تقنيات المعالجة المبدئية

لتحلية مياه البحر بالأغشية

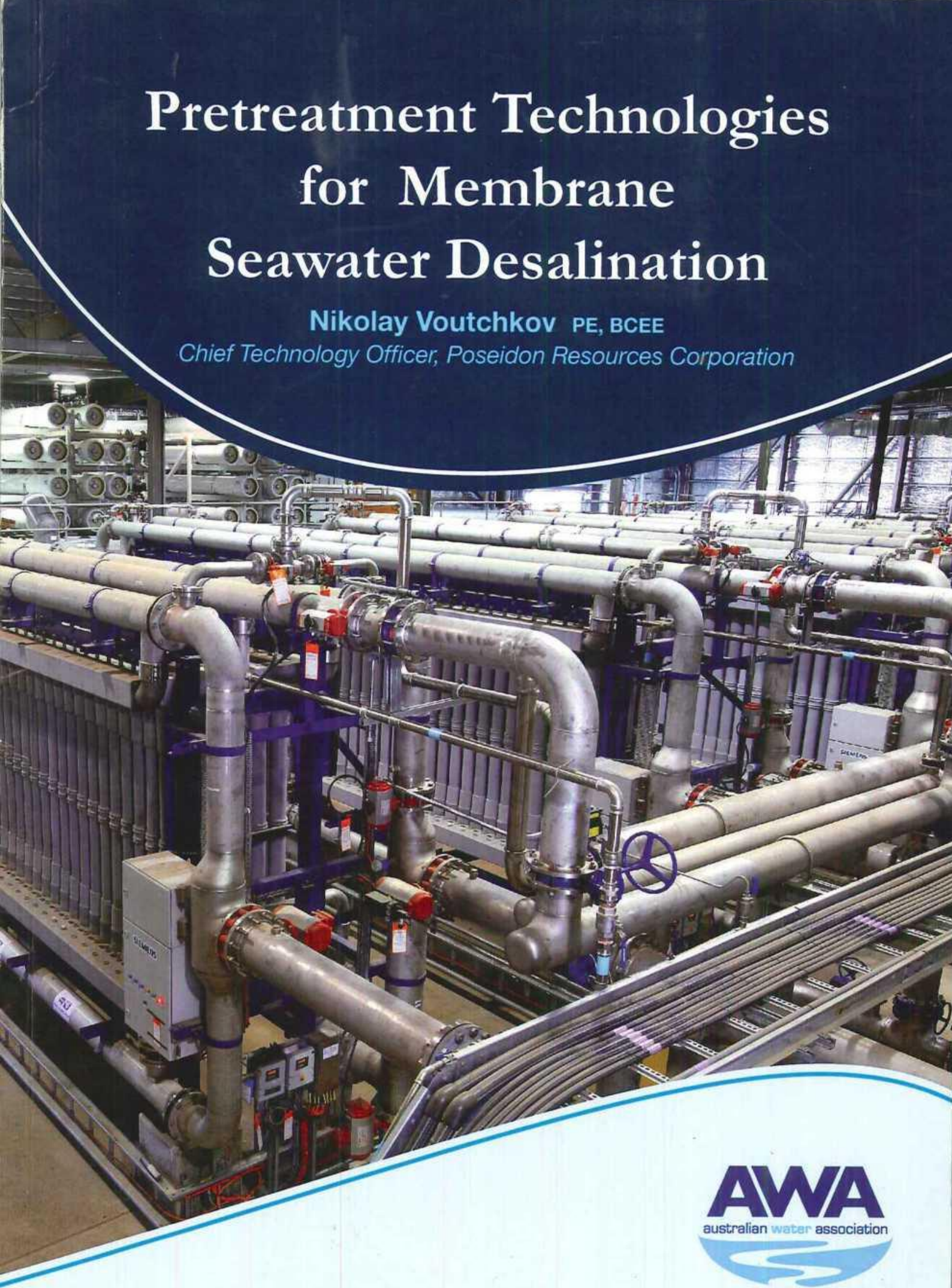
نيكولاي فيتكوف

WTEF

الترجمة تحت إشراف
منتدي خبراء تكنولوجيا المياه
www.watertechexperts.com

Pretreatment Technologies for Membrane Seawater Desalination

Nikolay Voutchkov PE, BCEE
Chief Technology Officer, Poseidon Resources Corporation



AWA
australian water association

هذا الكتاب مجهود تطوعي خاص بمنتدي خبراء تكنولوحيا المياه

و غير مسموح لأي من الأعضاء باستخدامه خارج المنتدي . و غير مسموح بطبعه دون إذن خطي من المؤلف

This book is a voluntary effort for water technology expert's forum and it is not allowed for any members to use it by copying, printing outside the forum.

If you like to print this book, you must have a written permission from the author.

مقدمة

أن الواقع المائي الغربي يفرض تحديات كبيرة أمام الحكومات والشعوب العربية، حيث أن معظم الدول العربية باتت مصنفة تحت خط الفقر المائي، مما يعني أن نصيب الفرد العربي من موارد المياه المتجددة أقل من ألف متر مكعب في العام، وهو من أقل المعدلات في العالم, بالإضافة (65%) من تلك الموارد منبعها من خارج أراضي الوطن العربي، وتشير الدراسات إلى أن حصة الفرد العربي من المياه في تدني متزايد مع الزمن، مما ينذر بنقص حاد في القدرة على تلبية المتطلبات التنموية الأساسية.

وحيث أن الأمن المائي هو الرافد الرئيسي للأمن الغذائي والتنمية الصناعية والاقتصادية والرفاهية الاجتماعية, فعلى جميع الحكومات والشعوب العربية أن تدرك خطورة تفاقم الفجوة المائية الناتجة عن الشح المتزايد في المياه في الوقت الذي يتنامى فيه الطلب عليها، وأن الأزمة المائية العربية باتت وشيكة, وأن الطموحات والخطط التنموية العربية أصبحت في مهب الريح, الأمر الذي يتطلب من الجهات المعنية بالشأن المائي في القطر العربي أن تقوم بما يلي :

- بذل مزيد من الجهود الرامية إلى تعزيز الأمن المائي العربي وحماية موارد المياه الغير متجددة من الاستنزاف بسبب الاستخدام الجائر وبحث كافة السبل الكفيلة بتجنب العجز في الميزأن المائي في المنطقة العربية.
- صياغة وتبنى السياسات التي تستهدف الاستخدام الأمثل لموارد المياه المتاحة بفعالية وكفاءة ووضع الأطر التنظيمية التي تضمن تطبيق أفضل الممارسات العالمية لاستغلال تلك الموارد.
- اتخاذ التدابير اللازمة لحماية مصادر المياه من التلوث ومعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بأحدث الطرق وإعادة استخدامها كمورد غير تقليدي ومتجدد للمياه.
- تحقيق متطلبات التنمية المستدامة, التي تعني تلبية الاحتياجات التنموية الراهنة مع حفظ حقوق الأجيال القادمة في الموارد الطبيعية لضمأن استمرار التنمية المتوازنة عبر الأجيال.

وتمثل خطوة ترجمة هذا الكتاب ركيزة أساسية في اتجاه نقل وتوطين الخبرات والتقنيات في المنطقة العربية وتثقيف الخبراء والعاملين بأحدث المستجدات والتقنيات في مجال معالجة المياه.

كما أخص بالشكر كافة الزملاء الذين جادوا بوقتهم وعلمهم وجهدهم تطوعاً بلا أي مقابل في سبيل نقل هذا العلم للأمة العربية.

مهندس / محمد عبد الخالق خليفة

المؤسس والمشرف العام على منتدى خبراء تكنولوجيا المياه ومستشار السياسات والتخطيط ونقل التكنولوجيا

www.watertechexperts.com

مقدمة

يعتمد الإنسان على الماء في حياته كلها، في مشربه، ومطعمه،ونظافته، وري زرعه، واستصلاح أراضيه، وإدارة وتشغيل مصانعه، وتوليد الطاقة. وتزداد حاجة الإنسان إلى الماء كل يوم، فكل عام يزداد التعداد، وتزداد معه الحاجة للماء.وإن احتياجنا للماء في زيادة مستمرة، وفي كل عام يزداد عدد سكان العالم، كما أن المصانع تُنتج أكثر فأكثر وتزداد حاجتها إلى الماء .نحن نعيش في عالم من الماء، ولكن معظم هذا الماء ـ حوالي 97% منه ـ يوجد في البحار والمحيطات. وهو ماء شديد الملوحة إذا ما استُعمل للشرب أو الزراعة أو الصناعة. إن نسبة 3% فقط من مياه العالم عذبة.

وتعد تحلية مياه البحر أو المياه متوسطة الملوحة من اهم مصادر الحصول علي مياه نقية للشرب ولإنتاج مياه عذبة تصلح للشرب والري والزراعة.وهذا يتم غالبا في الدول التي تعاني من نقص من المياه وليس لديها موارد سطحية أو جوفية للمياه العذبة كما في معظم دول الخليج العربي والتي تعتمد بدرجة كبيرة علي تحلية مياه البحر للحصول علي مياه عذبة.

لقد استحدثت تكنولوجيا التحلية لتسخر ثروة البحار المائية الهائلة وتستفيد منها , ومشاريع تحلية المياه من البحر تزايدت حجما وعددا وكفاءة لإنتاج كميات متزايدة من المياه العذبة باحتياج اقل من الطاقة وبتكلفة اقل , مع اهتمام اكثر بالجانب البيئي , ومن اهم تلك التكنولوجيات تكنولوجيا تحلية مياه البحر باغشية التناضح العكسي.

وتحتاج عمليات تحلية مياه البحر باغشية التناضح العكسي الي معالجة مبدئية للازالة الكافية والفعالة للملوثات والمواد المسببة لتلف وأنسداد الاغشية من مصدر مياه البحر ولضمان الاداء الفعال والمتسق لاغشية التناضح العكسي.

ومن هنا جاءت فكرة هذا الكتاب الذي يقدم وجهة نظر هامة للعمليات الرئيسية والمعدات المستخدمة في تقنيات المعالجة المبدئية لتحلية مياه البحر بإغشية التناضح العكسي , ويناقش اماكن تطبيقها ومميزاتها وعيوبها .ويصف هذا العمل ايضا الاسباب الاساسية والاليات (الميكانيزمات) لمشكلات أنسداد وتلف اغشية التناضخ العكسي ويعرض معظم التطورات الحديثة لتقنيات المعالجة المبدئية وعلومها.

وتنبع اهمية هذا الكتاب في توفير المعلومات القيمة والحديثة لتقنيات المعالجة المبدئية للاغشية ووضعها في متناول كل القراء الذين تقع كل اهتمامهم في مجال التحلية ومن المهنيين والاكاديميين والمهندسين والعلماء والفنيين وطلبة الكليات والمعاهد العامة والخاصة والمهتمين عموما.

ونظرا لاهمية هذا الكتاب فقد جاءت فكرة ترجمته الي العربية بواسطة مجموعة متخصصة من الخبراء والمتخصصين في هذا المجال مما ييسر علي القارئ العربي سبل الإلمام بأهم نظريات واسس وتقنيات المعالجة المبدئية لتحلية مياه البحر بإغشية التناضح العكسي باللغة العربية , مقدمين لهم كل شكر علي جهدهم الكبير في ترجمة واخراج هذا الكتاب بلغتنا العربية .

أحمد السروي

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية

المترجمـــون

مهندس/ محمد عبد الخالق خليفة

المؤسس والمشرف العام على منتدى خبراء تكنولوجيا المياه

ومستشار السياسات والتخطيط ونقل التكنولوجيا

moh_1_9_77@yahoo.com

كيميائي / أحمد أحمد السروي

استشاري معالجة المياه والدراسات البيئية وجودة المختبرات الكيميائية والطبية

ألف العديد من المؤلفات في هذه المجالات تبلغ عشرون كتابا علميا متخصصا

التدريب وإعداد الدراسات والملفات في كثير من الموضوعات الخاصة بمجالات

معالجة المياه والدراسات البيئية وجودة وسلامة المختبرات الكيميائية والطبية

تقديم الاستشارات العلمية مجالات معالجة المياه والدراسات البيئية وجودة

وسلامة المختبرات الكيميائية والطبية

تأهيل المختبرات الكيميائية لنظم الجودة والايزو 17025

Aelserwy71@Yahoo.com

كيميائي / منتصر علي مصطفي

بكالوريوس العلوم في الكيمياء

سنة 1989جامعة الإسكندرية

خبير بمجال تحلية المياه بالمملكة العربية السعودية من عام 1997

omr_usf_2@Yahoo.com

كيميائي / محمد موسي عبد المنعم

بكالوريوس العلوم جامعة الزقازيق سنة 2002

مهندس تصميم أنظمة تحلية المياه بالتناضح العكسي

مساعد مدير الدعم الفني بشركة ريجوود

استشاري حر في أعمال تحلية المياه

محاضر معتمد في مجال تحلية المياه

كيميائي / احمد محمد عبد المهيمن هشام

خبير معالجة المياه والبيئة

باحث ماجستير كيمياء تحليلية بجامعة عين شمس

بكالوريوس العلوم الكيميائية – جامعة الأزهر

محاضر معتمد بمجال تقنيات المياه

محاضر معتمد بمجال ادارة أنظمة الجودة

المدير الاسبق لمحطات معالجة المياه بمحافظة رفحاء –السعودية

ahmedhasham83@gmail.com

كيميائي / بلال أحمد عبد العزيز عنتر

بكالوريوس العلوم قسم الجيوكيمياء جامعة الأزهر عام 2004

كيميائي بمحطات الكهرباء منذ عام 2005

بكلا من مصر والكويت والعراق

Belalanter@gmail.com

كيميائي / نضال محمد الشن

بكالوريوس العلوم شعبة ميكروبيولوجي

جامعة ناجبور Nagpur University - الهند عام 1994م

العمل بمجال المختبرات الطبية لمدة عامين

العمل لمدة 22 عام في مختبر جودة المياه والبيئة

ahmad.nedaal@gmail.com

كيميائي / محمد عبد المقصود عرفة سنبل

بكالوريوس العلوم ، تخصص كيمياء ونبات - جامعة المنصورة

دبلومة في الكيمياء الحيوية، كلية العلوم، جامعة الزقازيق

دبلومة في الكيمياء التحليلية، كلية العلوم، جامعة الزقازيق

كيميائي بمعالجة مياه الصرف الصناعي

بشركة فيرست لأنتاج ورق الكرتون - مصر

أخصائي تحاليل طبية سابقا

Sonbol1986@gmail.com

كيميائي / ياسر محمد نهامى

بكالوريوس العلوم ، تخصص كيمياء

مهندس تشغيل بشركة فيوليا لتكنولوجيا المياه بمشروع ZLD

بمصنع موبكو لأنتاج الأسمده

العمل سابقا بكلا من شركة ماتيتو لمعالجة المياه

ومشاريع محطة كهرباء الكريمات ومحطة كهرباء غرب القاهره

ومحطة كهرباء بنها ومحطة كهرباء شمال الجيزة

Yasser_tohamy@gmail.com

كيميائي / سلمان محمد حامد أحمد

بكالوريوس العلوم قسم كيمياء خاصة جامعة الأزهر

كيميائي بمجال تحلية مياه البحر

(تصميم و صيانة و تشغيل وحدات محطات تحلية مياه البحر)

و مجال معالجة و تصميم برامج المعالجة

(أبراج التبريد - الغلايات – الشيللرات)

SalmanElfaresy@gmail.com

كيميائية / سمية طه هلال

بكالوريوس العلوم قسم كيمياء

مديرة مبيعات و دعم فني تصميم محطات تحلية

و تصميم برامج المعالجة لأبراج التبريد و الغلايات

Somayat86@yahoo.com

كيميائية / رشا اسماعيل محمد سلطأن

مصمم دعم فني

مهندس أنظمة معالجة المياه (R.O و وحدات المعالجة المبدئية)

scientist.rasha@yahoo.com

مهندس كيميائي / خالد محمود فراج

بكالوريوس الهندسة الكيميائية - المعهد العالي للهندسة و التكنولوجيا بدمياط

مهندس دعم فني بشركة أيزوتك لتكنولوجيا المياه

العمل سابقا بكلا من بشركة الريتاج لمستحضرات التجميل (مهندس تشغيل)

و مصنع أسمنت العريش مهندس تشغيل بوحدة تحلية المياه و معالجة أبراج التبريد

khaledfarrag33@yahoo.com

كيميائي / محمد عويضة

كيميائي معالجة مياه بشركة كوكاكولا مصر

شركة نسلة السعودية و شركة اتكو فارما للصناعات الدوائية فى مصر

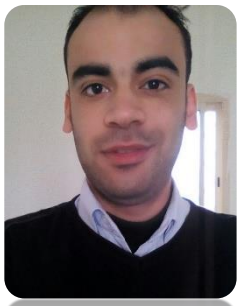
mohammad_eweda_7@yahoo.com

مهندس / ايمن عبد الناصر نافع

بكالوريوس الهندسة قسم الميكانيكا - جامعة الازهر 2008

خبير تحلية المياه بالمملكة العربية السعودية

eng.aymannafie@gmail.com



كيميائي / شهاب خليل

بكالوريوس العلوم قسم الكيمياء - جامعة بنها

كيميائي بمجال تحلية المياه بالمملكة العربية السعودية

shehabmohamed292@gmail.com

كيميائي / يحيى على شبل

بكالوريوس العلوم في الكيمياء كلية العلوم جامعة المنصورة

باحث ماجستير في تحلية المياه بجامعة القاهرة وبالتعاون مع

المركز المصرى المتميز لأبحاث التحلية

EGYPTIAN DESALINATION RESEARCH CENTER OF EXCELLENCE (EDRC)

دبلومة الدراسات العليا في البتروكيمأويات من كلية العلوم جامعة الإسكندرية

دبلومة الدراسات العليا في الكيمياء التطبيقية من جامعة المنصورة

خبرة في مجال معالجة وتحلية المياه لما يزيد عن 8 سنوات

Elbasha113@gmail.com

كيميائي / هاشم عبد العزيز هاشم

hashim919919@gmail.com

الفهرس

1- مقدمة عن المعالجة الأولية لمياه البحر 1

1.1 الغرض من المعالجة الأولية :- 1

2.1 آليات اتساخ الأغشية (الترسبات) : 4

1.2.1 تكونات داخلية و خارجية 4

2.2.1 اتساخات (تلوثات) خارجية 4

3.1 التدهور الكيميائي (التحلل الكيميائي) 5

4.1 كيفية و طرق حدوث اتساخ الغشاء:- 5

1.4.1 استقطاب تركيز الأملاح :- 5

2.4.1 اتساخ الغشاء و إعادة توزيع الإنتاجية (Membrane fouling and flux redistribution) 7

