



# برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي



## دليل المتدرب

### برنامج طرق ومبادئ التحلية



### مهندس تحلية - ثالثة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي  
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-2-2020

## فهرس المحتوى

3	مقدمة عن موارد المياه
6	أسباب اللجوء لمحطات التحلية
8	نظرية التحلية بالتكثيف الحراري
8	تحلية المياه بنظرية التقطير
11	تحلية المياه بالتجميد:
12	نظرية التحلية باستخدام الفرز الغشائي الكهربائي :
14	نظرية التحلية التناضح العكسي
18	التعريفات الخاصة بالتحلية
29	وحدات قياس أداء مكونات المحطة
31	مرحلة المعالجة الابتدائية
32	الكيمويات المستخدمة لضبط المياة قبل دخولها الأغشية
32	التعرف على المعالجة الابتدائية بواسطة الفلاتر
33	التعرف على الأسموزية
34	التعرف على نظرية التناضح العكسي(الأسموزية العكسية RO)
35	المعادلات الخاصة بالتناضح العكسي(الأسموزية العكسية RO)
37	الكيمويات المستخدمة في مرحلة المعالجة النهائية للمياة المنتجة
46	عرض لأهم الأجزاء داخل محطة التحلية ( RO )
46	المصافي الميكانيكية
48	الفلاتر
56	ظلمبات الضغط العالي
57	درجات الاستانلس والأكواد الخاصة بها
59	أوعية الضغط ومكوناتها
63	التعرف على أجهزة القياس المختلفة
63	أجهزة القياس الكيميائية والفيزيائية
64	أنواع بادئات حركة
66	الغسيل الكيميائي
73	ما هي أنواع الكيمويات التي تستخدم في الغسيل الكيماوي للأغشية؟
80	مراحل الغسيل الكيميائي لمحطات تحلية مياه البحر
81	تحضير المحلول المنظف
84	ما هو دور الكارتريج فلتر في عملية الغسيل الكيميائي للأغشية؟
86	هل الغسيل الكيميائي مناسب لإزالة الفاولينج فعلاً؟
87	نوع الفاولينج والغسيل الكيميائي المناسب
94	الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الكيميائي:(Scales)
	ظاهرة تكون طبقة Concentration Polarization على سطح RO Membrane

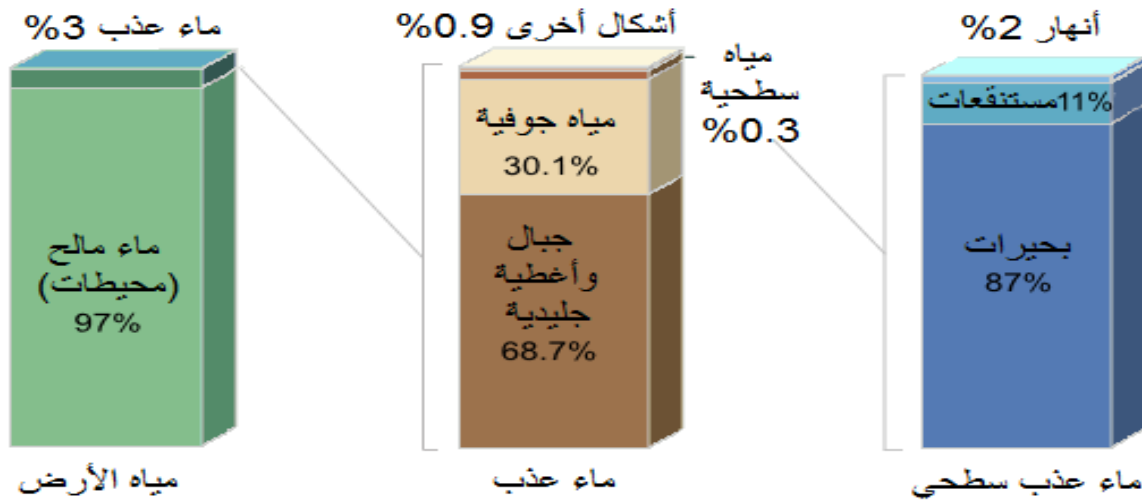
### مقدمة عن موارد المياه

المياه هي قلب التنمية المستدامة ، وهي ضرورية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية ، وبقاء الإنسان حيث تضطلع بدور الرابط بين المجتمع والبيئة ، ففي حين يزداد تعداد السكان ، تزداد الحاجة إلي زيادة المياه العذبة المتاحة بما يتيح للمجتمعات الحصول علي كفايتها من المياه .

يتزايد استهلاك المياه في مصر بسبب ارتفاع أعداد السكان وتحسن مستوى المعيشة ، فضلاً عن سياسة الحكومة المتمثلة في تشجيع التصنيع وتوسيع قطاع الزراعة .

تشتمل موارد المياه غير التقليدية علي مياه البحر المحلاة أو المياه الجوفية قليلة الملوحة المحلاة .

### توزيع الماء على سطح الأرض



عن الوضع المائي في مصر

تعتبر مصر من أكثر الدول جفافاً في إفريقيا وعلي مستوى العالم .

تعتبر مصادر المياه في مصر محدودة جداً في مصر ، ويأتي معظمها من خارج الحدود .

تقدر نسبة الاعتماد علي الموارد المائية الخارجية بنسبة 97% .

تسعي مصر إلي تعظيم الاستفادة من كل قطرة مياه نظراً لمحدودية الموارد المائية .

يقدر إجمالي موارد مصر المائية نحو 56.8 مليار متر مكعب سنوياً .

تعتمد مصر علي نسبة 97% من مواردها المائية علي حصتها من مياه النيل التي تقدر 55.5 مليار متر مكعب .

تمثل كمية مياه الأمطار المحدودة 1.3 مليار متر مكعب .

من المتوقع أن تقل كمية المياه المتاحة للزراعة في المستقبل نتيجة زيادة السكان مع ثبات الموارد مما سيؤثر سلباً علي الفجوة الغذائية والعائد من الزراعة في الناتج القومي .

بلغ الاستهلاك السنوي للمياه العذبة في مصر للفرد الواحد 650 متر مكعب , وهو أقل بكثير من خط الفقر المائي 1000 . ويعتبر هذا أحد التحديات الرئيسية لسياسات المياه وصناع القرار .

نظرا لطول سواحل مصر سواء علي البحر المتوسط أو البحر الأحمر , والتحرك الحكومي الفعال خلال العقدين الماضي والحالي في الاهتمام بالتنمية السياحية والصناعية للمناطق الساحلية , فإن توفير موارد مائية لهذه التنمية يعتبر ضمانا لتواجدها واستدامتها . ومن أهم مصادر المياه الممكنة في المناطق الساحلية , التحلية ( Desalination ) سواء كانت لمياه البحر ( Sea Water ) أو للمياه منخفضة الملوحة ( Brackish Water ) ويشير مصطلح التحلية ( الذي يعرف أيضاً بعملية التخلص من الملوحة ) إلي إزالة الأملاح من المياه وهو مفهوم ليس بالجديد , ولكن التحدي كلن وما زال في استحداث مكونات جديدة لمحطات التحلية إلي خفض استهلاك الطاقة الكهربائية لإنتاج المياه. وقد أدت الخبرة الواسعة المكتسبة علي مدار الأربعين عاماً الماضية والتحسينات في تكنولوجيا التحلية إلي جعل إزالة الملوحة مقبولة تكنولوجياً علي نطاق واسع وتوفر مياه عالية الجودة لمناطق قاحلة كانت من قبل محرومة من مصدر للمياه يوفر لها التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة .

ويمكن الاستفادة من مياه البحر بعد تحليتها وتحويلها إلي مياه عذبة كأحد المصادر الممكنة لزيادة الموارد المائية في مصر , حيث يمكن استغلالها كعامل مساعد للتنمية في المجتمعات الصحراوية والساحلية , كما تتبني الدولة استخدام الطاقة الشمسية في التحلية بدلاً من نقل الكهرباء إلي هذه المواقع , وذلك لرفع اقتصاديات تحلية المياه ,

يوجد في مصر موارد طبيعية ضخمة , ومع ذلك , لم يتم استغلال معظم هذه الموارد علي نحو ملحوظ قدرت الكمية الإجمالية من المياه الجوفية العميقة بنحو 40 , 000 متر مكعب . وتتمثل العقبات الرئيسية في استخدام هذه الموارد , في العمق الكبير ( والذي يصل إلي 1500 متر في بعض المناطق ) لتدني نوعية ومواصفات المياه كلما ازداد العمق .



كما أن تحلية المتر المكعب من هذه المياه تتراوح ما بين 10-15 جنيه مصري مما يجعل استخدام هذه المياه لأغراض الزراعة غير مجدية اقتصادياً في الوقت الراهن , وتتجه الدراسات الحديثة إلي دراسة إمكانية تحلية المياه شبة المالحة الموجودة بمخزون المياه الجوفية بالقرب من سواحل البحر الأبيض المتوسط الشمالية وشمال سيناء , حيث تقل ملوحتها نسبياً عن ملوحة البحر مما يقلل تكاليف عملية التحلية

تعتبر عملية إزالة ملوحة مياه البحر بالرغم من ملوحتها العالية والتي قد تصل إلي حدود 35000 جزء في المليون بالبحر المتوسط و 44000 جزء في المليون بالبحر الأحمر وسيلة ممتازة للحصول علي المياه النقية في الأماكن التي يتعذر فيها وجود أي مورد مائي آخر أو أن تكلفة مياه النيل لتلك المناطق مرتفعة

وكما هو معروف فإن تكلفة التحلية تتوقف علي نوع الطاقة ودرجة ملوحة المياه والتتقية المستخدمة وحجم المشروع , ولكن حتي مع أرخص تكلفة متاحة حالياً تظل تحلية مياه البحر عملية مكلفة نسبياً .

غير أن تزايد ندرة المياه وإرتفاع تكلفة الحصول عليها من مصادرها التقليدية من ناحية , وتقدم العلم في إكتشاف مصادر غير تقليدية للطاقة وأساليب تكنولوجية حديثة من ناحية أخرى , قد يجعلنا نشهد حالياً توسعاً في تحلية مياه البحر لاستعمالها في أغراض عديدة .

إستعمال الطاقة الشمسية في تحلية المياه تبدو مبشرة وقد تنافس في تكلفتها الإبتدائية ومزاياها عملية تحلية المياه الجوفية العميقة بإستخدام الطاقة الكهربائية المباشرة .

### تواجد الماء علي الأرض

يغطي الماء الموجود علي الأرض بنسبة 70% من مساحتها , ويقدر بحوالي 1357.5 مليون كيلو متر مكعب , أي  $1.375 \times 10^{12}$  مليون متر مكعب , والماء الموجود علي الأرض – كما سبق ذكره إما عذب فرات أو سائغ شرابه وإما ملح أجاج والماء المالح ( في البحار والمحيطات وغيرها ) يمثل حوالي 97% والباقي ( 3 % ) ماء عذب , والذي يقدر بحوالي 37.5 مليون متر مكعب , أي 37.5

$\times (10) 12$  مليون متر مكعب , ومن هذه النسب الصغيرة من الماء العذب ( 3 % ) فإن 1% منها فقط (أي 0.03% من الماء الكلي علي الأرض ) متاح للاستخدام المباشر للإنسان ( كالأنهار

والبحيرات العذبة ) بينما الباقي من الماء العذب مخزون للانسان إما صورة مياه جوفية ( حوالى 30.1% ) أو كتل جليدية بأقطاب الأرض ( 68.7% ) .

### أسباب اللجوء لمحطات التحلية

فرض شح مصادر المياه العذبة المتجددة وزيادة الطلب عليها أدى لاحتمية اللجوء نحو صناعة تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية عالية الملوحة ومنخفضة الملوحة، للوفاء بتلبية الاحتياجات المتزايدة لمصادر المياه اللازمة لقطاعات التنمية المختلفة وعلى رأسها القطاع المنزلي والصناعي والسياحي غير أن هناك عددا من التحديات تواجه صناعة التحلية في الوقت الراهن. أولها التكاليف المرتفعة حيث تتراوح تكلفة المتر المكعب من مياه التحلية ما بين نصف إلى 2 دولار. وتؤثر على تكلفة التحلية عوامل كثيرة أهمها سعر الطاقة والأراضي وتكلفة العمالة والمواد المستخدمة في إنشاء هذه المحطات والتي تسورد من الخارج وأيضا نوعية المياه البحر وطريقة التحلية نفسها. يضاف إلى ذلك تكلفة نقل وتوزيع المياه المحلاة إذا كانت المناطق المستهدفة تغذيتها بالمياه بعيدة عن مصدر المياه المالحة التي يتم تحليتها. وتساهم تكلفة الطاقة وحدها بما يتراوح بين 40% إلى 50% من إجمالي تكلفة التحلية

مصر تعاني عجزاً مائياً، هكذا اتفق خبراء الموارد المائية للبدء في اقتراح حل وصفه الكثيرون بـ«الحتمي»، وهو تحلية المياه في محاولة لاستغلال المياه المالحة، سواء الجوفية أو المياه التي تطل عليها مصر سواء البحر الأحمر أو المتوسط أو خليجي العقبة والسويس، وغيرها من المنافذ المائية التي يمكن لمصر استغلالها لتحلية المياه.

إن ضرورة اللجوء إلى تحلية المياه ، لما يمثلته من حل مثالي للزيادة السكانية التي تواجهها مصر سنوياً في ظل ثبات مصادر المياه، ففي عام 2050 يتوقع أن يصل عدد السكان إلى 150 مليون نسمة تحتاج مرة ونصف الاحتياجات المائية الحالية.

أن المياه المحلاة يجب أن تُستخدم بشكل رئيسي في مياه الشرب والاستخدامات المنزلية، التي تصل احتياجاتها سنوياً إلى 10 مليارات متر مكعب، على أن تترك مياه النيل للاستخدامات الزراعية والصناعية.

كما بدأت الدولة في المشروع القومي لتحلية المياه يتطلب إنشاء محطات عملاقة للتحلية، لاستغلال وجود مصر على ألف كيلومتر بالبحر المتوسط، و1200 كيلومتر في البحر الأحمر، و350 كيلومتر في خليج العقبة، و350 كيلومتر في خليج السويس، لتنفيذ ذلك .

لذلك تعد تحلية المياه، تعتبر الحل الرئيسي لمواجهة أزمة المياه حيث يجب تكثيف الأبحاث العلمية في مجال اقتصاديات تحلية المياه الجوفية كبدية قبل اللجوء لمياه البحر، على أن تكون هذه الأبحاث على مستوى الجامعات، والمدارس والمراكز البحثية، وأن توافر الفرص لإنتاج كميات طاقة كبيرة من الشمس يعد عاملاً إضافياً لاستخدام الطاقات المتجددة في عمليات التحلية، بدلاً من استخدام الطاقات التقليدية، مما يسهم أيضاً في تقليل تكلفة التحلية، التي تعد من التحديات الرئيسية

لذا تحلية المياه لا بديل لها، ولابد من استخدام الكثير من الوسائل لتنفيذ مشروعات التحلية، أبرزها الأغشية، أو الطاقة المتجددة، لإنتاج أكبر كميات ممكنة من المياه المحلاة بأحسن جودة ممكنة ويعتمد إستهلاك الطاقة في محطات التحلية على نوع وطريقة التحلية المستخدمة ونوعية المياه المراد تحليتها من حيث الموصفات الكيميائية والفيزيائية وهناك نوعين هما الأشهر إستخداماً في الدول العربية وعالمياً هما الطرق الحرارية بالتبخير أو طرق الأغشية وأهمها التناضح العكسي. وتعتبر طريقة التحلية بالأغشية بالتناضح العكسي أقل إستهلاكاً للطاقة حيث يتراوح إنتاج المتر المكعب بهذه الطريقة من 4 إلى 6 كيلوات/الساعة لكل متر مكعب من المياه المنتجة الصالحة للشرب من الأغشية تعرف بالتناضح الأمامي بينما يصل إستهلاك المتر المكعب في الأنواع الأخرى من 8 إلى 15 كيلوات/الساعة لكل متر مكعب.

تقدر إحتياجات الإنسان من الماء العذب حسب تقديرات الأمم المتحدة أن الحد الأدنى لمتوسط إحتياج الإنسان من الماء العذب حوالي 1000 متر مكعب في السنة ونسبة بسيطة من الماء يستخدم للشرب و إستخدام المباشر للإنسان ، والباقي هي إحتياجات الزراعة والثروة الحيوانية ، والصناعة

شحة المصادر الطبيعية للماء العذب وتصل إلى حالات الفقر أو أشد من الفقر المائي ، كما إنخفض نصيب الفرد علي مستوي العالم بمعدلات مرتفعة وصلت إلى 53% خلال الربع قرن الماضية

مما سيجعل صراع القرن سيكون حول الماء بعد كل ما سبق إستعراضه بالنسبة لأهمية الماء للحياة و الحضارة الإنسانية

وضع الماء و توزيعه في العالم يتضح لنا لماذا تحتل مشكلة الماء إهتمام العالم أجمع بل هي أحد وأهم مشكلات القرن وعليه يتوقع المحللون أن يكون الماء عنصر الصراع القادم بل أكثر من عناصر الثروات التي تتصارع عليها الدول

ومع الزيادة السكانية لمعظم الدول وتنامى احتياجاتها من المياه العذبة للإستخدام الشخصى والزراعى والصناعى ونواحى الحياه المختلفة مع ثبات الموارد المياه الطبيعية لتلك الدول بل انخفاضها نظرا للتغير المناخى وتأثيره السلبى على سقوط الأمطار والتي تعد المصدر الرئيسى للمياه العذبة .

لم يكن هناك حل سوى تحلية المياه ( مياه ابار – مياه بحار ) ويعد التحدى الأكبر هو استخدام الطاقات الجديدة والمتجددة لتحلية المياه مع استخدام التكنولوجيا الحديثة التى خفضت استهلاك المتر المكعب من الطاقة لإنتاج المياه العذبة إلى أقل من 50% من الإستهلاك فى العقد الماضى

وذلك يستلزم تشجيع مراكز البحث العلمى لإستنباط وسائل جديدة لتحلية المياه مع تطوير الطرق الحالية لإنتاج كميات متزايدة من الماء العذب مع خفض استهلاك الطاقة المستخدمه لإنتاج مياه عذبة نقية .

وتشجيع الحكومة للقطاع العام والخاص لتوطين وتصنيع مستلزمات مهمات توليد الطاقة الجديدة والمتجددة ووحدات ومهمات ومعدات التحلية فى مصر مما يقلل تكلفة انتاج المتر من المياه المحلاة والذي بدأ فعلا ينخفض مقارنة مع عمليات التنقية والترشيح لمياه النيل مع إرتفاع تكلفة نقل مياه النيل للمناطق البعيدة عن المجرى المائى للنهر وقنواته التى تغذى محطات التنقية ووالترشيح

## نظرية التحلية بالتكثيف الحراري

### تحلية المياه بنظرية التقطير

الفكرة الأساسية لعمليات التقطير تكمن فى رفع درجة حرارة المياه المالحة الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب .

طرق التقطير : -

#### 1- التقطير العادي :

يتم غلي الماء المالح فى خزان ماء بدون ضغط . ويصعد بخار الماء الى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل الى المكثف الذي يقوم بتكثيف بخار الماء الذي تتحول الى قطرات ماء يتم تجميعها فى خزان الماء المقطر . وتستخدم هذه الطريقة فى محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

#### 2- التقطير الومضي متعدد المراحل :



اعتماداً على الحقيقة التي تقرر أن درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب . وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة .

## 3- التقطير بمتعدد المراحل ( متعدد التأثير ):

تقوم المقطرات المتعددة التأثيرات بالاستفادة من الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثف في المبخر الثاني . وعليه ، تستخدم حرارة التكثف في غلي ماء البحر في المبخر الثاني ، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول ، وتصبح هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول. وبالمثل ، فإن المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا ويسمى كل مبخر في تلك السلسلة بالتأثير.

## 4-التقطير باستخدام الطاقة الشمسية :

تعتمد هذه الطريقة على الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين مياه البحر حتى درجة التبخر ثم يتم تكثيفها على أسطح باردة وتجمع في مواسير .

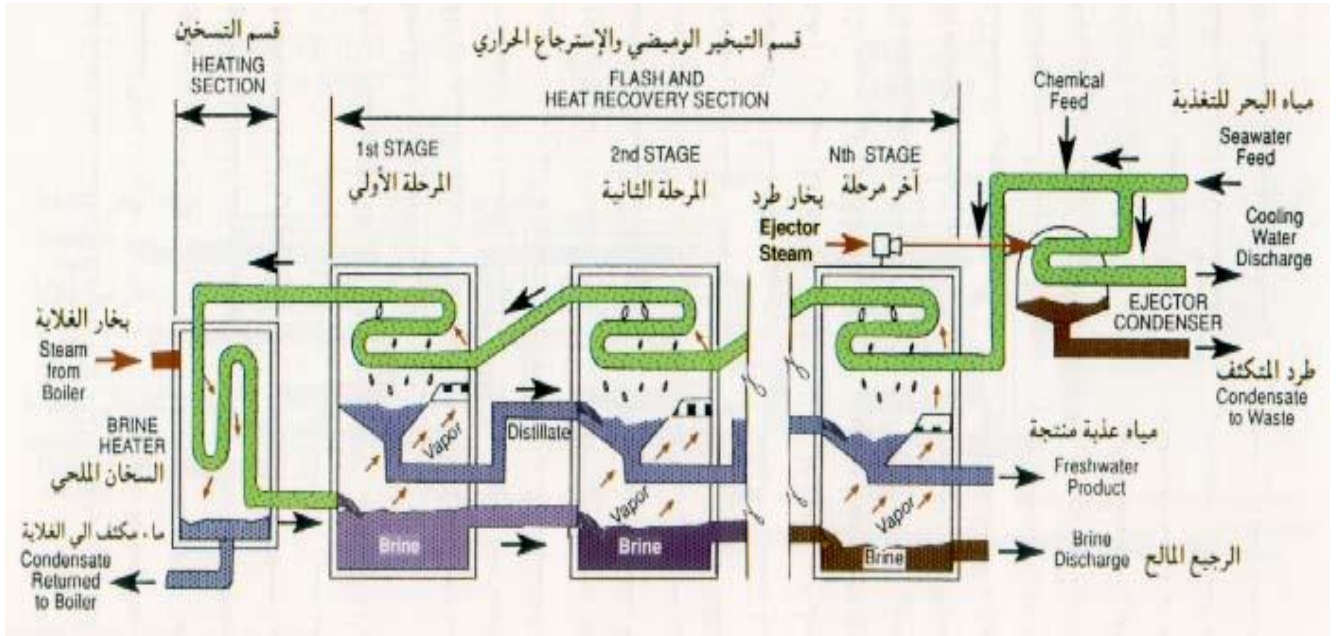
## 5-التقطير بطريقة البخار المضغوط :

بينما تستخدم وحدات التقطير متعدد التأثير والتبخير الفجائي مصدر بخار خارجي للتسخين كمصدر أساسي للحرارة ، فإن التقطير بانضغاط البخار – والذي يختصر عادة إلى التقطير بالانضغاط – يستخدم بخاره الخاص كمصدر حراري بعدما يضغط هذا البخار . وفي هذه الطريقة ، يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة . ولكن ، من الضروري الحصول على الطاقة الميكانيكية باستخدام ضاغط ( أو أي شكل للطاقة المستفادة بأجهزة أخرى مثل ضاغط الطارد البخاري steam-ejector compressor).

يسخن ماء البحر مبدئياً في مبادل حراري أنبوبي مستخدماً كلا من الماء الملح والماء المطرود والماء العذب الخارجي من الوحدة ثم يغلى ماء البحر داخل أنابيب المقطر . وتضغط الأبخرة ، ثم ترجع إلى المقطر حيث تتكثف خارج الأنابيب مما يوفر الحرارة اللازمة لعملية الغليان . وتسحب الغازات غير القابلة للتكثيف من حيز البخار والتكثيف بواسطة مضخة سحب أو طارد بخاري.

