الحاسوب - 90	المبيدات الحيوية - 63, 132, 133, 175-177
أنواع العناصر - 19, 85	إعادة تدوير المادة المركزة/إعادة التدوير - 76, 78, 84	تراكمات الكائنات الدقيقة "بيوفيلم"- 58, 126, 139, 146
التنظيف الطارئ - 132	صمام المادة المركزة - 13, 76, 110	الترشيح الحيوي - 64
السدادة الطرفية - 102	عامل التركيز - 31, 95	التلوث الحيوي - 21, 58-65,

		100, 132, 146, 154
استهلاك الطاقة - 23	استقطاب التركيز - 58, 89, 91	Birm - 55
استعادة جزء من الطاقة - 95	وحدات التركيز - 167	مضخة التعزيز - 81
المعدات - 102, 107	تكيف الحالة - 134	الماء متوسط الملوحة - 24
التحليل الطيفي للإلكترون للقيام بالتحليل الكيميائي - 145	المواصلة - 164	غالق المحلول الملحي - 102, 153 154
الإيثانول - 136	درجة التوصيل - 81, 112, 116, 165-166	البروميد - 61
28 - MONOSPHERE	فوق أكسيد الهيدروجين - 62, 133	FAC - 60
تعدد المراحل - 77	كبريتيد الهيدروجين - 55, 66-68, 148	إدارة الغذاء والدواء الأمريكية - 17
	لبادة الهيدروكسيد - 56, 65, 126	تركيز التغذية - 14
الترشيح المتماهي الدقة - 65, 11	هيبوكلوريت - 60	معدل تدفق التغذية - 125
صافي الضغط الدافع - 89, 90	حمض الهيبوكلوروز - 60, 62	ضغط التغذية - 14, 72, 96, 110, 113, 114, 125, 145, 149
المواد العضوية الطبيعية - 65, 146		فاصل التغذية - 18, 147
التسمية - 19	طيف الانبعاث ببلازما الحث المزدوج - 145, 148	خزان التغذية - 97
وضع المعايير - 101, 117-120	المثبط - 28	درجة الحموضة في مياه التغذية - 16, 98
	الترشيح داخل الأنابيب - 55	نوع مياه التغذية - 82, 22
الزيت - 65, 96, 150	المأخذ - 57, 59	كلوريد الحديد - 55
بيانات التشغيل - 115	السلامة - 143	مخثرات الحديد - 55
سجل التشغيل - 116	الموصل الداخلي - 106-104	كبريتات الحديد - 55
ضغط التشغيل - 95	الانبثاق - 149	أكسيد الحديد الثنائي - 61, 66, 69
التلوث العضوي - 126, 131, 150	اليود - 64, 134	شركة FilmTec - 9
المواد العضوية - 22, 29, 61, 65, 150	التبادل الأيوني - 85, 84, 9	الترشيح - 10, 11

الحلقة الدائرية - 102, 104-106, 139-141, 150	الناتج الأيوني - 30, 31	الخلية المسطحة - 172
جهد الاختزال - 60, 62, 63, 96	القوة الأيونية - 31	المادة المكثلة (المندف) - 57, 56, 174
الأورثوفوسفات - 51	الحديد - 28, 47, 51, 55, 57, 65-67, 69, 130, 133, 148	النكتل/ الترشيح - 47
التناضح - 12		التدفق - 13
الضغط التناضحي - 12, 89, 91, 170	عامل K - 115	توازن التدفق - 86-87
التلف بالأكسدة - 55, 60, 151	KMnO <sub>4</sub> - 55	شكل التدفق - 84
الترشيح بالأكسدة - 55		عداد قياس التدفق - 97
عوامل الأكسدة - 62, 96	لانجيلير - 27	تقشر الفلوريد - 43, 46, 126, 148-149
الأوزون - 62, 64	التسرب - 143, 150-151	نظام الغسيل بالدفق - 98
	نظام الصناعات الخفيفة - 83	الدفق بالمياه - 110, 112, 126
المرور - 13	إزالة عسرة الماء بالجير - 29, 30, 40, 48	التدفق - 13, 72, 85
حمض فوق الأستيك - 133	التحميل - 102-106	معالجة الأطعمة - 17
الأداء - 13, 137	انخفاض التدفق - 146-150	التلوث - 21, 72, 122
اختبار الأداء - 144	مؤشر لانجيلير للتشبع - 27, 33, 111	عامل التلوث - 94, 137
البرمجنات - 62	مادة التزليج - 102	مؤشر التلوث - 53
المنتج المنقى - 12, 17, 90		احتمالية التلوث - 82
المنتج المنقى - 13	الترشيح الكلي - 10	الغشاء/ العنصر المقاوم للتلوث - 147, 65
الضغط المرتد للنافذ - 76, 81, 87, 96, 113, 138, 140, 143, 151	الماغنسيوم - 47	الكور الحر المتبقي - 60
تركيز المنتج المنقى - 91-93	الصيانة - 99, 117	التجمد - 135, 136
تدفق المنتج المنقى - 13, 90-93	المنجنيز - 67-65, 61, 55, 47	FTNORM - 117, 123, 138