2- المعالجة الأولية لمياه البحر و مسببات الإنسداد للأغشية 10

1.2 الجزيئات المسببة للانسداد: 10

2.2 الغروانيات المسببة للإنسداد :- 11

3.2 الترسبات الملحية المسببة للأنسداد 12

4.2 الترسبات العضوية الطبيعية. 13

5.2 العوالق الميكروبية :- 15

3- قياس امكانية تأثر مياه البحر بالملوثات:- 19

1.3 العكارة :- 19

2.3 مؤشر الطمي silt density index :- 19

3.3 محتوي الكربون العضوي Organic Carbon Content :- 20

أ- قياس الكربون العضوي (Total Organic Carbon) TOC :- 21

*ب- الطريقة الثانية لقياس الكربون العضوي **UV 254 Absorbance** :- 22*

*ج- الطريقة الثالثة لقياس المحتوي العضوي في الماء **BFR (Bio Film Formation Rate)** :- 22*

4- المعالجة الأولية لمياه البحر بالفصل:- 24

1.4 فلاتر الفصل التقليدي:- 24

2.4 الفصل الميكروني و الفلاتر القرصية:- 24

3.4 الفلاتر الخرطوشية: 26

5- التخثير و التجميع:- 28

1.5 التخثير:- 29

1.2.5 نظام الخلط الميكانيكي اللحظي Mechanical flash mix system:- 30

2.5 التنديف Flocculation :- 30

3.5 التخثير:- 31

6- إزالة الرمل , الترسيب والتعويم بالهواء المذاب 33

1.6 إزالة الرمال 33

2.6 الترسيب 34

3.6 التطويف بالهواء المذاب 36

1.3.6 المعالجة بال (داف DAF)– معايير التصميم الرئيسية 38

7– الفلاتر ذات الوسط الحبيبي 40

1.7 المقدمة 40
2.7 معايير تصميم فلاتر الجاذبية ذات الوسط الحبيبي في المعالجة الأولية: 43
1.2.7 معايير التصميم الرئيسية للمرحلة الأولى، الوسائط الحبيبية لنظام المرحلتين لمرشح ثنائي 47
2.2.7 معايير التصميم الرئيسية لمرحلة الترشيح جنبا إلى جنب مع نظام المعالجة المسبقة لمرشحات (التعويم بواسطة الهواء المذاب) DAF: 48
3.7 مرشحات الضغط الحبيبي: 48
1.3.7 معايير التصميم الرئيسية لمرشحات الضغط ذات المرحلة الواحدة وسائط متعددة: 50
4.7 مميزات المرشحات الحبيبية من نوع GRAVITY : 50
1.4.7 ازالة افضل للطحالب الموجودة بمياه البحر: 50
2.4.7 العمرالافتراضي الطويل لبنية المرشحات 51
3.4.7 انخفاض الطاقة المستهلكة: 51
4.4.7 احتفاظ بقدرة المواد الصلبة للتعامل بشكل أفضل مع مستويات العكارة 51
5.4.7 السهولة في تحديد واصلاح مشاكل التشغيل 52
5.7 مميزات مرشحات الضغط ذات الوسط الحبيبي 53
1.5.7 إنخفاض تكاليف الإنشاء: 53
2.5.7 صغر المساحة المستخدمة 53
3.5.7 قصر وقت الإنشاء: 53
4.5.7 إنعدام تأثير أشعة الشمس علي نمو الطحالب 53

8- أغشية الترشيح..... 54

1.8مقدمة..... 54
1.1.8 وصف عملية الفلترة بالأغشية 57
2.1.8 المعالجة (الفلترة) 57
3.1.8 الغسيل العكسى 57
4.1.8 تنظيف الأغشية 58
5.1.8 اختبار سلامة الأغشية من العيوب: 58
6.1.8 أمثلة على منظومات متكاملة لمعالجة مياه البحر بالأغشية 58
2.8 المواد والمنتجات المستخدمة فى أغشية المعالجة الأولية لتحلية مياه البحر 60
1.2.8 المواد الخام للغشاء 60
2.2.8 التكوين الهندسي للغشاء 60
3.2.8 المميزات الرئيسية لأغشية الألياف المجوفة كالأتى : 61
4.2.8 المميزات الرئيسية للأغشية الأنبوبية كالآتى : 61
المعايير الرئيسية لكفاءة هذه الأغشية كما هوا مبين أدناه: 64
3.8 الإعتبارات و الحدود الواجبة عند استخدام معالجة المياه باستخدام الأغشية 65
4.8 المقارنة بين نظام المعالجة الأولية بالضغط و التفريغ المدفوع عبر الغشاء :- 69
1.4.8 تغير و إختلاف نوعية مصادر ماء البحر: 69
2.4.8 بصمة النظام :- 70
3.4.8 المؤشر الإقتصادي :- 71
4.4.8 تكلفة المعدات و الإنشاءات و احتياج الطاقة :- 71

9- مقارنة بين ال.وسط الحبيبي والأغشية في المعالجة الأولية 73

1.9 تأثير جودة مياه المصدر علي اختيار نوع المعالجة الأولية 73
2.9 المساحة السطحية لنظام المعالجة الأولية :..... 75
3.9 كمية ونوعية المخلفات المتولدة عن المعالجة الأولية 76
4.9 الكيماويات المستخدمة: 78
5.9 الطاقة المستخدمة: 79
6.9 حساب الاقتصاد الكلي: 79
7.9 تكاليف استبدال وسائط الترشيح..... 80
8.9 التوافق بين عناصر الغشاء ونسق تكويناتها. 81
9.9 تكاليف إنتاج المياه..... 84

10- إرشادات عامة لإختيار نظام المعالجة المبدئية 90

2.10 البدائل للتحكم في التلوث البكتيري Microbial fouling:-..... 92
1.2.10 الارشادات الموجوده للتحكم في نمو الاتساخات البيولوجيه بالاعتماد على الطرق الثلاثه مفصله كالتالي 92
1.2.10 التناضح العكسي لمياه البحر للمواد العضوية بطريقه التحلل الحيوي بالمصدر الأساسي : 93
2.2.10 الترويب (التخثير) Coagulation 93
3.2.10 الادمصاص بواسطة الكربون المنشط Adsorption by Activated carbon 94
4.2.10إزالة الكتل الطحلبية بلطف من مصدر المياه Gentle removal of algal biomass from source water 94
3.10 التثبيط البيولوجي بواسطة الأكسدة أو الأشعة فوق البنفسجية: 94
4.10 الكلورة الكيميائية Chlorination 95
5.10 الأشعة فوق البنفسجية (UV):..... 95
6.10 تهيئة الظروف الهيدر وديناميكية لأجزاء SWRO 96

11- تكنولوجيا المعالجة الأولية 97

1.11 التوقعات والتوجهات المستقبلية :..... 97
2.11 الملاحظات الختامية : 98

المصطلحات 99

الفصل الأول

1- مقدمة عن المعالجة الأولية لمياه البحر

1.1 الغرض من المعالجة الأولية :-

مياه البحر مثل أي مصدر مياه طبيعي آخر تحتوي علي مواد صلبة في شكلين :-

مواد صلبة ذائبة و مواد صلبة غير ذائبة (معلقة)

و بالنسبة للمواد الصلبة الغير ذائبة تظهر في شكل من أشكال الغير قابلة للذوبان (جسيمات , كتل صخرية , الكائنات البحرية , طمي , غرويات ,..... إلخ)

المواد الصلبة الذائبة توجد في صورة ذوبانية علي هيئة (أيونات معدنية مثل الكلوريدات , صوديوم , كالسيوم , منجنيز ,... إلخ)

في الوقت الحالي , عمليا جميع محطات تحلية مياه البحر بنظام التناضح العكسي عملت علي دمج خطوتين معالجتين رئيسيتين تهدفان إلي إزالة المواد الصلبة الذائبة و المواد الصلبة الغير ذائبة (المعلقة) بالتتابع من مصدر المياه .

الغرض من الخطوة الأولي :-

المعالجة الأولية (المبدأية) لمياه البحر لإزالة العوالق الصلبة الغير ذائبة (المعلقة) و للحيلولة دون تحول بعض المواد الصلبة القابلة للذوبان إلي شكل صلب فيحدث لها ترسب علي أغشية التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO)

ووذلك أثناء عملية فصل الأملاح بطريقة التناضح العكسي (RO) (See Figure 1)

الخطوة الثانية :-

عملية التناضح العكسي تقوم بفصل المواد الصلبة الذائبة من مياه البحر المعالجة سابقا , و بالتالي تنتاج مياه عذبة قليلة الملوحة مناسبة للإستهلاك (الإستخدام) الآدمي و الإستخدامات الزراعية و التطبيقات الصناعية المختلفة.

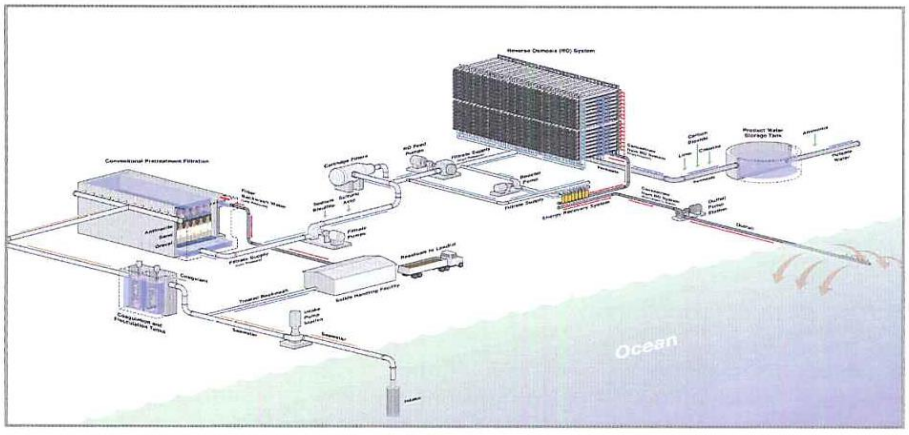


Figure 1 – Schematic of Typical Seawater Desalination Plant

- من الناحية العملية يلزم أن تكون المواد الصلبة في المياه بعد المعالجة الأولية تكون املاح ذائبة فقط
- طالما أن نظام التناضح العكسي لمياه البحر يعمل بطريقة منع ترسب هذه الأملاح علي سطح أغشية التناضح العكسي (SWRO) فإن تلك الأغشية يمكن أن تعمل و تنتج مياه عذبة (قليلة الملوحة) و بجودة مستقرة لفترة طويلة دون الحاجة إلي غسيل .
- تظهر الخبرة العملية في محطات مياه البحر (SWRO… SEA WATER REVERSE OSMOSIS) ذات مصدر المياه عالي الجودة وذات التصميم الجيد للمعالجة الأولية فإن أغشية مياه البحر بتلك المحطات لا تحتاج إلي غسيل لمدة سنة أو أكثر , و يمكن أن تمتد مدة صلاحيتها إلي ما بعد العشر سنوات .
- في الواقع , و مع ذلك , نظم المعالجة الأولية تعمل علي إزالة بعض المواد الصلبة الغير قابلة للذوبان الموجودة في مصدر مياه البحر وتلك النظم دائما لا تقم بمنع بعض المواد الصلبة الذائبة من ان تترسب على سطع اغشية المعالجة .
- يمكن أن تتراكم المواد الصلبة الغير ذائبة (المعلقة) مثل الطمي و المواد العضوية الطبيعية (Ntural organic matter NOM) والتي تتبقي بعد المعالجة الأولية لمياه البحر علي سطح أغشية التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) و تسبب(هذه الترسبات) في فقدان الإنتاجية للغشاء مع مرور الوقت . بالإضافة إلي ذلك , لأن مياه البحر تحتوي بشكل طبيعي علي الكائنات الحية الدقيقة و كذلك العضوية الذائبة التي يمكن أن تكون بمثابة الغذاء للكائنات الحية الدقيقة .وللعلم فأن طبقة من الموادالحيوية (BIOFILM) ممكن أن تنمو وتتكاثر علي سطح الغشاء فتسبب في فقدان أنتاجية الغشاء (أنظر صورة 2)

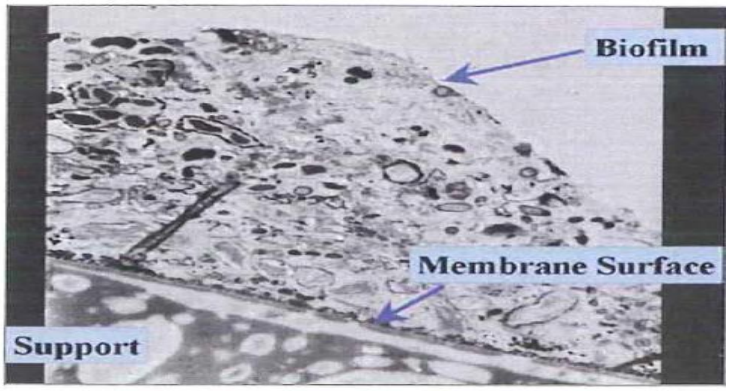


Figure 2 – Membrane Biofilm

- أن عملية تقليل (اختزال – تخفيض) مساحة سطح الغشاء النشط والذي يؤدي إلي فقد في معدل الإنتاج لأغشية مياه البحر (SWRO) يكون بسبب تراكم المواد الصلبة الغير ذائبة (المعلقة) و المواد العضوية الطبيعية (NOM)
- ترسبات المواد الذائبة أو تشكيل (تكون) طبقة (Biofilm) علي سطح غشاء التناضح العكسي (SWRO) يعرف كتلوث (Fouling) للأغشية

- زيادة تلوث أغشية التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) غير مرغوب فيه بجانب ذلك يكون له تأثير سلبي علي أنتاجية أغشية مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO) فإنه يمكن أن يؤدي أيضا إلي زيادة استخدام الطاقة لفصل الملح (أي زيادة قدرة مضخة الضغط العالي) و يؤدي إلي تدهور في جودة المياه المنتجة.
- معظم نظم التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) تعمل لإنتاج تيار (تدفق) مستمر و ثابت من المياه العذبة (الخالية من الأملاح – المعالجة) لإنتاج هدف مرغوب (مقبول) من الأملاح الكلية الذائبة (TDS)
- أنتاجية أغشية التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) تكون مقاسة عادة بحجم المياه المحلاة التي يمكن أن تنتجها من خلال وحدة سطح الأغشية مقارنة ب (القدم المربع/ المتر المربع)عل مدي فترة معينة من الزمن (يوم/ ساعة) و هي تكون معرفة بمعدل الفيض (Flux) للأغشية .

علي سبيل المثال :- معظم أغشية التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) اليوم تكون مصممة للعمل في تدفق ثابت للأغشية (flux) في حدود من 13.5 إلي 18 لتر/ متر^2 /ساعة ($L/M^2/h$) .

.لمصدر معين من مياه البحر وللحصول علي درجة حرارة وملوحة وحجم ثابت لمياه منتجة من نظام ازالة الاملاح يتطلب ذلك أن يتم تغذية نظام ازالة الاملاح بمياه بحر بضغط ثابت (من 55 إلي 70 بار)

- لو حدث تلوث (Fouling) اتساخ لأغشية مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO) من أجل الحفاظ علي تدفق أنتاجية الغشاء و ثبات جودة المياه بنظام عملية التحلية سيحتاج إلي العمل علي نحو متزايد من خلال الضغط علي الأغشية (TMP trans membrane pressure) و التي بدورها تعني احتياجنا إلي طاقة لإنتاج نفس الحجم و نفس الجودة التي تحتاجها المياه المحلاة (العذبة) و ذلك يؤدي إلي استهلاك زائد في الطاقة .
- الزيادة في الضغط (الطاقة) عبر الأغشية بنظام التناضح العكسي لمياه البحر (SWRO) مرات إضافية (زيادة عن الحد دليل علي تراكم أو امتصاصها للملوثات (Fouling) علي سطح أغشية التناضح العكسي لمياه البحر
- يجب وضع الملوثات في الإعتبار أنها لا تعتمد بناء علي جودة المصدر لمياه البحر و أداء نظام المعالجة الأولية و لكن أيضا خصائص أغشية التناضح العكسي لمياه البحر مثل متأينة , خشنة , محب للماء و كذلك و بناء علي نظام التدفق علي سطح الغشاء (Hoek etal , 2007)
مع ارتفاع خشونة سطح الأغشية وتغير طبيعته ليكون كاره للماء فإنه محتمل تكون تلوث بكتيري (Biofouling) علي سطح الأغشية (مما يؤدي إلي تحول سطح الأغشية من محب للماء إلي كاره للماء) (Hoek etal , 2003; Hoek and Agrawal, 2006)

نموذجيا , المركبات التي تسبب تلوث (Fouling)علي غشاء مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO) يمكن إزالتها عن طريق التنظيف الدوري للأغشية باستخام مزيج من المواد الكيميائية (منظفات صناعية, قلويات, أحماض)

حتي في بعض الحالات , و مع ذلك تكون غيرمرئية و التنظيف قد لا يعمل علي استعادة أنتاجية الغشاء كما كان سابقا . التي قد تتطلب استبدال بعض أو كل أغشية مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO) في محطات التحلية

- المعايير الأكثر استخداما عند الشروع في تنظيف الغشاء يكون من 10-15% زيادة عن الضغط الطبيعي بين التغذية و أعلي تركيز... 10-15 % أنخفاض عن التدفق الطبيعي للمياه المنتجة أو 10-15% زيادة في المعدل الطبيعي لتركيز (TDS) الاملاح الكلية الذائبة في المياه المنتجة..
- مع مرور الوقت كل أغشية مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO)تصبح متراكم عليها ملوثات (غير صالحة) مع ذلك معدل و قابلية الملوثات للتبدل (Fouling) هم العاملأن الرئيسيأن اللذأن لهما تأثير عميق للغاية علي أداء و كفاءة عملية فصل الماء بنظام التناضح العكسي .
- و هذه العوامل بدورها ترتبط ارتباطا وثيقا بنوعية مصدر مياه البحر و أداء (جودة) نظام المعالجة الأولية .

2.1 آليات اتساخ الأغشية (الترسبات) :

1.2.1 تكونات داخلية و خارجية

- اعتمادا علي المواقع التي يتراكم عليها المواد الغير قابلة للذوبان في منطقة الصرف (Reject) تسبب في أنخفاض أداء الغشاء ة
- الاتساخات يمكن تصنيفها :-

2.2.1 **اتساخات (تلوثات) خارجية** علي السطح الخارجي للأغشية ------ اتساخات داخلية

الإتساخات الخارجية تعتمد علي (تنطوي علي) تراكم الرواسب علي سطح الأغشية **بواسطة ثلاثة عوامل واضحة :-**

أ- تكوين رواسب معدنية (Scale)

ب- تكوين قشرة صلبة (تكلسات) من المواد الصلبة غير مرغوب فيها جسيمات ' غرويات , و غيرها من المواد العضوية و الغير عضوية

ج- تكوين طبقة من البكتريا و المواد العضوية (Biofilm) تنمو و تتراكم فيها مستعمرات الكائنات الحية الدقيقة علي سطح الغشاء التي تعلق نفسها عن طريق افراز المواد خارج الخلية.