ويعتبر الضاغط هو قلب وحدة التقطير. فإذا لم تضغط الأبخرة فإنه لا يمكنها التكثف على الأنابيب الحاملة لماء البحر المغلي لأن درجة حرارة تكثيف البخار النقي عند ضغط معين تقل عن درجة حرارة غليان الماء الملح عند هذا الضغط . فمثلاً ، إذا كان ضغط البخار 1 ضغط جوي ، فإن بخار الماء يتكثف عند درجة 100 م ، ولكن ماء البحر بتركيز مضاعف يغلي عند حوالي 101م وحتى

يتسنى للأبخرة التكثف عند درجة حرارة 101م ، فإنه يلزم على الأقل لهذه الأبخرة أن تضغط الى ضغط 1.03 ضغط جوي.



الاختلاف في درجة حرارة التشغيل ، في كلتا العمليتين ، يؤثر على تصميم الأجهزة والمعدات الخاصة بكل عملية، إذ يراعي في تصميم عملية التقطير تقليل كمية الحرارة المفقودة من وحدة التقطير الى الجو المحيط ، بينما يراعي في تصميم عملية إزالة الملوحة بالتجميد التقليل من كمية الحرارة المكتسبة بوحدة التجميد من الجو المحيط . وأهم عيوب إزالة ملوحة المياه بالتجميد هي المشاكل الناجمة عن نقل وتنقية الثلج ، وأهم مميزاتها التقليل من الترسب والتآكل إذ يتم التشغيل عند درجات حرارة منخفضة نسبياً .

وتعتمد عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد - وتصميم معداتها - على القواعد الأساسية المعروفة والأجهزة الخاصة بتنقية التبريد ، ولكن بعد تعديلها لتناسب إزالة ملوحة المياه بالتجميد .

#### تحلية المياه بالتجميد:

الفكرة الأساسية لعملية التجميد المباشر والذي يعرف بعملية زارشين Zarchin process (أيضا يعرف بعملية التفريغ والتبخير الفجائي Vacuum-flash process). وفي هذه العملية ، يدخل ماء البحر بعد تبريده في المبادل الحراري الى برج التجميد (المبلور crystallizer) حيث يكون الضغط داخل البرج ما بين 3 و4 مم زئبق ( حوالي 0.005 ضغط جوي ) مما يسبب التبخير الفجائي لجزء من ماء البحر . وتسحب الحرارة اللازمة للتبخير من الجزء المتبقي من ماء البحر ، مما يسبب هذا الجزء ( درجة التجميد حوالي -1,9 درجة مئوية لماء البحر النقي وحوالي 3,8 درجة مئوية لما البحر

ذي التركيز ضعف التركيز العادي). وتعطى المجمدات الحديثة معدلات بلورة في حدود من 1 إلى 1,5 طن من الثلج لكل ساعة ولكل متر مكعب من حجم المبلور .

#### نظرية التحلية باستخدام الفرز الغشائي الكهربائي :

عُرفت الديليزة الكهربائية تجارياً منذ الستينات ، أي عشر سنوات قبل التناضح العكسي . أسلوب تكلفة فعال لتحلية مياه الآبار المالحة وفسح المجال للاهتمام في هذا الشأن . وتعتمد تقنية الديليزة الكهربائية على الأسس العامة التالية .

أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة إيجابياً (CATHODIC) أو سلبياً (IONIC) .

هذه الأيونات تنجذب نحو القطب الكهربائي (ELECTROD) حسبما تحمله من شحنة كهربائية (CHARGE ELETRIC) .

يمكن إنشاء أغشية تسمح انتقائياً بمرور الأيونات حسب شحنتها الكهربائية ( سالبة أو موجبة ) .

إن محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم ( + ) الكلور أيد ( - ) الكالسيوم (++) والكربونات (--) تظل منتشرة في الماء لتتولى معادلة شحنتها الخاصة . وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي ، مثل البطارية المتصلة بالماء ، فإن الأيونات تتجه نحو الشحنات المعاكسة لشحنتها والموجودة في المحلول ، وذلك ممن خلال التيار الكهربائي الساري في المحلول سعياً وراء التحييد ( NEUTRALIZATION ) . ولتتم تحلية المياه المالحة من خلال هذه الظواهر

فإن الأغشية التي تسمح بمرور أيونات من نوع واحد فقط ( وليس النوعين ) توضع بين قطبين كهربائيين ، على أن يتم وضع هذه الأغشية بطريقة متعاقبة ، أي غشاء واحد لانتقاء الأيونات ذات الشحنة الموجبة السالبة ، مع وضع لوح فاصل بين كل غشائين يسمح بانسياب الماء بينهما ويشكل أحد اللوحين الفاصلين قناة تحمل مياه التغذية والمياه المنتجة ، بينهما يشكل اللوح الفاصل الآخر قناة تحمل مياه الرجيع . وحيث أن الأقطاب الكهربائية مشحونة وتتاسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزاوية مستقيمة على القطب ، فإن الأيونات تنجذب وتتجه القطب الإيجابي . وهذا يؤدي تركيز أملاح قناة الماء المنتج . وتمر الأيونات ذات الشحنة السالبة خلال الغشاء الانتقائي لها ولكنها لا تستطيع أن تمر خلال الغشاء الخاص بالأيونات الموجبة والذي يقلل خطها وتبقى للأيونات السالبة في الماء المالح ( الرجيع ) . وبالمثل فإن الأيونات الموجبة تحت تأثير القطب السلي تتحرك في الاتجاه المعاكس من خلال الغشاء المنتقي للأيونات الموجبة إلى القناة ذات الماء المركز في الجانب الآخر ، وهنا يتم



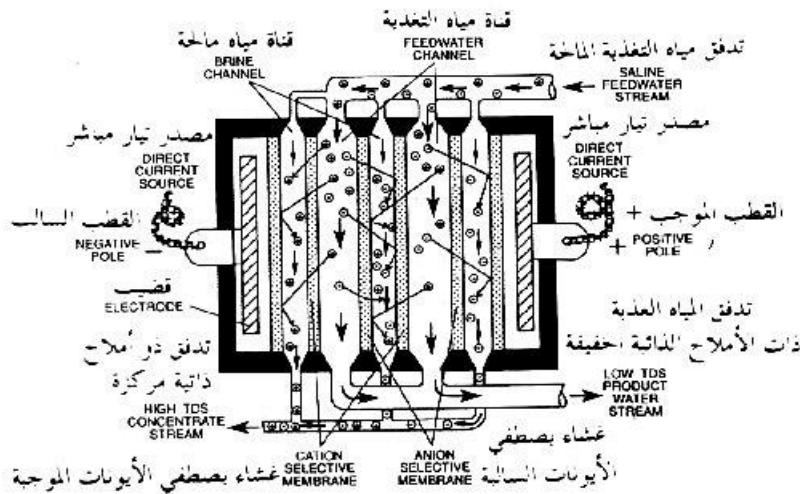
اصطياد الأيونات الموجبة حيث أن الغشاء التالي ينتقي الأيونات السالبة ويمنع أي تحرك نحو القطب . وبهذا الأسلوب يتم إيجاد محلولين أحدهما مركز والآخر قليل التركيز بين الغشاءين المتعاقبين المتجاورين. وهذان الفراغان المحتويان من قبل الغشاءين ( واحد للأيونات السالبة والآخر للموجبة ) يسميان خلية . ويتكون زوج الخلية من خليتين حيث يهاجر من إحدهما الأيونات ( الخلية المخففة للمياه المنتجة ) وفي الأخرى تتركز الأيونات ( الخلية المركزة لمياه الرجيع ) .

وتتكون وحدة الديليزة الكهربائية من عدة مئات من أزواج الخلايا مربوطة مع بعضها البعض بأقطاب كهربائية تسمى مجمع الأغشية . وتمر مياه التغذية متحاذاة في آن واحد عبر ممرات من خلال الخلايا لتوفير انسياب المياه المنتجة المحلاة كما يمر الماء المركز من المجمع .

واستناداً على تصميم النظام فإنه يمكن إضافة المواد الكيميائية في المجمع لتخفيف الجهد الكهربائي ومنع تكوين القشور .

وتتكون وحدة الديليزة الكهربائية من العناصر الأساسية التالية .

- مرفق المعالجة الأولية .
- مجمع الأغشية .
- مضخة تدوير ذات ضغط منخفض .
- إمداد طاقة للتيار المباشر ( مقوم – RECTIFIER ) .
- معالجة نهائية .



## نظرية التحلية التناضح العكسي

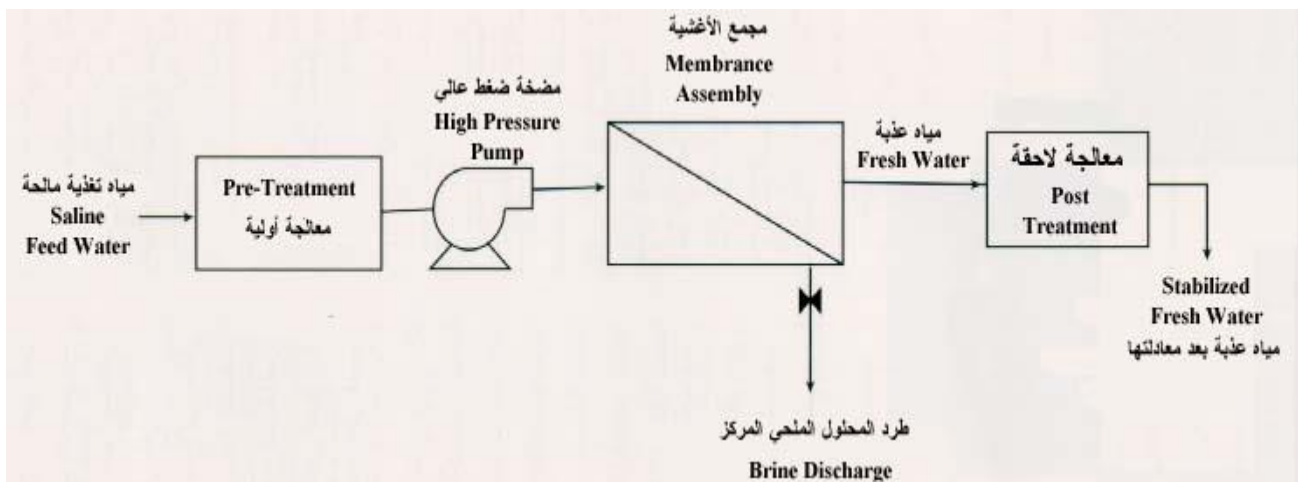
التناضح العكسي :

تعتبر عملية التناضح العكسي حديثة بالمقارنة مع عمليتي التقطير والديليزة حيث تم تقديمها تجارياً خلال السبعينات . وتعرف عملية التناضح العكسي على أنها فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء . ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل .

ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء ، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح . وفي نفس الوقت فإن جزءاً من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء . وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة ، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الأسموزي عبر الأغشية . وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين 20 إلى 70% من التغذية اعتماداً على كمية الأملاح الموجودة فيها .

ويتكون نظام التناضح العكسي من الآتي :

- معالجة أولية .
- نظام ضغط عال .
- مجمع أغشية .
- معالجة نهائية.



والمعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية ، كذلك يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية . وتشمل المعالجة الكيميائية التنصيف وإضافة حامض أو مواد كيميائية أخرى لمنع الترسيب.

والمضخة ذات الضغط العالي توفر الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح . وهذا الضغط يتراوح ما بين 15 إلى 25 بار لمياه الآبار منخفضة الملوحة و 45 إلى 80 بار لمياه البحر .

ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه . والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح . وليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح ، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة .

وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة . وهناك اثنان ناجحان تجاريا وهما اللوح الحلزوني والألياف / الشعيرات الدقيقة المجوفة . ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر أما المعالجة النهائية فهي للمحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع . وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات وتعديل درجة القلوية.

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما : تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة ، وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة . وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع.

وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركز لدى خروجه من وعاء الضغط . ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من 1 إلى 4 بارات من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي ، ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية وتتكون عموما من توربينات أو مضخات أو مسترجع الطاقة .

يجب معالجة مياه التغذية منذ البداية لمنع المواد التي تعرق الأغشية أو تسد القنوات الضيقة في الخلايا من الدخول إلى مجمع الأغشية . ويتم تدوير مياه التغذية من خلال المجمع بواسطة مضخة

ذات ضغط ضئيل للتغلب على مقاومة المياه أثناء عبورها للممرات الضيقة . وغالباً ما يركب مقوم لتحويل التيار المتذبذب إلى تيار مباشر يتم تزويده للأقطاب من خارج مجمعات الأغشية .



وتشمل المعالجة النهائية ( الأخيرة ) إزالة الغازات و تعديل درجة القلوية .

على فترات متعددة من الساعة الواحدة تنعكس قطبية الأقطاب كما ينعكس الانسياب آنياً بحيث تصبح القناة المنتجة هي قناة المياه المركزة وقناة المياه المركزة هي قناة المياه المنتجة ، والمنتجة هي المعاكس عبر مجمع الأغشية وبمجرد انعكاس القطبية والانسياب فإن كمية وافية من المياه المنتجة تنصرف حتى يتم غسيل خطوط مجمع الأغشية ويتم الحصول على نوعية المياه المرغوبة . وتستغرق عملية الغسيل هذه ما بين 1-2 دقيقة ثم تستأنف عملية إنتاج المياه . ويفيد انعكاس العملية في تحريك وغسيل القشور والمخلفات الأخرى في الخلايا قبل تراكمها وتسببها لمشكلات ( الانسداد مثلاً ) . والغسيل يسمح للوحدة بالتشغيل بقليل من المعالجة الأولية ويقلل اتساخ الأغشية .

## التعريفات الخاصة بالتحلية

### عسر الماء

وهو ما يسمى مجازاً مقياس إمكانية ترسيب الصابون (تكسير رغوة الصابون).

وما يحدث كيميائياً أن أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم تتفاعل مع الصوديوم الموجود في الصابون مكونة صابوناً معدنياً لا يذوب في الماء وهذا هو سبب عدم تكون رغوة الصابون مع المياه العسرة.

### أسباب العسر

يرجع العسر لتواجد أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم في الغالب وقد يرجع لوجود عناصر أخرى بتركيزات أكبر من المعتاد بسبب التلوث مثلاً ومن الممكن ادخالها في حساب العسر الكلي للماء بعد تعيين نسبة كل عنصر مثل (Al, Fe, Ba, Sr, Mn) وهي عناصر polyvalent Cations .

ويبقى الكالسيوم والمغنيسيوم اللاعبان الأكبران في إحداث العسر للتأثير الضعيف الذي تلعبه بقية العناصر السابقة ، لذا تم الإتفاق على أن العسر الكلي هو مجموع تركيزي الكالسيوم والمغنيسيوم

والمياه السطحية والجوفية يتراوح الكالسيوم من العشرات إلى مئات الجزء في المليون بينما الماغنسيوم من 1 إلى العشرات جزء في المليون.

### • العكارة Turbidity

#### أ- تعريفها

هي وجود مواد عالقة بالماء مما يمنع صفاءها ، ويمنع مرور الضوء او انكساره . وهذه المواد قد تكون طمي أو رمل أو بكتريا أو غيرها .

#### ب - قياسها

وتقاس العكارة بكمية تشتت الضوء الساقط عمودي علي كمية الماء . وتقاس بوحدات ( NTU )  
Naphalmmetric Turbidity . وهي نسبة التشتت للضوء بالنسبة لعينة قياسية .

#### ج - تأثيرها

والعكارة بما تحتويه من مواد عالقة تسبب ترسبات وإنسدادات علي الانابيب المار بها الماء وكذلك تأكل المكونات بها . وعلاج العكارة أو ( المواد العالقة ) هي الترسيب والترشح الرملي أو الميكروني .

تعد العكارة تعبيراً جيداً عن مدي ودرجة صفاء المياه العذبة , فالعكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدي جودة المياه بالنسبة للمواد الغروية العالقة . وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين دلرجة العكارة وتركيز المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .

وغالباً تقاس العكارة لمياه الشرب كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد غروية او مواد عالقة وتحدد العكارة مدي صلاحية المياه للشرب وللأستعمالات المنزلية حيث ان المياه الخالية من المواد الغروية العالقة تكون أكثر قبولا للمستهلك .

بالإضافة الي انه في حالة وجود عكارة عالية بالمياه يكون احتمال وجود كائنات ممرضة حيث يمكن ان تختبئ وتحتمي هذه الممرضات خلال الفراغات الدقيقة جدا في المواد الغروية والعالقة مما يقلل من فاعلية الكلور في القضاء علي الكائنات الممرضة ويؤدي الي استهلاك كميات كبيرة من الكلور لتطهير وتعقيم المياه .

وقد أوصت الهيئات المحلية والعالمية بعدم تخطي عكارة الماء خمس وحدات NYU , حيث ان الماء الذي له عكارة أكثر من خمس وحدات يكون غير صالح للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكارة .

العوامل التي تعتمد عليها العكارة :

حجم الحبيبات .

تركيز الحبيبات .

طبيعة سطح الحبيبات .

د - علاجها

هناك عدة طرق للتخلص من العكارة والشوائب وذلك علي حسب نوع الماء وكميته واستعمالاته ففي الصناعة غالبا ما تستخدم الفلاتر الرملية المتعددة الطبقات , وعندما يراد الحصول علي ماء أنقي عندها نستعمل الفلاتر الخرطوشية والفلاتر الكربونية .

عندما تكون درجة العكارة عالية ويوجد استهلاك كبير للماء عندها نلجأ الي المعالجة الاولى باستعمال احواض الترسيب والمرسبات مع المواد الكيماوية التي تساعد علي الترويب والترسيب .

لقياس العكارة نستخدم عدة وحدات تختلف عن بعضها باختلاف طريقة القياس ( كاختلاف طول موجة الضوء المستخدم ) .

### التوصيلية (Conductivity): مهارة

هو التعبير العددي على قابلية المحلول لتوصيل التيار الكهربائي ويعتمد هذا العدد على المجموع الكلي لتركيز وتكافؤ المواد المتأينة في الماء ودرجة الحرارة خلال اجراء القياسات اذ ان اكثر الحوامض اللاعضوية والقواعد والاملاح لها قابلية جيدة للتوصيل الكهربائي بينما المواد العضوية تكون رديئة التوصيل عادة و ان الماء المقطر تتراوح قابليته على التوصيل الكهربائي من 0.5-2 مايكروموز بالسنتيمتر واحد ( $\mu \text{ mhos.cm}^{-1}$ ) أو بوحدة ميليسمنس بالمتر ( $\text{millisiemens.m}^{-1}$ )

تزداد قابلية

التوصيل الكهربائي مع الحرارة بنسبة 2 % لكل درجة حرارية . ويستخدم في قياسه جهاز يدعى بجهاز قياس التوصيلية الكهربائية Electrical conductivity meter يحوي على الكترود بلاتيني او غير بلاتيني يعاير مع محاليل كلوريد البوتاسيوم.



### تعتمد التوصيلية الكهربائية للماء على:

- أ -مجموع المواد الصلبة الذائبة.
- ب-درجة حرارة المياه.
- ج -تركيز الأيونات.
- د -تكافؤ الأيونات.

### الأس الهيدروجيني PH: مهارة

الأس الهيدروجيني هو القيمة الرياضية التي يتم احتسابها من خلال معادلة لوغاريتمية وهي المقياس والمؤشر على حمضية المادة او قلويتها, كما في المعادلة:

$$\text{PH} = - \text{Log}[\text{H}_3\text{O}^+]$$

والقيمة في المربع تعني تركيز ايون الهيدرونيوم ووحدة قياسها مول/لتر.





والتسلسل الهيدروجيني أو الرقم الهيدروجيني يبدأ من الرقم صفر وينتهي بالرقم 14 والقيمة التي تقل عن الرقم 7 وحتى تصل إلى الصفر هي مدلول القيمة الحمضية للمادة فكلما قلت قيمة الرقم صغيرة كانت نسبة الحموضة أكبر ووصفت المادة عندها بأنها مادة حمضية , وكلما زادت عن الرقم 7 وبأتجاه الرقم 14 كانت المادة قلوية.

ولغرض قياس الرقم الهيدروجيني فهناك عدة طرق من أهمها القياس بجهاز ال PH- Meter

### الأملاح الذائبة الكلية ( Total Dissolved Salts )

يرمز لها عادة TDS و تعبر عن كمية المواد العضوية واللاعضوية التي يحتويها سائل سواء كانت مواد عالقة في صورة جزيئية أو أيونية وغالبا ما يستخدم هذا المصطلح عند التعامل مع المياه لوصف مدى صلاحيتها للشرب.

ويحتوي الماء على كربونات، بيكربونات، كلوريدات، كبريتات، فوسفات، نترات، كالسيوم، مغنيزيم، صوديوم، بوتاسيوم، حديد، منجنيز، وبعض المعادن، الغازات، ومواد مترسبة أخرى.

وتصنف مياه الشرب من ناحية الطعم إلى ممتازة وهي التي أقل من 300 جزء من المليون وجيدة من بين 300 إلى 600 جزء من المليون ومقبولة من 900 إلى 1200 جزء من المليون أما من 1200 جزء في المليون فيعد غير مقبول .

كما ان مياه الشرب التي تكون المواد الصلبة الذائبة بها منخفضة جداً قد تكون غير مقبولة بسبب عدم وجود طعم , ولحاجة جسم الانسان الي تعويض الاملاح المعدنية التي يفقدها نتيجة التعرق خاصة في الاجواء الحارة .

### • TSS ( Total Suspended salts ) الأملاح العالقة الكلية

هي المواد المتبقية علي سطح فلتر ذو فتحات بقطر 0.45 ميكرومتر بعد ان نمرر من خلاله لتر واحد من العينة المائية يتم تركيب الفلتر ( المعروف وزنه ) علي جهاز فلتر ثم يتم شفط العينة من خلاله بعد ذلك يتم تجفيفه لمدة ساعة علي حرارة 103-105 مئوية ثم يبرد ويوزن من خلال فرق وزن الفلتر قبل وبعد مرور العينة 1 لتر من خلاله وتقدر بالمليغرامات لكل لتر . وهو يعطينا TSS يتم تحديد الفكرة عن نوعية العينة وكمية المواد الصلبة الممكن ازالها بالمعالجة من خلال الفلتر او الترسيب او التطويق .



• معامل كثافة الطمي ( معامل الإطماء ) SDI (Silt Density index)

أ- تعريف

وهو اختبار لتحديد كثافة الإطماء بالمياه الخام المغذية لمحطة التحلية قبل الفلتر الرملي وتحديد أسلوب المعالجة الابتدائية المطلوبة من حيث :

- المعالجة الفيزيائية : الفلتره من خلال الفلتر الرملي و القطني .
- المعالجة الكيميائية : إضافة المواد المروية .

• ( LSI ) (Langelier Saturation index)

التعريف :

وهو قياس احتمالية تكون القشور من كربونات الكالسيوم.

القياس :

هي طريقة تستخدم كمؤشر لاحتمالية حدوث ترسبات Scaling potential واحتمالية تكون القشور لذا فهي هامة جداً لتحديد إمكانية تكوين قشور علي الاغشية أو تآكل في مكونات المحطة و الشبكات المعدنية ويستخدم مع المياه التي لها TDS أقل من العشرة الاف 10000 مجم / لتر.

حساب ( LSI ) :

من المعادلة التالية وبعد تحليلات معملية للمياه يتم حساب LSI

$$LSI = (PH_{measured} - PH_{sat})$$

$PH_{measured}$  هو الرقم الهيدروجيني المعروف لمياه التغذية حيث يتم قياسه بال PH

$PH_{saturation}$  حسابه بطرق مختلفة من معادلات معينة بمعلومية نتائج قياسات المعاملات التالية :

تركيز الكالسيوم ( Calcium hardness –  $CaCO_3$  ) .