144, 145	148, 69	
تدفق المنتج المنقى - 101	التوازن الكتلّي - 101	العناصر المانعة للمياه الراكدة - 19, 100
النظام المرحلي للنافذ - 80, 81, 84	المواد - 99, 122	الفطريات - 58
خزان المنتج المنقى - 97, 113, 114	التلف الميكانيكي - 152	
أنبوب المنتج المنقى - 18	مرشح الوسائط - 153	التآكل الجلفاني - 99
عداد قياس درجة الحموضة - 97	الترشيح بالوسائط - 54	الجلسرين - 102
مدى درجة الحموضة - 126	الغشاء - 15, 19	المرشح الذي يعمل بالجاذبية - 54
مطهر الفينول - 134	انحلال الغشاء - 65	مواد التشحيم - 65
الفوسفات - 51	مرور ملح الغشاء - 79	الرمال الخضراء - 55
تقشر الفوسفات - 51, 52, 126	نظام الغشاء - 72	
الفوسفور - 51	أكاسيد المعادن - 122, 126, 148	التعقيم الحراري - 134
الاختبار التجريبي - 95	سيليكات المعادن - 47, 48, 56	مرشح هواء عالي الكفاءة لحجز الجسيمات - 97, 100
ظهور الحُفر - 99	مؤشر التلوث المعدل - 53	سداسي ميثا الفوسفات - 33, 28
الصفحة والإطار - 18, 145	مؤشر التلوث المعدل - الترشيح الفائق - 53	ضخ التدفق العالي - 125
التدفق الكتلّي - 78, 84	الترشيح الدقيق - 10, 55, 56, 64	مضخة الضغط العالي - 95
الأكريلات المتعددة - 28, 48	الكائنات الدقيقة - 58	الألياف المجوفة - 18
متعدد الأמיד - 15	خزان الخلط - 124	العداد الزمني - 97
نسيج البولبيستر - 15	الوحدة - 18, 76, 77	HSRO - 134
الفوسفات المتعددة - 51	المولالي/المولي - 31	المواد الدبالية - 65
بولي سلفران - 15, 147	المراقبة - 98, 101	النظام المهجن - 81
درجة الحرارة - 14, 48, 114, 133, 134, 149	إيقاف التشغيل - 112-113	مضخة الإزاحة الموجبة - 95
عامل تصحيح درجة الحرارة - 91, 118, 168	مفاتيح إيقاف التشغيل - 96	المعالجة اللاحقة بالكور - 98
حدود درجة الحرارة - 96, 113, 123	السيليكا - 28, 29, 47, 126	ما بعد المعالجة - 72