بالرغم من الثلاث عوامل المذكورة يمكن ان تتكون جميعها في مزيج واحد وفي نفس الوقت الا ان التلوث الذي يحدث على سطح الغشاء من الخارج وبصورة متكررة غالبا ما يكون تلوث حيوي (Bio fouling)

- اما التلوثات الداخلية هي أنخفاض تدريجي في أداء الغشاء الناجم عن التغيرات في التركيب الكيميائي للبوليمرات الغشائية الناجمة عن الضغط الفيزيائي و عن طريق التحلل الكيميائي

و قد ينتج عن الضغط الفيزيائي علي البنية الغشائية لمدة طويلة يؤدي إلي إرتفاع ضغط مياه التغذية لأغشية مياه البحر بنظام التناضح العكسي (SWRO) عن المعدل التي تم التصميم عليها و المتفق عليها الآن (عادة 85 بار) أو من خلال تشغيلها المطول في درجات حرارة مياه البحر فوق الحد الأقصي الآن لتشغيل و عمل للأغشية (عادة 45 درجة مئوية)

3.1 التدهور الكيميائي (التحلل الكيميائي)

هو أنخفاض أداء الغشاء الناجم عن التعرض المستمر للأغشية للمواد الكيميائية التي تغير من تركيبها مثل الأكسدة القوية (الكلور- البرومين – الأوزون – البيروكسيد – و ما إلي ذلك)

و الأحماض و القلويات القوية جدا (عادة الرقم الهيدروجيني PH أقل من 3 أو أكثر من 12) بينما (في حين) التلوثات الخارجية للأغشية يمكن عمل غسيل كيميائي عكس اتجاه الخدمة (كيميائي عكسي), في معظم الاحيان التلوثات الميكروبية تدمر بشكل دائم البيئة البوليمرية للأغشية و بالتالي لا رجعة فيه إلي حد كبير.

4.1 كيفية و طرق حدوث اتساخ الغشاء:-

1.4.1 استقطاب تركيز الأملاح :-

و هو عامل مهم جدا و له تأثير واضح علي نوع و كمية المواد المسببة لاتساخ الغشاء.

هذه الظاهرة يتبعها تكون طبقة حاجزة حدودية علي طول سطح الغشاء من ناحية دخول مياه التغذية و التي تتميز بوجود كمية كبيرة جدا من ترسيب الأملاح أكثر منها في مياه التغذية .

حيث أن هذه الطبقة الحدودية Boundary layer هي عبارة عن طبقة من الاملاح الزائدة والتي تسبب زيادة الضغط الاسموزي على سطح الغشاء مما يسبب انخفاض في تدفق الماء المنتج من الأغشية PERMEAT بالاضافة الى انخفاض معدل ازالة الاغشية للاملاح اضف الي ذلك في حالة تكون الطبقة الحدودية على سطح الغشاء وزادت ذوبانية الاملاح المتشبعة في مصدر مياه البحر (مثل املاح كبريتات الكالسيوم) فان هذا سيؤدي لتكون ترسبات ملحية على سطح الغشاء MINERAL SCALE (شكل رقم 3)

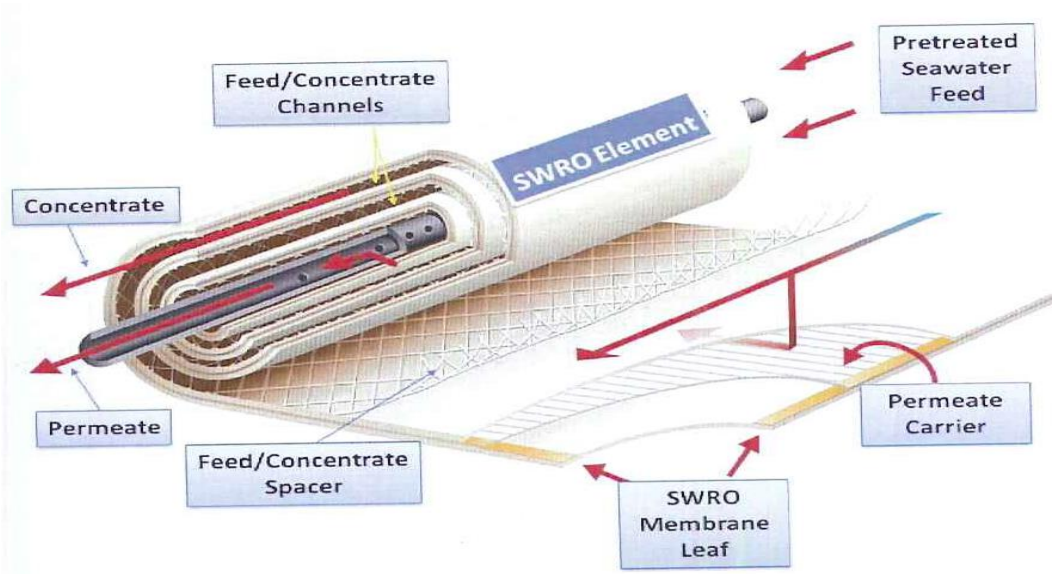


Figure 3 – Reverse Osmosis Membrane

- الزيادة في معدل الفيض للماء المنتج (*PERMEAT*) يسبب زيادة كمية أيونات الأملاح و المواد الصلبة الموجهة إلي الطبقة الحدودية أضعافا مضاعفة , و نتيجة لذلك تزيد من تفاقم استقطاب تركيز الأملاح و الإتساخ بالجسميات علي الإغشية .

- و الزيادة في تدفق مياه التغذية تكثف الإضطراب في الطبقة الحدودية مما يؤدي إلي تقليل سمك هذه الطبقة و كذلك تقليل تركيز الأملاح و المواد الصلبة فيها
- و اعتمادا علي شكل و هندسية هذه الطبقة , فأن مسارات مياه التغذية و الفواصل بين مياه التغذية و المياه المرفوضة (المركزة) من الممكن أن تسبب اضطرابا أعلي أو أقل في الطبقة الحدودية المركزة , و تبعا لذلك قد تقلل أو تزيد من استقطاب تركيز الأملاح .
- و لأن شكل الفواصل بين مياه التغذية و المياه المركزة و كذلك حجم القنوات لمياه التغذية و المياه المركزة هو من الثوابت لغشاء *RO* معين , فأن أنتاجية المياه العذبة و تدفق مياه التغذية هما العاملان الأهم في تحديد حجم استقطاب تركيز الأملاح .
- و كما أشير سابقا , فإن نسبة تدفق المياه العذبة الي تدفق مياه التغذية لوحدة أغشية *RO* معينة تعرف باسم معدل معدل الاستخلاص *(recovery)* أو معدل أنتاجية المياه العذبة لهذا العنصر
- و كلما ازداد معدل الاسترجاع , زاد حجم استقطاب تركيز الأملاح كذلك .

فعلي سبيل المثال : لأنظمة تحلية مياه البحر بنظام ال *RO* التي تستخدم عناصر أغشية قياسية (مثالية) , فأن التشغيل عند معدل استرجاع 50% سوف ينتج عنه عدة تركيز ملوحة علي سطح الغشاء أعلي بنسبة 1.2-1.5 تقريبا من تركيز الملوحة في مياه البحر (المصدر)

- و عند معدل استرجاع أعلي من 75% , فإن عامل استقطاب الأملاح سوف يتعدي 2 مما سيكون له الأثر الكبير عليي كفاءة عمليات الفصل للغشاء .
- بالإضافة إلي ذلك , فإنه عند معدل استرجاع أعلي من 75% و درجة حموضة لوسط مشبع بالأملاح , فإن العديد من الأملاح في مياه البحر سوف تبدأ في الترسيب علي سطح الغشاء و الذي سوف يتطلب إضافة الكثير من موانع الترسب (*anti scales*) و عند ذلك تصبح تحلية مياه البحر بنظام ال *RO* غير مجدية (غير عملية)
- ولأن الترسيب يعتمد بشكل أساسي علي درجة الحموضة *PH* فإن الزيادة في ال *PH* إلي 8.8 أو أكثر – و التي يتم التشغيل غالبا عندها في حالة إزالة البورون المحفز – من الممكن أن تسبب تكوين قشور عند معدل استخلاص منخفض بصورة ملحوظة (50%-55%) لنظام تحلية مياه البحر ب*RO*
- و للحد من استقطاب تركيز الأملاح في حدود معقولة , فإن مصنعي أغشية *RO*ينصحون بضبط أقصي معدل استرجاع لكل عنصر من عناصر الغشاء داخل الوعاء عند (10-20%)
- و نتيجة لذلك , فعند التركيب المعتاد لعدد من 6-8 عناصرلكل وعاء , و الأخذ في الإعتبار أنتاجية كل عنصر علي حده في الوعاء , فأن نظام ال *Ro* الواحد يكون محدودا عمليا بأقصي معدل استرجاع عند (50-65%)
- بالنسبة لأنظمة تحلية مياه الآبار , يكون أقصي معدل استرجاع هو (85-95%)
- ظاهرة استقطاب تركيز الأملاح التي تتم وصفها أعلاه و تأثيرها علي نقص أنتاجية الغشاء *(Flux)* ملازمة ليس فقط لأغشية ال *RO* و لكنها أيضا تحدث علي سطح أغشية الفلترة الفائقة(*Ultra filtration UF*) و الفلاتر

الميكرونية *(Micro filtration MF)* المستخدمة في المعالجة المبدئية للمياه المالحة في هذه الحالة , يكون استقطاب تركيز الأملاح هو تراكم للجسيمات المرفوضة (غير الأملاح) قريبا من سطح الغشاء مسببة تركيز هذه الجسيمات في الطبقة الحدودية أكبر من تركيزها في مياه البحر الخام المستخدمة في غذية نظام المعالجة المبدئية (و التي بدورها تسبب أنخفاض أنتاجية الفلترة الفائقة و الميكرونية *UF/MF*)

2.4.1 اتساخ الغشاء و إعادة توزيع الإنتاجية (Membrane fouling and flux redistribution)

- عناصر غشاء ال *RO* لنظام تحلية مياه البحر المثالي (المعتاد) يتم تركيبها في أوعية تعرف باسم أوعية ضغط الغشاء *(Membrane pressure Vessel)*
- عادة يتم توصيل عدد من 6- 8 عناصر غشاء تحلية مياه البحر *(SWRO)* معا في غشاء واحد داخل الوعاء (أنظر شكل 1.4)

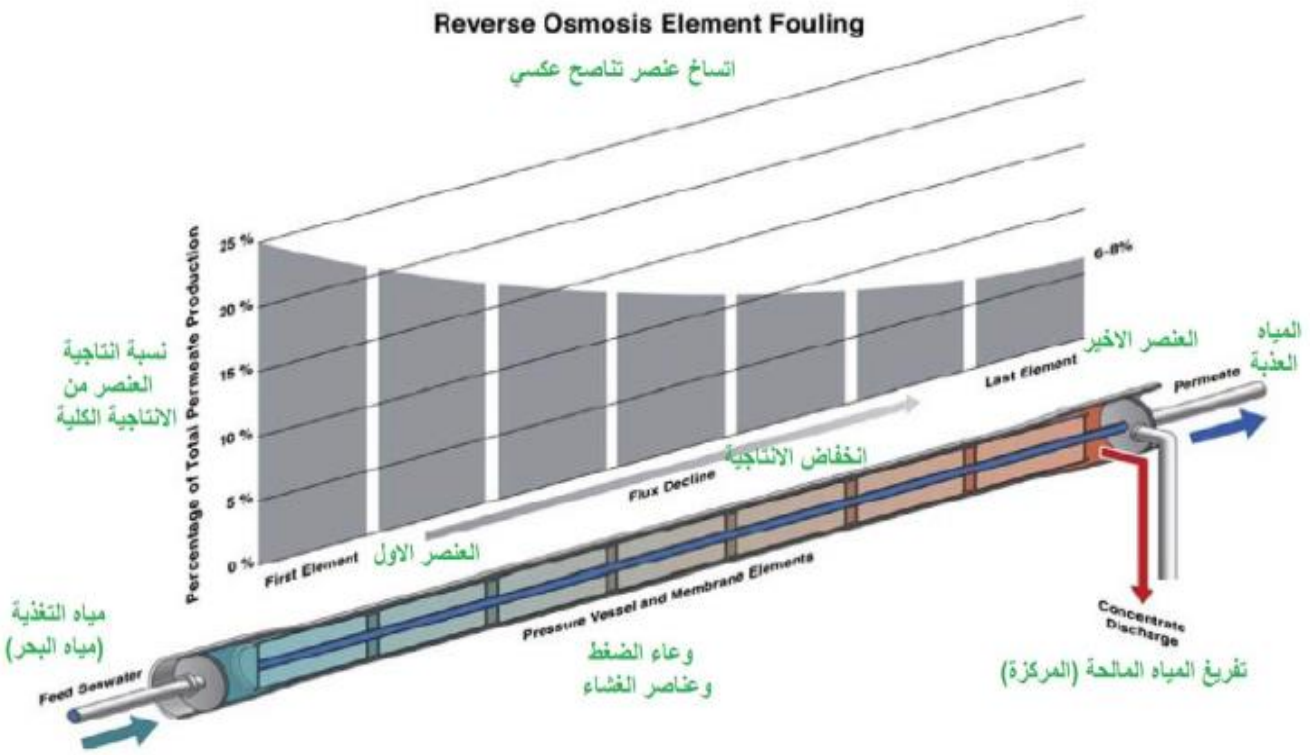


FIGURE 1.4 Membrane fouling and flux distribution in membrane vessel.
اتساخ الغشاء وتوزيع الانتاجية في وعاء الغشاء

- و في حالة التركيب المعتاد لغشاء نظام *RO* فأن مياه التغذية كلها بتم ادخالها عند مقدمة وعاء الغشاء و يتم تجميع كل المياه العذبة و المركزة عنج النهاية بالخلف و نتيجة لذلك فإن العنصر الأول (في المقدمة) يتعرض لكل مياه التغذية الداخلة للوعاء و يعمل عند معد فيض *(Flux)* أكبر بكثير من أنتاجية عناصر الغشاء التالية .
- و في حالة التركيب الأكثر شيوعا لعدد 7 عناصر لكل وعاء غشاء و التوزيع المثالي المتجانس للتدفق علي كل عناصر ال *RO* فإن كل عنصر سوف ينتج $\frac{1}{7}$ (14.3%) من إجمالي المياه المنتجة للوعاء .

- و مع ذلك , في أنظمة ال *SWRO* الحقيقية , فأن توزيع المياه في الوعاء غير متساوي و ينتج العنصر الأول للغشاء أعلي من 25% غالبا من إجمالي المياه العذبة للوعاء , في حين أن العنصر الأخير فقط ينتج (6-8%) من إجمالي المياه العذبة للوعاء (أنظر شكل 1.4)
- أن النقص في أنتاج المياه العذبة علي طول الغشاء يكون أساسا بسبب الزيادة في ملوحة مياه التغذية و الضغط الأسموزي المرتبط بها و ذلك لأن المياه العذبة يتم إخراجها من الوعاء أما المياه المركزة المرفوضة من كل العناصر تبقي داخل الوعاء حتي تخرج من آخر عنصر
- و لأن العنصر الأول يتحمل تحلية الكمية الأكبر من مياه التغذية فأنه يستقبل و يحتفظ بأكبر كمية من الجسيمات الصلبة و مسببات الاتساخ العضوي الموجود في مياه المصدر , و بناءا علي ذلك فأنه الأكثر تأثرا بالاتساخ الحيوي (بالكائنات الحية)
- أما الجزء المتبقي من مياه التغذية الذي لا يمر علي العنصر الأول فأنه يتم تجميعه مع المياه المالحة الناتجة من هذا العنصر و تدخل مسارات التغذية للعنصر الثاني لوعاء ال *RO*
- هذا العنصر الثاني يتم تعريضه لمياه تغذية ذات ملوحة عالية (أعلي) و ضغط مياه تغذية أقل (طاقة) بسبب الضغط الإبتدائي المطبق في البداية يتم استخدامه بالفعل من قبل العنصر الأول لإنتاج المياه العذبة
- و نتيجة لذلك , فإن معدل تدفق المياه العذبة (*Flux* الإنتاجية) للعنصر الثاني تكون أقل و يكون استقطاب تركيز الأملاح عل سطح هذا العنصر أعلي منه للعنصر الأول لنظام *RO*
- أما عناصر الغشاء التالية فيتم تعريضها لمياه تغذية ذات ملوحة متزايده و استقطاب تركيز للأملاح مرتفع و الذي ينتج عنه نقص تدريجي في أنتاجية هذه العناصر (*Flux*)
- و لأن الإنتاجية خلال العناصر لتالية قد أنخفضت , فأن تراكم الجسيمات و مسببات الاتساخ العضوي علي هذه العناصر يتلاشي و يقل تكون النمو الحيوي عليها . و مع ذلك , فأن احتمال تكون الترسيبات المعدنية يزيد لأن تركيز الأملاح في الطبقة الحدودية يزداد قريبا من سطح الغشاء
- و لذلك في أنظمة التحلية بنظام ال *RO* المتسخة بسبب تراكم الجسيمات فأن المواد العضوية و تكون النمو الحيوي يلاحظ عادة علي العنصر الأول و الثاني للغشاء في أوعية الضغط أما العنصرين الأخيرين يكونان معرضين عادة للترسيبات المعدنية أكثر من غيرها من أنواع الإتساخ *(Chesters et al,2011)*
- بالنسبة لنمط توزيع الإنتاجية في أوعية الأغشية لنظام ال *RO* الموضح في شكل 1.4 فإنه يتغير بصورة ملحوظة كنتيجة لعمل اتساخ الغشاء
- في حالة احتواء مياه البحر المصدر علي كمية كبيرة من مسببات الإتساخ بصورة مستمرة – كمافي حالة الإتساخ الكامل للعنصر الأول – فأن إنتاجيته *(Flux)* سوف تقل بمرور الوقت أقل من المستوي المعتاد (±25% من الإنتاج الكلي للوعاء) و سوف تزداد أنتاجية العنصر الثاني بدلا منه.