القلوية الكلية ( أو احيانا تركيز البيكربونات ) .

الأملاح الكلية الذائبة TDS بالppm .

درجة الحرارة بالفهرنهايت أو المئوية.

وسنذكرها أبسط المعادلات وهي

$$PH_{sat} = [9.3 + A + B] - [C + D]$$

**وإليك المعادلات كاملة والتي تحسب : A, B, C, D:**

$$A = (\text{Log}_{10} [\text{TDS}] - 1) / 10$$

$$B = [-13.12 \times \text{Log}_{10} (C^o + 273)] + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10} [\text{Ca}^{+2} \text{ as CaCO}_3] - 0.4$$

$$D = \text{Log}_{10} [\text{alkalinity as CaCO}_3]$$

يتم حساب عن طريق الرابط التالي :

<https://www.lenntech.com/calculators/calculators.htm>

#### DATA FOR RAPID CALCULATION OF THE Langelier and Ryznar Indices

A			C		D	
Total Solid (ppm)		<u>A</u>	Calcium Hardness (ppm CaCO <sub>3</sub> )	<u>C</u>	M.O. Alkalinity (ppm CaCO <sub>3</sub> )	<u>D</u>
50 – 300		0.1	10-11	0.6	10-11	1.0
400 – 1000		0.2	12-13	0.7	12-13	1.1
			14-17	0.8	14-17	1.2
B			18-22	0.9	18-22	1.3
			23-27	1.0	23-27	1.4
Temperature			28-34	1.1	28-35	1.5
° F	° C	<u>B</u>	35-43	1.2	36-44	1.6
			44-55	1.3	45-55	1.7
32-35	0-2	2.6	56-69	1.4	56-69	1.8
36-42	2-5	2.5	70-87	1.5	70-88	1.9
43-49	6-9	2.4	88-110	1.6	89-110	2.0
50-56	10-13	2.3	111-138	1.7	111-139	2.1
57-63	14-17	2.2	139-174	1.8	140-176	2.2
64-71	18-22	2.1	175-220	1.9	177-220	2.3
72-80	23-27	2.0	221-270	2.0	221-270	2.4
81-89	28-32	1.9	271-340	2.1	271-350	2.5
90-99	33-37	1.8	341-430	2.2	351-440	2.6
100-111	38-43	1.7	431-550	2.3	441-550	2.7
112-121	44-49	1.6	551-690	2.4	551-690	2.8
121-132	50-55	1.5	691-870	2.5	691-880	2.9
133-145	56-63	1.4	871-1000	2.6	881-1000	3.0
146-161	64-72	1.3				
162-178	73-81	1.2				

- Obtain the value of A, B, C and D from above table
  - $\text{pH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$
  - Langelier ( Saturation ) Index =  $\text{pH} - \text{pH}_s$  ( LI )
  - Ryznar ( Stability ) Index =  $2 \text{pH}_s - \text{pH}$  ( RI )
- If RI is less than 6.0 Alkaline scale will precipitate
  - If RI mor than 7.0 corrosion will proceed unhindered by scale formation
  - A RI between 6.0- 7.0 indicates that a mixture of scale and corrosion will be found in the plant.

ودلالات كل قيمة كما هي في الجدول التالي ونأتي الان الي تقييم النتائج

النتائج وتقييمها:

LSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
<0.0	المياه لم تصل إلي مرحلة التشبع بكاربونات الكالسيوم وتكون ذائبة في الماء ولا حاجة لاضافة مضاد الترسيب Antiscales
-0.2 TO -0.5	التسبب في تآكل خطير serious corrosion
-0.5 TO 0.0	تآكل ضعيف مع عدم امكانية تكون قشور
0.0	المياه في حالة اتزان ( بداية التشبع ) ولا يوجد امكانية لتكون القشور
>0.0	المياه في حالة فوق التشبع super saturation بالنسبة لكاربونات الكالسيوم وبداية لإمكانية تكون قشور من كربونات كالسيوم ( أو calcite ) وكلما زادت القيمة عن الصفر زادت امكانية تكون القشور وتم التوصية بإضافة Antiscales بتركيزات أكبر
0.0 to < 0.5	تكون قشور ولكن بنسبة ضعيفة كما يحدث تآكل بنسبة ضعيفة أيضاً
0.5 to 2.0	امكانية تكون قشور بقوة مع عدم حدوث تآكل

مثال عملي لحساب ال LSI :-

Water Analysis:

$$\text{pH} = 7.5$$

$$\text{TDS} = 320 \text{ mg/L}$$

$$\text{Calcium} = 150 \text{ mg/L (or ppm) as CaCO}_3$$

$$\text{Alkalinity} = 34 \text{ mg/L (or ppm) as CaCO}_3$$

LSI Formula:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pHs}$$

$$\text{pHs} = (9.3 + A + B) - (C + D) \text{ where:}$$

$$A = (\text{Log}_{10}[\text{TDS}] - 1)/10 = 0.15$$

$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10}(\text{oC} + 273) + 34.55 = 2.09 \text{ at } 25^\circ\text{C} \text{ and } 1.09 \text{ at } 82^\circ\text{C}$$

$$C = \text{Log}_{10}[\text{Ca}^{2+} \text{ as CaCO}_3] - 0.4 = 1.78$$

$$D = \text{Log}_{10}[\text{alkalinity as CaCO}_3] = 1.53$$

Calculation at 25°C:

$$pH_s = (9.3 + 0.15 + 2.09) - (1.78 + 1.53) = 8.2$$

$$LSI = 7.5 - 8.2 = -0.7$$

Hence No Tendency to Scale

يتم حساب ال S&DSI من معادلة مشابهة لمعادلة ال LSI وهي:

$$S\&DSI = pH \text{ (measured)} - pH_{sat}$$

$$pH_{sat} = pCa + pAlk + "K"$$

$$pCa = -\log_{10}[Ca^{2+} \text{ as } CaCO_3], [Ca^{2+}] \text{ in mg/l as } CaCO_3$$

$$pAlk = -\log_{10}[Alk \text{ as } CaCO_3], [Alk] \text{ in mg/l as } CaCO_3$$

ونلاحظ أن ال "K" تعتمد علي :

درجة الحرارة

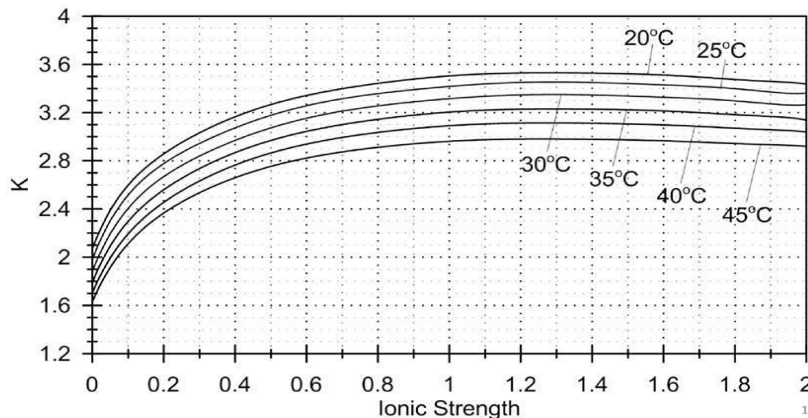
القوة الأيونية للماء Ionic Strength

وبمعلومية الإثنين يتم معرفة قيمة ال "K" من خلال الرسم البيانية التالية:

الجدول الاتي يوضح مؤشرات نوعية المياه التي يوصي بقياسها وتحليلها لتحديد مقترحات مناسبة في

K value

المعاجة





## “Ryzner stability index” (RSI)

وهو بديل وتطوير لمعادلة ال LSI ويُفضل مع النظام المفتوح opened systems وأنابيب نقل المياه عبر المدن...

بعكس ال LSI يُستخدم في المعتاد مع الأنظمة المغلقة وتحت الضغط مثل أغشية ال RO

أما قيم معامل ريزنر فتتراوح بين 4 - 10 وأفضل قيمة هي ما بين 6 - 6.7 حيث يكون التآكل

فيها أقل ما يُمكن والترسبات أقل ما يُمكن ... يحدثان بتوازن وبأقل معدل ... انظر الجدول:

RSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
< 5.5	ترسبات قوية للأملاح على الخطوط
5.5 – 6.2	ترسبات للأملاح على الخطوط
6.2 – 6.8	استقرار مطلوب
6.8 – 8.5	حدوث تآكل بالخطوط
> 8.5	حدوث تآكل شديد بالخطوط

$$RSI = 2PH_{sat} - PH$$

## وحدات قياس أداء مكونات المحطة

(اشتراطات التشغيل الآمن والمستقر للمحطة)

الجدول الاتي يوضح مؤشرات نوعية المياه التي يوصي بقياسها وتحليلها:

نوع القياس	الحدود الآمنة لمياه البحر
العكارة NTU	NTU اقل من 1
مجموع الكربون العضوي Mg/L	اقل من 0.5 mg /l التساخ غير متوقع
SDI15	اقل من 3 للأغشية المجوفة اقل من 5 للأغشية الحلزونية
الكلور الحر	لا يزيد عن 0.1mg/l
ORP	لا تزيد عن 300 مللي فولت
الحرارة	لا تزيد عن 45 درجة مئوية
PH	من 2 الي 11

الجدول الاتي يوضح مؤشرات نسب العناصر القياسية الموجودة في المياه :-

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

العوامل (Parameter)	الفلاتر الرملية	الفلاتر الميكرونية	الأغشية
TDS (الأملاح الذائبة الكلية)	-	-	- مياه بحر حتى 48000 جزء في المليون - مياه الآبار حتى 10000 جزء في المليون
$\Delta P$ ( فرق الضغط )	لا تزيد عن 1 بار	لا تزيد عن 1 بار	لا تزيد عن 7-PSI لكل غشاء
ORP (جهد الأكسدة والاختزال)	-	لا تزيد عن 300 مللي فولت	-
T (C°) (درجة الحرارة)	لا تزيد عن 45 درجة مئوية		
NTU (العكارة)	أقل من 1	0	0
SDI (معامل كثافة الطمي)	أقل من 5	أقل من 3	أقل من 1

## مرحلة المعالجة الابتدائية

أولاً : طريقة التطهير باستخدام الكلور وأنواعه

صور الكلور : (غاز / سائل / أقراص / حبيبات)

الكلور أو مركباته مثل هيبو كلورايت الكالسيوم (بودرة) وهيبو كلوريت الصوديوم (سائل) هم من أكثر المطهرات شيوعاً في عمليات تنقية المياه بينما يستعمل الأوزون والأشعة فوق البنفسجية أحياناً في بعض العمليات المحدودة وتطهير حمامات السباحة. ويتميز التطهير بالكلور بسهولة الحكم على مدى فاعليته بقياس الكلور المتبقى بعد فترة من الإضافة. وتتم عملية التطهير بالكلور بإضافة الجرعة المناسبة من الكلور إلى المياه قبل الإستعمال على أن تحقق هذه الجرعة المضافة قدراً من الكلور المتبقى يتراوح ما بين 1 إلى 2 جزء في المليون وذلك للحفاظ على نوعية المياه في شبكة التوزيع ولمنع إنتشار الأمراض المعدية التي تنتقل عن طريق المياه.

العوامل المؤثرة على فاعلية الكلور

جرعة الكلور: تزيد فاعلية الكلور في قتل البكتيريا كلما زادت جرعة الكلور و زمن التماس.

طريقة إضافة الكلور: وجد إن إضافة الكلور كغاز أكثر فاعلية من إضافته كمحلول وهذه أكثر فاعلية من إضافته على شكل مسحوق لأحد مركباته.

ثانياً : التعرف علي المواد المروبة داخل محطات التحلية :

أملاح الحديد مثل :

كلوريد الحديدك ( $\text{FeCl}_3$ )

كبريتات الحديدك  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

كبريات الحديدوز مع الجير المطفي ( $\text{FeSO}_4 +$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

البوليميرات العضوية Organic polymer



الكيمائيات المستخدمة لضبط المياه قبل دخولها الأغشية

أهم الكيمائيات التي تُضاف في وحدة الـ RO أهمها:

الكلور

- Coagulant , Flocculant
- AntiScale مانع الترسيب
- SMBS نازع الكلور ( Sodium Metabisulphite )

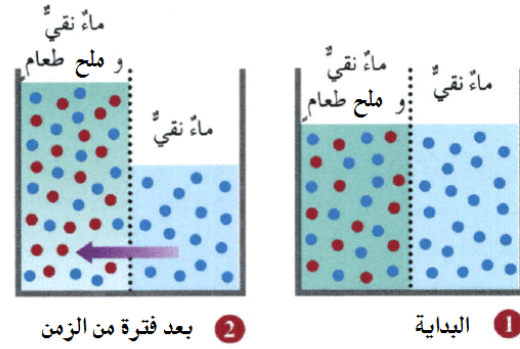
التعرف علي المعالجة الابتدائية بواسطة الفلاتر

أنواع الفلاتر :-

- المصافي الميكانيكية : لإزالة الاجسام الطافية و منع دخول الأحياء البحرية للمحطة.
- الفلاتر (Multi media Filter) : لإزالة الشوائب والمواد العالقة حتي 20 ميكرون
- الفلاتر الميكرونية : لإزالة الشوائب والمواد العالقة حتي 5 ميكرون

### التعرف على الأسموزية

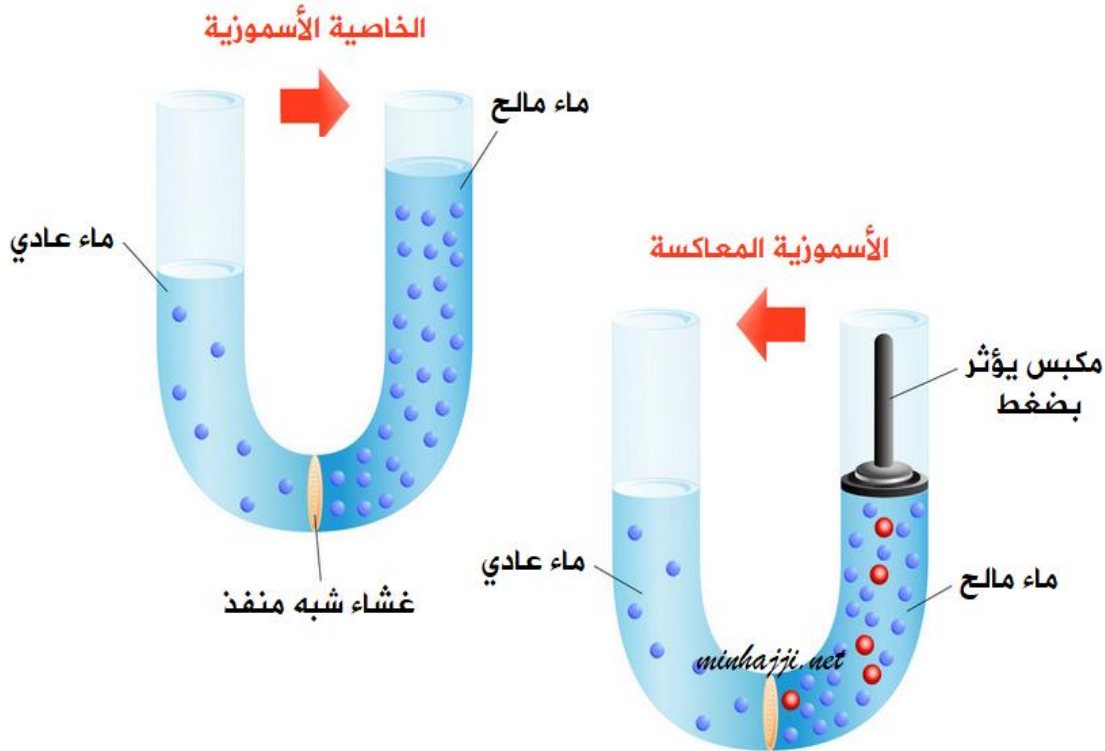
الخاصية الأسموزية أو كما يطلق عليها أيضاً مصطلح التناضح وتتمثل في حركة انتقال جزيئات السائل من المنطقة الأقل تركيزاً بالمواد المذابة إلى المنطقة الأعلى تركيزاً، عبر غشاء شبه منفذ، بحيث تنتقل هذه الجزيئات بدون استهلاك لأي طاقة.



تعتمد النظرية الاسموزية على وجود محلولين غير متساويين في تركيزات الاملاح مفصولين بغشاء شبه منفذ فيتحرك الماء من المحلول الأقل في تركيز الاملاح الى المحلول الأعلى تركيز بشكل تلقائي الى ان يحدث تساوى في تركيزات الاملاح على جانبي الغشاء

### التعرف على نظرية التناضح العكسي (الأسموزية العكسية RO)

الخاصية الاسموزية العكسية أو كما يطلق عليها أيضاً مصطلح التناضح العكسي وتتمثل في حركة انتقال جزيئات السائل من المنطقة الأعلى تركيزاً بالمواد المذابة إلى المنطقة الأقل تركيزاً، عبر غشاء شبه منفذ، تحت تأثير ضغط خارجي أعلى من الضغط الاسموزي الأعلى تركيز و تتناسب طردياً مع زيادة الضغط.





## المعادلات الخاصة بالتناضح العكسي (الأسموزية العكسية RO)

• حساب الـ Salt rejection :

$$\text{Salt Rejection \%} = \frac{\text{Conductivity of Feed Water} - \text{Conductivity of Permeate Water}}{\text{Conductivity of Feed}} \times 100$$

• حساب Salt passage :

$$\text{Salt Passage \%} = (1 - \text{Salt Rejection \%})$$

• حساب الـ Recovery :

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{Permeate Flow Rate (gpm)}}{\text{Feed Flow Rate (gpm)}} \times 100$$

• حساب الـ Concentration factor :

$$\text{Concentration Factor} = \frac{1}{1 - \text{Recovery \%}}$$

• حساب الـ Flux :-

$$\text{gpm of permeate} \times 1,440 \text{ min/day}$$

$$\text{GFD} = \frac{\text{# of RO elements in system} \times \text{square footage of each RO element}}{\text{square footage of each RO element}}$$

Feed Water Source	GFD
Sewage Effluent	5 – 10
Sea Water	8 – 12
Brackish Surface Water	10 – 14
Brackish Well Water	14 – 18
RO Pre-mate Water	20 – 30

مثال علي ذلك:

Permeate flow = 528344 g/d ,

Area of membrane = 390 ft

Pressure vessel contains 6 elements

Flux of sea water between 8 – 12 GFD

$$\text{no of element} = \frac{528344}{10 * 390} = 136 \text{ membrane}$$

$$\text{no. of pressure vessels} = \frac{136}{6} = 22.66 \cong 23 \text{ pressure vessel}$$

• حساب ال Mix Ratio :

$$\text{Mix \%} = \frac{TDS \text{ HP out} - TDS \text{ LP in}}{TDS \text{ HP in} - TDS \text{ LP out}} * 100$$

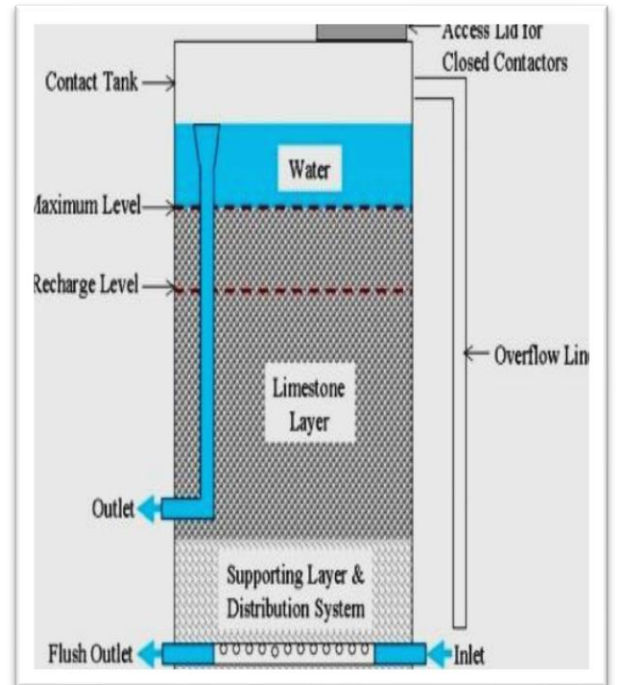
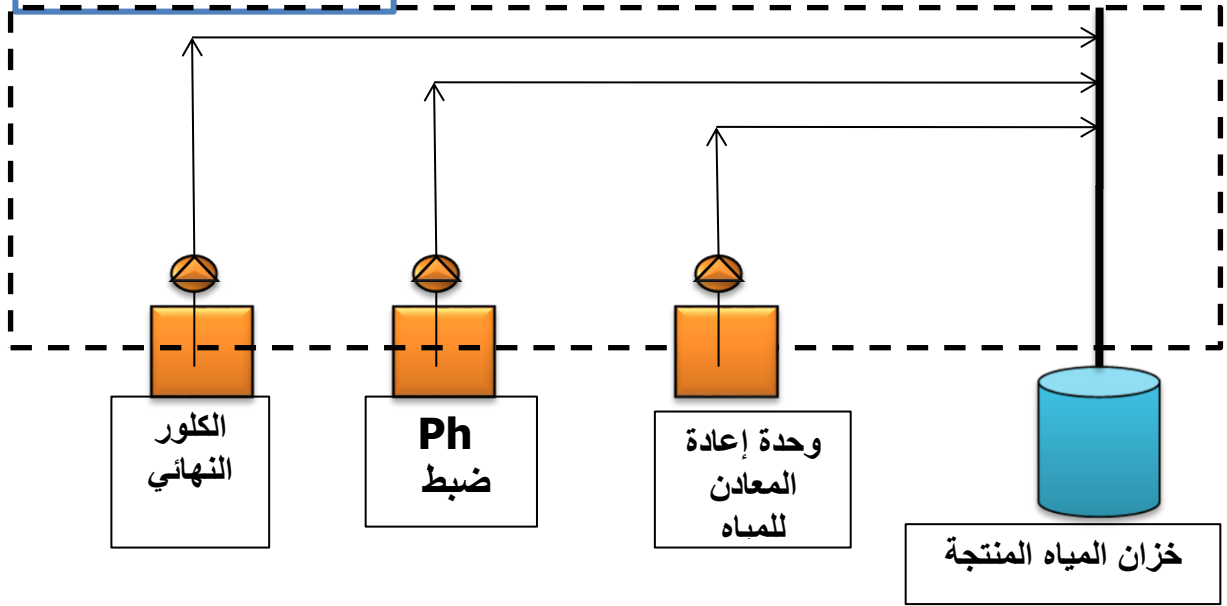
$$\text{SI \%} = \frac{TDS \text{ HP out} - TDS \text{ LP in}}{TDS \text{ HP in} - TDS \text{ LP in}} * 100$$

## الكيمائيات المستخدمة في مرحلة المعالجة النهائية للمياه المنتجة

وهي عملية إضافة مواد إلى المياه المنتجة بهدف تحسين جودة المياه ومطابقتها لمواصفات مياه الشرب تبعاً لاشتراطات منظمة الصحة العالمية (WHO) وزارة الصحة المصرية رقم (458) لسنة 2007 وهي تتضمن الآتي :

- ❖ إضافة مادة ضبط قيمة الأس الهيدروجيني PH
- ❖ إضافة مادة الكلور النهائي إلى المياه المنتجة بهدف تعقيم المياه داخل خطوط النقل والخزانات حتى الوصول إلى المستهلك
- ❖ منظومة وحدة إعادة المعادن للمياه
- نظراً لأن المياه المحلاة المنتجة من محطات التحلية بنظام الضغط الإسموزي العكسي تتصف بأنها مياه منخفضة الملوحة وشديدة اليسر وغير متزنة أيونياً مما يجعلها شديدة الشراهة لإذابة الأملاح والتفاعل مع المعادن وهذا يؤثر على تآكل الخزانات وخطوط المياه وشبكات التوزيع المعدنية مما يؤدي إلى ظاهرة المياه الصفراء عند فتح صنبور المياه لذلك يتم إضافة أملاح الكالسيوم التي تعيد للمياه المعادن التي تؤدي إلى توازنها الأيوني والمعدني باستخدام فلاتر الكالسيوم التي تقوم بتحويل أملاح كربونات الكالسيوم إلى أملاح البيكربونات الكالسيوم باستخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون .

طرق ومبادئ التحلية



الحدود القصوي والمواصفات الواجب توافرها في المياه المنتجة من محطات التحلية لتكون صالحة للشرب والاستخدام المنزلي

طبقاً لقرار من وزير الصحة والسكان رقم 458 لسنة 2007

أولاً : الخواص الطبيعية : -

م	الخاصية	الحدود القصوي المسموح بها
1	اللون	معدوم
2	الطعم	مقبول
3	الرائحة	معدومة
4	العكارة	1 وحدة NTU
5	الرقم الهيدروجيني	8.5 – 6.5

ثانياً : مواد غير عضوية لها تأثير على الاستساغة والاستخدامات المنزلية : -

م	المادة	الحدود القصوي المسموح بها (ملجم / لتر )
1	الأملاح الذائبة عند 120 ° م	1000
2	عسر كلي as $CaCO_3$	500
3	عسر كالسيوم as $CaCO_3$	350
4	عسر ماغنسيوم as $CaCO_3$	150
5	كبريتات $SO_4$	250
6	كلوريدات $Cl$	250
7	حديد $Fe$	0.3
8	منجنيز $Mn$	0.4
9	نحاس $Cu$	2.0
10	الزنك $Zn$	3.0
11	الصوديوم $Na$	200
12	الالومنيوم $Al$	0.2
13	البورون	0.5 – وتم تغيير قيمته الى 2.4

بأقي المواد الكيميائية تكون مطابقة للقرار الوزاري رقم (458) لسنة 2007

## ثالثاً : المعايير الميكروبيولوجية : -

م	نوع الفحص	طريقة القياس المتبعة	الحدود القصوي المسموح بها والصادرة بقرار من وزير الصحة والسكان برقم 458 لسنة 2007
أ	العدد الكلي للبكتيريا	صب الاطباق Poured plate method	- لا يزيد عن 50 خلية / 1 سم <sup>3</sup> عند درجة حرارة 37 °م لمدة 24 ساعة - لا يزيد عن 50 خلية / 1 سم <sup>3</sup> عند درجة حرارة 22 °م لمدة 48 ساعة
ب	أدلة التلوث بكتيريا القولون الكلية Total coliform	"MPN" أو "MF"	- يجب أن تكون 95 % من العينات التي يتم فحصها خلال العام خالية تماماً من بكتيريا القولون حتي 100 سم <sup>3</sup> من العينات - كما يجب أن لا تحتوي أي عينة من العينات علي أكثر من 2 خلية / 100 سم <sup>3</sup> علي ألا يتكرر ذلك في عينتان متتاليتان من نفس المصدر
	بكتيريا القولون البرازية "باسيل القولون النموذجي"		- يجب أن تكون جميع العينات خالية من باسيل القولون النموذجي
	البكتيريا السبحية البرازية		- يجب أن تكون جميع العينات خالية من الميكروب السبحي البرازي
ج	الفحص البيولوجي - عند فحص عينات المياه للطحالب - عند فحص عينات المياه ميكروسكوبياً		- يجب أن لا يزيد نسبة الميكروسستين عن 1 ميكروجرام / لتر ويتم اجراء هذا التحليل في حالة ظهور نمو مفاجئ للطحالب الخضراء المزرققة Blue green algae أو وجود أعداد عالية منها - يجب أن تكون خالية تماماً من البروتوزوا الحية وجميع أطوار الديدان المسببة للأمراض

## رابعاً : المواد المشعة : -

م	نوع الفحص	الحدود القصوي المسموح بها والصادرة بقرار من وزير الصحة والسكان برقم 458 لسنة 2007
أ	مشتقات من فصيلة $\alpha$	0.1 (بيكوكيوري / لتر )
ب	مشتقات من فصيلة $\beta$	1.0 (بيكوكيوري / لتر )

## مآخذ محطات التحلية الوظيفية الرئيسية والعوامل المؤثرة في اختيار نوع المآخذ .

### مآخذ محطات التحلية

#### وظيفة المآخذ

الغرض من المآخذ هو إمداد محطة التحلية بكمية المياه المالحة الكافية لتشغيل المحطة وبنوعية مياه ثابتة من حيث (TDS- والعناصر الكيميائية ) طوال عمر المحطة بأقل تكلفة اقتصادية وبما لا يخل بالدراسات البيئية .

❖ يعتبر اختيار المآخذ مرتبط ارتباط وثيق باختيار موقع الأرض التي سيقام عليها المحطة حيث يتم تحديد نوع المآخذ وطريقة تنفيذه تبعاً لموقع المحطة وكذلك نوع ومراحل المعالجة الأولية المستخدمة داخل المحطة .

❖ انواع مآخذ محطات التحلية

❖ مآخذ بحرية مفتوحة ( Sea water open Intake )

❖ مآخذ الابار الارتوازية ( Wells intake( ground water )

المآخذ البحري المفتوح Sea water open Intake

هي المآخذ التي يتم الاعتماد فيها على المياه السطحية ( مياه البحر المفتوح ) لتغذية محطات التحلية

#### المميزات

❖ ضمان الحصول على كميات المياه المطلوبة مهما كانت الطاقة الانتاجية للمحطة بصورة ثابتة

❖ الثبات النسبي للمواصفات الفنية ونسب الاملاح للمياه الخام المغذية للمحطة

#### العيوب

❖ إرتفاع عكارة مياه البحر نتيجة النشاطات البحرية ونمو الطحالب والهائمات البحرية والتي تتسبب في انسداد مصافى المآخذ وارتفاع تكلفة المعالجة الأولية .

❖ مشاكل تلوث المياه بمخلفات الزيوت البترولية أو الشوائب الناتجة عن الأنشطة البشرية والصيد والمخلفات الصناعية داخل البيئة البحرية .

❖ المشاكل البيئية المتعلقة بوجود محميات طبيعية او شعاب مرجانية بموقع المآخذ



**يجب قبل تنفيذ المأخذ البحري المفتوح عمل الدراسات البيئية والبحرية الآتية :**

- وصف للخصائص الطبوغرافية لموقع المشروع ومسار خطوط المأخذ
- دراسات التربة والدراسات الجيوتقنية بمسار الحفر لخطوط المأخذ
- دراسة اتزان خط الشاطئ ومناطق النحر والترسيب
- حركة المد والجزر بمنطقة المأخذ وحدودها والتوقيات الزمنية لها
- اعداد الخرائط الكونتورية للقطاعات الطبوغرافية وتضاريس قاع البحر بمنطقة الدراسة .
- وصف متكامل للتنوع الحيوى والبيولوجى والحياة البحرية بمنطقة الدراسة
- دراسة حركة التيارات البحرية السطحية وتحت سطحية واتجاهتها وسرعتها
- دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه البحر بموقع الدراسة (درجة الحرارة – الملوحة – الاحمال العضوية- TOC

## ❖ اشتراطات التنفيذ للمأخذ البحري المفتوح

❖ يفضل أن يكون المأخذ البحري المفتوح تحت قاعدة الأمواج ( wave base ) حتى لا يكون عرضة للتحرك أو الإزاحة

❖ يفضل أيضا أن يكون عمق المأخذ البحري يتراوح ( من 4 متر الى 7 متر ) اقل من أدنى منسوب جزر حيث يقل نشاط النباتات والطحالب التي تعتمد على التمثيل الضوئي عند هذا العمق - كما يعتبر هذا العمق مناسب لتجنب دخول الزيوت المعدنية المتسربة من المراكب والانشطة التعدينية فى البيئة البحرية وكذلك المواد العالقة والهائمات البحرية الموجودة على سطح الماء والتي تسبب فى انسداد فوانيس المأخذ او وصولها الى الطلمبات والتاثير على كفاءتها

❖ يجب ان تكون جميع خطوط المواسير ومحقاتها ( الفلانشات – ومسامير الربط والتثبيت ) مصنوعة من مواد لا تتفاعل مع مياه البحر (البولى اثيلين عالى الكثافة stainless steel - - reinforced concrete – fiber glass – pvc ) كم يجب ان تتراوح سرعة المياه داخل مواسير المأخذ فى حدود ( 0.6 - 0.95 م/ث وبما يتوافق مع الدراسة الهيدروليكية للمأخذ

- ❖ يجب التثبيت الجيد لخطوط المواسير ومصافى المآخذ داخل البحر حتى لا تتأثر بالعواصف والتيارات البحرية .
- ❖ يجب أن تكون فتحة ماسورة السحب ليست ملاصقة لقاع البحر مباشرة وعلى ارتفاع مناسب لا يقل عن 1.5 متر من القاع حتى لا يتم السحب من الرواسب والملوثات الموجودة بقاع البحر .
- ❖ يجب وضع علامات إرشادية وإضاءة ليلية على مسار خطوط السحب والطرود داخل البحر للتنبيه عن وجودها لتحذير المراكب التي تمر بمسار خطوط السحب والطرود .

## ❖ أنواع المآخذ البحرية المفتوحة المستخدمة لتغذية محطات التحلية

1. مأخذ الشاطئ	Shore Intake
2. مأخذ الماسورة	pipe Intake
3. المأخذ المغمور	Submerged Intake
4. مأخذ الحفر الأفقي الموجة	Horizontal Directional Drilling
5. مأخذ القناة المفتوحة	Open channel Intake
6. المأخذ العائم	Floating intake
7. المأخذ المؤقت	Temporary Intake

## مآخذ الابار او مآخذ المياه الجوفية ( Wells intake( ground water intake)

هي المآخذ التي يتم الاعتماد فيها على المياه تحت لسطحية ( المياه الجوفية ) لتغذية محطات التحلية

اسباب اللجوء الى الاعتماد على الابار لتغذية محطة التحلية

- الموقع الجغرافي للمحطة وبعدها عن مصادر المياه السطحية ( البحار – والبحيرات المالحة)
- وجود معوقات تمنع مد خطوط مياه لتغذية محطة التحلية من البحر الى محطة مثل المنشآت والمباني السكنية .
- سوء المواصفات الفنية لمياه البحر مثل ارتفاع قيم (العكارة – الاحمال العضوية – الملوثات الصناعية – الزيوت والشحوم ) .

➤ الرغبة في الحصول على مواصفات فنية افضل من حيث قيم ( TDS – العكارة )

➤ وجود معوقات تتعلق بالقوانين البيئية تمنع تنفيذ اية اعمال انشائية داخل البيئة البحرية مثل ( المحميات الطبيعية - وجود حيز شعاب مرجانية ) .

## مميزات وعيوب مآخذ الابار المستخدمة لتغذية محطات التحلية

### المميزات

- الحصول على نوعية مياه اقل عكارة حيث تعتمد هذه الانواع من المآخذ على استخدام التربة كمرحلة ترشيح تودى الى تحسين نوعية المياه المغذية للمحطة .
- تجنب مخاطر الشوائب والزيوت والمخلفات الموجودة فى الأنواع الأخرى من المآخذ البحرية.
- تجنب الآثار البيئية السلبية نتيجة عدم وجود اية أعمال إنشاءات تضر بالبيئة البحرية .

### العيوب

- محدودية كميات المياه المسحوبة حيث تعتمد بدرجة كبيرة على التكوين الجيولوجي للتربة
- لا تصلح للمحطات الكبيرة نتيجة ارتفاع تكلفة اعمال الانشاء والصيانة مقارنة بالمآخذ البحرية
- عدم الثبات النوعى لمواصفات المياه الخام من حيث التغير المستمر فى نسب ( TDS - العناصر الكيميائية المكونة للمياه - المواصفات الفيزيوكيميائية للمياه ) .
- وجود نسب من العناصر مثل ( الحديد او المنجنيز او الباريوم ) بمعظم الابار والتي تحتاج معالجة اضافية للمياه الخام قبل دخولها على الاغشية .

## ➤ اهم البيانات التى يجب ان تتضمنها الدراسات الهيدروجولوجية للآبار المستخدمة لتغذية محطات التحلية

- قياس ملوحة مياه البئر ( TDS ) حيث يحدث فى بعض الأحيان عند حفر الآبار تكون نسبة ملوحة مياه البئر عالية جداً مما يزيد من تكلفة إنشاء وتشغيل المحطة .
- تحديد نسب ونوعية الأملاح الموجودة في مياه البئر حيث يحدث في بعض الأحيان عند حفر الآبار يلاحظ وجود بعض الأملاح بالمياه غير مرغوب فيها مثل ارتفاع أملاح العسر أو الحديد أو الباريوم أو الاسترنيوم والتي تسبب مشاكل بالأغشية.
- قياس درجة تدفق مياه البئر وحدود السحب الامن ومدى صلاحية البئر لتغذية المحطة على المدى الطويل وهل كميات المياه المغذية للبئر متجددة أم قابلة للنضوب بعد فترة .

- عند الحاجة لحفر أكثر من بئر في نفس الموقع يجب تحديد المسافات الأمانة بين كل بئر والأخر حتى لا يتم السحب لأحد الآبار من مجال السحب للبئر المجاور مما يقلل من تصرف الآبار مع التاكيد على عمل تجارب التشغيل الامن لجميع الابار فى نفس التوقيت لتحديد الابار المتوافقة فى معدلات السحب الامن .

## ■ أنواع آبار المياه الجوفية

### ■ أنواع آبار المياه الجوفية من حيث الغرض والاستخدام

- آبار الاختبار
- آبار الملاحظة
- آبار الإنتاجية
- الآبار الشاطئية
- آبار النقطة
- أنفاق الترشيح
- الآبار الأفقية
- آبار الحقن

### ■ أنواع آبار المياه الجوفية من حيث العمق

- آبار ضحلة العمق أقل من 20 متر
- آبار متوسطة العمق من (20 – 80) متر
- آبار عميقة العمق اكبر من 100 متر

## عرض لأهم الأجزاء داخل محطة التحلية ( RO )

### المصافي الميكانيكية

التعرف علي نظرية عمل المصافي الميكانيكية :

تعمل المصافي الميكانيكية على حجز الشوائب قبل دخولها لمرحلة المعالجة الابتدائية

وتقوم بذلك عن طريق تمرير المياه الخام في إتجاه إجبارى نحو المصافي والتي تقوم بدورها بفصل العوالق عن المياه الخام وتجهيزها للدخول إلى المرحلة التالية ( المعالجة الابتدائية )



➤ يجب ان يتم مراعاة الشروط الاتية عند

### تركيب المصافي :

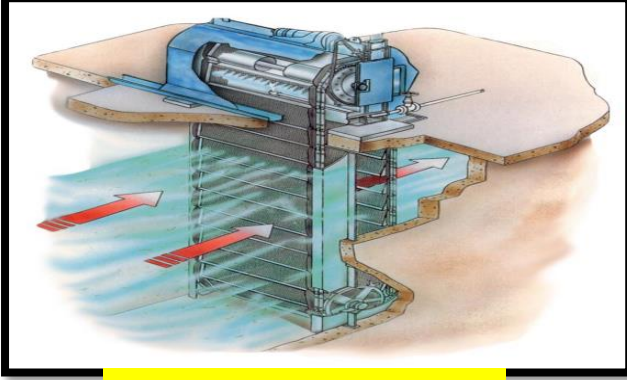
- ❖ تصنع المصافي من مواد مقاومة للصدأ مثل (St St 316 L) او مواد مضادة للتآكل
- ❖ يجب الا تزيد سرعة المياه عن 0.15 م/ث عند فتحات المصافي الموجودة داخل البحر ( فانوس البحر ) لمنع دخول الأجسام الطافية.
- ❖ يجب تنظيف المصافي بصورة دوريه لتجنب تراكم الاجسام الطافية على المصافي
- ❖ فى حالة المصافي الموجودة داخل البحر يتم التنظيف ( يدوياً - الغسيل العكسي بالهواء (air backwash)
- ❖ اما فى حالة المصافي الخارجية عند ( مدخل بيارة طلبات الماخذ ) يفضل ان تكون المصافي ميكانيكية قابلة للتحريك مما يسمح بسهولة التنظيف المستمر
- فى حالة ارتفاع معدل الشوائب واختلاف احجامها يفضل تركيب المصافي الميكانيكية متعددة المراحل ذات الفتحات المتدرجة الحجم .

طريقة العمل :

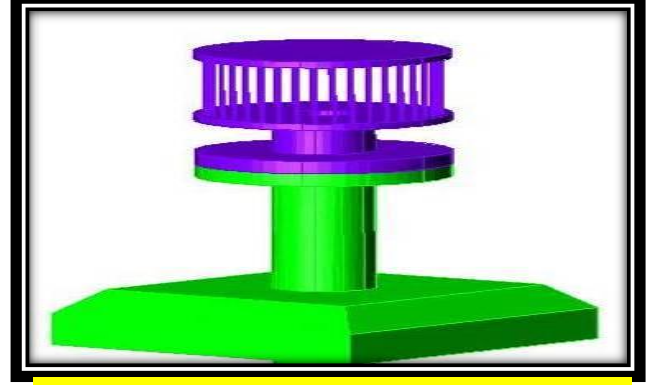
التشغيل اليدوى : يتم التشغيل اليدوى حسب جدول زمنى معد من مهندس التشغيل .

التشغيل الآلي : ويعتمد على جهاز قياس فرق المنسوب قبل وبعد المصافي الميكانيكية .

حيث أنه في حالة ارتفاع المنسوب قبل المصافي عن القيم المحددة مسبقاً تقوم بالعمل بطريقة أوتوماتيكية وفي نفس الوقت تقوم الرشاشات بدفع المياه على المصافي لإزالة الشوائب العالقة عليها وتستمر بالعمل لحين نزول المنسوب إلى الحدود المسموح بها .



مصفاة ميكانيكية



مصافي البحر ( فانوس البحر )



منظومة مصافي ميكانيكية متعددة المراحل

**الفلاتر**

المعالجة الاولى هي عبارة عن خطوات تتم علي مياه التغذية بهدف تحسين خواصها وتختلف المعالجة الاولى من مصدر لأخر اي لا شرط ان يتم استخدام كل خطوات المعالجة الاولى علي المياه

كلما زادت المواد العالقة (TSS) أو العكارة Turbidity أو قيمة ال SDI في مياه التغذية كلما اضطررنا إلي إضافة المزيد من وحدات وطرق المعالجة ... تبدأ بالفلاتر الميكرونية أو الفلاتر الدقيقة فغذا زادت العكارة نلجأ الي الفلاتر الرملية فإذا العكارة قد تزيد من عدد الفلاتر السابقة أو نلجأ إلي إضافة المروقات قبل الفلاتر حتي تترسب المواد العالقة علي الفلاتر فتحتجزها فإذا زادت الكارة نلجأ الي احواض الترسيب قبل الفلاتر حيث يتك ترسيب المواد العالقة ومعها المواد الغروية بمساعدة المروقات ليصبح حجمها اكبر وكتلتها اكبر فتستقر في القاع او تتجمع في حبيبات اكبر لتحجز بالفلاتر الرملية

و عندما تكون العكارة اقل من 1NTU ( $SDI \leq 3$ ) لا نحتاج الي فلاتر رملية لأن إمكانية حدوث فولينج علي الاغشية تكون منعدمة ونحتاج في هذه الحالة فلاتر ميكرونية

و عندما تزداد العكارة عن 1 NTU و ( $SDI \geq 3$ ) نحتاج الي فلاتر رملية لأن إمكانية حدوث فولينج علي الاغشية تكون عالية ونحتاج في هذه الحالة فلاتر ميكرونية

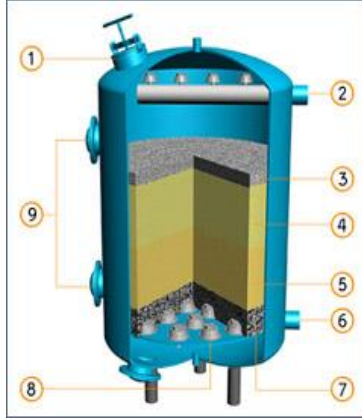
و عندما يكون ( $SDI \geq 5$ ) نحتاج قبل الفلاتر رملية الي استخدام مواد مروبة .



## أنواع الفلاتر:

## تركيب الفلتر الرملي

الرقم	الاسم
١	فتحة خدمة علوية
٢	فتحة دخول المياه للفلتر
٣	طبقة فحم انثراثيت
٤	طبقة رمل ناعم
٥	طبقة رمل خشن
٦	فتحة خروج المياه من الفلتر
٧	طبقة داعمة من الحصى
٨	فواني الفلتر
٩	فتحة خدمة سفلية



## الفلتر الرملي Sand Filter :

1 فتحة الخدمة العلوية ( ويتم استخدام هذه الفتحة في الكشف عن حالة طبقة الرملية السطحية للفلتر أو إضافة طبقات الترشيح الجديدة عند تغير مبداء المرشح).

2 فتحة دخول المياه للفلتر (وهي الفتحة

التي يتم من خلالها دخول مياه التغذية من طلمبة التغذية إلى الفلتر.

3 طبقة فحم الانثراثيت ( وهي عبارة عن طبقة من حبيبات الفحم الحجري ذات الوزن الجزئي الصغير والتي تساوى تقريباً وزن الرملية الناعمة ويقوم بزيادة معدل الترشيح وتقليل الفترة الزمنية لعملية الغسيل العكسي ويتراوح حجم الحبيبات بها ( 0.1.2 - 2 مم ).

4 طبقة الرمل الناعمة وهي طبقة من الرمل الناعم بحجم الحبيبات ( 0.6 - 1 مم ) - وتعتبر هذه الطبقة هي الطبقة الرئيسية التي يتم على سطحها عملية فصل العوالق الموجودة بالمياه.

5 طبقة الرمل الخشنة وهي طبقة من الرمل الحاملة للرمل الناعمة بحجم الحبيبات ( 1.5 - 3 مم

6 طبقة الحصى الداعمة وهي طبقة من الحصى الخشن بحجم الحبيبات ( 4 - 10 مم ) تستخدم لتثبيت الفواني وتزيد من معدل الترشيح وتسهيل عملية الغسيل العكسي للفلتر الرملي.

7 فتحة خروج المياه من الفلتر ( وهي الفتحة التي يتم من خلالها نقل المياه من شبكات التوزيع والفواني السفلية للفلتر الرملي ونقلها إلى الفلتر القطني)

8 فواني الفلتر (وهي عبارة عن فواني وفتحات يتراوح حجمها من 0.2-0.5 مم ) تقوم بتجميع المياه ونقلها الى شبكة تجميع سفلية).

9 فتحة الخدمة السفلية) وهى فتحة توجد أسفل الفلتر الرملى والغرض منها هي عملية إخراج المديا من الفلتر أو عمل صيانة وتغير لفوانى الفلتر).

Media	Size	Bed depth
Fine Sand	0.3 : 0.5 mm	50 cm
Medium Sand	0.7 : 1.2 mm	20 cm
Gravel	3 : 6.5 mm	10 cm
Gravel	6.5 : 13 mm	10 cm
Anthracite	0.5 : 0.8 mm	30 cm

الحسابات التصميمية لقياس معدلات الترشيح للفلترات الرملية المضغوطة :

❖ يتم حساب تصرف الفلتر الرملى بوحدة ( تصرف / زمن ) = م<sup>3</sup>/س

❖ بينما يقاس معدل الترشيح ( تصرف / مساحة سطح / زمن ) = ( م<sup>3</sup>/م<sup>2</sup>/2 ساعة ) .