135, 136		
وحدات درجة الحرارة- 168	السيليكات- 47, 65	برمنجنات البوتاسيوم- 55
وحدة الفحص- 144, 172-173	حمض السيليسليك- 47	الحفظ- 113, 135, 136
الفحص- 94-95, 144	مادة تزييح السيليكون- 102	محلول الحفظ- 135, 147
حلقة الدفع- 102, 150	الطمي- 126	المواد الحافظة- 177
الكربون العضوي الإجمالي- 65	مؤشر كثافة الطمي- 54, 53	خفض الضغط- 92-93, 125, 145, 150, 152-154
الضغط عبر الغشائي- 10, 11	الوحدة المفردة- 76	اختبار صبغ الضغط- 145
إجمالي الكلور المتبقي- 61	المرحلة المفردة- 77	مرشح الضغط- 54
شبكة التدخل لحل المشكلات- 154	الامتصاص- 67, 112	جهاز قياس الضغط- 97
الشكل الأنبوبي- 18	الترشيح الرملي البطيء- 64	وعاء الضغط- 96, 102-106
درجة التعكر- 96, 53	النظام التجاري الصغير- 83	المعالجة التحضيرية- 21, 117, 122
	ميثا كبريتيت الصوديوم- 62, 135, 136	المواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة التحضيرية- 52, 111
الوحدات بالنظام الأمريكي- 169	SMO - 99	التنظيف الوقائي- 30, 47
غطاء المحلول الملحي على شكل U- 102	الانتقاع- 125	الفحص- 100, 140, 151
الترشيح الفائق- 10, 55, 56, 64	اختبار الانتقاع- 171, 175-177	تحديد البيانات التعريفية- 100, 140
UPCORE™ - 28	رماد الصودا- 48, 29	دفاعة المضخة- 153
الأشعة فوق البنفسجية- 64	ثنائي كبريتيت الصوديوم- 62	
	كلوريد الصوديوم- 164, 170	مييدات الجراثيم رباعية العناصر- 64, 134
اختبار التلاشي الفراغي- 143	هيدروكسيد الصوديوم- 81	
الصمامات- 97	هيبوكلوريت الصوديوم- 55	الاحتفاظ بالسجلات- 114-117
الفيروسات- 58	إزالة عسرة الماء- 28, 40, 57	جهاز التسجيل- 98
المعاينة المرئية- 139, 143, 151	تمرير جسيمات التربة- 64	الاسترجاع- 13, 14, 72

	ناتج الذائبية- 27, 30, 31	إعادة التدوير- 125
تحليل المياه- 24-26	مرور المذابات- -140, 145, 150- 151	عوامل الاختزال- 61
الطرق المائي- , 143, 149, 150, 153	طرد المذاب- 140, 144	الطرد- 13
عداد قياس المياه- 97	الملف اللولبي- 18	التدفق العكسي- 113
نفاذية المياه- 90	الأداء المتوازن- , 94, 112, 126, 137	التناضح العكسي- 11, 12
الوزن- 143, 148	النسبة المرحلية- 77, 86	إعادة الترطيب- 136, 147
الآبار- 57, 59, 68	الفولاذ المقاوم للصدأ- 99	الرودامين- 145
العنصر الرطب- 135	مياه البحار القياسية- 23	تحليل نظام التناضح العكسي- , 33, 87, 90, 94, 137
الترطيب- 147	الاختبار القياسي- 20, 144	
	التشغيل/ الإيقاف- 112, 113	مؤشر ستيف ودافيز لثبات المادة المركزة- 27, 36, 111
تحليل الأشعة السينية- 145	عملية بدء التشغيل- , 107-112, 114	السلامة- 122
	ستيف ودافيز- 27	درجة الملوحة- 22, 23, 114
	التخزين- 135, 112	مرور الملح- 90, 79, 13
	السترونشيوم- 29, 28	طرد الملح- 94, 72, 13
	كبريتات السترونشيوم- 42	فتحة لأخذ العينات- 97
	السحب الخلفي- 67, 97, 113	نقاط أخذ العينات- 59, 100-101
	تقشر الكبريتات- , 28, 40-42, 126-127, 148-149	الرمال- 66, 54
	الكبريتيد- 66, 67	التعقيم- 134, 132, 63, 58
	كبريت- 67, 68, 148	المواد الكيميائية المستخدمة في التعقيم- 64, 58
	مادة ذات فاعلية سطحية- 150	ثنائي كبريتيت الصوديوم- 62
	المادة العالقة- 56	منشط التقشر- 28, 33, 40, 48



	تعريفات الرموز - 93	التقشر - 21, 26-52, 122, 139, 148-149, 153
	فحص النظام- 107	اختبار التصفية- 94
	استرجاع النظام- 91-93, 110	مؤشر كثافة الطمي- 53, 54, 56, 101
	مرور الملح في النظام- 79	مياه البحر- 23, 36, 61, 114
		مجهر إلكتروني ماسح- 145
	الخزانات- 97	العملية شبه المرحلية - 75, 84, 97
	نظام إعادة الدوران المخروطي- 80	التدعيم- 104-103
	إجمالي عدد البكتيريا- 59	الشنن- 136, 135
	معامل تصحيح درجة الحرارة- 91, 118	سداسي ميتا فوسفات الصوديوم - 28
	المواد الصلبة الذائبة الكلية- 22, 116	سداسي ميتا فوسفات الصوديوم المحللة بالمياه- 28
	الاصطدام الرتلي- 150	المعالجة بالصدمة- 62