- و بعد وصول العنصر الثاني لأقصي درجة من الإتساخ , فإن كمية أكبر من مياه التغذية سوف يتم إعادة توزيعها علي العنصر الثالث حتي تبدأ كل عناصر الوعاء في العمل عند أنتاجية منخفضة بوضوح مقارنة بما سبق
- إعادة توزيع الإنتاجية التي تحدث بسبب الإتساخ بالجسيمات و ترسيب المواد العضوية الطبيعية و/أو الاتساخ بالنمو الحيوي من الممكن أن يحفز ترسيب القشور علي سطح الغشاء لآخر عنصرين في نظام ال*RO* و الذي لن يحدث في حالة التوزيع الطبيعي (العادي) للتدفق (تحت ظروف اتساخ قليلة) كما هو موضح في شكل 1.4
- أن السبب الرئيسي في هذه الظاهره هو أن استقطاب تركيز الأملاح علي سطح آخر عنصر *RO* يزداد عادة أكثر من مرتين كنتيجة لإعادة توزيع الإنتاجية .
- **و كما هو موضح سابقا في حالة** :-

1. التركيب العادي لعدد 7 عناصر لكل وعاء
2. ظروف عدم الاتساخ

فأن آخر عنصر سوف يعمل عند أنتاجية (6-8%) من متوسط أنتاجية الوعاء

- و في حالة توزيع الإنتاجية علي وعاء الغشاء مصحوبا بعوامل اتساخ فأن أنتاجية آخر عنصر سوف تزداد إلي (12-14%) بمعني أنها ستكون تقريبا ضعف المعتاد
- و لأن استقطاب الغشاء يتناسب بشكل كبير مع الإنتاجية لو تم تشغيل نظام ال *RO* عند نفس معدل الإستخلاص*(Recovery)* فإن احتمالية تكون قشور علي آخر عنصر أو عنصرين سوف تزداد بصورة كبيرة
- بالإضافة إلي زيادة احتمال تكون قشور معدنية (اتساخ) علي آخر عنصر أو عنصرين للغشاء فأن التشغيل طويل المدي لنظام ال *RO* متسخ لا ينصح به بسبب ضغط ميه التغذية المتزايد (طاقة) و اللازم للتغلب علي النفاذية المتناقصة للغشاء و هذا لو تم تشغيل النظام لأنتاج نفس الكمية من المياه العذبة
- و عند وصول ضغط مياه التغذية لمستوي معين (عادة 75-85 بار) لأنظمة تحلية مياه البحر ب *RO* فأن الاتساخ الخارجي للغشاء سوف يكون مصحوبا باتساخ داخلي بسبب الأنضغاط الفيزيائي للأجزاء المركبة (المكونة) للغشاء و الذي بدوره سوف يسبب تدفق نهائي للأغشية (غير قابل للإصلاح)
- و لذلك فأن فهم أسباب و كيفية حدوث الإتساخ لأنظمة ال *RO*لها أهمية قصوي و حساسة جدا في التصميم و التشغيل الناجح لوحدات التحلية بنظام ال *RO*

الفصل الثاني

2- المعالجة الأولية لمياه البحر و مسببات الإنسداد للأغشية

يتم تغذية محطات التحلية بمياه البحار عن طريق المآخذ الجوفية كالآبار أو المآخذ المفتوحة و التي تقوم بالسحب من الجسم المائي مباشرة.

حيث تقوم المصادر الجوفية بعمل تصفية طبيعية و تنقية مبدئية لمياه المأخذ الجوفي عن طريق إزالة العوالق كبيرة الحجم و معظم الرمال و العوالق الموجودة في مياه البحر، أما المآخذ المفتوحة من البحار و المحيطات فيجب أن يصمم المأخذ بحيث يحتوي علي شباك و مصافي ميكرونية لكي تقوم بعمل تصفية مبدئية لمنع مرور العوالق كبيرة الحجم و المواد العائمة و الكائنات البحرية كبيرة الحجم و الرمال و أي مواد غريبة.

بعد عملية التصفية التمهيدية عن طريق مرافق المأخذ البحري و التي غالبا ما تحتوي علي هذه الخمس مجموعات من المركبات التي تسبب الأنسداد للأغشية و التي لذاك يجب إزالتها في عملية المعالجة الأولية لتجنب حدوث أنسدادات الأغشية وهذه المجموعات هي :-

1- المواد العالقة و الطمي
2- المواد الغروانية : المواد التي لها أحجام صغيرة (0.2 إلي 1 ميكرون) و التي لا تكون في صورة تامة الذوبأن و التي عندما يزيد تركيزها خلال عملية الفصل بواسطة الأغشية تتجمع مع بعضها و تترسب علي سطح الغشاء (المواد الشبيهة بالطمي)
3- الترسبات الملحية المسببة للأنسداد : و التي تنتج عن المواد غير العضوية (أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم و الباريوم و الاسترأنشيوم) و التي تترسب خلال عملية فصل الأملاح و كبريتات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم كما أنها من الممكن أن تتسبب في أنسداد طبقة الأنتشار في الغشاء (Poly sulfone) و ذلك مثل أكاسيد الحديد
4- المواد العضوية السطحية : التي تقوم بالإلتصاق بالغشاء و التسبب في أنسداده
5- مسببات الأنسداد الميكرونية : الكائنات البحرية الدقيقة البلانكتونات و المواد العضوية المغذية لها و التي توفر بيئة خصبة لتكاثر تلك الكائنات و تقوم بعمل طبقة جيلاتينية من الكائنات الحية ملاصقة للغشاء تؤثر في كفاءة عملية الفصل

1.2 الجزيئات المسببة للانسداد:

هذه الجزيئات هي مواد عضوية أو غير عضوية موجودة في مصادر المياه كالعوالق الدقيقة و البلأنكتونات و الطمي و التي لا يمكنها المرور خلال الغشاء نتيجة لكبر حجمها

أو المواد الصلبة العالقة و التي تكون في صورة غير ذائبة و التي أن لم تنزل بواسطة المعالجة الأولية سيحتجزها الغشاء علي سطحه

بالإعتماد علي الظروف الهيدروديناميكية لسطح الغشاء كحجم و شحنة تلك الجزيئات و نتيجة مرور المياه في الإتجاه الموازي للغشاء بضغط عالي فأن هذه العوالق ستهاجر من سطح الغشاء و تخرج مع خط المياه العادمة (Reject)

أو أنها ستحتجز علي سطح الغشاء و يحدث لها تراكم مسببة نقص في أنتاجية الغشاء بمرور الزمن هذا النوع من العوالق يمكن إزالته بالفلتره الإبتدائية لمصدر المياه للحفاظ علي كفاءة الفصل في الغشاء، تختلف هذه الجزيئات المسببة للأنسداد في مصدر المياه في حجمها و لكن معظمها بما في ذلك البلانكتونات تكون أكبر من 0.1 ميكرون

عادة ما تكون نسبة العوالق ذات الحجم الأكبر من 1 ميكرون تشكل نسبة أكبر من 90% لذا فإذا تم تصميم مرحلة المعالجة الإبتدائية بشكل جيد فأن مياه الناتجة منها لن تحتوي علي جزيئات عالقة أكبر من 20µm

2.2 الغروانيات المسببة للإنسداد :-

الغروانيات المسببة للأنسداد هي مركبات غير عضوية و مركبات عضوية توجد في صورة معلقة و يمكن أن يزيد تركيزها عن طريق عملية الفصل بواسطة الغشاء و تترسب علي سطح الغشاء مسببة نقص في معدل الفيض (Flux) مع مرور الزمن .

هذه الغروانيات لها أقطار من 1 نانومتر إلي 1 ميكرون، ولكي يتم منع هذا النوع من الأنسداد , فأن مصنِعين الأغشية يوصون بقيم عكارة أقل من 0.1NTU و حجم زيتا أكبر من 30 microvolt و SDI أقل من 3

أكثر نوعين شائعين من هذه الغروانيات المسببة للأنسداد هي السيليكا و الحديد، و لكن عادة ما تكون مياه البحار المأخوذة من مصادر مفتوحة لا تحتوي علي كميات تذكر من السيليكا أو الحديد في صورة غروانية، و هذا النوع من الأنسداد لايوجد بكثرة في أنظمة تحلية مياه البحار التي تعتمد علي مياه البحر من مصدر سطحي

كلما زادت قيمة الأملاح الذائبة الكلية قل إستقرار تلك الغروانيات فمثلا مياه البحر التي لها أملاح ذائبة من 35000 جزء في المليون إلي 45000 جزء في المليون ستحتوي علي سيليكا و حديد في صورة ذائبة أو مترسبة أكثر من احتوائها علي السيليكا أو الحديد في الصورة الغروانية

و مع ذلك فأن مياه البحار المأخوذه من المصادر الجوفية المالحة القريبة من الشاطيء و التي لها محتوي عالي من السيليكا و الحديد في الصورة الغروانية أو تلك التي تكون قريبة من مصب نهر له محتوي عالي من الطمي يمكن أن تسبب تحديا في عملية المعالجة الإبتدائية و جدواها الإقتصادية، و مع ذلك فأنه من الممكن إزالة هذه الغروانيات عن طريق عملية التخثير و التنديف (Coagulation & flocculation) و الفلتره كما في حالة الجزيئات المسببة للإتساخ .

3.2 الترسبات الملحية المسببة للأنسداد

تتركز كل ما تسببه الأملاح الموجودة في مصدر المياه من مشاكل خلال عملية التحلية في ظاهرة تكون القشور و البلورات المترسبة، و كلما زاد تركيز هذه الأملاح خلال عملية التحلية تزيد الفرصة لدي أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم و الباريوم و الاسترأنشيوم بالإتحاد مع أيونات الكربونات و الكبريتات لتكون أملاحا شحيحة الذوبأن في الماء و التي تترسب علي سطح الغشاء.

هذه الترسبات الملحية و التي تتكون أثناء عملية التحلية تكون غالبا كربونات كالسيوم و كبريتات الكالسيوم و الماغنسيوم

تكون هذه الترسبات الملحية علي سطح الغشاء تكون مرتبطة بمقدار الملوحة لمصدر المياه فملوحة المياه العالية تكون لها قابلية أعلي علي تكوين الترسبات الملحية علي سطح الغشاء و ذلك عند PH من 7.6 إلي 8.3 في وجود نسبة إسترجاع (Recovery)من 45- 50%

في أنظمة تحلية المياه قليلة الملوحة Brackish Water و التي يكون لها نسبة إسترجاع عالي (75-85%)و يكون معامل القوة الآيونية منخفض نسبيا تكون مشكلة الترسيبات الملحية مشكلة مستمرة في أنظمة تحلية مياه البحر و لا تشكل هذه الترسبات الملحية نصيبا إلا إذا كانت هناك حاجة إلي زيادة ال PH إلي 8.8 و ذلك لتحسين عملية طرد عنصر البورون

في تلك الحالة فأن كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم ستكون هي الترسبات الأكثر شيوعا

في هذه الحالة فأن تجنب تكون هذه الترسبات الملحية تكون عن طريق إضافة موأنع الترسيب و المشتتات مع مياه التغذية

- العوامل الأخري الأكثر استخداما و التي تستخدم لتحديد مدي قابلية مياه البحار لتكوين ترسبات ملحية من كربونات الكالسيوم هي معامل تشبع لأنجيلير(lsi) و معامل ستيف و دايڤيس، هذه المعاملات تعتمد علي ال PH لمصدر المياه , تركيز أيون الكالسيوم و القلوية الكلية و درجة الحرارة و الأملاح الذائبة الكلية و القوة الآيونية

طرق حساب ال LSI , S8DSI متاحة في (AWWA2007)

من المهم ملاحظة أنه بالرغم من أن درجة حرارة مصدر المياه عادة ما تكون غير مؤثرة في عملية تكون كربونات الكالسيوم تكون بشكل متسارع

تتلخص مشاكل ترسيبات أكاسيد المعادن في مياه البحارأكاسيد هذه العناصر (الحديد , المنجنيز , النحاس , الزنك , الألومنيوم) و لكن غالبا ما تحتوي مصادر المياه السطحية علي تركيزات منخفضة جدا من هذه العناصر و عند ملاحظة ترسبات من أملاح (كلوريد الحديديك) أو حدوث تآكل في المواسير و الوصلات و الخزأنات و أي معدات أخري وجود في مسار مياه تغذية الأغشية

- الأنسدادات الناتجة عن الحديد و المنجنيز يمكن أن تحدث إذا كأن مصدر المياه مصدرا جوفيا قريب من الساحل و

يشكل الحديد (لأكثر من 2 مجم / لتر ((حديديك Fe^3)) والمنجنيز لأكثر من (5.مجم/لتر))

هذا النوع من الترسبات قد لوحظ في محطات التحليه ذات الآبار الساحليه والتي تأخذ تجميعات مياه البحر من خزأنات المياه الجوفيه والتي تقع قريبا من مدخل نهري أو خور مائي .

اذا كان كل من الحديد والمنجنيز أقل من(1 مجم/لتر , 0.1 مجم / لتر) علي التوالي يمكن ازالتهم عن طريق أغشيه التناضح العسكي مع عدم امكأنية حدوث ترسب عوالق . مع ذلك اذا كأن الحديد والمنجنيز في صوره أكاسيد فأنه من الضروري تقليل نسبهم لتكون اقل من 5. مجم/لتر و02. مجم /لتر علي التوالي لمنع حدوث الترسبات المعدنية.

هناك ترسبات معدنيه اخري تتكون بصوره متكرره في المياه السطحيه ومآخذ المياه الجوفيه مثل السيليكا . مياه البحر السطحيه تحتوي علي سيليكا اقل من 20 مجم /لتر ونتيجة لذلك فأن هذا المركب لا تسبب اي ترسبات معدنية علي سطح غشاء التناضح العكسي . في حاله زيادة محتوي السيليكا عن المستوي دائما توضح أن جوده مصدر مياه البحر تتاثر بتصريف المياه المتجددة أو المأخذ الساحلي ذات محتوي سيليكا زائد والتي تقع قريبا من منطقة مأخذ المحطة.

4.2 الترسبات العضوية الطبيعية.

المواد العضوية الطبيعية المتكونة في مياه البحر عادة تحتوي علي مركبات والتي تنتج عن طريق طحالب متحللة بشكل طبيعي وغيرها من النباتات البحرية (الاصباغ والهيوميك ...الخ) احماض الهيوميك هي مواد بوليمرية والتي لها القدرة علي تشكيل ايونات المعادن في مياه البحر مثل الحديد .

خاصية وجود أحماض الهيوميك مهمة جدا في أنظمة المعالجة الابتدائية لمياه البحر والتي تستخدم مجمعات الحديد حيث أنها تستطيع تشكيل طبقة هلامية من الخلات علي سطح الغشاء والتي قد تسبب العوالق وعادة ما يمكن ازالة هذه الطبقة من الترسبات عند اس هيديوجيني اعلي من 9 في مثل هذه الظروف كلا من الأغشية وحامض الهيوميك تحمل شحنات سالبه يستخدم هذا العامل في غسيل الغشاء ..

عاده فأن الاغشية المحبة للماء تكون اقل عرضة للعوالق بواسطه احماض الهيوميك

معظم المواد العضوية الطبيعية في مياه البحر تحتوي علي مركبات اكبر نسبيا في الوزن الجزيئي تتراوح من (500 الي 3000 دالتون) 1 دالتون يكافئ 1.666054× (10-24)جرامات

ايضا فأن غشاء التناضح العكسي سوف يطرد حوالي 90 % من المركبات التي تحتوي علي وزن جزيئي أكثر من 200 دالتون

المواد الهيوميك والفيوفيك دائما يختلفوا في قابليه الذوبأنيه في الأحماض القويه في حين أن مواد الهيوميك اسهل في زيادة حامضيه مياه البحر

احماض الهيوميك في حالتها الطبيعية لا تصلح كمصدر غذاء لمعظم الجسميات البحرية مع ذلك عندما يحدث لها اكسدة مع الكلور أو اي اكاسيد اخري في هذه الحالة يمكن أن تستخدم كمصدر غذاء للبكتريا البحرية التي تنمو علي سطح غشاء التناضح العكسي المستخدم في مياه البحر لذلك فأن استمرارية كلورة مياه البحر التي تحتوي علي كمية كبيرة من احماض الهيوميك غالبا تسبب ترسبات بيولوجية علي سطح الغشاء.

أن المواد العضوية الطبيعية ذات الشحنة السالبة التي تكون في سطح مياه المحيط يكون لها الميل للأنضمام الي السطح الرقيق من اغشية التناضح العكسي التي ايضا لها شحنة سالبة عند حدوث الامتزاز فأن المواد العضوية الطبيعية تبدا في تشكيل قشره أو طبقة هلاميه علي سطح الغشاء وتؤثر علي كفاءة الغشاء .

إنه من الضروري توضيح أن المواد العضوية الطبيعية تعتمد علي خصائصها وطبيعتها وأيضا يمكن أن تتعلق علي سطح اغشية معالجة المياه مثل الترشيح الفائق والترشيح الدقيق مما يسبب أنخفاض الإنتاجية عن طريق أنسداد مسامات الغشاء مما يؤدي الي تكثيف المصفوفة الداخلية للأغشية ويسبب قشرة من المواد العضوية علي سطح الغشاء.

دائما مياه البحر تحتوي علي مواد عضوية طبيعية التي تسبب ترسبات معتدلة علي اغشية المعالجة الفائقة والدقيقة والتي يمكن ازالتها عن طريق الغسيل العكسي ودورة غسيل الأغشية.

المواد العضوية الطبيعية يمكن أن تزال اذا كانت اقل من 2 مجم/لتر أو بدون اضافة مجمعات عوالق الي مصدر مياه البحر.

اذا كان مصدر مياه البحر يتأثر بجريان مياه السطح أو الكمية الكبيرة من الطمي العضوي المترسب بواسطة النهر المتداخل مع المحيط بالقرب من المصدر فإن خصائص المواد العضوية الطبيعية وقدرتها علي التسبب في قلة انتاجية الغشاء سوف تزداد تلقائيا تحت هذه الظروف فأن تأثير ازالة المواد العضوية الطبيعية من المحتمل أن يتطلب زيادة كبيرة في حقن مجمعات الرواسب اكثر من 20 مجم /لتر

إن الدراسة الجزئية علي سطح المياه قد اكتمل بواسطة المكتب الامريكي للاستصلاح في عام 2002 قد وضح أن هذا النوع من الترسبات يعتمد علي نوع مادة الغشاء وخواصه وشحنة المواد العضوية والوزن الجزيئي لها والمواد الكيميائية في مصدر هذا الماء

اكبر هذه الترسبات العضوية هي السكريات والكلوريدات العضوية والبروتينات يليها في الحجم المواد الهيوميك والأحماض العضوية والمواد العضوية ذات الحجم الجزيئي المنخفض للشحنة المتعادلة هذه المركبات لها أوضاع مختلفة لكي تسبب أنسداد الغشاء

هذه السكريات تنتج بواسطة البكتيريا التي تعيش علي سطح الغشاء لها النسبة الأكبر في حدوث الترسبات البكتيرية علي سطح الغشاء ولذلك فهي تصنف كمجموعة منفصلة من الترسبات - الترسبات الميكروبية

5.2 العوالق الميكروبية :-

العوالق الميكروبية هي الكائنات البحرية الدقيقه والمركبات العضوية والتي تفرز (السكريات والبروتونات والدهون ...الخ) والتي تترسب علي سطح غشاء التناضح العكسي

ظاهره تجمع الكائنات البحرية ومنتجاتها علي سطح الغشاء تسمي الترسبات الميكروبية.