❖ عملية تحديد معدل الترشيح تكون طبقاً للكود المصرى والحسابات التصميمية للمحطة طبقاً لمواصفات المياه الخام

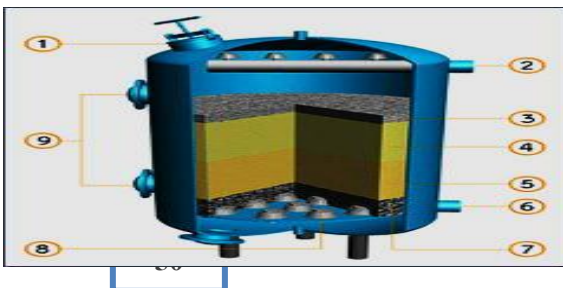
❖ مثال : لو ان لدينا فلتر رملى مضغوط راسى اسطوانى الشكل بقطر = 2.8 متر

➤ مساحة سطح الفلتر = ط \* نق = 2 \* ( 3.14 \* 1.4 \* 1.4 ) = 6.15 م<sup>2</sup>

➤ معدل الترشيح للفلتر = 10 م<sup>3</sup>/م<sup>2</sup>/2 ساعة

➤ تصرف الفلتر = معدل الترشيح \* مساحة السطح / الزمن

❖ متوسط تصرف الفلتر = 6.15 \* 10 = 61.5 م<sup>3</sup>/3 ساعة .



## 10 الفلتر الكربوني النشط :

الغرض منه ازالة الكلور الموجود في مياه التغذية أو الذي تم اضافته و ازالة الرائحة الغير مرغوب في ها وإزالة المزداد العضوية عن طريق الادمصاص (الامتصاص علي سطح المادة). في بعض الوقت لا يستطيع الفلتر الكربوني التخلص كليا من الكلور وذلك يتم حقن صوديوم ميتا باي سلفايت SMBS



تصميم الفلتر الكربوني :- يتم تصميم الفلتر الكربوني وفقا لحجم الحبيبات و زمن التلامس لحساب عمق طبقة الكربون المستخدم :- عن طريق قطر الحبيبه

$$D = 1500 \times S$$

$D$  = عمق طبقة الكربون بـ ملم ,  $S$  = قطر الحبيبه المستخدمه بـ ملم

يوجد علاقه طرديه بين حجم الحبيبه و حجم طبقة الكربون المستخدمه حيث ان كلما زاد حجم الحبيبه كلما زاد حجم طبقة الكربون و كلما قلت قل حجم طبقة الكربون واصبح أكثر كفاءه.

عيوب الفلتر الكربوني:

ان الكربون النشط لا يستطيع التخلص من الكلور و المواد العالقه التي علقته به عن طريق ( Back wash ) وذلك يتم التخلص من الكلور و المواد عن طريق حرق الكربون عند درجات حراره عاليه جدا تصل الي 1000 درجة مئوية .

كلما زادت حجم طبقة الكربون النشط ادي الي نمو البكتيريا في أسفل القاع الفلتر الذي يعتبر الكربون ماده غذائيه جيده لها .



## 11 الفلتر الرملى الأخضر :

يعد من الفلاتر المؤكسده التي تعمل علي أكسده بعض العناصر الموجوده في مياه التغذية مثل الحديد و المنجنيز وتحولها الي رواسب .

يتكون هذا الفلتر من حبيبات ماده الزوليت ( Zaalite ) المشتقة من معدن الجلوكونايت (Glauconite) التي تمتاز باللون الاخضر وهذه الحبيبات مغطاه بطبقة من أكسيد المنجنيز التي تكونت بفعل أكسده المنجنيز بواسطة محلول برمنجانات البوتاسيوم  $KMnO_4$  .

يسمي هذا الفلتر بالفلتر المؤكسد حيث يؤكسد الحديد و المنجنيز الذائب الي الحديد و المنجنيز المترسب التي يتم التخلص منها عن طريق الغسيل العكسي للفلتر .

متي يتم استخدام هذا النوع ؟



يتم استخدام هذا الفلتر عند تركيزات الحديد و المنجنيز ما بين 3 - 10 جزء في المليون واذا قلت التركيزات عن هذا الحد يكفي بالفلتر الرملى أو الاكسده بالكلور .. و اذا زادت التركيزات عن 10 جزء في المليون يتم اللجوء الي الاكسده الاولى بالكلور قبل مراحل الفلتره

هذا الفلتر يحتاج الي إعادة تنشيط كل فتره Regeneration ببرمنجانات البوتاسيوم .

## 12 فلتر البيرم :

البيرم هو اختصار لأسم الطريقة وهي Burgess Iron Removal Method وهو فلتر يشبه الفلتر الرملى .

فلتر البيرم يزيل الحديد من المياه حتي 10 جزء في المليون بجانب أىضا المنجنيز ولا ينصح بإستخدامها مع التركيزات الكبيرة للمنجنيز .

البيرم عامل حفاز غير ذائب في تنشيط تفاعل الحديد مع الأوكسجين الذائب تحوله إلي حديد ثلاثي يترسب علي حبيبات البيرم ويمكن ازلتها بالغسيل العكسي .

مع زياده نسبة تركيز الحديد في مياه التغذية يجب ان نقلل من سرعة الفلتره وتسمي بالسرعة الخطية Linear Velocity .

هذا الفلتر لا يحتاج الي إعادة تنشيط Regeneration لأنه يعتمد علي الاكسجين الذائب الموجود في مياه التغذية انما يحتاج فقط عمل غسيل عكسي له كل فتره لإزالة الرواسب.

#### • عيوب فلتر البيرم :

نسبة الاكسجين الذائب في المياه يجب ان يساوي 15% من كمية الحديد و المنجنيز واذا قلت هذه النسبة يتم حقن هواء .

بالنسبة الي الرقم الهيدروجيني PH يجب ان تكون 8.6 أو اكثر لأكسده الحديد واذا قلت هذه النسبة يتم اضافة مواد ترفع من القيمة مثل Soda Ash , ويجب ان لا تتعدى قيمه الـ PH عن 5.8 وذلك يؤدي الي تكوين الحديد الغروي Colloidal Iron الذي يصعب فلتريته .

وفي حالة المنجنيز يجب ان تكون الـ PH ما بين 9 : 8 حتي تتم الأكسده ويقال الأفضل في حالة وجود الحديد و المنجنيز معا يتم استخدام الفلتر الرملي الاخضر أفضل خاصة لو وجد نسب كبيره من المنجنيز

أثناء استخدام فلتر البيرم يجب تجنب تلك المواد لأنها تؤثر علي كفاءة من أمثلة هذه المواد :-  
البولي فوسفات Poly Phosphate , كبريتيد الـ هيدروجين الذي رائحته تشبه البيض  
الفاسد, المواد العضويه لا تزيد عن 4 - 5 ppm, الكلورين لا يزيد عن 0.5 ppm.

#### • الفلاتر الميكرونية (الكارتريدج) :

وهي مرحله تسبق مباشره الدخول علي أغشيه المحطه

\* فلتر الكارتريدج يعتبر أمان وحمايه للأغشيه وظلمية الضغط العالي من الجزئيات المعلقة الكبيرة نسبياً والتي ربما مرت من الفلتر الرملي والكربوني بجانب المواد المعلقة الصغيرة التي لا تستطيع الفلاتر الرملية حجزها فهي تعتبر بمثابة تأكيد علي نقاء المياه قبل الدخول علي الأغشيه.



يتكون هذا النوع من خيوط من البولي بروبيلين أو من ألياف قطنية علي هيئة خيوط ملفوفة أو مضغوطة تحت درجة حرارة تحجز العوالق ولها قطر معين تبعاً للاحتياج

يوجد مقاسات مختلفه الخاصه بفلاتر الكارترديج مثل 1 , 3 , 5 , 10 , 25 ميكرون .



شمعات الفلتر المستخدم في المعالجة الأولية يكون غالبا 5 ميكرون ويكون طول شمعة الفلتر 40" أو 50" و النوعان المشهوران هما الشمع الملفوف حلزونيا و الشمع المصمت .

متي يتم تغيير شمعات الفلتر القطني ؟

- عندما يكون فرق الضغط بين الدخول و الخروج 1 بار .
- انتهاء العمر الافتراضي لها.
- تبعا لجوده مياه التغذية و اختبار SDI.

#### • حساب تصريف الفلتر القطني

➤ يتم حساب تصريف الفلتر القطني من خلال حاصل ضرب  
تصريف الترشيح للشمعة \* عدد الشمعات داخل الفلتر ) .

➤ معدل الترشيح للشمعة = ( 0.6 - 0.8 ) م<sup>3</sup>/الشمعة 10 بوصة قطر 2 بوصة او ( 10 م<sup>3</sup>/2م س )

❖ مثال توضيحي :

❖ لون ان لدينا فلتر قطني يحتوى على عدد (60) شمعة قطنية -

الشمعة 40 بوصة تعمل بمعدل ترشيح ( 0.6 ) م<sup>3</sup>/الشمعة 10 بوصة

❖ احسب متوسط تصريف الفلتر القطني المذكور

➤ تصريف الشمعة = معدل الترشيح \* طول الشمعة = 0.6 \* 4 = 2.4 م<sup>3</sup>/س

➤ معدل تصرف الفلتر = تصرف الشمعة الواحدة \* عدد الشمعات =  $144 = 60 * 2.4$

م/3س

### تلمبات الضغط العالي

وجه المقارنة	تلمبات بستمية	طاردة مركزية
CHECK VALVE	تحتاج	لا تحتاج
كمية المياه	ثابتة وبالتالي الإنتاجية ثابتة	متغيرة
حساس ضغط عالي	يجب التركيب	لا تحتاج
البساتم	فردى فقط	فردى وزوجى
خرائط السحب والطرء	تحتاج	لا تحتاج
ممتص صدمات (Dumber)	يلزم استخدامه فى السحب والطرء	لا تحتاج
سرعة الدوران	منخفضة	عالية
الحجم	كبيرة	صغيرة وبالتالي اقل ثمنا
الصيانة	صيانة قليلة بتكلفة منخفضة	صيانة كثيرة بتكلفة عالية
استهلاك الكهرباء	منخفض	عالى



## درجات الاستانلس والأكواد الخاصة بها

## Stainless Steel

## • الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي

## Austenitic Stainless Steels

يحتوي الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي الأكثر شيوعاً على 18% كروم و 8% نيكل. لديهم مقاومة ممتازة للتآكل ، قابلية اللحام.

الموديل	الخواص
253MA (S30815)	درجة حرارة عالية المقاومة
301LN ، 301L ، 301	قوة عالية للمكونات الهيكلية المشكلة
302HQ	درجة تقسية منخفضة لدرجة التصلد للأجزاء السحابة الباردة
303Se ، 303	درجات شريط بالقطع الحرة
316H ، 316L ، 316	تحسين مقاومة للتآكل تأليب في بيئات كلوريد
321H ، 321 ، 347	درجات ثابتة للحام القسم الثقيل وتطبيقات درجات الحرارة العالية
904L	مقاومة عالية للتآكل العام والتأثير والتآكل للتصدع
310H ، 310S ، 310	درجات عالية مقاومة درجات الحرارة
304H ، 304L ، 304	قياسي 8/18 درجات

## • دوبلكس الفولاذ المقاوم للصدأ

## Duplex Stainless Steels

زيادة تركيز الموليبدنوم وجعلها أقوى من حيث مقاومة التآكل من الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنيتي

Cr-Ni-Mo

يحتوي على الكروم عالية نسبياً (بين 18 و 28 %) و كميات معتدلة من النيكل (بين 4.5 و 8 %) ، الموليبدنوم والنيتروجين لإعطاء بالقرب من مزيج متساو من الأوستنيت والفريت. محتوى النيكل

غير كاف لتوليد بنية الأوستنيتي بالكامل والمجموعة الناتجة من الهياكل الحديدية والأوستنيتي يسمى دوبلكس.

يحتوي معظم الفولاذ المزدوج على الموليبدنوم في نطاق يتراوح بين 2.5 و 4%. هذه لديهم مقاومة عالية للتآكل الإجهاد ، تكسير وأيونات كلوريد تشقق. لديهم أعلى الشد وإعطاء قوة من الأوستنيتي من الفولاذ من الحديد وكذلك جيدة قابلية اللحام والقابلية للتشكيل. وهي تستخدم عادة في التطبيقات البحرية ، محطات تحلية ، مبادلات حرارية ، مصانع البتروكيماويات . موصى به الموسعة استخدام حدود درجة الحرارة من -50 إلى +300 درجة مئوية بسبب النقص - 2101 Lean duplex بديل اقتصادي لـ 304 و 316 - 2304 دوبلكس بديل للصف 316

2205	ستاندرد الفولاذ المقاوم للصدأ القياسية - مقاومة عالية للتآكل وتأثير الإجهاد
2507	سوبر دوبلكس مع مقاومة عالية جدا للتآكل وتأثير الإجهاد
2507Cu	سوبر دوبلكس مع مقاومة عالية جدا للتآكل وتأثير الإجهاد

لتحميل جداول الخصائص والصفات لأنواع Stainless Steel

الملف بصيغه pdf

<http://www.atlassteels.com.au/site/pages/stainless-steel-tube-pipe-and-fittings.php>

## أوعية الضغط ومكوناتها

يتم تصنيفها من حيث القطر باقطار (8&16&6&4&2.5) بوصة

من حيث الضغط (1200 & 1000 & 600) psi



من حيث عدد الاغشية من ( 1 الى 7 )

أنواع الأغشية المستخدمة في التحلية ( RO )

### • اللوح الحلزوني: Spiral wound module

وهذا هو النوع التقليدي والأكثر شهرة ... حيث يتم

تشكيل هذه الأغشية على هيئة ألواح حلزونية

واسعة في طبقات متتالية مع وجود مواد مدعمة

مثل "الظرف envelope" وهذه الألواح تكون

ملفوفة على أنبوبة من الصلب وهذه الأنبوبة

الصلبة متقبة Perforated steel tube ويتم

تثبيتها في الجزء الأوسط من وعاء الضغط وتسرى فيها مياه البيرميت كما ذكرنا وتسمى أيضاً

Permeate collection tube.

وهذا التصميم يساعد على زيادة مساحة السطح في أقل حيز وتكلفته منخفضة ولكن يعيبه حساسيته

للتلوث وصعوبة صيانتها بسبب طريقة صنعه.

وما يحدث هو أن مياه التغذية تدخل إلى فراغات تسمى feed spacer ثم تخترق الغشاء لتدخل عبر قنوات أخرى تسمى spacer permeate channel بين طبقات الأغشية حيث تسرى فيها المياه المفلترة أو البيرميت في مسارات حلزونية ومنها إلى الأنبوبة الداخلية التي تتجمع فيها مياه البيرميت. إسم آخر يطلق على القنوات spacer permeate channel هو ال permeate water carrier نظراً لأنه يحمل مياه البيرميت إلى الأنبوبة الداخلية. ونلاحظ وجود طبقات داعمة (دعامات) تلف بشكل حلزوني مع الأغشية لتثبيتها وحمايتها من التغير في الضغوط أو زيادة كثافة التحميل عليها. وأحببنا أن نمد حضراتكم بعدة صور من هذا النوع كي يتضح ما قلناه ... تأملوا كل جزء في هذه الصور من حيث الطبقات وترتيبها وسريان المياه داخل الأغشية...

#### • Hollow fine fibers module (HFRO)



وهي تشبه خيوط شعر الرأس المجوفة ... وهي عبارة عن غلاف أو Shell يحمل بداخله عدد كبير من الأنابيب tubes أو شعيرات مجوفة hollow fibers ومجمعة في حزم Bundles ولها قطر من 0.1 إلى 2 ملليمتر ... وعندما يدخل مياه التغذية خلال فتحات

الألياف (open cores) فإن المياه تخترق جدار الألياف وتخرج البيرميت في المنطقة المحيطة بها (وليس من المنتصف كما في اللوح الحلزوني).

ولأن هذه الشعيرات المجوفة لا تسمح بحدوث تدفق مضطرب turbulent flow فإنها تكون عرضة أكثر للفاولينج أو تكون القشور Scale ومن الصعب تنظيفها كيميائياً ... ولذلك في الغالب ما تستخدم مع مياه البحر حيث أن احتمال تكون الفاولينج يكون ضعيف ... واستخدامه مع المياه ال brackish يكون محدود

### • الأغشية الأنبوبية: Tubular membrane

هذا النوع أيضاً يتم استخدامه مع المياه ذات الجودة السيئة أو اللزجة Viscous وهي لا تحتاج لمعالجة



ابتدائية لمياه التغذية وتعمل لضغوط عالية جداً قد تصل إلى 100 بار

ومن الاسم نستنتج أن كل غشاء يوضع في أنبوبة متقوبة وهذه الأنابيب يتم تجميعها مع بعضها كالحزمة فيما يسمى بالـ Module وقطر الأنبوبة يتراوح ما بين 4 – 25 مم .

تدخل مياه التغذية إلى الأنابيب والبيرميت الذي نفذ عبر الأغشية يخرج من الثقوب الجانبية ليتم تجميعه ومياه الريجيكت تخرج من الطرف الآخر من الأنابيب.

### • plate and frame membrane module

يعتبر النوع ده مثالي للتطبيقات التي تحتوي علي نسبة عاليه من ال suspended solids أو ال high TSS، و جاءت تسميه هذا النوع من الشكل اللي تم تصنيعه به ، لأن توزيع ال membranes



فيه بالفعل علي شكل ألواح أو flat sheets ويتم وضعها علي شكل plates و ربط كل اثنين منها

back to back مع أنبوب ال permeate الرئيسي ، ال support plate اللي في النص ده لتفادي إن الممبرينات تلتزق في بعض ، و أخيراً بيتم جمع الهيكل ده كله داخل إطار أو frame كما هو مبين ف الصورة.

## جدول يوضح مقارنة بين أنواع الأغشية

Hollow fiber	Spiral wound	Plate and frame	Tubular	نوع الغشاء من حيث
عالية جدا	عالية	قليلة	قليلة جدا	كثافة الحشو (packing density)
عالية جدا	عالية	قليلة	قليلة جدا	الميل لتكون الفاولينج (Fouling)
ضعيف	جيد	جيد جدا	ممتاز	سهولة التنظيف (Cleaning)
منخفضة	منخفضة جدا	عالية	عالية جدا	تكاليف التشغيل (Operating cost)

## جدول يوضح تطور الأغشية

THIN FILM COMPOSITE	سيلليوز تري أسيتات CELLULOSE TRI- ACETATE	سيلليوز أسيتات CELLULOSE ACETATE
حساس تجاه مادة الكلور مما يلزم إزالتها قبل وصول المياه إلى الأغشية. مقاوم للبكتيريا. نسبة حموضة PH تتراوح بين 3 و 11. من أكثر أنواع الأغشية إنتاجا للمياه. salt rejection عالية. سنوات خدمة طويلة في حال توفرت مواصفات التشغيل الصحيحة.	تحمل لمادة الكلور. يتحمل أنواع متعددة من البكتيريا. نسبة حموضة PH تتراوح بين 4 و 8. معدل إنتاج مياه ممتاز. استعمال مياه تحتوي على كلور يطيل عمره.	يتحمل لمادة الكلور غير مقاوم للبكتيريا. نسبة حموضة PH تتراوح بين 6 و 8. معدل إنتاج مياه جيد. يستعمل مع مياه تحتوي على نسبة معينة من الكلور.

## التعرف علي أجهزة القياس المختلفة

### أجهزة القياس الكيميائية والفيزيائية

- جهاز قياس الكلور المتبقى ( Oxidation Redaction Potential : ORP )
- جهاز قياس الاس الهيدروجيني ( PH )
- جهاز قياس التوصيلية الكهربائية ( Conductivity )
- جهاز قياس العكارة ( Turbidity )
- جهاز قياس مؤشر كثافة الطمي ( SDI )
- جهاز قياس درجة الحرارة

### أجهزة القياس الميكانيكية والكهربية

- جهاز قياس الضغط
- جهاز قياس فرق الضغط
- جهاز قياس التدفق
- جهاز قياس المنسوب
- جهاز قياس الجهد الكهربى
- جهاز قياس التيار الكهربى
- جهاز قياس الاهتزازات
- جهاز قياس معامل القدرة

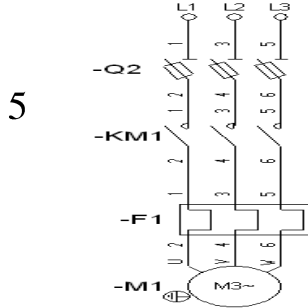


## أنواع بادئات حركة

## • طريقة التحميل المباشر direct on line start

هو أبسط الأنواع و فيه نوصل المصدر مباشرة الى المحرك

يجب استخدامه فقط في المحركات منخفضة القدرة ( عادة اقل من حصان )



5

## • Star-Delta Motor Starting method

هذه الطريقة مناسبة للمحركات ذات الست أطراف والتي توصل ملفاتها على شكل دلتا (  $\Delta$  ) أثناء التشغيل العادي حيث توصل ملفات العضو الثابت عند البدء على شكل ستار (Y) ونتيجة لذلك يقل جهد الوجه إلى  $(1/3\sqrt{3})$  من جهد المصدر وينخفض تيار الخط إلى  $(1/3)$  قيمة التيار المار في حالة التوصيل على شكل دلتا وبالتالي فإن العزم ينخفض إلى  $(1/3)$  قيمته المقننة ويتم توصيل الأطراف على شكل ستار حتى تصل سرعة العضو الدوار إلى 75% أو 80% من السرعة المقننة حينئذ يتم أتماتيكيًا تغيير التوصيل إلى دلتا ...

## • السوفت ستارتر Soft Starter

جهاز يقوم بالتقويم الناعم للمواتير ذات القدرات الكبيرة والمتوسطة لتقليل تيار البدء والذي يكون عاليًا عند التشغيل المباشر للموتور من خلال كونتاكتور مثلاً ولرفع سرعة الحمل تدريجياً من الصفر حتى السرعة القصوى وهو البديل الأفضل لدوائر ستار دلتا خاصة في القدرات الكبيرة والحاجة إليه مرتبطة بقدرة الموتور. وعند الانتهاء من تقويم الموتور يقوم بتشغيل كونتاكتور داخلي ويتحول إلى كونتاكتور عادي. يمكن أيضاً استخدامه لإيقاف الحمل تدريجياً Soft Stop حماية له يؤدي الجهاز مهمته في التقويم والإيقاف الناعمين عن طريق تطبيق جهد التغذية بشكل تدريجي من قيمة معينة Starting Voltage حتى قيمة الجهد في خلال فترة Start Time وذلك باستخدام ثايرستور لكل فازة والتحكم في درجة إشعاله Firing يعني هو يقوم باجتزاء الجهد المطبق ويرفع من نسبة هذا الاجتزاء تدريجياً حتى يصل إلى 100 % وفي كل الحالات يكون للموجة نفس تردد الموجة المغذية



### • (Variable frequency drive) VFD

جهاز يستخدم للتحكم في سرعة مواتير AC من لحظة تشغيلها إلى لحظة إيقافها مروراً بفترة تشغيلها العادية والحاجة إليه مرتبطة بمدى الرغبة في تغيير سرعة الحمل وليس بقدرة وحجم الموتور. يتحكم الجهاز في سرعة الموتور عن طريق تغيير جهد وتردد الموجة المطبقة على ملفات الموتور ويتم ذلك من خلال تحويل الجهد AC المغذي للجهاز إلى جهد DC بواسطة موحد Rectifier IC و مكثفات الكتروليتية ثم تحويله إلى موجة ترددية AC عن طريق مجموعة من الترانزستورات - عادةً من نوع - Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT هذه المجموعة تكون ما يسمى Inverter IC وهذه الموجة يمكن التحكم في قيمة الجهد الفعال لها وفي ترددها عن طريق التحكم في معدل وطريقة اشعال Firing هذه الترانزستورات حتى نحصل على السرعة المطلوبة. أحياناً تكون Rectifier IC و Inverter IC كل منهما منفصلة وأحياناً يتم دمجها في IC واحدة تعرف بـ IGBT Module.