## مكاتب داو لحلول المياه والمعالجة.

لمزيد من المعلومات، يرجى الاتصال بـ "داو لحلول المياه والمعالجة":

### داو - أوربا

مجموعة معلومات العملاء بشركة داو  
داو لحلول المياه والمعالجة  
برينز بودوينجانان 41  
B-2650 إيدجيم  
بلجيكا  
هاتف: +32 3 450 2240  
هاتف: +800 3 694 6367  
فاكس: +32 3 450 2815  
[/http://www.dow.com](http://www.dow.com)

### داو - المحيط الهادي

مجموعة معلومات العملاء - داو لحلول المياه  
والمعالجة  
جميع الدول ماعدا إندونيسيا وفيتنام:  
الاتصال المجاني  
هاتف مجاني: +800 7776 7776  
فاكس مجاني: +800 7779 7779  
لجميع الدول:  
هاتف: +60 3 7958 3392  
فاكس: +60 3 7958 5598  
الاتصال بمجموعة معلومات العملاء

### داو - أمريكا الشمالية

شركة داو كيميكال  
داو لحلول المياه والمعالجة  
مجموعة معلومات العملاء  
صندوق بريد 1206،  
ميدلاند، ميشيغان 48641-1206  
الولايات المتحدة الأمريكية  
هاتف: 1-800-447-4369  
فاكس (989) 832-1465  
الاتصال بمجموعة معلومات العملاء

### داو اليابان

داو كيميكال اليابان المحدودة.  
داو لحلول المياه والمعالجة، برج تينوز  
المركزي  
2-24 هينغاشي شينغاوا 2- كوم  
شينغاوا كو، طوكيو، 8617-140،  
اليابان  
الهاتف: +81 3 5460 2100  
الفاكس: +81 3 5460 6246  
الاتصال بمجموعة معلومات العملاء

### داو - أمريكا اللاتينية

داو كيميكال بأمريكا الشمالية.  
داو لحلول المياه والمعالجة، رو ألكسندر  
دوماس، 1671، ساو باولو - SP -  
البرازيل، 04717-903  
الهاتف: 55-11-5188 9222  
الفاكس: 55-11-5188 9919  
الاتصال بمجموعة معلومات العملاء

### الموقع الإلكتروني

<http://www.dowwatersolutions.com>

خدمة الاتصال المجاني متوفرة للدول التالية:  
النمسا وبلجيكا والدنمارك وفنلندا وفرنسا  
وألمانيا والمجر وأيرلندا وإيطاليا وهولندا  
والنرويج والبرتغال وإسبانيا والسويد وسويسرا  
والمملكة المتحدة.

### داو الصين

داو كيميكال (الصين) شركة استثمار  
محدودة.  
داو لحلول المياه والمعالجة  
F/23، ون كوربريت فينيو  
رقم 222، شارع هو بن  
شنغهاي 200021

الصين  
هاتف: +86 21 2301 1000  
فاكس: +86 21 5383 5505  
الاتصال بمجموعة معلومات العملاء

**ملاحظة:** استخدام هذا المنتج في حد ذاته لا يضمن بالضرورة إزالة الكيسات والجراثيم المسببة للأمراض من المياه. حيث تعتمد فاعلية الحد من تلك الكيسات والجراثيم على التصميم الكلي للنظام وعلى عمل وصيانة ذلك النظام.

ملاحظة: لا يجوز استنتاج التحرر من أية براءة اختراع تملكها شركة داو أو غيرها. ونظراً لأن استخدام الأحكام والقوانين المطبقة قد يختلف من مكان إلى آخر، كما أنها قد تتغير مع مرور الوقت، ويعد العميل مسؤولاً عن تحديد ما إذا كانت المنتجات والمعلومات التي يحتوي عليها هذا المستند ملائمة لاستخدامه وبالشكل الذي يضمن التزام العميل بمكان العمل وممارسات التخلص من المنتجات بالقوانين والتشريعات الحكومية الأخرى المطبقة. ولا تتحمل داو أية مسؤولية أو التزام عن المعلومات الواردة بهذه الوثيقة. ولا تشمل هذه الوثيقة على أي ضمانات؛ كما تخلوا صراحة من كافة الضمانات التسويقية للمنتج أو أي ضمانات تتعلق بملاءمته لغرض أو استخدام معين.