الطبقة الحيوية المتكونة علي سطح الغشاء بالاضافة الي الضغط الاسموزي المتكون بسبب قوي التركيز الاستقطابي علي سطح الغشاء يلزم التغلب عليها من أجل الحفاظ علي إنتاج ثابت من المياه العذبه بواسطه الأغشية .

إنه من الضروري توضيح أن الطبقة الحيوية تحتوي علي السكريات و ايضا علي مواد غير عضويه والتي عاده تظهر نتيجة غياب التسربات الغروية (هيدوماغنسيوم وسيليكات الامونيا والحديد واملاح الكالسيوم) في مصدر مياه البحر .

آخر بحث قد وضح أن الطبقة الحيوية علي سطح غشاء التناضح العكسي تستطيع تقليل الكفاءة عن طريق زيادة المقاومة الهيدروليكية للأغشية وتقليل تعزيز الضغط الأسموزي لذلك فإن طبقة القشره الميكروبية تتكون علي سطح الأغشية لذلك فإن انتاجية الغشاء تقل ومرور الاملاح يزداد مع الوقت .. من اجل تعويض الفقد في الإنتاجية نتيجة الترسبات الميكروبية فإنه لابد من زيادة الضغط علي الغشاء والذي يؤدي الي زيادة الطاقه المستخدمة في إنتاج نفس كميه المياه المنتجة .

كما هو موضح في الفصل الأول فإن زيادة ضغط المياه القادمة قد يسبب تدمير لبناء الغشاء وفي النهاية سوف يؤدي الي حتمية تغيير كل الأغشية .

بالرغم من احتواء الغالبية من الطبقة الحيوية علي بكتيريا بحرية الا أن اجسام ميكروبيه اخري مثل الفطريات والطحالب والكائنات الأولية تستطيع التعلق بسطح الغشاء وتنضم الي تكوين الغشاء الميكروبي

عاده معظم البكتيريا التي تسبب العوالق الميكروبية هي ....

الجسيمات البكتيرية الأخري مثل الفطريات تمثل نسبه بسيطة في الطبقة الميكروبية أقل من البكتيريا.

الترسبات الميكروبية عاده ما تمثل تحدي لمياه البحار في مستويات طبيعية كبيرة للمواد العضوية ودرجة الحرارة مثل التي في منطقة البحر الابيض المتوسط أو التي تظهر في اجزاء اخري عديدة في العالم خلال الظروف عندما يكون محتوي المواد الميكروبية العضوية في مصدر مياه البحر زائد نسبيا

مثل هذه الظروف كمثال عند دخول مياه النهر أو مياه الامطار ذات المواد العضوية لمصدر مياه البحر

العوالق البكتيريه الموجوده في مآخذ مياه البحر سوف تعتمد علي عده عوامل منها :-

1- تركيز وأنواع الجسيمات العالقة المتكونه في ماء البحر
2- سهولة المحتوي البكتيري في الماء

3- تركيز النترات ومعدل التناسب بين المركبات العضوية أو البكتيرية.

البكتريا البحرية توجد في مياه البحر تماما في صورتين من ناحية النشاط الأيضي و هي إما أن تكون نشطة أو غير نشطة

و يعتبر النوع النشط منها خلاياها تنمو بسرعة وتُكون خلايا متعددة ومستعمرات بكتيرية والتي يمكنها من تراكمها على سطح الغشاء أما في حالة النوع الغير نشط تكون منخفضة النشاط الأيضي و معدل النمو و تكون خلايا البكتريا ظاهرة في صورة أحادية الخلية و التي تتصرف كجزيئات متناهية الصغر . و لديها جدار خلوي وقائي و الذي يساعدهم علي البقاء في الظروف الغير مناسبة مثل نقص الغذاء و الأكسجين و كذلك حالة وجود المواد الضارة مثل ارتفاع نسبة الكلور و المبيدات .

و عموما مرحلة السيطرة علي البكتريا البحرية سواء كانت نشطة أو غير نشطة هذا يعتمد علي البيئة و المحيط الملائم لنموها و بقائها و معظم البكتريا البحرية الغير نشطة تتحول إلي نشطة في الظروف البيئية الملائمة مثل حالات المد و الجزر الأحمر و الذي يحدث معه حدوث تحلل كامل و بتركيزات عالية للطحالب و التي تكون غذاء مناسب لتلك البكتريا بمهاجمة أسطح الأغشية و تنمو عليها مستعمرات البكتريا و بمعدل سريع جدا و يعتبر المد و الجزر و ما يحدث فيها هي أكثر الأوقات التي يحدث فيها تلوث حيوي لأغشية مياه البحر .

حدوث التلوث الحيوي للأغشية (تكون طبقة ميكروبية علي أسطح الغشاء) تحتاج لعدة خطوات لتكونه علي سطح الغشاء:-

1- تكون طبقة خفيفة عضوية أولية
2- تعلق و استعمار البكتريا لسطح الغشاء
3- تكون نسيج غشائي متعدد.
4- تكون طبقة ثنائية خفيفة عضوية .
5- حدوث اتزان طبقي حيوي علي سطح الغشاء .

كل تلك الخطوات المذكورة تكون عبارة عن ظروف مناسبة لتحول البكتريا الغير نشطة لبكتريا نشطة عندما تكون قادرة علي انتاج بوليمرات خارج جدار الخلية و التي تمكن البكتريا من تثبيت نفسها علي سطح الغشاء حيث يحدث أثناء تكون الطبقة الأولية في الخطوة رقم (1) تقوم البكتريا النشطة بإمتصاص 10-15% من سطح الغشاء .

و هذه البكتريا تتضاعف بشكل متسارع جدا حتي أنها في خلال 5-15 يوم تستعمر السطح الداخلي للغشاء مكونة طبقات متراصة ميكرونية سميكة و تتكون طبقة مخاطية مثل البوليمر الحيوي علي سطح الغشاء و تحاصر بداخلها جزيئات عضوية و جسيمات غروية و أملاح غير ذائبة و خلايا و كائنات دقيقة مع الوقت و كل ذلك يكون طبقة سميكة و التي تعيق مرور الماء إلي الغشاء .

و لكي يحدث تلوث حيوي بالبكتريا البحرية فهذا يكفي لحدوثه ظروف ملائمة كما ذكرنا حتي تتعلق بسطح الأغشية أو علي خطوط ما قبل الأغشية مثل أوعية الفلتر القطني أو الوصلات و المحابس قبل الأغشية .

تكون طبقة دائمة من التلوث الحيوي تحدث عندما يتجاوز معدل الفيض للغشاء(Flux) حدا معينا (التدفق الحرج Critical Flux) و الذي عنده تستطيع البكتريا تتعلق بالأغشية .

و عندما يصل التدفق إلي الدرجة المعينة هذه يحدث أن تنخفض نسبة سرعة الماء المغذي للغشاء بالنسبة لسرعة الماء المنتج من الغشاء Permeate خلال سطح الغشاء و ينخفض لدرجة كافية لتسمح للبكتريا لتستعمر و تتعلق بسطح الغشاء.

التدفق الحرج Critical Flux لبكتريا البحر تعتمد علي سرعة التدفق عبر الأغشية حيث يزداد كلما زادت السرعة . و معروف أنه من أكثر الأسباب التي تعمل علي استخدام اسلوب تشغيلي يزيد من سرعة التدفق عبر الغشاء هو تقليل معدل الاستخلاص (recovery) وعند نسبة استخلاص منخفضة يزداد التدفق لكل من الماء المركز والماء المغذي للغشاء و تزداد سرعتها و التي تردع الكائنات الأولية من أن تتعلق بسطح الغشاء .

التدفق الحرج Critical Flux أيضا يلعب دورا في تركيز تواجد البكتريا النشطة في مصدر الماء حيث يقل حينما يرتفع تركيز البكتريا.

و تركيز البكتريا النشطة غالبا يعتمد علي نوع تلك البكتريا و علي سهولة تحلل المواد العضوية في مصدر الماء و علي درجة حرارة الماء .

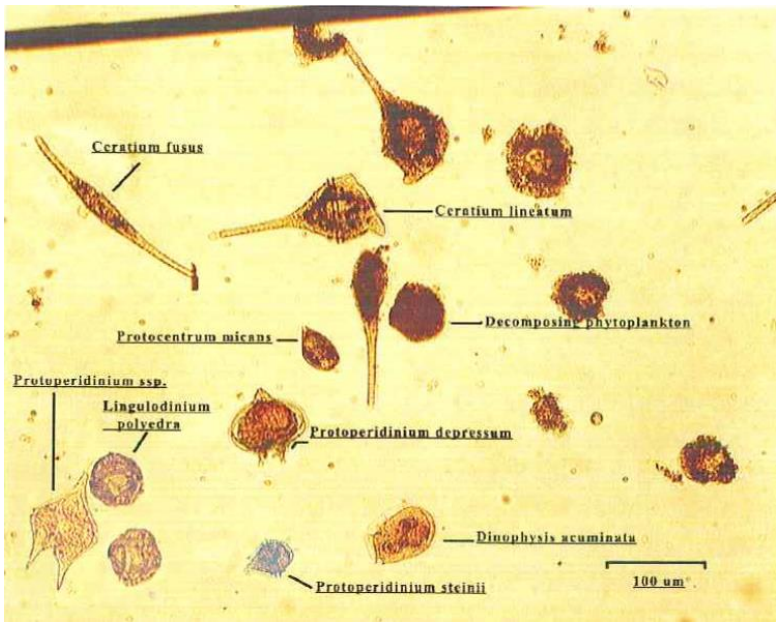
و تقليل ال Recovery من 50% إلي 35% يؤدي إلي تقليل التلوث الحيوي مرتين تقريبا لنظام يعمل بسرعة Flux من 13.5 إلي 18 لتر/م^2/ساعة

و علي الرغم من أن التشغيل ب Recovery منخفضة قد تكون نقطة جذب للحصول علي رؤية جيدة لتقليل التلوث الحيوي للأغشية إلا أن تصميم محطات أغشية مياه البحر عند Recovery منخفضة ليست فعالة من حيث التكلفة المالية نظرا في زيادة حجم أنظمة مآخذ المياه و المعالجة الأولية و هذه تسبب ارتفاع رأس مال النظام من 30-40% و علي ذلك فمحاولة تقليل التلوث الحيوي بطرق أخري مثل التحكم في كمية التواجد للمواد العضوية بالماء و تقليل النشاط البكتيري بواسطة طرق التعقيم المعروفة مثل الأشعة فوق البنفسجية UV . تلك الطرق وجدت قبولا أوسع و انتشارا أفضل من تصميم محطات بمعدل Recovery منخفض.

و مصادر التلوث الحيوي ليس بالضرورة تكون مصادر طبيعية مثل الطحالب و التي تسبب زيادة في تركيز التواجد الحيوي في الماء . و لكن أيضا هناك عوامل أخري غير طبيعية مثل طبيعة التشغيل في المعالجة الأولية ومرافق ما قبل الأغشية , من أحد تلك العوامل الذي يسرع من التلوث الحيوي هو استخدام الكلور (الكلورة) المستمرة في مصدر الماء الخام و الذي يستخدم غالبا لتقليل الوجود الحيوي في الماء الخام و يقلل نشاطه . و حيث أن الكلور هو مؤكسد قوي

يستطيع تدمير الخلايا الحية للبكتريا البحرية النشطة و الطحالب و الذي يحدث داخل الماء في أي وقت عندما تقوم الخلايا المدمرة بتكوين مواد عضوية متحللة بسهولة مثل poly saccharides و التي تكون غذاءا جيدا للبكتريا علي سطح الغشاء و تزايد نموها علي السطح و التي تسبب بعد ذلك تلوثا حيويا و علي ذلك يكون الإستمرار في حقن الكلور غالبا بسبب تلوث الأغشية و ليس حل لمشكلة التلوث و علي الجانب الآخر يتضح أن الحقن للكلور علي فترات متقطعة يؤدي للتحكم في نمو و تواجد التلوث الحيوي بدون تكون أي تحلل عضوي الذي ينتج بسبب البكتريا النشطة إلي بكتريا غير نشطة في المياه.

و هناك معالجات أولية أخري تؤدي إلي احتمالية حدوث تلوث حيوي و بخاصة في وقت شدة تبرعم و ازهار الطحالب و ذلك باستخدام نظام الفلترة الرملية المضغوطة او الفلترة الفائقة (U. F أو M.F) رغم أنها تعمل علي تنقية الماء من الشوائب و العوالق و الغرويات الإ أنه في حالة زيادة الضغط قد يسبب تحطم لخلايا الطحالب المتكونة في المياه و بالتالي يحدث تحرر لمكونات عضوية قابلة للتحلل و التي تؤدي لتسريع التلوث الحيوي و لعرض أمثلة علي تلك الطحالب التي لها خلايا سريعة التأثير بالتكسر عند تعرضها لضغوط منخفضة (0.3-0.6) بار هو موضحة بالرسم التالي رقم 5



و علي ذلك يتضح أن أفضل وسيلة للعلاج الأولي للمياه التي بها طحالب ذات خلايا سهلة التكسر بالضغط هو استخدام فلاتر رملية تعمل بالجاذبية Down flow gravity sand filterو التي تزيل تلك الطحالب دون الخوف عليها من التأثير بأي ضغوط .

و هناك أيضا عوامل أخري قد تسبب في حدوث التلوث الحيوي و هو استخدام مواد كيميائية غير نقية و ملوثة مثل مانع الترسيب و البوليمرات و الأحماض و لذا يجب تحليل تلك الكيماويات للتأكد من خلوها من المواد العضوية المتحللة .

الفصل الثالث

3- قياس امكانية تأثر مياه البحر بالملوثات:-

1.3 العكارة :-

العكارة هي احدي مؤشرات الملوثات الجزيئة في مياه البحر حيث توضح العكارة محتوي الطمي و السيلت و المواد العالقة العضوية و الأحياء الدقيقة بالماء مثل الطحالب و يعبرعن العكارة بوحدات (Nephelomtric Turbidity Unit) NTU - في البحار المفتوحة تكون العكارة من 0.1 NTU حتي مئات متعددة من وحدات العكارة علي الرغم من أن العكارة في حالة الجو الجاف تكون بين (0.5 NTU حتي 2 NTU)مع العلم أنه عند تساقط الأمطار أو انتشار الطحالب أو هبوب العواصف و كذلك زيادة صرف النشاطات البيئة للإنسان و صرفها للبحار و كذلك مرور السفن بالمياه و صرف السفن بالمياه و صرف مخلفاتها كل ذلك يؤدي لحدوث تباين في درجات عكارة المياه بالزيادة أو النقصان.

و عادة عندما تكون العكارة أقل من 0.05 NTU يكون تأثيرها علي الأغشية بسيط و أغلب مصنعي أغشية معالجة مياه البحر يوصون بعكارة علي المياه المغذية للأغشية تكون عكارتها لا تتعدي 1 NTU علي الأكثر لذا يفضل استخدام فلاتر لتنزيل العكارة إلي أقل من 1 NTU

علي الرغم أن العكارة هي مؤشر جيد لأغلب المحتويات الجزيئية و العوالق في الماء في حد ذاتها إلا أنها ليست مؤشرا كافيا بالماء حيث أن العكارة لا يمكن أن تمدنا بمعلومات كافية عن تلك الملوثات و لا حجمها و لا نستطيع تحديد محتوي المواد العضوية الذائبة في الماء من حيث أن جزيئات ماء البحر داخل الأغشية بقطر 0.7-0.9 مم

2.3 مؤشر الطمي silt density index :-

يعتبر مؤشر الطمي هو معامل تحديد التلوث الجزيئي للمياه في مصدرها و يعتبر أكثر دقة في تحديد نوعية المياه من مؤشر العكارة في حالة أغشية مياه البحر ذات الضغط المقطعي والتي سوف تتأثر بالمياه التي ترتفع فيها قيمة SDI بسرعة مع الوقت

و تجربة ال SDI تعطي مؤشر واضح لمدي تأثير تدفق الماء عبر الغشاء Flux Decline و ذلك يمكن التأكد من خلال عمل تجربة SDI و التي تم اعتمادهاا في منظمة أعمال المياه الأمريكية و تعتمد علي قياس وقت تجميع حجم ماء 500 مم من خلال فلتر حجمه 0.45 ميكرومتر بقطر47 مم و يعتبر هذا الوقت هو T1 ثم نترك التجربة لمدة 15 دقيقة مع تدفق الماء خلال ورقة الترشيح مع الحفاظ علي ضغط 30 PSI ثم يجمع 500 مل مرة أخري بعد أنتهاء ال 15 دقيقة و يحسب وقت التجميع الثأني و ليكن T2 و بتطبيق معادلة مخصصة ثم احتساب مدي تلوث الماء بالجزيئات و العوالق التي تسبب العكارة , و تعتبر قيمة SDI أقل من 4 لأغشية مياه البحر هو معدل مناسب لإستمرار الأغشية بمحتوي عكارة منخفض أما أن كانت أقل من 2 يعني أن العكارة تكون لأقل مستوي و هي تحافظ علي معدل فيض(Flux) جيد للغشاء

وتعتبر نوعية جيدة للمياه ... اما ان زادت عن 5 هذا يعني ان الماء يحتوي على محتوي عالي من التلوث و هو غير مناسب للدخول علي الغشاء و الذي يؤثر علي معدل الفيض للغشاء Flux

و من الشكل يتضح

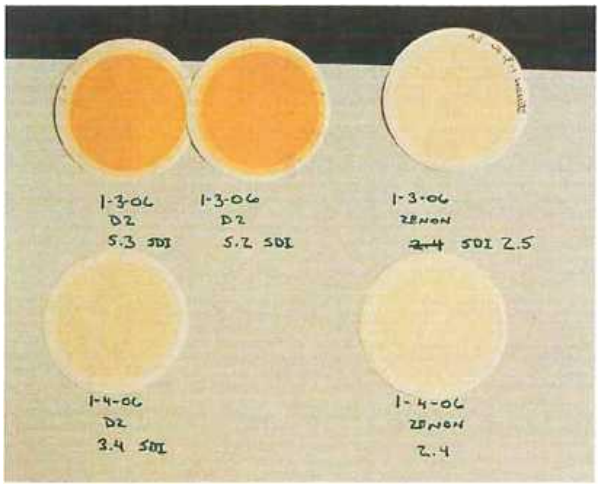


Figure 6 SDI Filtration Pads from Tests of Pretreated Seawater of Various Quality

و علي الرغم من انتشار و استخدام تجربة SDI في الوقوف علي نوعية المياه الداخلة علي أغشية مياه البحر حيث أن هذه التجربة تعتمد علي ترشيح المياه خلال ميكروفلتر فتحته تسمح بمرور حتي 0.45 ميكرون للجزيئات الموجودة بالماء و لا تسمح بأقل من ذلك . و علي ذلك فهذه التجربة تستطيع اعطائك مؤشر لمدي وجود الجزيئات و العوالق بالماء ويعتمد ميكانيزم تلوث الغشاء شبه المنفذ في تلك التجربة علي نوعية الملوثات الموجودة في المياه

- تلوث أغشية (Micro filtration) MF و كذلك (Ultra Filtration) UF يحدث نتيجة لحدوث ترسب و اتحاد بين العوالق و مسام الغشاء و تكون طبقة Cake علي سطح الغشاء و في المقابل أغشية مياه البحر يحدث لها تلوث بتكون الرواسب علي سطح الغشاء بدلا من انسداد المسام الذي يحدث في (UF,MF) مع العلم انه كلما صغرحجم الجزيئات كان الميل لانسداد المسام في الأغشية اكثر نظرا لدقتها .. ولمعرفة تأثير دقة الجزيئات المسببة لتلك الملوثات علي أغشية مياه البحر تم تجميع بيانات لفلاتر بديلة خلال السنوات العشر السابقة (مميزات و سلبيات تلك الملوثات سيتم نقاشها فيما بعد)

3.3 محتوي الكربون العضوي Organic Carbon Content :-

كما أوضحنا سابقا أن أغلب ما تواجهه أغشية تحلية البحر من التلوث هو بسبب التلوث الحيوي Bio fouling و الذي يحدث بسبب زيادة في سهولة تحلل الأملاح الذائبة في مياه البحر بدلا من المحتوي العالي للجزيئات و العوالق..