نتيجة لتغيير الجهد والتردد معاً للموجة المطبقة على الموتور فإن العزم يكون تقريباً ثابت والامبير الذي يسحبه الموتور لا يتعدى تقريباً الامبير المقنن للموتور Rated Current حتى عند بدء الدوران Starting يتحكم الانفرتر في تقويم الموتور بنفس طريقة تحكمه العادية في حالة التشغيل العادي حيث يقوم برفع الجهد والتردد تدريجياً من الصفر حتى يصل إلى السرعة الأولية المبرمجة أو السرعة المطلوبة Reference Speed في خلال نسبة من زمن يسمى زمن التسارع Acceleration Time تم تحديده وبرمجته مسبقاً

وكذلك عملية إيقاف الموتور يقوم بخفض الجهد والتردد تدريجياً من القيمة التي هو عليها لحظة طلب الإيقاف حتى يصل إلى الصفر في خلال نسبة من زمن يسمى زمن التسارع Deceleration Time تم تحديده وبرمجته مسبقاً

هذه النسبة تكون 100 % إذا كانت السرعة الأولية للتشغيل هي السرعة القصوى أو السرعة الحالية لحظة طلب الإيقاف هي السرعة القصوى يتم برمجة الجهاز على القيم المقننة للجهد والتردد والامبير للموتور. يمكن برمجة الجهاز لرفع سرعة الموتور عن السرعة المقننة - عندنا في مصر 50 هرتز - ولكن سيكون ذلك على حساب العزم حيث لا يمكن زيادة الجهد عن القيمة المقننة

أيضاً الانفرتر لن يستطيع إخراج قيمة جهد أعلى من التغذية وعليه فلا يمكن تشغيل موتور 380 على انفرتر 220 وإذا تم فسيكون العزم أضعف

### الغسيل الكيميائي

الغسيل الكيميائي للأغشية هو مرحلة نضطر إليها لتنظيف أغشية التناضح العكسي بسبب ظهور الفاولينج والقشور على أسطحها وهي عملية تهدف إلى تخليص الأغشية المسكينة من الترسبات وتحويلها إلى مواد ذائبة يتم التخلص منها بعيداً عن أوعية الضغط هي عملية الهدف منها رفع كفاءة وجودة الأغشية مرة أخرى عن طريق التخلص من الرواسب المترakمة ... الجدير بالذكر أننا نقوم بالغسيل العكسي للأغشية حيث اتجاه سريان مواد الغسيل هو نفسه اتجاه المياه المغذية للمحطة

أولاً : مؤشرات اللجوء إلى الغسيل الكيميائي

وكيف نعرف ان هنالك Fouling وما هو علاجه و ما هي اسبابه وطرق علاجه

اي نوع من الترسبات scaling التي تترسب او تظهر على سطح الغشاء بما فيه Fouling ويظهر على اداء الاغشية تحدث الآتي

- 1- ينخفض ال flux بنسبة 10 – 15% من قيمته في الظروف الأولية.
  - 2- ارتفاع ضغط التغذية feed pressure بنسبة 10 – 15% من قيمته في الظروف الأولية.
  - 3- انخفاض ال Salt rejection بنسبة 5 – 15% من قيمته في الظروف الأولية (أو ارتفاع نسبة الأملاح في المياه المنتجة بنسبة 5 – 15% من قيمته في الظروف الأولية).
- ملحوظة: الظروف الأولية Initial conditions هي الظروف التي كانت عليها الوحدة أثناء أول 48 ساعة بعد ثبوت القراءات يعنى عند ال start up لذا يجب تسجيل هذه القراءات الأولية وتدوينها أو إستخراجها من برنامج ( Normalization ) لأنها ستكون المرجع الذى سيتم مقارنة القراءات الجديدة به .

4- زيادة Salt passage في المياه المنتجة

5- نقص في permeate flow للمياه المنتجة

6-زيادة في فرق الضغط بين feed و concentrate



تتخلص اسباب حدوث Fouling كالاتى :

- 1- نظام المعالجة الاولى غير كافي
  - 2- اختلال في نظام المعالجة الاولى
  - 3- اختيار غير مناسب للمعدات (الخطوط, المضخات)
  - 4- فشل في نظام حقن الكيماويات او انة لا يعمل
  - 5 . عدم ملائمة ظروف التشغيل
  - 6- تراكم الرواسب على فترات طويله
  - 7- .تغير في تركيب مياه التغذية feed
  - 8- التلوث البيولوجى لمياه التغذية feed
- يتم علاج Fouling بالغسيل الكيميائى للاغشية لذا فأن الاختيار الخاطئ للكيماويات في الغسيل يؤدى الى تدهور الغشاء او تلفه

مكونات منظومة الغسيل الكيماوى CIP Unit وشروط بدء الإستخدام

هي عبارة عن خزان متوصل بأنابيب مع محطة التحلية بحيث يتم تدوير المياه في دائرة مغلقة تضم الخزان مع كل pressure vessel داخل محطة الـ R.O. عبر مضخة حيث تتحرك المياه من الخزان عبر المضخة إلى المحطة و الرجوع مرة ثانية إلى الخزان مع التأكيد بأن خط انتاج المحطة و خط المياه المرفوضة تصب في هذا الخزان.

#### • الأحتياجات الواجب مراعاتها قبيل و اثناء عملية الغسيل:

- 1- مراعاة شروط السلامة لعمال و فنين المكان و الخاصة بالتعامل مع الكيماويات ووجود نشرة الأمان و السلامة لكل المواد المستخدمة
- 2-التأكد من أن المياه المستخدمة في عملية الغسيل خالية تماما من الكلور الحر
- 3- أثناء عملية تدوير المياه التأكد من أن خطي الانتاج و الراجع تتدفق منه المياه داخل الخزان

- 4- ضغط المياه على الخط لا يتجاوز 4 بار بضبط محبس مضخة التدوير
- 5- التأكد من أن كل محابس التغذية و المياه الراجعة مفتوحة تماما.
- 6- التأكد من أن معدل تدفق المياه لا يتجاوز 9 م<sup>3</sup> / الساعة.
- 7- قيمة الـ pH للمحلول المجهز داخل الخزان لكل أنواع الكيماويات المستخدمة يجب أن يكون ما بين 2 - 12 وكذلك على جميع نقاط التدفق.
- 8- إزالة أي float switch على الخزان لتفادي أي back pressure على الـ Membrane
- 9- ملئ خزان الغسيل بالكمية المطلوبة من المياه طبقا للحسابات المتفق عليها في عمليات الغسيل اذا كانت المحطة تتكون من مرحلتين أو 3 مراحل، يفضل فصل كل مرحلة و غسلها على حده حساب كمية المياه المطلوبة للغسلة الواحدة:
- كل غشاء 8 بوصة يحتاج إلى 32 - 35 لتر، لذلك نحسب عدد الـ membranes الموجودة في المحطة و نضربها 35 X لتر بالإضافة إلى حجم الخزان ونضيف عليهم 20% يتم التخلص منها كـ once Through عند بدء العملية وقبل ما بنعمل. recirculation
- طريقة الغسيل الكيميائي لمحطة-: Reverse osmosis
- نحدد بالظبط نوعيه المشكلة عن طريق تحليل الـ scale ومعرفة نوعه وكميته و اذا وجد fouling وبالتالي هنقدر نرشح المواد المطلوبة للغسيل.
- الحالات العامة والمحتملة للمشاكل:
- 1- فإذا كانت المشكلة fouling نقوم بالغسل بـ alkaline cleaners مثل صودا اش أو صودا كاوية مضافاً إليهم . detergents في حالة وجود fouling يحذر استخدام أي acid في بداية الغسيل لان الحمض يجعل كل الحبيبات الدقيقة تلتصق على سطح الاغشية يصعب جدا ازالته لذلك يجب التأكد اذا كان فيه fouling سواء bio fouling أو normal fouling .
- 2- في حالات وجود ترسبات ملحية ناتجة عن تراكم أملاح الكربونات، يجب استخدام الأحماض مثل citric acid أو sulfamic acid و دائماً hydrochloric acid

3- في حالات وجود metal oxides و sulphate salts يتم استخدام chelating agents

4- وفي حالة تواجد أملاح للباريوم و الإسترانسيوم و الفلورايد و السليكا وهي الاصب على الإطلاق في إزالتها لذلك يفضل أن يتم عمل pre-treatment للمياه بشكل فعال قبل دخولها على المحطة لتفادي تراكم المشاكل لذلك من المهم جدا تحليل المياه في بداية تشغيل المحطة و رسم تصور لأنواع التكتلات المحتملة وكيفية التغلب عليها في التصميم.

مياه التغذية عادة ما تحتوي على (مواد عضوية ,بكتيريا ,طفله, اكاسيد معادن,رواسب الكالسيوم.....الخ) والتي تؤثر على اداء Membrane, والتي تترسب على سطح الغشاء.

وحتى يقوم الغشاء بعمله بشكل جيد يجب حمايته من الحالات الاتية:

1- الأكسدة. Oxidation

2- الاتساخ Fouling

3- التلوث البكتيري Bio fouling

4- الترسيب Scaling

لذا تم وضع نظام المعالجة الأولية Pretreatment system للحد من الملوثات ومعالجة الحالات السابقة, والحفاظ على سطح الغشاء وجعل النظام يعمل بكفاءة .

كيف تتكون الترسبات:

تبدأ أول مراحل الترسبات حيث تتشكل بلورات (كريستالات) الأملاح تشكياً مبدئياً في مرحلة نسميها pre-clustering أو مرحلة ما قبل تكون عناقيد البلورات ... وهذه البلورات تكون مصيدة لجزيئات أخرى من الأملاح فوق مرحلة التشبع ... تتراكم بعضها فوق بعض لتكون بلورات ضخمة تترسب على سطح الأغشية .

إن ديناميكية عملية الترسيب يؤثر فيها عدة عوامل مثل الحرارة و ال pH والتركيب الكيميائي للأملاح نفسها والزمن اللازم لتكون بلورات هذه الأملاح المختلفة ويطلق عليه ال induction time

من صور الترسبات الكيميائية التي تظهر في الأغشية: السليكا والكاتيونات الموجبة: الكالسيوم والمغنيسيوم والباريوم والاسترانسيوم

والكاتيونات السالبة: الكربونات والكبريتات والفوسفات

وتسبب تكون القشور Scales أعراض مهمة أهمها ثقل وزن الغشاء وانخفاض في تدفق المنتج نظراً لحدوث ترسبات تسد تقوَب الأغشية

قبل البدء في عملية الغسيل تحديد نوع Foulants كي نحدد نوع الغسيل اللازم ويتم ذلك بإتباع الآتي :

- 1- الاطلاع على التحاليل الخاصة بمياه التغذية والمعالجة الإبتدائية.
- 2- فحص فلتر الكارتريдж قبل الأغشية عند الشعور بلمس لزج أو جيلاتيني فإنه يدل على وجود بایوفاولینج أو فاولینج عضوی كما أنه یمتاز باللون الأسود أو القاتم وإذا وجدت طفلة على الفلتر والمعروفة بلونها البیج (الطحینی الفاتح) وهی تتكون على الفلتر بصورة أكبر من الأغشية فنقول أن هناك مؤشر لفاولینج فیزیائی.
- 3- ورقة الترشيح الخاصة بال SDI تعطى مؤشر بنوع الاتساخ من خلال اللون فمثلاً اللون الأصفر يعبر عن احتمالية وجود الحديد أو المواد العضوية واللون الأحمر أو البنی المحمر یعبر عن وجود حديد بصورة أوضح واللون الأسود یعبر عن احتمالية وجود منجنيز ويذهب هذا اللون الأسود عند معاملة ورقة الترشيح بحامض. فإذا كان اللون رمادياً غامقاً فإنها قد يدل على وجود رقائق الفحم ويجب عمل فحص للفلتر الكربوني أو فحم الأنثراثيت فی المالتيميديا.
- 4- الاطلاع على تاريخ الغسيل للمحطة كي نحدد ونركز وجهتنا.
- 5- المواسير فی المحطة سواء أكانت PVC أو استانلس ستیل يتم كشط عينة من المواد المترسبة علیها كي تعطى مؤشر لنوع الفاولینج الذی قد یترسب على الأغشية قد تظهر طفلة قد تظهر ترسبات الحديد الذی لا یكتفى بالأغشية بل یترسب على كل أجزاء الوحدة من مضخات وخطوط ولونه بنی محمر.
- 6- فتح أوعية الضغط الأمامية قد نرى المياه الساقطة بها طفلة فنعرف أن المحطة تحتوى علیها بنسب كبيرة ونبدأ بال Anti-telescoping device والأجزاء البلاستيكية الخاصة بالأغشية وننظر إلى ملمسها لو كانت طبقة لزجة فیکون هناك بیو فاولینج أو فاولینج عضوی ولو ظهر لون بنی محمر مثلاً فیکون هناك ترسبات للحديد ونفتح كذلك ال end cap فی المراحل الأخيرة من الأغشية فإذا وجدنا ملمس خشن (مثل ورقة الصنفرة) فهی بوادر لتكون قشور الأملاح .
- المنجنيز یترسب مع الحديد فی مقدمات الأغشية وأحياناً كثيرة یترسب فی النهايات ناحية الریجیکت

وغالباً ما يكسو الغشاء باللون الأسود أو الأسمر ولكن بدون رائحة (عكس البيوفاولينج المعروف برائحته الكريهة!)

7- تحليل أداء المحطة من خلال log sheet

8- تحليل مياه التغذية

9- مراجعة مرات الغسيل السابقة

10- ملاحظة اذا كان هنالك ترسيب foulants على السطح الداخلي لخطوط مياه التغذية

الكيمائيات المستخدمة في عملية الغسيل.



ما هي أنواع الكيماويات التي تستخدم في الغسيل الكيماوي للأغشية؟  
اختيار المادة المستخدمة في الغسيل نرجع فيها إلى توصيات الشركة المنتجة للأغشية وليس للشركة التي تورد هذه المواد الكيماوية

الغسيل الكيماوي ينقسم إلى 3 أقسام

1- الغسيل الحامضي.

2- الغسيل القاعدي.

3- الغسيل الحيوي

4- بمواد كيميائية أخرى.

وقبل أن نتكلم عن الغسيل الكيماوي يجب أن نعرف ونحدد نوعية الضرر الذي حدث للأغشية  
سنستعرض الآن أنواع الترسبات المختلفة ثم نذكر أنواع المواد التي تستخدم في الغسيل وكفائتها في  
تنظيف الأغشية والتفاعلات الكيميائية ثم بعملية عكسية نجمع أنواع الترسبات في جداول ونقترح  
الغسيل المناسب له

أنواع الانسداد (Fouling) المختلفة:

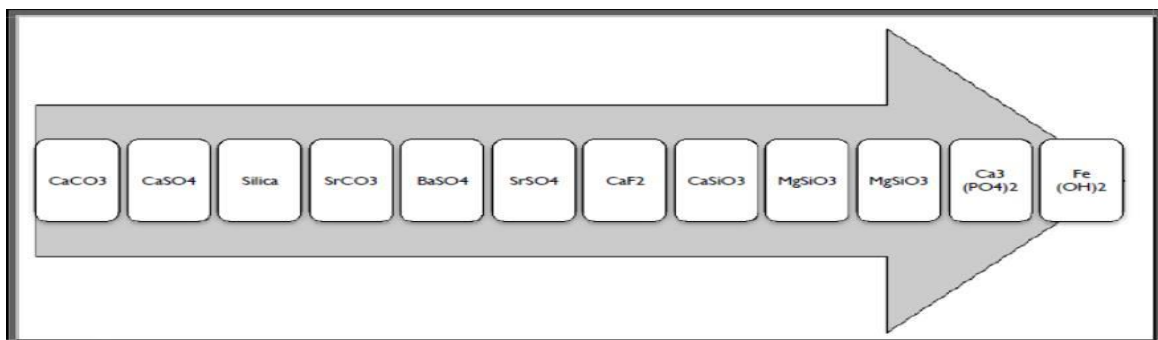
1- الانسداد الحيوي (Biofouling) نتيجة تراكم ونمو الكائنات الميكروسكوبية

2- الانسداد العضوي (Organic fouling) نتيجة تراكم مواد عضوية طبيعية أو مصنعة

3- الانسداد الغروي (Colloidal fouling) نتيجة تراكم المواد العالقة على الأغشية

4- انسداد الحديد والمنجنيز (Iron & Manganese fouling) ترسبات أكاسيد الحديد والمنجنيز

5- انسداد القشور الملحية (Scaling fouling) ترسبات قشور بعض الأملاح كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والسليكا وغيرها كما تظهر في الصورة التالية



المواد الكيميائية التي تستخدم في الغسيل الكيميائي ثم ننقل

### 1-الغسيل الحامضي Acidic cleaning

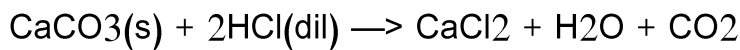
يتم تطبيقه بقيم للPH تتراوح ما بين 2 - 3 وهذا بناءً على التوصيات الخاصة بالغشاء من قبل الشركة الموردة وتحمل الأغشية لهذا الوسط

(الحمض القوي هو الحمض الذي يتحلل بالكامل في الماء فنستفيد بكل ذرات الهيدروجين التي تستخرج منه والحمض الضعيف هو الذي لا يتحلل بالكامل في الماء فلا تتحرر كل ذرات الهيدروجين منه ولذا عندما نستخدم الحمض الضعيف فيجب أن نزيد تركيزه عن الحمض القوي في عملية الغسيل أو نزيد الكمية التي نغسل بها أو الإثنان معاً.

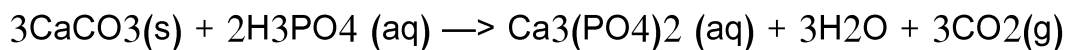
ومجموعة الأحماض لها القدرة على الاتحاد بالكاتيونات الموجبة الشائبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد الثنائي

الحمض يتحد مع شق الكربونات يعطى ثنائي أكسيد الكربون وماء بجانب الملح المشتق من الملح المترسب ويجب أن يكون ذائباً في الماء ولا يترسب هو أيضاً وإلا ذهبت مجهوداتنا أدراج الرياح يتم استخدام حمض الهيدروكلوريك أو حمض الفوسفوريك أو حمض الستريك أو حمض السلفاميك أو حمض الأوكساليك

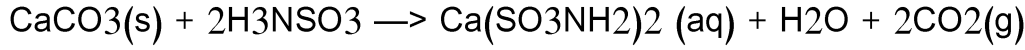
فحمض الهيدروكلوريك حمض قوي يعمل على إذابة الاملاح بكفاءة وعند اتحاد حمض الهيدروكلوريك المخفف مع كربونات الكالسيوم (أو الماغنيسيوم) ينتج كلوريد الكالسيوم الذائب ومعه ثنائي أكسيد الكربون والماء:



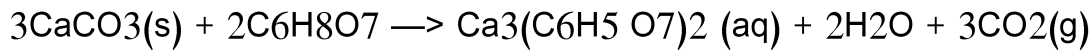
وحمض الفوسفوريك أيضاً يستخدم ويُعطى هو الآخر نتائج رائعة حيث يعطى ثنائي فوسفات الكالسيوم الذائب ومعه الصديقان المعتادان:



وحمض السلفاميك يكون الكالسيوم سالفاميت الذائب Calcium sulphamate إذا اتحد بـ كربونات الكالسيوم:



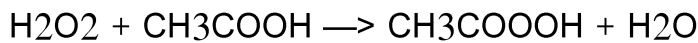
وحمض الستريك (حمض ملح الليمون) ... وإن كان يعتبر حمضاً ضعيفاً لكن يستخدم في إزالة كربونات الكالسيوم ويكون الكالسيوم سترات: Calcium citrate



كما أن حمض الستريك يعمل على إزالة الحديد المتراكم على الأغشية وخاصة الأغشية الأولى (القائدة) وحمض الستريك يميزه بأنه متوافر سهل المنال.

وحمض الكبريتيك لا يُفضل استخدامه في الغسيل حتى لا تترسب أملاح كبريتات الكالسيوم. أما فوق أوكسيد الهيدروجين Hydrogen peroxide أو ما يطلق عليه ماء الأوكسجين ورمزه الكيميائي  $\text{H}_2\text{O}_2$  فهو يستخدم كمعقم قوى يقتل الميكروبات ويسمى تجارياً في بعض الأحيان "البفرى".

فإذا اجتمع ماء الأوكسجين مع حمض الأسيتيك ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) كونا في الخليط الجديد ما يُعرف بـ حمض البيروكسيتيك أسيد Peracetic acid (PAA) أو البيروكسي أسيتيك أسيد Peroxyacetic acid والذي يستخدم في التعقيم ورمزه الكيميائي  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  بإضافة ذرة أوكسجين ثالثة على حمض الأسيتيك والأس الهيدروجيني pH يكون عند 2.8 يعنى حامضية عالية. والأوكسونيا Oxonia هي اسم تجارى لهذه التركيبة المتوازنة من ماء الأوكسجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  وحمض الأسيتيك.



البيروكسيتيك أسيد معقم قوى يدمر الغشاء الخارجى للخلية الميكروبية عن طريق الأكسدة. ولأن ماء الأوكسجين والبيروكسيتيك أسيد من المؤكسدات القوية وتسبب تأكسد طبقة البولى أميد في الغشاء فيجب استخدامها تحت شروط قاسية حتى لا يتلف الغشاء:

1- أن لا يزيد التركيز عن الحد الأدنى المسموح به طبقاً لطبيعة كل غشاء (ويُفضل استخدامها فقط مع أغشية السليلوز) وفي المعتاد يكون التركيز 25 فى الألف جزء فى المليون.

- 2- لارتفاع درجة الحرارة عن 25 درجة مئوية لأنها تحفز تفاعل الأكسدة لطبقة البولي أميد.
- 3- ضمان خلو الأغشية من أي عناصر إنتقالية مثل الحديد والمنجنيز لأن هذه العناصر من طبيعتها أنها تستخدم كموامل حفازة وبالتالي فهي تحفز هذه الكيماويات على مهاجمة وتدمير الأغشية ... ومن الواقع العملي لا يُنصح باستخدامها إلا تحت إشراف شركة الغسيل ومسؤوليتها وتعهدها بسلامة الأغشية
- يتم إضافة هذه المواد مع المياه بالتركيزات المحددة ويتم الغسيل نصف ساعة عند حوالي 3 بار وتقل ال pH إلى 3.5 ثم نقوم بعمل غسيل rinse بمياه جديدة في دائرة مغلقة ثم بمياه جديدة حتى تصل ال pH إلى 6 أو 7 كما كانت.
- ويفضل ال SMBS في التعقيم حيث يمكن حقنها مع مياه التغذية وهي تمنع ترسب الحديد والغشاء على الأغشية ... كما أنها تتمتع وجود الهواء ونمو البكتيريا الهوائية بجانب الحفاظ على الغشاء.

#### 2-الغسيل القاعدي Alkaline cleaning

- حيث يتم تطبيقه في pH تصل إلى 10 – 12 (ولا تزيد عن 12) وفي المعتاد يستخدم في التطهير وقتل الخلايا الميكروبية ... وفي أحيان يستخدم في إزالة الأملاح المترسبة.
- الغسيل القاعدي غير مناسب للأغشية النتنى تصنع من السليلوز حيث أقصى تحمل لها عند pH لا تزيد عن 6.5.
- أمثلة للمواد القاعدية التي تستخدم في غسيل الأغشية

#### 1- الصودا الكاوية (NaOH) Sodium hydroxide

Ethylen diamine tetra-acetic acid - الإثيلين داي أمين تترا أسيتك أسيد

#### 2-(EDTA)

#### 3- أملاح الإيدتا: Sodium salts of EDTA

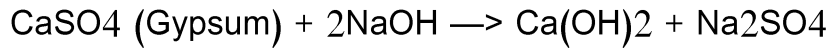
- Na<sub>2</sub>EDTA is the Disodium salt of ethylene diamine tetra acetic acid
- Na<sub>4</sub>EDTA is the tetrasodium salt of ethylene diamine tetra acetic acid

#### 4-المنظفات (surfactants) Detergents

- Quaternary ammonium compounds.
- (Na-DDS) or (SDS) or sodium salt of dodecyl sulfate.
- Sodium laurel sulfate.