- قياس العكارة و محتوي الطمي SDI لا تحدد بصورة مباشرة محتوي الأملاح الذائبة في الماء و لا ميلها لإثارة التلوث في أغشية مياه البحر

و يعتبر مؤشر قياس إجمالي الكربون العضوي TOC هو مؤشر قوي لقياس و تحديد التلوث العضوي بالماء و أيضا يمكن قياس الكربون العضوي بطريقة UV و BFR

أ- قياس الكربون العضوي (Total Organic Carbon) TOC :-

هو من أكبر وسائل و مؤشرات قياس المحتوي العضوي بالماء حيث يقوم بتحديد كل من المواد العضوية الطبيعية NOM و كذلك المواد العضوية سهلة التحلل مثل Polysaccharides التي تنتج عن تحلل الطحالب .

هذا المؤشر TOC هو من أكثر المؤشرات استخداما في هذا المجال نظرا لأنه يسهل قياس مدي ميل البحر ليسبب تلوث للأغشية . TOC تقاس بتحويل الكربون العضوي إلي ثاني أكسيد الكربون تحت تأثير الحرارة في فرن مع وجود محفز Catalyst

و عادة في البحار و المحيطات المفتوحة و التي لا تتأثر بالنشاطات و الملوثات الآدمية و مخلفات السفن و الطحالب تكون عادة TOC لها ≤ 0.2 مج/ ل و محتوي الكربون العضوي TOC يزداد كلما ازداد حجم الطحالب في الماء و كذلك تزداد في حالة العواصف و الأمطار الشديدة مثل ما يحدث في موسم الأمطار في المناطق القطبية و الإستوائية .

- ارتفاع TOC أعلي من 2-2.5 مجم /ل يسبب فساد أغشية مياه البحر.

علي سبيل المثال محطة Carlsbad لمعالجة مياه البحر في كاليفورنيا تلاحظ حدوث فساد مرتفع للأغشية عند بداية وجود نشاط لتكوين الطحالب عند مأخذ و مصدر سحب مياه المحطات و عندها ترتفع TOC 2 مجم/ل و عندها تكون تلوث حيوي علي الأغشية و ارتفاع في فرق الضغط و كذلك يحدث في محطات Tampa في فلوريدا يحدث التلوث الحيوي للأغشية عند ارتفاع TOC من 6-8 مجم/ل الذي يعتبر الطبيعي له هو 4 مج/ل لكن يحدث ارتفاع نسبة الأمطار و تتدفق مياه نهر Alafia في البحر مما يسبب زيادة في وجود الطحالب و أحيانا تصل TOC إلي ما يقارب 20مجم/ل عند مواسم الفيضان.

عند عمل تحاليل لمخلفات مصادر مياه البحر تبين أن تركيز محتوي الكربون العضوي TOC في ماء البحر ربما تحتوي علي أجزاء مختلفة من المواد العضوية و ذلك يعتمد علي مصدر تلك المياه و هذه الأجزاء ربما تتغير بناءا علي موسم التقلبات الجوية

الجدول التالي يوضح محتوي الكربون العضوي في مصادر مياه البحر المختلفة

TOC	Poly Saccharides (% of total TOC)	Humic Substances & Building Blocks (% of total TOC)	Low molecular weight Acids & Neutrals (% of total TOC)	Other Low molecular weight Compounds (% of total TOC)	مصدر المياه
0.9	3	31	25	14	مياه بحر سطحية بيرث- أستراليا
1.2	14	39	25	22	مياه البحر اشكلون – اسرائيل مايو 2005
1	7	52	22	19	مياه سطحية أشكلون – اسرائيل نوفمبر 2005
0.9	8	38	18	42	كاربونيراز – أسبانيا
0.6	1	26	22	51	آبار مياه بحر جيبالتر – أسبانيا
0.8	5	28	25	42	مياه بحر سطحية جيبالتر – أسبانيا

يلاحظ من الجدول السابق أن المواد العضوية ذات الوزن الجزيئي المنخفض هي الأكثر تأثيرا في رفع قيمة TOC في ماء البحر .

و أيضا من خلال عينة ماء بحر أشكلون في إسرائيل الصهيونية يتبين أن قيمة المواد المتحللة Poly Saccharides تتغير قيمتها من موسم لآخر حيث ترتفع في الصيف نظرا لزيادة نمو الطحالب في الصيف عن الشتاء

ب- الطريقة الثانية لقياس الكربون العضوي UV 254 Absorbance :-

الأشعة فوق البنفسجية عن طول موجي 254 هي طريقة غير مباشرة لقياس محتوي NOM (Matter Normal Organic) هذه تجربة تمت عبر ترشيح عينة من ماء البحر خلال فلتر 0.45 ميكرون ثم يتم قياس الماء المرشح خلال Spectrophometer .. هذا القياس علي أساس أن الجزيئات التي بالماء تقوم بامتصاص الضوء المسلط عليها مع العلم أن بعض الجزيئات NOM لا تمتص UV و ليس من السهل امتصاصها حيث أن بعض مصادر مياه البحر في تركيب NOM من مصدر لآخر و لذا هذه الطريقة قد لا تكون مؤشر قوي و واضح لمحتوي NOM في الماء للأسباب المذكورة

ج- الطريقة الثالثة لقياس المحتوي العضوي في الماء (BFR (Bio Film Formation Rate :-

هذه الطريقة تتم بمراقبة علي الخط أثناء التشغيل مباشرة online و التي تسمح بقياس تراكمات الكتل الحيوية علي سطح دائري زجاجي كمؤشر للوقت و تقاس بالبيكتوجرام Pictogram لكل سم^{2}من الادينوسين ثلاثي الفوسفات(ATP) ووفقا لهذا المعيار اذا تجاوز معدل تكوين الطبقة الحيوية 120بكتوجرام-ATP/سم^2 وكان محتوي الكربون العضوي الطبيعي

أعلى من 80 ميكروجرام فمن المتوقع ان تتكون طبقة حيوية شديدة... أما مصدر المياه الذي معدل تكوين الطبقة الحيوية له يكون اقل من 1 بكتو-ATP/سم^2 لا يتوقع ان تتكون طبقة حيوية ذات اهمية علي الغشاء.. وقد وجد احد العلماء (فيزا وآخرون عام 2008) وجود ارتباط بين تركيز الادينوسين ثلاثي الفوسفات للكتلة الحيوية والعد الكلي البكتيري لمياه البحر.

جدول يبين الوصف المتوقع للمعالجات الأولية لمياه البحر:-

الجدول التالى يوضح مؤشرات نوعية المياه التى يوصى بقياسها وتحليلها لتحديد مقترحات مناسبة في المعالجة الأولية بمحطات معالجة مياه البحر:

نوع مياه البحر	المعالجات الأولية المقترحة
العكارة NTU	أكثر من 0.1NTU تعني أن الماء أكثر ميلانا للاتساخ . أكثر من 50 NTU لأكثر من ساعة ربما تحتاج لنظام ترسيب و نظافة DAF
مجموع الكربون العضوي Mg/L	أقل من 0.5 mg/l الاتساخ غير متوقع أكثر من 2 mg/l الاتساخ متوقع
مؤشر السطحي SDI	أقل من 2 لا يحتاج إلي معالجة أكثر من 4 يلزم عمل معالجة
إجمالي المواد الصلبة العالقة TSS	هذا المؤشر يحتاج إلي تقدير المواد التي تكونت أثناء المعالجة الأولية و لا ترتبط بالعكارة التي هي أكثر من 5 NTU
الحديد Iron mg/L	إذا كان الحديد في صورة مختزلة فالأغشية تتحمل حتي كل 1 mg/l و اذا كان في صورة مؤكسدة فيلزم أن يكون أقل من 0.05 mg/l
المنجنيز Mn	لو في صورة مختزلة تتحمل حتي 1 mg/l- إذا كان في صورة مؤكسدة لا يزيد عن 0.02 mg/l
السيليكا Silica	المفترض ألا تزيد عن 20 mg/l و يلزم علاجها لتكون أقل من 20mg/l
الشحوم و الزيوت	زيادة 0.02 mg/l تسبب في اتساخ سريع
الكلور	زيادة عن 0.01mg/l يدمر الأغشية.
PH	مياه البحر عادة ما تكون 8.3 -7.6 لا تزيد عن 11 و لا تقل عن 4

الجدول اعلاه يبين قائمة بأرقام محددة لمؤشرات نوعية المياه والتي يجب قياسها عندما يتقرر تطبيق معالجة اولية لمحطة مياه تعمل بماء البحر ...الفصل العاشر سوف يعطينا خطوطا عامة لطرق المعالجة الأولية لمحطات مياه البحر.

الفصل الرابع

4- المعالجة الأولية لمياه البحر بالفصل:-

الخطوة الأولى فى كل محطات تحلية المياه هى مستلزمات الغربلة والفصل في مآخذ المياه للمحطة و اعتمادا على نوع المأخذ ونوع المعالجة الأولية تكون عملية الفصل والغربلة بسيطة مثل الفلترة باستخدام الفلاتر BAG CARTRIDGE FILTER أوتكون معقدة كسلاسل من فلاتر الفصل الميكانيكي مصممة بالتتابع لكى تزيل الحشائش و الكائنات البحرية ذات الاحجام الكبيرة و حتى الطمى و الرمل الصغير حتى 80 ميكروميتر

1.4 فلاتر الفصل التقليدى:-

المحطات ذات أنظمة مآخذ المياه السطحية تحلى بواسطة أغشية متوسطة أو كبيرة تحتوى على حوامل فلاتر يدوية التنظيف متبوعة بفلاتر دقيقة الفصل أوتوماتيكية و/أو مناخل فصل دقيقة. تحتوى حوامل الفلاتر عادة على مسافة 75 - 100 مم بين الفلاتر الغرض منها الاحتفاظ بالحشائش و الكائنات البحرية الحية فى مصدر مياه البحر. تحتوى الفلاتر الميكانيكية دقيقة الفصل على مسافة قدرها 3 – 10 مم بين الفلاتر. و لأن الهدف الرئيسي لهذه الفواصل هى الحفاظ على مضخات المآخذ من التعطل، يجب أن تكون المسافة الحقيقية بين الفلاتر مختارة بأن تكون اصغر من المسافة بين مآخذ المضخات.

2.4 الفصل الميكرونى و الفلاتر القرصية:-

إذا كان نظام المعالجة الأولية لمحطة تحلية مياه البحر باستخدام التناضح العكسي عبارة عن أغشية، فإن فلاتر الفصل لا تفصل الجسيمات الموجودة فى مياه المصدر بكفاءة و فاعلية لحماية فلاتر المعالجة الأولية. تستخدم الفواصل الميكرونية (شكل 7) و الفلاتر القرصية (شكل 8) لذلك الغرض.

أحد الاشياء المهمة فى المعالجة الأولية بالاغشية هى أن أغشية المعالجة الأولية يمكن أن تتهتك بالأشياء الحادة الموجودة فى مصدر مياه البحرمثل الاصداف المكسورة أو حبات الرمل الحادة. بالاضافة الى ذلك، فإن مياه البحر تحتوى على (أسماك هدبية قشرية Barnacles) و التى فى مرحلتها الجنينية تكون حجمها 130 – 150 ميكرومتر و تستطيع المرور خلال فتحات فلاتر الفصل الا اذا كانت الفتحات 120 ميكرومتر أو اقل. و لو عبرت خلال فلاتر الفصل فإنها تستطيع أن تلتصق بمنشئات المعالجة الأولية و تكبرعلى جدرانها و بالتالى تتداخل مع عمليات المعالجة الأولية. و عند تكوين أسماك (Barnacles) مستعمرات فى منشئات المعالجة الأولية و معداتها يكون من الصعب جدا ازالتها لأنها تستطيع تحمل الكلورة التى هى على الجانب الاخر فعالة ضد جميع أنواع الكائنات البحرية الاخرى. و لذلك فإن استخدام فلاتر الفصل الميكرونية الدقيقة أو الفلاتر القرصية (80 – 120 ميكرومتر) ضرورية جدا لتشغيل موثوق فيه لمحطات تحلية

مياه البحرباستخدام اغشية المعالجة الأولية... أنظمة المعالجة الأولية باستخدام الميديا الحبيبية لا تحتاج فلاتر الفصل الميكرونى/الفلاتر القرصية لأن هذة الأنظمة تستطيع بفاعلية ازالة أسماك (Barnacles) فى كل مراحل نموها.

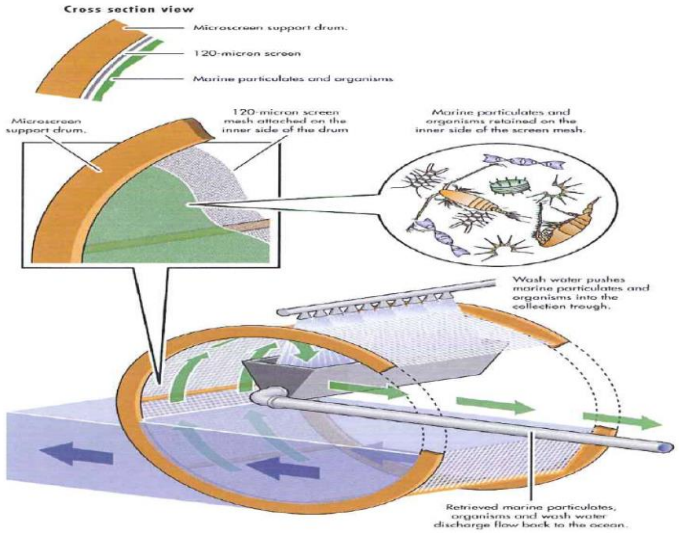


Figure 7 – Microscreens

Figure 8 – Disk Filtration System

الفلاتر القرصية – مثال تصميم:- الفلاتر القرصية لها تطبيقات كثيرة كفلاتر فصل ميكرونى سابق لأغشية المعالجة الأولية لمياه البحر. و يشرح المثال التالى تطبيق الفلتر القرصى كفلتر فصل ميكرونى لمحطة قدرتها 100,000 م^3/ يوم من مياه البحر المحلاة لها قدرة استرداد 50% لمحطات التناضح العكسي به و 10% معدل رفض مياه فى المعالجة الأولية، بمعنى أن المأخذ الكلى لمياه البحر هو 220,000م^3/ اليوم.

[(100,000م^3/اليوم/(50%)] × 110% = 220,000م^3/فى اليوم.

المصنع	Arkalأو ما يسأويه
الموديل	Spin Klin Galaxy6 "
سعة الفلتر القرصى	2300 م³/فى اليوم (كما ذكر المصنع)
عدد الوحدات	8
عدد الفلاتر القرصية لكل وحدة	12
حجم الفلتر	100 ميكرون
الضغط المفقود (للفلتر النظيف)	0.15 بار
الضغط المفقود (للفلتر المحتاج للغسيل العكسى)	0.30 بار
معدل فقد الضغط خلال العمليات	0.22 بار
عدد الفلاتر المغسولة فى وقت واحد	12 (وحدة واحدة)
معدل السريأن فى الغسيل العكسي	16 م³/دقيقة
طول دورة الغسيل العكسي	20 ثانية
عدد مرات الغسيل العكسي	14 مرة فى اليوم
حجم الغسيل العكسي الكلى	0.3-0.5% من معدل سريأن مياه المأخذ (660-1100 م³) فى اليوم

هذا المثال تم تطويره لنوع مخصوص من الفلاتر القرصية الشائعة (spain Klin). و هناك عدد من المصنعين الآخرين يوفرون معدات مشابهة و أحجام مخصصة و شروط تصميم متنوعة. و يجب استشارة مصنع المعدات المختار شروط تصميم فلاتر الفصل الميكرونى لمشروع التحلية المخصص له.

3.4 الفلاتر الخرطوشية:

هى فلاتر ميكرونية دقيقة بأحجام من 1 – 25 ميكرون مصنوعة من خيوط بلاستيكية رفيعة (بولى بروبيلين) و ملفوفة حول أنبوبة مركزية لتكون الحجم القياسي للفلتر.

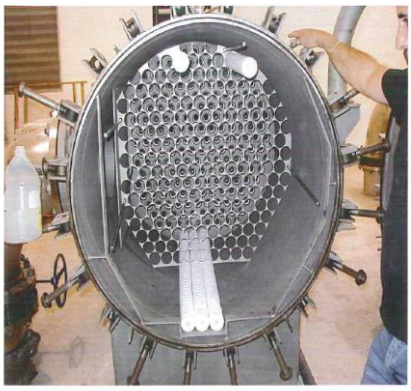


Figure 9 – Cartridge Filters Installed in Horizontal Vessel

و على الرغم من أن فلاتر البولى بروبيلين الملفوف شائعة الاستخدام، هناك أنواع اخرى مثل الفلاتر المشكلة بالنفخ و الصهر أو الملفوفة من خامات اخرى تستخدم ايضا. و الفلاتر الخرطوشية القياسية لمحطات تحلية مياه البحر بالتناضح

العكسي تكون طولها 1 متر و مثبتة فى أوعية ضغط افقية أو رأسية. و تستخدم الفلاتر الخرطوشية لإزالة جسيمات حجمها من 1 ، 2، 5 ، 10 ، 25 ميكرون و المستخدم بشكل متكرر هو 5ميكرون.

و يتم تركيب الفلتر الخرطوشي بعد فلاتر المعالجة الأولية ذات الميديا الحبيبية (لو كانت مستخدمة) لحجز الجسيمات الدقيقة و الرمل و الطمي و التى يمكن أن تكون موجودة فى مياه البحر المعالجة أولياً بعد فلاتر الميديا الحبيبية. و اذا كانت مياه البحر من المصدر ذات جودة عالية (SDI <2) و لا تحتاج الى ازالة جسيمات بالفلترة قبل التحلية، تستخدم الفلاتر الخرطوشية كوحدة المعالجة الأولية الوحيدة و التى تكون فى هذة الحالة كحاجز لحجز الجسيمات الدقيقة و الطمي و الذى من الممكن أن يدخل فى مياه المصدر عند بدء تشغيل مأخذ مضخات آبار أو كنتيجة لتعطل المعدات أو المواسير.

و الوظيف الاساسية للفلاتر الخرطوشية هى حماية اغشية التناضح العكسي لتحلية مياه البحر من التدمير و ليست ازالة كميات كبيرة من الجسيمات المسببة للإتساخ من مياه المصدر.و الدليل على أن نظام المعالجة الأولية لوحدة التحلية تعمل بكفاءة هى تقليل مؤشر الكثافة و الطمى(SDI) عن طريق الفلاتر الخرطوشية. ..فى حالة أن نظام المعالجة الأولية يعمل بكفاءة فإن مؤشرالكثافةو الطمى قبل و بعد الفلاتر الخرطوشية يكون متساوى تقريبا . واذا كان الفلتر الخرطوشي يقلل مؤشر الطمى و الكثافة لمياه البحر بأعلى من وحدة فهذا يعنى أن نظام المعالجة الأولية قبله لا يعمل بكفاءة. و فى بعض الأوقات يزيد مؤشر الطمى و الكثافة عند مرور المياه من خلال الفلتر الخرطوشي و يحدث هذا عندما لا يكون الفلتر مصمم جيدا أو به عطل أو يوفر الفرصة لنمو اتساخ بيولوجى من الكائنات الحية الدقيقة على أو خلال الفلتر.

و يتم تشغيل الفلاتر الخرطوشية تحت ضغط... و فرق الضغط خلال هذه الفلاتر يساعد على تحديد متى يجب تغيير الفلتر. و بالاضافة الى ذلك يجب تركيب نقاط محابس عينات قبل و بعد وعاء أو أوعية الفلاتر الخرطوشية لقياس جودة المياه بما فيها اختبار مؤشر الطمى و الكثافة (SDI). و الفلاتر الخرطوشية مصممة لمعدل تحمل اقل من 0.25 Lps لكل 250 mm من الطول. و يتم توفير سعة فلترة اضافية طبيعيا للسماح بتغيير الفلاتر الخرطوشية بدون ايقاف عملية انتاج المياه. و يتم صناعة أوعية الضغط للفلاتر من الفولاذ المزدوج.

و يكون انخفاض الضغط للفلتر النظيف اقل من 0.2 بارو يتم تغيير الفلتر اذا وصل فرق الضغط الى (1- 0.7) بار. و يعتمد مدة تشغيل الفلتر على جودة مياه المصدر و درجة المعالجة الأولية و يكون الفلتر فى حاجة الى التغيير كل 6 الى 8 اسابيع. و على الرغم من ذلك فإذا كانت مياه البحر ذات جودة عالية جدا (SDI اقل من 2) يمكن الا يتم تغيير الفلتر لمدة 6 اشهر أو اكثر.

و لأنظمة التناضح العكسي لمياه البحر حيث يمكن ملاحظة الرمل فى مياه التغذية، فإن الفلتر الخرطوشي المشكل بالصهر و النفخ أو الفلتر ذو ناحية واحدة مفتوحة و ثنائي ال O-ring على وصلة الدخول يكون استخدامه شائعا.و الفلاتر ذات الناحية الواحدة المفتوحة قواعد ايجابية و لوحة ادخال لا تسمح للفلتر الخرطوشي باعادة التشكل تحت الضغط الناتج عن تعبئة الرمل. و الفلاتر الخرطوشية المفتوحة من الناحيتين تثبت فى اماكنها بواسطة Spring-loaded pressure plate

الفصل الخامس:

5- التخثير و التجميع:-

المخثرات التى تستخدم دوريا فى محطات تحلية مياه البحر المعتمدة على الأغشية قبل الترسيب و الفلترة هى املاح الحديد الثلاثى (كبريتات الحديديك أو كلوريد الحديديك). بينما املاح الالومنيوم مثل (الشبة أو كلوريد الألومنيوم المتعدد) لا تستخدم عادة لأنه من الصعب الحفاظ على تركيز منخفض من الألومنيوم فى حالة ذائبة لأن ذوبانية الالومنيوم تعتمد بشدة على ال pH . كميات صغيرة من الالومنيوم يمكن أن تسبب اتساخ معدنى لأغشية التناضح العكسي.

يجب تحديد جرعة المخثر المستخدمة لمصدر مياه معين عن طريق اختبار (Jar test- Pilot test). و تعتمد جرعة المخثر على ال pH و يجب أن تقرر اعتمادا على اختبار (Jar test) فى الموقع طبقا للظروف الخاصة له.

الجرعة العالية من المخثر المستخدم فى المعالجة الأولية لمياه البحر هو احد الاسباب التى تؤدى الى الاتساخ المعدنى لأغشية تحلية مياه البحر. فعند حقن جرعة عالية من المخثر فإنه يتجمع فى الوصلات والمرفقات التي تلي مكان الحقن مسببا معدل سريع من الاتساخ للفلاتر الخرطوشية التى تليه فى المعالجة الأولية و فى الاتساخ بالحديد لأغشية تحلية مياه البحر.

تأثير الجرعة العالية من المخثر (املاح الحديد) على مستوى مؤشر الطمى و الكثافة (SDI) يمكن ملاحظته بالفحص البصرى لورقة الفلتر المستخدمة فى اختبار SDI. فى هذة الحالة يمكن الحصول على تحسن ملحوظ فى اختبار SDI لمياه المصدر بتقليل جرعة المخثر أو فى حالة التقليب الضعيف بتعديل نظام التقليب لتقليل محتوى الكيماويات الغير متفاعلة فى مياه التغذية المفلترة لأغشية التناضح العكسي لمياه البحر.

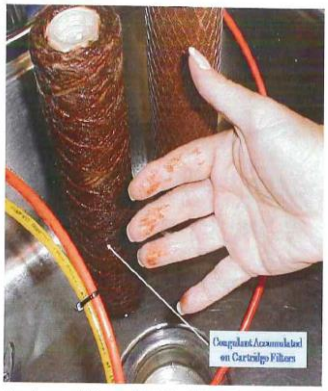


Figure 10 – Iron Accumulation on Cartridge Filters Due to Coagulant Overdose

استخدام المخثر مهم جدا للحصول على أداء فعال لمنظومة الفلترة الرملية. و بدون التخثير للجسيمات فى مياه البحر، فإن الفلاتر الرملية التقليدية من المرجح أنها تزيل الجسيمات التي حجمها اكبر من 50 ميكرون. و التخثير يساعد الفلاتر الرملية على ازالة الجسيمات الدقيقة من مصدر مياه البحر. و الفلاتر المشغلة جيدا يمكنها ازالة جسيمات حتى حجم 0.5 ميكرون.

المعالجة الأولية بالاغشية يمكنها ازالة جسيمات حجمها 0.2 ميكرون (اغشية متعددة الفلاتر) أو 0.02 (للفلترة الفائقة) بدون تخثير. لذلك ففى هذة الأنظمة يستخدم التخثير اذا كانت مياه البحر تحتوى على مواد غير عضوية يمكن تخثيرها و ازالتها بالفلترة.

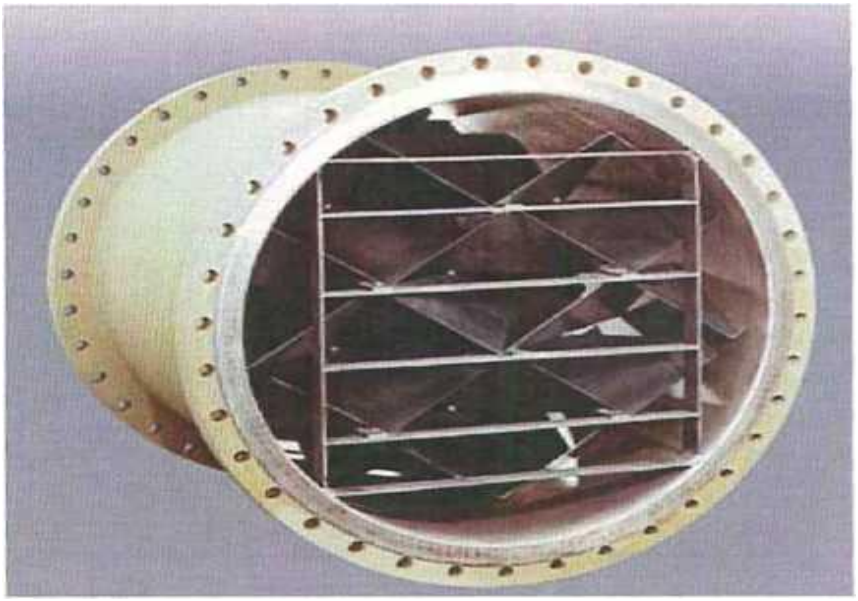
تستخدم البوليمرات ايضا بجانب المخثرات لتحسين المعالجة الأولية لمياه البحر. على الرغم من اضافة البوليمرات، فأنه حتى الزيادة الطفيفة فى الجرعة تؤدى الى اتساخ عضوى على اغشية التناضح العكسي لمياه البحر. و غالبا ما يكون احتمال اتساخ الاغشية نتيجة الجرعات العالية من البوليمرات مصدر قلق كبير مقارنة بفوائد استخدامها. لذلك لا تشترط الكثير من محطات تحلية مياه البحر عمل تخثير باستخدام البوليمرات. و اذا استخدمت تكون الغير مؤينة أو السالبة الشحنة هى المستخدمة عادة لأن اغلب اغشية التناضح العكسي لمياه البحر تحمل شحنات سالبة على سطحها. و استخدام البوليمرات الموجبة الشحنة من المرجح أن يؤدى الى طبقة من البوليمر على سطح الغشاء و التى تؤدى الى اتساخ الاغشية.

نوع و جرعة البوليمر (غير مؤين أو سالب الشحنة) المناسبة لنظام معين يجب تحديدها بواسطة اختبار (Jar test). و يضاف البوليمر عادة بجرعة قليلة جدا (0.2 – 0.5 ملجم/لتر). و يجب تفادى استخدام جرعة بوليمر اعلى من 1 ملجم/لتر لأنها تؤدى الى محتوى عالى من البوليمرفى الفلتر الخرطوشي و التى تؤدى الى أنسداده الترسب على الاغشية وبالتالى تقلل فترة عمل الفلاتر الخرطوشية و تسرع عملية تنظيف الاغشية.

اضافة المخثرات و الملبدات تتم قبل خزانات الترسيب فى المعالجة الأولية أو وحدات التعويم بالهواء المذاب أو الفلاتر. و هذة الظروف الكيميائية لمصدر مياه البحر تحتوى على مكونين : نظام تغذية الكيماويات و خزانات التخثير و التجميع. الغرض من خزانات التخثير هو تحقيق و تسريع عملية الخلط بين المخثر و مياه البحر و معادلة الشحنة الكهربية لجسيمات و غرويات مياه المصدر.. تجميع الجسيمات المخثرة فى تجمعات كبيرة و سهلة الازالة يكتمل فى خزانات التجميع. و يجب ملاحظة أن خزانات التجميع توضع دائما بعد خزانات التخثير غير معتمد على هل تم اضافة كيماويات التجميع فى مصدر مياه البحر. وبينما تكون عملية التخثير هى تفاعل كيميائي سريع، فإن عملية التجميع عملية اكثر بطئا بكثير و تحتاج الى ظروف خلط و وقت تلامس مختلفين. لذلك فإن متطلبات التخثير و التجميع مختلفة.

1.5 التخثير:-

الغرض الاساسي من نظام التخثير هو تحقيق خلط ثابت للمخثر المضاف مع مصدر مياه البحر و تخثير الجسيمات الموجودة بها بكفاءة. و النوعين المستخدمين على نطاق واسع من أنظمة الخلط فى محطات تحلية مياه البحر هى خلاطات فى نسق ثابت (شكل 11). و تثبت الخلاطات الميكانيكية اللحظية (Flash mixers) فى خزانات التخثير.



بالرغم من أن الخلاط الثابت static Mix فكرته بسيطة و تكلفته أقل إلا أن له عيبان الأول هو كفاءته تعتمد علي معدل تدفق الماء فقط و الثاني يعتبر الخلاط الثابت جزء ملك للمشروع و مصمم المشروع لابد أن يعول علي الشركة المصنعة له لتتحقق الكفاءة منه حيث يسبب نقصا و فقدانا في الضغط من 1-0.5 م و الذي يلزم الأخذ بالاعتبار عند تصميم مضخات المحطة . و عامل آخر هام لابد من الأخذ بالاعتبار عند عمل التصميم و هو يجب أن تكون المسافة بين الخلاط الثابت و بين مدخل الفلاتر يجب أن تكون المسافة بينهما تعادل 20 ضعف قطر الماسورة للوصول إلي نتائج كافية لتجميع النتف flocculation

1.2.5 نظام الخلط الميكانيكي اللحظي Mechanical flash mix system:-

يتكون من خزان تخثر Coagulation مع واحد أو أكثر من الخلاط الميكنيكي و غرف مناسبة

خزان التخثر مصمم علي أساس وقت الخلط من 1-3 ثانية و الخلاط الميكانيكي ينتج سرعة منحدرة قوية تحتاج لطاقة تهوية تصل حوالي 2.5 حصان ميكانيكي لكل 10 آلاف م ^{3} في اليوم . هذا الخلاط يؤمن تخثير Coagulation موثوق و ثابت و بخاصة محطات مياه البحر ذات التصرف المتغير.

2.5 التنديف Flocculation :-

تكوين ندف كبيرة يمكن إزالتها بواسطة تيار الماء الذاهب إلي غرفة الترسيب Sedimentation أو اي مرحلة معالجة لاحقة مثل الفلاتر أو وحدة تعويم الهواء DAF أو أي شيء مشابه و هي تحتاج إلي وقت أطول من عملية التخثير Coagulation و أكثر استخدامات التنديف يكون في ماء البحر بواسطة خلاط التنديف الرأسي و الجدول التالي يوضح معايير تصميم نظام التنديف :-

Minimum Number of Tanks	4
Velocity Gradient	30 to 120 s^{-1}
Contact Time	20 to 40 minutes
Flocculation Chambers in Series	2 to 4
Water Depth	3.5 to 4.5 m
Type of Mixer	Vertical-shaft with hydrofoil blades
Blade Area/Tank Area	0.1 to 0.2 %
Shaft Speed	20 to 60 rpm

على الرغم من الخلاطات الثابتة بسيطة و ذات تكلفة بسيطة، الا أن لها عيبين :-

- كفاءة خلطها تعتمد على معدل السريان.
- الخلاطات الثابتة تكون معدات ممتلكة و مصمم المشروع يحتاج الي الاعتماد على مصنع المعدة لعمل تقييم للأداء.

الخلاطات الثابتة ايضا تؤدى الى خسائر بمقدار 0.5 الى 1.00 متر و الذى يجب أن يكون مقدرا فى تصميم مضخة السحب. و موضوع آخر مهم هو توفير خطوط مواسير مناسبة (على الأقل 20 ضعف قطر المواسير) بين الخلاط الثابت و مدخل فلاتر المعالجة الأولية لكى نحقق تخثر مناسب.

تتكون خلاطات الفلاش الميكانيكية من تنك تخثير مع خلاط ميكانيكي و غرفة أو اكثر. يصمم تنك التخثير على وقت خلط (t) من 1 – 3 ثانية و الخلاطات الميكانيكية التى تعمل تدرجات سرعة Velocity Gradient (G) 300 S^{-1} حيث G× t المثالية تساوى من 500 – 1600 . الطاقة المطلوبة للخلاطات الميكانيكية هى 2020 – 205 حصان لكل 10.000 متر مكعب فى اليوم. هذا النوع من الخلط عادة يعطى تخثير اكثر موثوقية و ثبات خاصة لمحطات التحلية ذات الأنواع الكبيرة فى معدل السريان اليومى بمعنى اكثر من 30% من المعدل السنوى لسريان الأنتاج.

3.5 التخثير:-

هو تكوين تجمعات كبيرة يمكن ازالتها بسهولة بالترسيب التنازلى، أو طفو الهواء المذاب أو عمليات الترسيب و التى تكون أبطأ و لذلك تحتاج الى وقت تلامس أطول من التخثر. معظم المخثرات المستخدمة على نطاق واسع فى المعالجة الأولية لمياه البحرهى المخثرات الميكانيكية مع الخلاطات العمودية. و شروط تصميم هذا النوع من المخثرات فى الجدول التالى:

أقل عدد من الخزانات	4
تدرجات السرعة	$120 - 30S^{-1}$
وقت التلامس	40 – 20 دقيقة
غرف التخثير على الترتيب	4 – 2
عمق المياه	3.5 -4.5 متر
نوع الخلاط	عمودى- ذو محور له مرأوح تحليق
مساحة المراوح/ مساحة التنك	% 0.2 – 0.1
سرعة المحور	20 – 60 لفة فى الدقيقة

الفصل السادس

6- إزالة الرمل , الترسيب والتعويم بالهواء المذاب

1.6 إزالة الرمال

عادة ما يكون تصميم مأخذ محطة التحلية جيد عندما يكون أنتاجه لمياه البحر ذات محتويات قليلة من الرمال والطمى.وبالتالى ، فإن محطات تحلية مياه البحر عادة ما تكون غير مصممة بمرافق منفصلة لإزالة الرمال. وعادة ما تحُتجز كيمات صغيرة من الرمل والطمى الخشن الموجود فى مياه البحر عن طريق محطة الترسيب أو مرافق الترشيح . غير أن المواقع التى يوجد بها المأخذ (مفتوح) فى محطات التحلية التى تقع بجوار مناطق ذات حركة مرور كبيرة من السفن ، أو تيارات مضطربة تحت الماء ، أو أنشطة تجرف متكررة ، قد تدخل كمية كبيرة من الرمال والطمي إلى محطة تحلية المياه بشكل مستمر وستحتاج إلى مرافق منفصلة لإزالتها. مرافق إزالة الرمال قد يليها أو لا يليها أحواض ترسيب .