- Sodium tripolyphosphate (STP).
- Tri sodium phosphate (TSP).

بالنسبة للصودا الكاوية أو هيدروكسيد الصوديوم فهي تستخدم في التعقيم وقتل الكائنات الميكروبية حيث أنها تقوم بعمل تحلل لجدار الخلية الحية علاوة على أنها تستخدم في إزالة بعض قشور الأملاح العنيدة مثل أملاح الكبريتات



وبالطبع هيدروكسيد الكالسيوم المتكونة هي مادة ذائبة في الماء.

أما بالنسبة للأديتا فتستخدم كمادة مساعدة في إزالة المواد الغروية والعضوية والبيولوجية وقشور أملاح الكبريتات والإيدتا بوردرة بيضاء اللون يتم خلطها في الماء قبل البدء في عملية الغسيل الكيميائي ولها تركيب مخلى يخطف الكالسيوم والمغنيسيوم

5- الغسيل بأملاح ومواد كيميائية أخرى



عند استخدام الصوديوم هيدروسلفايد يجب أن تكون الغرفة أو المحطة بها تهوية جيدة لأن له رائحة سيئة نفاذه وفاسدة.

أيضاً يتم استخدام الفورمالدهيد 3% لو كان هناك فاولينج بيولوجى ... ونريد تطهير الأغشية من الكائنات الحية ويجب الحذر منه واتباع إرشادات السلامة والوقاية أثناء الاستخدام. GLUTARALDEHYDE كما أن مركب الجلوتارالدهيد يستخدم كمطهر قوى

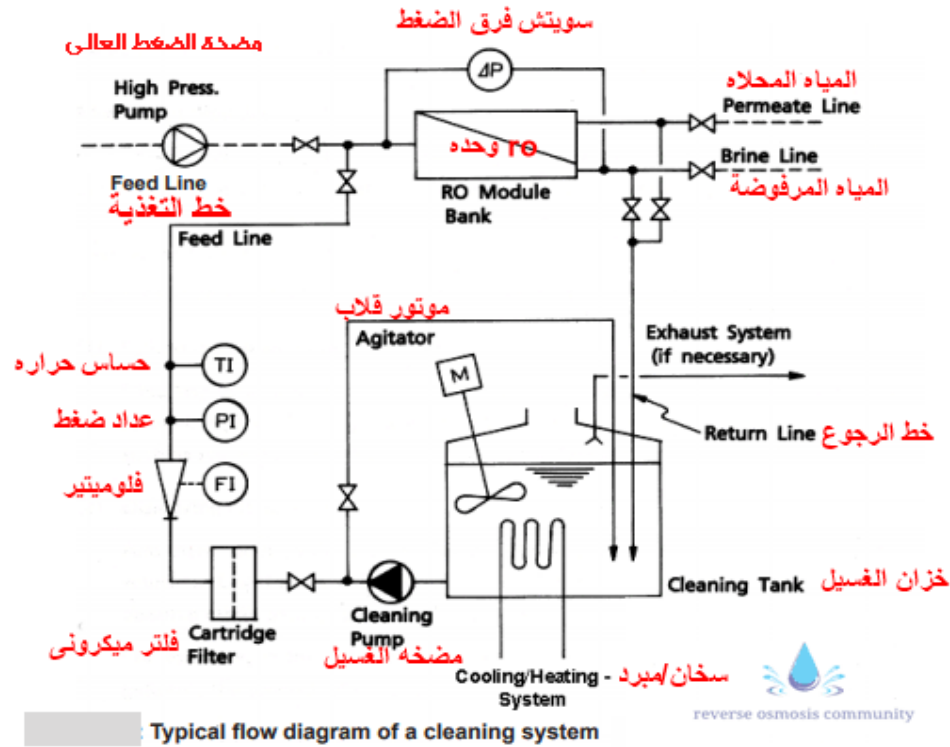
الأحماض Acids		
ملاحظات	الرمز الكيميائي	اسم المادة الكيميائية
حمض قوى	HCl	حمض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid)
حمض ضعيف	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	حمض الفوسفوريك (Phosphoric acid or orthophosphoric acid)
حمض قوى متوسط القوة	NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H	حمض السلفاميك Sulfamic acid
حمض عضوى ضعيف	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	حمض الستريك (الليمونيك) Citric acid
حمض عضوى ضعيف	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	حمض الأوكساليك Oxalic acid
معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات	(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	ماء الأوكسجين (فوق أوكسيد الهيدروجين) Hydrogen peroxide
معقم قوى يقتل البكتيريا والميكروبات	CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> H	Peracetic acid (PAA)

القلويات Bases		
ملاحظات	الرمز الكيميائي	اسم المادة الكيميائية
قاعدة قوية	NaOH	الصودا الكاوية (Sodium hydroxide)
-	N <sup>+</sup> R <sub>1</sub> R <sub>2</sub> R <sub>3</sub> R <sub>4</sub>	Quaternary ammonium compounds
-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	إيثيلن داى أمين تترأ أسيتيك أسيد EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid)
-	Na <sub>2</sub> EDTA	the Disodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid
-	Na <sub>4</sub> EDTA	tetrasodium salt of ethylene diamine tetraacetic acid
منظفات أنيونية		sodium salt of dodecylsulfate (SDS) or sodium lauryl sulfate (SLS) Na-DDS =

أملاح ومواد كيميائية أخرى:		
له رائحة البيض الفاسد ويحتاج للتهوية الجيدة فى مكان الاستخدام	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	صوديوم هيدرو سلفايد Sodium hydrosulfite
معقم يقتل البكتيريا والفطريات	CH <sub>2</sub> O	Formaldehyde
معقم يقتل البكتيريا والفطريات	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	Glutaraldehyde

هناك لا شك بعض التحفظات على استخدام بعض هذه الكيماويات في بعض الحالات إذا كانت المياه المنتجة تستخدم فمثلاً استخدام الفورمالدهيد بحذر شديد جداً ويجب التخلص من أى آثار ويستخدم في حفظ الأغشية الفورمالدهيد ... ويتم استبداله بال SBS وهو الأفضل لأن الأول يسبب له عدة محاذير نذكر بأن الغسيل الكيماوي عادة ما يوصى برفع درجة الحرارة عن المعتاد (لا يزيد عن 35 درجة مئوية في المعتاد) ولا شك أن ذلك يُنجز من عمل الغسيل ويقلل وقته.





## مراحل الغسيل الكيميائي لمحطات تحلية مياه البحر

### • مرحلة الشطف (Pre-flushing)

وهي للتخلص من الأملاح في منطقة الأغشية.

وعمل الشطف Flushing للأغشية في البداية مهمة جداً ونستخدم فيها مياه نقية منتجة (البرميت) الغير محتوي على كلور ويتم متابعة ال TDS وقيمة الأس الهيدروجيني pH حتى تستقر وتشابه مياه البرميت والشطف بماء البرميت يكون عن طريق ال Flushing pump عند حوالي 4 بار لا تزيد عن ذلك ويكون في الاتجاه الطبيعي (يعني ليس عكسي) فتتم المياه من خلال ال feed spacer مثل الاتجاه المعتاد تماماً والمياه الناتجة والمحتوية على الأملاح يتم التخلص منها على الصرف Drain عملية الفلاشينج الأولية هذه تسمى ال DOC وهي اختصار ل Direct Osmosis cleaning وأهم مميزاتها أنها تقلل استهلاك الكيماويات المستخدمة في الغسيل وبالتالي توفر الطاقة والتكاليف.



**تحضير المحلول المنظف**

والكمية تكون عادة بالتجربة وخبرة المشغل وتوصية الشركات الموردة) يتم تحضيره فى خزان الغسيل الكيميائى.

يحتاج كل غشاء element قطر 8 بوصة وطول 40 بوصة حوالى 40 – 55 لتر من المحلول ...  
فلو كان عندنا 36 غشاء يعنى نحتاج إلى 36 فى 50 لتر تقريباً محلول  
ويجب التأكد من خلط مادة الغسيل وتقليبها جيداً ويتم قياس ال pH قبل الاستخدام.

ادخال المحلول المنظف تدريجياً إلى النظام بضغط لا يزيد عن 4 بار عن طريق استخدام طلمبة ضغط منخفض تسحب المحلول من خزان الغسيل إلى الأغشية ويتم تصريف 20% من المحلول بداية عملية الغسيل

ثم نقوم بعمل تدوير recycle أو circulation أو circling لمدة ساعة أو ساعتين (تبعاً لقسوة الفاولينج)

الغسيل بالحمض من نصف ساعة فى المعتاد إلى ساعتين فى الظروف القاسية ولا نزيد على ذلك  
والغسيل القلوى لا يزيد عن 8 ساعات فى المتوسط.

لو أردنا الغسيل بالقلوي والحامضي نبدأ بالقلوي وننتهى بالحامضي.

لو أردنا الغسيل بالقلوي فيجب أن نتبعه أيضاً بالغسيل الحامضي!

لو وجد حديد أو منجنيز وكربونات الكالسيوم فقط نستخدم الغسيل الحامضي فقط

إلا إذا كان هناك بايوفاولينج وهناك من يُفضل فى هذه الحالة الغسيل القاعدي بالصودا والإديتا قبل الحامضي لأنها تحدث ما نسميه بال Rarefaction أو تقليل الكثافة بالخلخلة لتسهيل الأمر على الحامض كي يزيل هذه الترسبات بسهولة.

• لماذا نبدأ بالغسيل القاعدي ثم الحامضي؟

لأن الغسيل القاعدي ينظف الأغشية من البايوفاولينج والفاولينج العضوي والسيليكا.

أما الأحماض فهى تتفاعل مع هذه المركبات وتكون مترابكات complexes تترسب ويصعب إزالتها

كما يجب غسل الحامضي بعد القلوي لأن الغسيل القلوي يغير في تركيبة الغشاء من حيث الشحنة فيلزم القيام بعملية "Protonation" بإضافة بروتونات الهيدروجين المتواجدة في الحمض لإعادة الغشاء كما كان ... وهذا ما دلت عليه الأبحاث والتجربة العملية ... فلو غسلنا بقلوي فقط بقيت الأملاح بعد الغسيل عالية لفقد الغشاء وظيفته.

#### • عند الغسيل الحامضي بعد القلوي

فلابد من عملية شطف شديدة قبل الغسيل الحامضي منعاً لحدوث تفاعلات بينه وبين بقايا وآثار الغسيل القلوي مما يؤثر ذلك على الأغشية بالضرر الشديد

وبالطبع لو رأينا أثناء الغسيل الكيميائي زيادة في التوصيلية conductivity مع الوقت معنى ذلك أن الغسيل يعطى نتيجة جيدة نظراً لزيادة ذوبان الأملاح المترسبة.

كما أنه أثناء الغسيل نلاحظ تغير لون المحلول (لون مائل للصفرة) أو ظهور رائحة كريهة (بسبب المركبات العضوية) وقد تظهر رغوة عندما نستخدم مواد قلوية (مساحيق الغسيل التي تحدثنا عنها وفي الغسيل الحامضي يبدأ اللون من التغير من الشفاف إلى الأصفر وينتهي باللون المائل للخضرة فيجب هنا تغييره وإذا توقف هذا التغير دل على أننا استهلكنا المحلول تماماً فنضيف كمية جديدة ولكن بعد الغسيل والشطف flushing الجيد وتساوى ال pH للخارج والداخل تغيير المحلول عدة مرات جائز الحدوث مادام يتغير اللون أو تظهر الرائحة.

#### نأخذ عينة بلاتك في البداية ونقارن التغير في اللون كل ربع أو نصف ساعة

ومن الممكن أن تتم في مرحلة التدوير إجراء بعض التحاليل المعملية على مياه غسيل الراجع كالأس الهيدروجيني pH أو متابعة تركيز الأملاح أو نسبة الحديد أو المنجنيز إلخ حتى تثبت للدلالة على الوصول لنظافة الأغشية بصورة تامة

هي مرحلة النقع Soaking لمدة 2 - 4 ساعات وقد نحتاج إلى 8 - 10 ساعات (أو حسب توصيات الشركة) ثم التصريف

(ويعتمد الوقت كما قلنا على الفاولينج) وعملية النقع تتطلب غلق جميع الصمامات ووقف عمل المضخة وهي خطوة مفيدة حيث يحدث ملء بجميع المسامات الضيقة بالمحلول للتخلص من الجزيئات المترسبة والفاولينج.

وبناءً على توصيات الشركات العالمية إذا لوحظ تغير في لون المحلول (إلى الأسود أو البنى أو الأصفر مثلاً) فيجب تغيير المحلول في الحال بكمية جديدة نظيفة.

درجة الحرارة في هذه المرحلة يجب أن لا تقل عن التي نعمل عندها الغسيل الكيماوى ... لأن انخفاض الحرارة يوقف التفاعل بين الكيماويات وأنواع الفاولينج كما أن غالبية المواد العضوية تترسب مرة أخرى في درجات الحرارة المنخفضة يعنى تحدث نتيجة عكسية كما أن بعض المنظفات القلوية مثل الصوديوم لوريل سلفات يترسب هو نفسه عند درجات الحرارة المنخفضة ويتم الحفاظ على درجة الحرارة بتسخين المواد الكيماوية في التتك وادخال 10% من ال flow على الأغشية لتعويض الفقد في درجة الحرارة ودائماً نلجأ لذلك في الشتاء حيث تصل الحرارة إلى أقل من 20 درجة مئوية.

عمل الشطف Flushing النهائى للأغشية لإزالة أى آثار مترتبة على الغسيل الكيماوى وقد يتم الشطف أولاً بمادة قلوية مثل الصودا الكاوية لو تم الغسيل بالحامض أو العكس حتى نصل إلى ال pH المتعادلة ثم ننتهى بالشطف بمياه البيرميت الغير محتوى على كلور ويتم متابعة ال TDS وقيمة الأس الهيدروجينى pH ورجوعهما للقيم الأولية بعيداً عن تأثير القلويات والأحماض التى استخدمت في الغسيل (وصول ال pH إلى حدود 7)

والشطف بماء البيرميت يكون عن طريق ال Flushing pump عند حوالى 4 بار لا نزيد عن ذلك ويكون في الاتجاه الطبيعى (يعنى ليس عكسي) فتمر المياه من خلال ال feed spacer مثل الاتجاه المعتاد تماماً والمياه الناتجة والمحتوية على الأملاح يتم التخلص منها على الصرف. Drain وعملية الشطف لها عدة فوائد منها أنها تذيب وتزيح الأملاح المركزة على الأغشية والتي تم اذابتها مع الغسيل الكيماوى وعندما نصل إلى أن الأملاح الداخلة هي نفس الأملاح الخارجة تقريباً فإننا نكون قد تأكدنا من إزاحة كل هذه الأملاح

كما أن عملية الشطف بالمياه النقية (البرميت) لها دور في عملية التعقيم وقتل البكتيريا وبالأخص في الوحدات التى تستخدم في تحلية مياه البحر قد تستغرب من هذه المعلومة ولكن استغرابك يزول عندما تعلم أن تركيز الأملاح داخل جسم البكتيريا يصل في حدود 40 ألف جزء في المليون يعنى مشابه للأملاح في مياه البحر فإذا قمت أنت بتعريض هذه البكتيريا لمياه حلوة فعلت ظاهرة الضغط الأسموزي أفاعيلها وانتقلت المياه من منطقة الأملاح المنخفضة إلى منطقة الأملاح المرتفعة داخل الجسم البكتيرى بكميات كبيرة لتوازن الأملاح كما قلنا وتكون النتيجة انفجار أجسام هذه البكتيريا ... وهذا ما يسمى بالصدمة الأسموزية! Osmotic shock

عملية الفلاشينج قد نستخدمها أولاً قبل الغسيل الكيميائي فنسميها Pre-flushing كما قلنا وقد نستخدمها بين العملية الأولى للغسيل الكيميائي والثانية إذا عملنا غسيل حامضي أو قاعدي مثلاً فنكون قد أزلنا المواد قبل الغسلة الثانية وهكذا وهذه أيضاً تخضع لتجارب وخبرات العاملين في الوحدات المختلفة.

كما أن تلك تحضير كيماويات الغسيل تصنع من البولى بروبيلين.

عمل تصفية Draining حيث يتم تشغيل الوحدة كما كانت ويتم طرح المياه المنتجة لمدة ساعة للتأكد من خلوها من مواد الغسيل ثم يتم ضخ الماء إلى خزان الإنتاج وإعادة الوحدة كما كانت قبل الغسيل (Restart).

- تحتاج عمل غسيل الأغشية من الوقت حوالي ست إلى سبع ساعات تقريباً ولا تزيد على العشر ساعات يعتمد ذلك على نوعية المياه المعالجة ونوعية الأغشية المستخدمة في كل محطة أو وحدة.
- تذكر دائماً أننا لا نستخدم طلمبة الضغط العالي أثناء جميع مراحل الغسيل.
- يجب أن لا تزيد الدلتا بى أثناء الغسيل عن 50 psi لكل وعاء ضغط حتى لا تتكسر الأغشية وتدمرها.
- ينبغي عند الغسيل رفع ضغوط مضخة الغسيل تدريجياً نغسل ال feed spacer أولاً بال cross flow التى تحدثنا عنه فنعمل كنس أو كسح إلى منطقة الريجيكت أم لو بدأنا بضغط عالى فسوف يحدث أن يمر جزء من الفاولينج عبر الأغشية أو تلتصق بها والضغط المناسب الأولى هو ضغط منخفض نسبياً ولكن لا يصاحبه خروج مياه بيرميت يعنى فقط تسمح بتنظيف السطح أولاً بدون اختراق المادة الكيماوية للغشاء ثم بعد ذلك نرفع الضغط.

#### دور الكارترديج فلتر فى عملية الغسيل الكيميائي للأغشية :

استخدام كارترديج فلتر أمام تلك كيماويات الغسيل لتلافى أى شوائب ... وفى بعض الأحيان يتم استخدام نفس الكاتريدج فلتر المستخدم فى المعالجة الابتدائية حيث يتم عمل bypass لخط تلك كيماويات الغسيل إلى هذا الفلتر قبل الدخول على الأغشية ... وهنا قد تحدث كارثة ... حيث أن الكاتريدج فلتر لو كان غير نظيف وعليه فاولينج فسيتم غسله كيميائياً وتدخل مواد الفاولينج على الأغشية ... فيجب الانتباه لنظافة فلتر الكاتريدج قبل استخدامه ... ولو أمكن غسله فى البداية أو تغيير الشمعات يكون ذلك ضرورة



### هل الغسيل الكيميائي مناسب لإزالة الفاولينج فعلاً؟

نعم مناسب إذا كان الفاولينج لم يصل إلى مرحلة نسميها مرحلة اللاعودة أو ال irreversibility هي تنتج نتيجة إهمال العلاج وقتاً طويلاً (تقل الانتاجية إلى حوالى 25 - 30%) وهذه المرحلة نستدل عليها من توصيات الشركات المصنعة للغشاء فهي تذكر مثلاً أقصى هبوط فى الضغط maximum pressure drop يمكن للغشاء أن يصل إليه فإذا تعداه لم يفلح الغسيل لأن الفاولينج يكون قد تمكن من الغشاء ... كما أن الشركات المصنعة تذكر مصطلحات مرادفة مثل ال NPD وهي اختصار لل Normalized pressure drop أو ال MTC وهو اختصار لل. Mass transfer coefficient. ومرحلة الفاولينج ال reversible يمكن التخلص منها بالغسيل الكيماوى أو ربما بقوة. Shear force

#### • ماذا عن التنبؤ بتكون الفاولينج بوزن الغشاء؟

يجب عدم الانتظار حتى تتفاقم أزمة الفاولينج ونصيحة الخبراء هي وزن الغشاء قبل الاستعمال (أو أخذ الوزن من الداتا شيت الخاصة به) ثم أخذ نفس الأغشية ووزنها بعد الاستعمال كل فترة لعمل تقييم لتكون الفاولينج أو اختبار كفاءة عملية الغسيل الكيماوى والذى بالطبع يجعل وزن الغشاء أقل من وزنه قبل الغسيل وعند وزن الغشاء يجب التأكد من تجفيفه تماماً وإلا أعطى وزناً زائداً عن الطبيعى وظن العامل وجود فاولينج على الأغشية. وزن الغشاء الجديد فى المتوسط = 14 - 16 كيلوجرام ويزيد حوالى كيلو أو كيلو و 300 جرام فى حالة البلل بالمياه) وأكثر من ذلك فهي scaling and fouling

• بعد الغسيل الكيماوى يرتفع ال TDS فى مياه البيرميت:

هذا أمر طبيعى فى البداية (أو بعد ساعات من التشغيل) حيث تزيد الأملاح بنسبة قد تصل إلى أكثر من 50% نتيجة حدوث هياج للأملاح المترسبة على الأغشية أو لعدم عمل flushing جيد فتساهم المواد الكيميائية المستخدمة فى الغسيل فى رفع الإيصالية Conductivity كما أن الغسيل الحمضى يُفتح المسام فى الأغشية فيسمح بمرور أملاح أكبر مما كنت عليه قبل الغسيل ويرجع الوضع المعتاد خلال ساعة وقد يستمر عدة أيام تبعاً لحالة وكفاءة الغشاء وينصح بالشطف عدة مرات فى هذه الحالة والرجوع إلى الحالة الطبيعية يساهم فيها تراكم الفاولينج والأملاح من جديد .

## نوع الفاولينج والغسيل الكيميائي المناسب

أن موضوع الغسيل الكيماوي يخضع لعدة شروط أولية لكل نوع من أنواع الفاولينج ... وننوه دائماً فى طرق المعالجة وقد تتبع شركة طريقة فى غسيل الأغشية. والمهم نتتع المدانيوال الخصاص بالأغشية

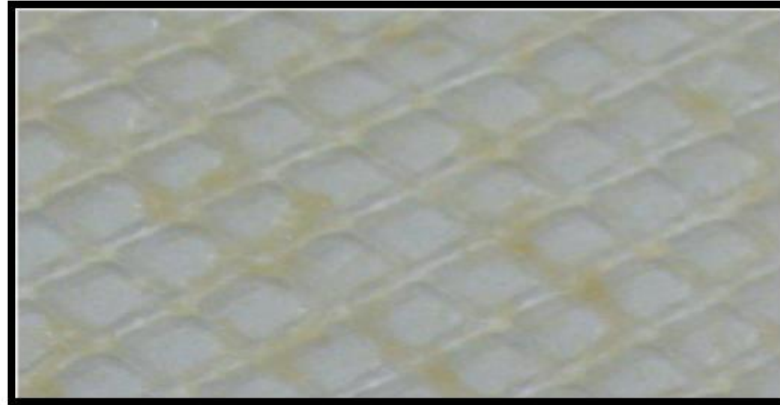
## 1- الغسيل الكيماوى المناسب للبايوفاولينج (Bio-fouling)

Disinfectants عندما نتخلص من الفاولينج البيولوجى معناه أننا نستخدم مواد كيميائية مطهرة البايوفاولينج الذى تسببه هذه الكائنات الميكروسكوبية هو التطهير فالحل الأمثل مع Disinfection

عن طريق الغسيل القلوى بالصودا الكاوية



وهذه صورة أخرى لطبقة للبايوفيلم وقد أصابت ال feed Spacers فى بدايات الأغشية (اللون البنى الداكن):



sodium salt of dodecylsulfate عند  $\text{pH} = 12$  درجة حرارة 35 درجة مئوية.

وهناك حلول بديلة وهى استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد

أو استخدام ال SDS أو ماء الأوكسجين مع البيروكسيد أسيد.  
وتوفر الشركات أنواع من البيوسايد الغير مؤكسدة (non-oxidizing biocides) لقتل البكتيريا وهى  
تحمل أسماء تجارية نذكر منها بعض الأمثلة:

Ferrocid8580 – Oxy-anious5 – Rocidesc

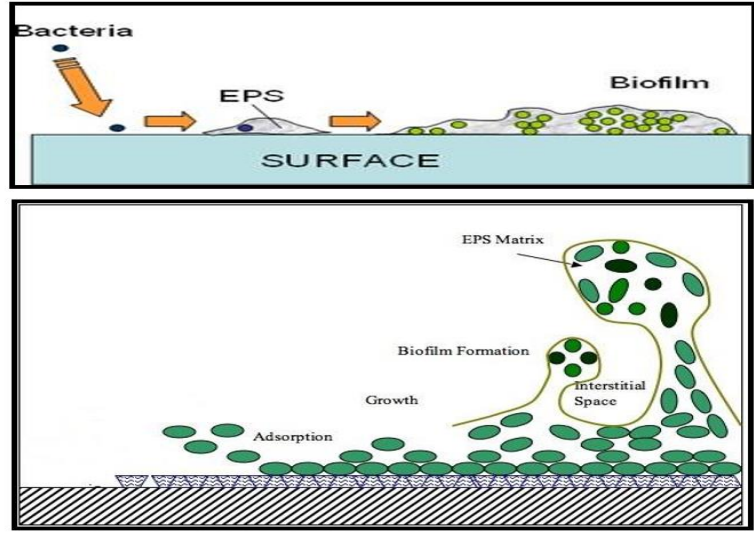
وبالطبع قتلك المكونات غير مؤكسدة حتى لا تؤثر على الأغشية.  
الصوديوم ميتا باى سلفايت SMBS أيضاً تعمل على إزالة الأوكسجين الذى يسمح للبكتيريا بالبقاء  
والنمو وهى تستخدم أيضاً فى حفظ الأغشية عند توقف الوحدة  
يجب الحذر من أن تكون ال SMBS منشطة بالكوبالت أو أن يتواجد النحاس أو أحد العناصر الثقيلة  
فى مياه التغذية حيث يحدث تحفيز لل SMBS فتتحول من المادة المختزلة إلى مؤكسدة ... وبدلاً من أن  
تحفظ الغشاء تؤكسده وتدمره

## Salt shock -2

وهو الغسيل بماء شديد الملوحة لا تقوى عليه الكائنات الدقيقة فتموت فى الحال  
يجب عدم استخدام البيروكسيد أن يكون تركيزه غير كبير حتى لا يؤثر على الأغشية (خاصة البولى  
أميد) وينصح بحوالى 3-2% لمدة 20 – 30 دقيقة فقط ثم يتم عمل شطف لمدة ساعة بعدها (وهذا  
فى العموم ... فنحن نجد بعض الشركات تسمح بنقع الأغشية فى البيروكسيد مدة تصل إلى 24 ساعة  
للوصول بالتعقيم إلى 99%  
قد تصاب الأغشية بنمو بكتيرى وقد تتوقف الوحدة عن العمل عدة أسابيع فنحتاج لتعقيم الأغشية قبل  
إعادة التشغيل .



## والأفضل عمل غسيل كيميائي قبل التعقيم



ومع تقدم نمو المستعمرات نرى الحصاد الأليم لترك البايوفاولينج يمرح على سطح الغشاء ... تظهر الصورة كالتالى



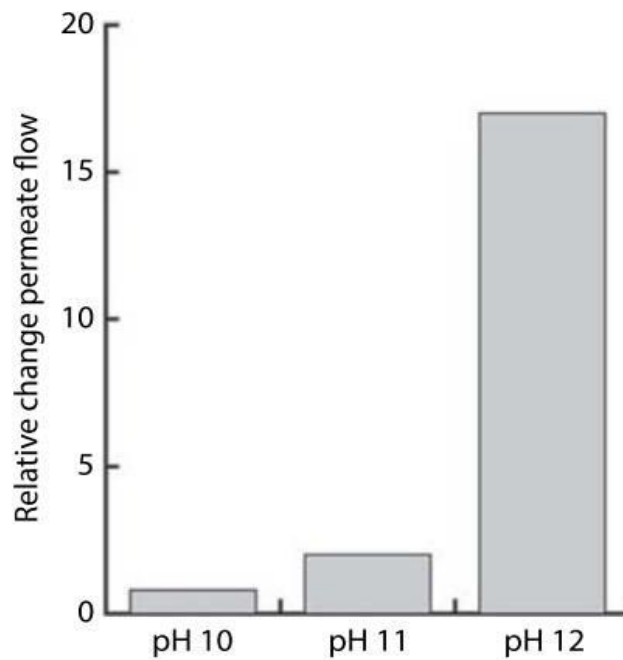
وقد لخصنا لكم كيفية مكافحة البايوفاولينج فى الجدول التالى:

<b>الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالبيوفاولينج Bio-fouling</b>	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na <sub>4</sub> EDTA @ pH = 12 , 35° C (max)	الحلول البديلة
2- STP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
3- TSP (1.0%) wt + NaEDTA (1.0%) wt.	
4- Alkaline surfactant (as SDS) (0.025% wt)	
5- Oxidizing agents (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + Peracetic acid) (for aetate cellulose membrane)	
6- Non-oxidizing biocides.	
7- Non-oxidizing agent:Formaldehyde + Glutaradehyde	
8- Quaternary ammonium compounds (for polyamide)	
9- Sodium meta bisulphite (SMBS)	
1- Salt shoke.	

وإليكُم رسم بيانى يوضح أن الوصول إلى 11.5 - 12 ph

يعطى أفضل النتائج لغسيل البيوفاولينج حيث كان معدل سريان البيرميت أفضل ما يمكن ولذلك كانت ph عامل أساسى فى التنظيف (ولكن يجب الاطلاع على نوع مادة الغشاء وتحملها لهذه الدرجة)

وعملياً يُفضل أن لا يزيد عن 10.5 إلى 11 كحد أقصى:



**Figure 13.4** Effect of pH on ability of cleaning solution to remove biofilm and restore membrane performance. *Courtesy of Dow Water and Process Solutions.*

الغسيل الكيميائي للبيوفولنج.

استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد ويتبعه حمض الهيدروكلوريك أنظر الجدول التالى:

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بالفولنج العضوى Organic-fouling	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
1- NaOH (0.1%)wt + Na <sub>4</sub> EDTA @ pH = 12 , 35° C (max) followed by HCl (0.2%) , pH =2 , 45 ° C (max)	الحلول البديلة

(Physical-fouling) الغسيل الكيماوى المناسب للفولنج الفيزيائى

الفاولنج الفيزيائي عبارة عن طين أو silt دخل إلى الغشاء عبر ال feed spacer فالحل الأمثل هو نفس الحل الأمثل وهو الغسيل بالصودا الكاوية ومعها ال Na-DS أو بعض المنظفات. Detergents.

### Particulate and Colloidal Fouling: Pore Blocking

الجسيمات العالقة تسبب سد كامل للثقوب ويحدث اختزال لمساحة الغشاء النشطة ... ولا يوجد تطابق في الجسيمات:

#### Complete Blocking

- Each particle in water completely blocks one pore and reduces active membrane area, with no superposition of particles



وهذا سدد ثقليدى ... يحدث فيه أن الجسيمات تترسب على الجدار الداخلى للغشاء فتقتل حجم الثقوب

#### Standard Blocking

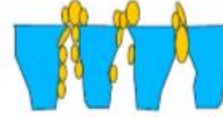
- Each particle is deposited on the internal pore walls, decreasing the pore volume



وهذا سدد بيني تترسب فيه جسيمات على جسيمات أخرى على السطح وعلى الجدار الداخلى ... وتسد الثقوب والغشاء تماماً:

#### Intermediate Blocking

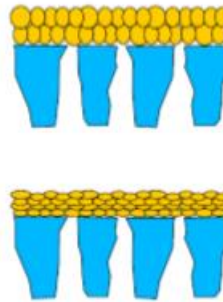
- Particles settle on other particles previously deposited and already blocking the pores or particles can directly block membrane area.



الكعكة الصلبة التى يحدث فيها وأن تترسب الجسيمات على أخرى ترسبت قبلها لتظهر كما بالشكل التالى ... إما أن تتراكم بصورة طبيعية أو بضغط ... ويحدث سدد فى الثقوب:

#### Cake Filtration

- Each particle settles on other particles previously deposited and already blocking the pores,
- No particle directly block pores or active membrane area respectively.
- The cake might be compressible



يتم التنبؤ بهذا النوع من خلال تجربة الـ SDI أو الـ Silt density index التى تشير إلى ميل المياه فى التسبب فى انسداد الأغشية لوجود المواد العالقة ... فبعض الأغشية لا تتحمل SDI أعلى من القيمة 3 ... وبعضها لا يتحمل أعلى من القيمة 5 ... ولمن أراد تفاصيل التجربة فليرجع إلى الجزء الأول من الكورس ...

• وهناك أربع حالات للـ SDI 15 يمكن من خلالها التنبؤ بتكون الفاولينج الفيزيائى على الأغشية:

SDI < 1	يستمر الغشاء لمدة عدة سنوات بدون تلوث بالـ Colloidal fouling
SDI < 3	يتم تنظيف الغشاء كل عدة أشهر
SDI 3 – 5	يتطلب تنظيف الغشاء باستمرار لوجود مشكلة الـ fouling
SDI > 5	مرفوض ويتطلب الأمر معالجة ابتدائية

وإذا كانت السيليكا فيتم استخدام نفس الحل ومعها حل بديل هو استخدام الصودا الكاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد كما فعلنا مع البيوفولينج والفاولينج العضوى وإن كانت جدوى الغسيل الكيماوي للسيليكا لا تعطى النتيجة المرجوة كما ذكرنا من قبل. وعملياً نقول أن الأغشية التى أُصيبَت برمل فإنها تكون قد فقدت أكثر من 60 % من كفاءتها للأسف وأفضل شيء أن ننظف الغشاء قبل أن تستفحل المشكلة وينتقل الرمل عبر اللزق glue الذى يلصق الأغشية ببعضها للغشاء التالى وهناك من يعتمد على ادخال خط هواء بضغط 7 – 8 بار وإن كان ذلك أحياناً يتلف الغشاء برمته وهناك من يتعامل مع الرمل بأن يدفع بماء عكس اتجاه الغشاء مع الربت والطرق الخفيف فى الأرض لانزال الرمل.

وإذا كانت أكاسيد الحديد هى المتواجدة فيتم استخدام  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  كحل أمثل أو تستخدم محاليل بديلة مثل حمض الفوسفوريك أو السلفاميك أو السيتريك أو الأمونيوم سترات Ammonium citrate فى عدة دورات تصل كل دورة 40 دقيقة وثلاث ساعة نقع عند pH من 2.5 – 3 انظر الجدول:

<b>الغسيل الكيماوي لأغشية التناضح العكسي عند الإصابه بالفاولينج الفيزيائى Physical-fouling</b>	
<b>Silt fouling (suspended solids fouling)</b>	
NaOH (0.1% wt) + Na-DSS (0.025% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
(For silica): NaOH (0.1% wt) + Na <sub>4</sub> EDTA (2.0% wt) @ pH = 11.5 , 35° C (max)	الحلول البديلة
<b>Metal oxides (for example: iron deposits)</b>	
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (1.0% wt) @ pH = 5 , 25-30° C (max)	الحل الأمثل
1- H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (0.5%wt) @ pH = 1-2 , 25° C (max)	
2- HCl (0.2% wt)	
3- NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H (1.0% wt) @ pH = 3 - 4 , 25° C	
4- Citric acid (2.0% wt)	



**الغسيل الكيماوى المناسب للفاولينج الكيماوى: (Scales)**

إذا كانت أملاح الكربونات هى المتواجدة سواء أكانت كربونات الكالسيوم أو كربونات المغنيسيوم فيتم التعامل معها بالغسيل الحامضى باستخدام حمض الهيدروكلوريك (مع نوع الأسيتيل سليلوز) أو حمض الأسيتيك (مع نوع البولى أميد الذى لا يتحمل pH منخفضة أقل من 2) وهو يكون متراكبات complexes مع هذه الأملاح ويعطى نتائج جيدة

وهناك حلول بديلة للأملاح الكربونات وهو استخدام الصوديوم هيدروسلفايت.

أو استخدام حمض الفوسفوريك أو استخدام الغسيل القاعدى ببعض المنظفات Detergant

ومنها ال. Quaternary ammonium compounds

فإذا كانت قشور السلفات Sulphate هى المتواجدة فيتم التعامل معها باستخدام صودا كاوية مع التترا صوديوم إيثيلين داى أمين تترا أسيتيك أسيد Na<sub>4</sub>EDTA مع النقع ssoaking وال recirculation

واليك تقييم لمياه التغذية بناءً على قيم ال LSI والذي يتنبأ تحديداً يترسب أملاح كربونات الكالسيوم:

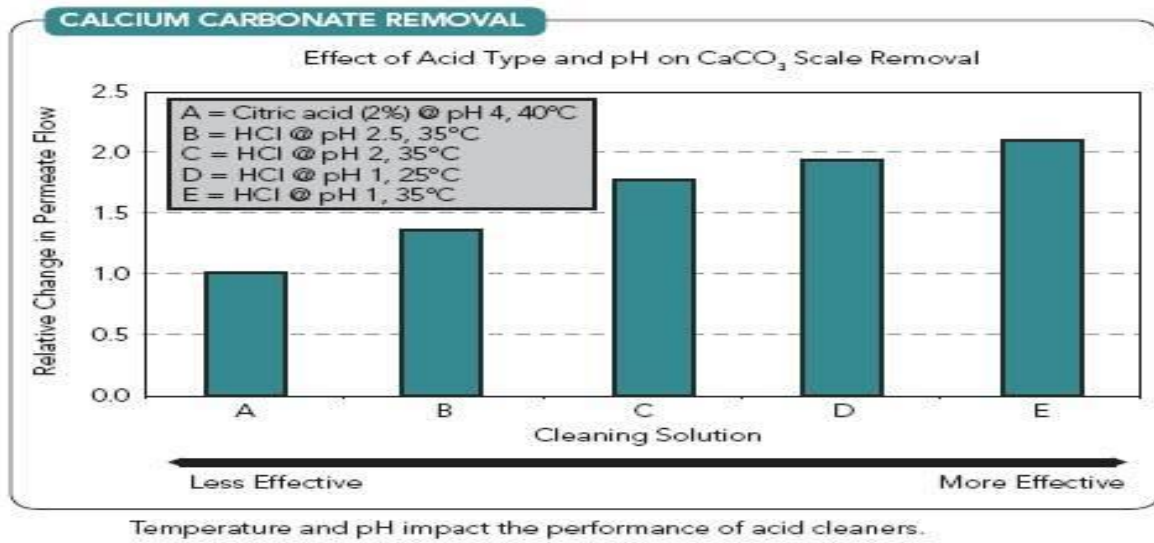
LSI	وصف الحالة وتقييم مياه التغذية
< 0.0	المياه لم تصل إلى مرحلة التشبع بكربونات الكالسيوم وتكون ذائبة فى الماء ولا حاجة لإضافة مضادات الترسيب Antiscales
- 2.0 to - 0.5	التسبب فى تآكل خطير serious corrosion
- 0.5 to 0	تآكل ضعيف مع عدم امكانية تكون قشور
> 0.0	المياه فى حالة فوق التشبع super saturation بالنسبة لكربونات الكالسيوم وبداية لامكانية تكون قشور من كربونات الكالسيوم (أو ال Calcite) وكلما زادت القيمة عن الصفر زادت امكانية تكون القشور وتم التوصية بإضافة Antiscales بتركيزات أكبر
0.0 to < 0.5	تكون قشور ولكن بنسبة ضعيفة كما يحدث تآكل بنسبة ضعيفة أيضاً
0.5 to 2.0	امكانية تكون قشور بقوة مع عدم حدوث تآكل

الغسيل الكيماوى لأغشية التناضح العكسي عند الإصابة بترسبات قشور الأملاح Scales	
Carbonate salts scales ( $\text{CaCO}_3$ & $\text{MgCO}_3$ )	
1- HCl (0.2% wt) @ pH = 1- 2 , 25° C (For acetate cellulose membrane) 2- Acetic acid (for polyamide membrane)	الحل الأمثل
1- Sodium hydrosulfite (1.0% wt) @ pH = 5 , 25° C. 2- Phosphoric acid (0.5 wt) @ pH = 1-2 , 25° C 3- Sulfamic acid (0.2% wt). 4- Citric acid (1-3% wt). 5- Oxalic acid (0.5-1 wt%). 6- Quaternary ammonium compounds.	الحلول البديلة
Sulphate scales (as $\text{CaSO}_4$ , $\text{MgSO}_4$ and $\text{BaSO}_4$ )	
NaOH (0.1% wt) + $\text{Na}_4\text{EDTA}$ (2.0% wt) @ pH = 12 , 35° C (max)	الحل الأمثل
—	الحلول البديلة

وكما أوضحنا من قبل أن علاج أملاح الكبريتات يكمن فى الريكافري لو زاد عن الحد المسموح به فلن نستطيع أن نمنع ترسبه حتى بالأنتى سكيلنت

لتحفيز تفاعل إزالة قشور كبريتات الكالسيوم نضيف 1% من ملح الطعام حتى يحدث تبادل أيونى وذوبانية كبريتات الكالسيوم تزيد مع زيادة الأملاح لذا نجد أن المحطات التى أملاحها عالية يكون ترسب هذه الأملاح نادرة الحدوث (والرسم البيانى التالى يوضح مدى تأثير الأحماض على قشور كربونات الكالسيوم ويتضح أن حمض الهيدروكلوريك له تأثير أقوى من الستريك كما أن تأثير حمض الهيدروكلوريك يزيد كلما زاد تركيزه يعنى قلت ال pH ويزيد أيضاً مع ارتفاع درجة الحرارة 35

أقوى من 25 درجة مئوية:



جدول هام يوضح أنواع الفاولينج المختلفة والغسيل الكيميائي المقترح:

Table 6.3 Simple cleaning solutions

Foulant \ Cleaner	0.1 wt % NaOH	0.1 wt % NaOH with 1.0 wt % $\text{Na}_4\text{EDTA}$	0.1 wt % NaOH with 0.025 wt % Na-DDS	0.2 wt % HCl	2% citric acid	1.0 wt % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	0.5 wt % $\text{H}_3\text{PO}_4$	1.0 wt % $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$
Carbonate scales (e.g., $\text{CaCO}_3$ )	—	—	—	Preferred	Alternative	Optimal	Alternative	—
Sulfate scales ( $\text{CaSO}_4$ , $\text{BaSO}_4$ )	—	OK	—	—	—	—	—	—
Metal/oxides hydroxides (e.g., iron)	—	—	—	—	Alternative	Preferred	Alternative	Alternative
Fluoride scales	—	OK	—	—	—	—	—	—
Phosphate scales	—	—	—	Preferred	—	—	—	—
Inorganic colloids (silt)	—	—	Preferred	—	—	—	—	—
Silica	Alternative	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—
Biofilms	Preferred	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—
Organic	Preferred	Alternative	Preferred	—	—	—	—	—



يجب الرجوع في الأصل إلى توصيات الشركة المصنعة للأغشية والغسيل الموصى به ونوع الممبرين الذي يصلح لهذا الغسيل نقدم لك و”هيدرانوتيكس”:

**Table** Preferred cleaning solutions for specific foulants and scale.

Species	Dow-FilmTec	Hydranautics*
Sulfate Scale	0.1% caustic, pH 12, 30°C	2.0% sodium tripolyphosphate, pH 10, 45°C
Carbonate Scale	0.2% hydrochloric acid, pH 2, 30°C	0.5% hydrochloric acid, pH 2.5, 45°C
Silica Scaling	0.1% caustic, pH 12, 35°C	0.1% caustic, pH 11.5, 35°C
Iron Fouling	1.0% sodium hydro-sulfate, pH 5, 30°C	1.0% sodium hydrosulfate, pH 11.5, 35°C
Organic Fouling	0.1% caustic pH 12, 30°C followed by 0.2% hydrochloric acid, pH 2, 45°C	0.1% caustic plus 0.03% sodium dodecylsulfate, pH 11.5, 35°C
Biofouling	0.1% caustic, pH 12, 30°C	0.1% caustic plus 0.03% sodium dodecylsulfate, pH 11.5, 35°C

\* CPA membranes only

وتلخص أنواع الفاولنج وطرق علاجها في الجدول الأتي

Table 1: General rules on the use of cleaning chemicals in relation to the type of fouling			
Foulants	Description	Effects on RO performance	Method of control / cleaning
Scale	Precipitate of sparingly soluble salts (minerals) caused by the concentration of salts in the feed/brine solution during passage across the membrane surface. E.g.: $\text{CaCO}_3$ , $\text{CaSO}_4$ , $\text{BaSO}_4$ , $\text{SrSO}_4$ , $\text{SiO}_2$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Major loss of salt rejection</li> <li>- Moderate increase in differential pressure</li> <li>- Slight loss of production</li> <li>- Effects generally occur in the final stage of the membrane system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lower recovery.</li> <li>- Adjust pH.</li> <li>- Use scale inhibitor.</li> <li>- Clean with citric acid or EDTA-based solution.</li> <li>- Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions.</li> </ul>
Colloidal Clay / Silt	Agglomeration of suspended matter on the membrane surface. E.g.: $\text{SiO}_2$ , $\text{Fe(OH)}_3$ , $\text{Al(OH)}_3$ , $\text{FeSiO}_4$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapid increase in differential pressure.</li> <li>- Moderate loss of production.</li> <li>- Moderate loss of rejection.</li> <li>- Effects usually occur in the first stage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Ultra)filtration as first step.</li> <li>- Charge stabilisation.</li> <li>- Higher Feed-Brine flows.</li> <li>- Clean with EDTA or sodiumtripoly phosphate at high pH.</li> <li>- Clean silicate-based foulants with ammonium bifluoride-based solutions.</li> <li>- Lower recovery</li> </ul>
Biological	Formation of bio-growth upon membrane surface. E.g.: iron reducing bacteria, sulphur reducing bacteria, mycobacterium, <i>Pseudo-monas</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Major loss of production.</li> <li>- Moderate loss of salt rejection.</li> <li>- Possible moderate increase in differential pressure.</li> <li>- Effects occur slowly, steadily.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sodium bisulphite addition.</li> <li>- Chlorination with or without activated carbon filtration.</li> <li>- Clean with EDTA-based solutions at high pH.</li> <li>- Shock disinfection program with formaldehyde, hydrogen peroxide, peracetic acid.</li> <li>- Ultrafiltration before RO.</li> </ul>
Organic	Attachment of organic species to the membrane surface. E.g.: humic acid, oil, polyelectrolytes, grease.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapid and major loss of production.</li> <li>- Stable or moderate increase in salt rejection.</li> <li>- Stable or moderate increase in differential pressure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtration with active carbon.</li> <li>- Cleaning is rarely successful but isopropanol or proprietary solutions have been effective.</li> </ul>

## المراجع

- تم بواسطة الإدارة العامة للمسار الوظيفي
- و إعداد السادة :-

➤ مهندس/ حازم صلاح ترك	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر
➤ مهندس/ أحمد كمال مرعى	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحر الأحمر
➤ مهندس/ شريف فريد أحمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسيينا
➤ كيميائي/ جلال الشحات جلال	الشركة القابضة

- وقام بإبداء رأى لهذا البرنامج كلاً من :-

➤ كيميائية / ميسة صلاح الدين إسماعيل	شركة مياه الشرب بالإسكندرية
➤ مهندس/ محمد بكر محمد	شركة مياه الشرب بالإسكندرية
➤ كيميائية / أميرة محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بمطروح
➤ مهندس / شحات ماهر	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بمطروح



للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