غالباً ما يحتوى مصدر مياه البحر على قيم عكارة منخفضة ولكن تحتوى على كميات كبيرة من الرمال . وفى هذه الحالة ، فأن بناء مرافق لإزالة حبيبات الرمل بدلاً من المروقات أكثر تناسباً وفاعلية من حيث التكلفة. وإعتماداً على حجم محطة التحلية ومرافق إزالة حبيبات الرمل فالمصافى الاكثر أنتشار عملياً تكون ما بين 200 إلى 500 ميكروميتر (الشكل 13). وتكون أحجام تلك المصافى قادرة على إزالة الرمال وجسيمات الطمى من 0.1 ملليمتر أو أكبر .

الشكل 13 – مصافى الرمل

عادة ما تستخدم المصافى لمحطات التحلية الصغيرة والمتوسطة (بمعنى ، قدرة المحطة 100000 متر مكعب فى اليوم أو أقل). وتستخدم المحطات الأكبر غرف حبيبات الرمل ، والتى عادة ما تكون قد صممت لإزالة الرمال والطمى لحجم أقل من 0.1 ملليمتر . ومعدل التصفية المطلوب لإزالة حجوم هذه الجسيمات من 6 إلى 10 ملليمتر لكل ثانية أو أقل . للمقارنة ، فأن معدل الترسيب المطلوب لإزالة الجسيمات الدقيقة التى تساهم فى تعكر مياه البحر والتى عادة ما تكون من

0.6 إلى 1 ملليمتر لكل ثانية ـ بمعنى أنها أقل 10 مرات من معدل الترسيب المطلوب لإزالة حبيبات الرمل . وهذه مسألة مهمة ، لأنها تشير إلى أنه إذا كانت معظم مُعلقات المواد الصلبة والعكارة الموجودة بمياه البحر ناجمة عن الرمال أوالطمي، ويمكن تحقيق إزالة فعالة جداً لهذه الجسيمات المسببة للتلوث بإستخدام غرف حبيبات الرمل بدلاً من أحواض الترسيب ، والتي عادة ما تصل إلى 10 مرات أكبر في الحجم والتكلفة .

غرف حبيبات الرمل – معايير التصميم الرئيسية

غرف حبيبات الرمال المستخدمة فى محطات التحلية لإزالة الرمال والطمى عادة ما تُصمم كمبانى خرسانية كما فى المعايير الأساسية التالية :-

النوع	خزانات مستطيلة أو دائرية
الحد الأدنى لحجم حبيبات الرمل المراد إزالتها	1 ملليمتر (لمعدل الترسيب 0.8 ملليمتر لكل ثانية)
الحجم الأدنى لعدد الخزانات	أثنين
عمق الماء	من 3 إلى 5 أمتار
لزوجة السائل المتدفق الاساسى	من 3 إلى 4.5 مترمربع لكل ثانية
زمن الاحتجاز	من 5 إلى 15 دقيقة
معدل التشبع أو الفائض على السطح	من 10 إلى 25 متر لكل ساعة
نسبة العرض إلى الطول	من 4:1 إلى 8:1
نسبة الطول إلى عمق الماء	من 1:8 على الأقل

2.6 الترسيب

يستخدم الترسيب عادة قبل الفلاترالمكونة من المواد الحبيبية وفلاتر الأغشية عندما يكون معدل العكارة اليومى لمصدر مياه محطة الأغشية أعلى من 30 NTU (وحدة قياس العكارة) أو من واقع الخبرات المكتسبة ترتفع هذه النسبة إلى 50 NTU أو أكثر والتى تستمر لمدة تزيد عن الساعة . وإذا لم يتم تزويد المحطة بأحواض ترسيب، سيتسبب ذلك فى إرتفاع حاد فى عكارة فلاتر المعالجة الأولية وتجاوز قدرتها على احتجاز المواد الصلبة (خصوصا إذا كانت الفلاتر المستخدمة هى الفلاتر المكونة من الفلاتر الحبيبية) ، وإذا أستمر إرتفاع حمل المواد الصلبة ، فأن فلاتر المعالجة الأولية تتطلب لعملية غسيل العكسي بشكل مستمر، والتي بدورها سوف تجعل الفلاتر خارج الخدمة معظم الوقت.

يجب أن تصمم أحواض ترسيب المعالجة الأولية لمياه البحر لأنتاج عكارة من مصدر الماء المصفى بقيمة أقل من 2 NTU (وحدة قياس العكارة) وذو قدرة على قياس SDI (معامل كثافة الطمى عند زمن 15 دقيقة بحيث يكون أقل من 6). ولتحقيق هذا المستوى من إزالة العكارة ، فعادة ما تجهز أحواض الترسيب بكلا المادتين المخثر (وأكثر المخثرات شيوعا هى أملاح الحديد) ومادة التنديف (البوليمر) على منظومة التغذية. ويجب إجراء إختبار الكأس (Jar Tset) أو

إختبار تجريبى (Pilot Testing)- وهو إختبار يجرى على منظومة تجريبية أصغر فى الحجم- لتحديد الجرعات المطلوبة من المخثر ومادة التنديف .

إذا زاذت عكارة مصدر المياه عن 100 NTU (وحدة قياس العكارة) ، ففى الغالب احواض الترسيب التقليدية لم تعد مناسبة لأنتاج العكارة المرجوة والتى تكون قيمتها أقل من 2 NTU .وفى ظل هذه الظروف ، يجب أن تصمم أحواض الترسيب مزودة بألواح (صفائح اللاميلا) أو باستخدام تكنولوجيا الترسيب باللاميلا مع المواد الحبيبية الدقيقة لتحسين الأداء لإزالة المواد الصلبة .

وعادة ما يكون من الضروري إستخدام تكنولوجيا تحسين الترسيب لمعالجة مياه المصدر من مآخذ المياه المفتوحة التي تكون تحت تأثير قوي من العكارة المرتفعة الموجودة فى مياه النهر أو فى طرد مياه الصرف. ويمكن أن تحدث هذه الظروف عندما يكون مأخذ محطة التحلية موجودا في مناطق الدلتا النهرية (منطقة أرض منخفضة) أو يتأثر بسريان المياه السطحية الموسمية. على سبيل المثال، خلال موسم الأمطار، فأن تناول محطة تحلية مياه البحر بوينت ليساس (Point lisas) في ترينيداد (Trinidad) تحت تأثير تيارات نهر أورينوكو(Orinoco) التي تحمل كمية كبيرة من المواد الصلبة الطينية. ونتيجة لذلك، فأن عكارة المأخذ لمحطات تحلية مياه البحر ستزيد عن 200 NTU (وحدة قياس العكارة) (إيروين & تومبسون، 2003). ولمعالجة تلك الأحمال العالية من المواد الصلبة ، نمرر مصدر مياه دخول المحطة على خزان ترسيب المزود باللاميلا (Lamella) كى يتم تصفية المواد الصلبة قبل مرحلة المعالجة الأولية التقليدية بالفلاتر المزدوجة (تتكون من رمل وفحم الأنثراسيت) .

خزانات الترسيب التقليدية- معايير التصميم الرئيسية

وقد وجدت خزانات الترسيب المستطيلة هى الأكثر شيوعا للمعالجة الأولية لمياه البحر . وفيما يلى المعايير الرئيسية لتصميم هذا النوع من الخزأنات .

أقل عدد من الخزانات	أربعة
عمق الماء	من 3 إلى 4.5 متر
متوسط سرعة التدفق	من 0.3 إلى 1.1 متر لكل دقيقة
زمن الاحتجاز	من 2 إلى 4 ساعات
معدل التشبع أو الفائض على السطح	من 1.5 إلى 2 (متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة)
نسبة الطول إلى العرض	الحد الأدنى 1:4
نسبة عمق الماء إلى الطول	الحد الأدنى من 15:1
معدل تشبع سدود التصفية	من 10 إلى 14 متر مكعب لكل متر فى الساعه
سرعة تجمع الرواسب	من 0.4 إلى 0.8 متر فى الدقيقة (لمسار التجميع)

المرسبات عالية المستوى (اللاميلا)- معايير التصميم الرئيسية

أقل عدد من الخزانات	أثنين
عمق الماء	من 3.5 إلى 5 متر
متوسط سرعة التدفق	من 0.3 إلى 1.1 متر لكل دقيقة
زمن الاحتجاز (فى وحدة اللاميلا)	من 10 إلى 20 دقيقة
معدل التشبع أو الفائض على السطح (سطح اللاميلا)	من 4 إلى 8 (متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة)
معدل تشبع سدود التصفية	من 4 إلى 8 متر مكعب لكل متر فى الساعه

وتستخدم صفائح اللاميلا فى المرسبات عالية المستوى وهى منتجات مسجلة الملكية ويجب على مهندس التصميم إستشارة المصنع بخصوص شكل وتكوين صفائح اللاميلا ، وعدد وحجم الوحدات بالإضافة إلى تصميم معدل التشبع أو الفائض على السطح وعمق خزانات الترسيب.

3.6 التطويف بالهواء المذاب

وتعتبر تكنولوجيا التطويف بالهواء المذاب (داف DAF) تكنولوجيا مناسبة جدا لإزالة ملوثات الجسيمات الدقيقة العائمة مثل خلايا الطحالب، الزيوت، والشحوم أو غيرها من الملوثات الأخرى التي لا يمكن إزالتها بشكل فعال عن طريق الترسيب أو الترشيح . وعادة ما تكون عكارة المياه المنتجة من منظومة ال (داف DAF) أقل من 0.5 NTU (وحدة قياس العكارة) . ويمكن دمجها فى تركيب واحد مع الفلاتر المزدوجة الوسائط (أنثراسيت+رمل) المعتمدة على الجاذبية (gravity filters) بشكل تسلسلى فى المعالجة الأولية لمياه البحر.

وتستخدم عملية (داف DAF) فقاعات هواء صغيرة جدا لتعويم الجسيمات الخفيفة والمواد العضوية (الزيوت، والشحوم) الموجودة فى مياه البحر. ويتم تجميع المواد الصلبة العائمة فى أعلى خزأن ال (داف DAF) ويتم نزع المواد الصلبة العائمة السطح للتخلص منها، بينما يتم تجميع مياه البحر منخفضة العكارة بالقرب من قاع الخزان. الزمن (وبناءا على حجم خزانات التنديف) المطلوب لتكوين ندف كبيرة الحجم مكونة من الجسيمات الدقيقة الخفيفة الموجودة بمياه البحر عادة ما يكون أقل من تلك التى تستخدم منظومة خزانات التنديف التقليدية بمعدل 2 إلى 3 مرات ، وذلك لأن عملية التنديف تزيد بفقاعات الهواء المنطلقة فى غرف التنديف فى خزانات ال (داف DAF). بالإضافة إلى أن معدل التشبع أو الفائض على السطح اللازم لإزالة الجسيمات الخفيفة والمواد القابلة للطفو بال (داف DAF) يكون أقل من 10 مرات تقريبا من تلك المطلوبة فى أحواض الترسيب التقليدية. ويوجد فائدة أخرى لنظام ال(داف DAF) بالمقارنة بأحواض الترسيب التقليدية هى تشكيل مخلفات ذات كثافة أعلى من (الحمأة). ففى حين أن المخلفات التى تم تجميعها فى قاع أحواض الترسيب عادة ما يكون تركيز المواد الصلبة بها من 0.3 إلى 0.5 % فقط ، فنجد أن تركيز مخلفات المواد

الصلبة فى نظام ال (داف DAF) من 1 إلى 3 % (التى تستخدم نزع المواد الصلبة العائمة على سطح خزانات (داف DAF) وفى بعض التطبيقات الواسعة المجال، يتم الجمع بين عملية (داف DAF) مع الفلاتر المكونة من المواد الحبيبية لتوفير المعالجة الأولية القوية والمدمجة لمياه البحر فى ظل وجود نسب طحالب مرتفعة و/ أو إحتوائها على زيوت وشحوم. وعلى الرغم من أن هذا التركيب المدمج ((داف DAF) / الفلاتر المكونة من المواد الحبيبية) يكون مضغوط جدا و بأسعار تنافسية، فأنه لديه ثلاثة عيوب رئيسية : (1) تعقيد تصميم وتشغيل فلاتر المعالجة الأولية ؛(2) يتم التحكم في معدل تشبع (داف DAF) من قبل معدل تشبع الفلتر، وبالتالي فأن خزانات (داف DAF) عادة ما تكون كبيرة الحجم؛ (3) يجب أن تقترن خزانات التنديف مع وحدات الترشيح الفردية.

وتقدر جدوى إستخدام ال (داف DAF) للمعالجة الأولية لمياه البحر عن طريق نوعية مياه البحر وتحكمها فى عكارة مصدر المياه والتكاليف الشاملة لدورة عمر منظومة المعالجة الأولية. ويمكن لعملية (داف DAF) التعامل مع عكارة مصدر مياه البحر لقيمة تصل إلى 50 NTU (وحدة قياس العكارة). ولذلك، فأنه إذا تأثر مصدر مياه البحر بمعدلات عكارة عالية أو مواد صلبة ثقيلة (عادة ما تكون مرتبطة بتصريف مياه الأنهار الموسمية أو مياه الأمطار السطحية)، حينئذ لا يكون ال (داف DAF) خياراً مناسباً للمعالجة الأولية في معظم ظواهر تكاثر الطحالب ومع ذلك، فأن عكارة مياه البحر تقريبا لا تتجاوز أبدا 30 إلى 50 NTU (وحدة قياس العكارة)، وبالتالي فأن التكنولوجيا ال (داف DAF) يمكنها التعامل عملياً مع ظاهرة المد الأحمر (ظاهرة طبيعية يحدث بها تغيير مياه البحر بسبب تكاثر الطحالب مما يؤدى إلى وجود تركيزات كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة المائية).

وعلى الرغم من أن نظام ال (داف DAF) يتطلب مساحة أصغر بكثير من مرافق التنديف والترسيب التقليدية، إلا أنه يشتمل على عدد من المعدات الإضافية المقترنة بضخ وأنتشار الهواء، وإعادة تدوير جزء من المياه المعالجة المتدفقة ، وبالتالي فأن تكاليف أنشائها عادة ما تكون متقاربة مع تلك التى تم أنشاؤها من أحواض الترسيب التقليدية. وعادة ما تكون تكاليف التشغيل والصيانة لأنظمة ال (داف DAF) أعلى من تلك الخاصة بخزانات الترسيب المعتمدة على الجاذبية بسبب الاستخدام العالى للطاقة لخلاطات (MIXERS)غرف التنديف ومضخات الهواء ومضخات إعادة التدوير ومكابس الحمأة. وعادة ما يكون إجمالي الطاقة المستخدمة في أنظمة ال (داف DAF) هو 2.5 إلى 3 كيلو وات لكل 10000 متر مكعب يومياً من مياه البحر المعالجة ، وهو أعلى بكثير من أنظمة الترسيب

(0.5 إلى 0.7 كيلو وات لكل 10000 متر مكعب يومياً من مياه البحر المعالجة).

1.3.6 المعالجة بال (داف DAF)– معايير التصميم الرئيسية

وتشمل أنظمة ال (داف DAF) ثلاثة مكونات رئيسية هي: غرفة التنديف؛ خزان التعويم ونظام إعادة التدوير. معايير التصميم لهذه المكونات الثلاثة كما يلي:

منظومة التنديف	
أقل عدد من الخزانات	4
تدرج السرعة	من 30 إلى 120 لكل ثانية
زمن الأتصال	من 10 إلى 20 دقيقة
مجموعات غرف التنديف	من 2 إلى 4
عمق الماء	من 3.5 إلى 4.5 متر
نوع الميكسر (الخلاط MIXER)	عمود محرك رأسى مع ريش ذو سطح أنسيابى
مساحة الريشة إلى مساحة الخزأن	من 0.1 إلى 0.2 %
سرعة عمود المحرك	من 40 إلى 60 لفة فى الدقيقة
غرفة التطويف (التعويم)	
أقل عدد من الخزأنات	4
عرض الخزأن	من 3 إلى 10 متر
طول الخزأن	من 8 إلى 12 متر
عمق التأنك	من 2.5 إلى 3 متر
معدل التشبع أو الفائض على السطح	من 10 إلى 40 (متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة)
زمن الإحتجاز الهيدروليكى	من 10 إلى 15 دقيقة
نظام إعادة تدوير المياه المعالجة	
معدل التدوير	من 6 إلى 10 % من كمية المياه المتدفقة من المأخذ
الحد الأقصى لضخ الهواء	10 جرام لكل متر مكعب
معدل التشبع	من 60 إلى 65 (متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة)
ضغط التشغيل	من 4 إلى 6.5 بار

تستخدم المعالجة بال (داف DAF) مع الترشيح المدمج لأنتاج 136000 متر مكعب يومياً في محطة تواس لتحلية مياه البحر في سنغافورة (كيانج وآخرون ، 2007) . وقد أختيرت هذه التقنية فى هذا المشروع للمعالجة الأولية لمصدر المياه لتحدى نوعية المياه الموجودة بموقع محطة التحلية ذات المأخذ المفتوح في ميناء صناعي كبير (بمعنى وجود تسريبات نفطية) وتكرار حدوث المد الأحمر في منطقة مأخذ المياه . وقد يصل تركيز المواد الصلبة الكلية العالقة (TSS) في بعض الأحيان فى مياه المأخذ إلى 60 ملليجرام لكل لتر ويمكن أن تصل مستويات الزيوت والشحوم في مياه البحر إلى 10 ملليجرام لكل لتر.

وتستخدم المنشأة 20 وحدة (داف DAF) بفلاتر داخلية ، إثنان منهما في وضع الاستعداد. يغطي البلاستيك سطح الخزانات للوقاية من الأشعة ومنع تأثير المطر والرياح على تشغيل ال(داف DAF) وكذلك للسيطرة على نمو الطحالب. وقد تم تجهيز كل وحدة (داف DAF) بخزانين للتنديف الميكانيكي الموجودين داخل نفس وعاء (داف DAF). يتم استخلاص ما يصل إلى 12٪ من المياه المرشحة بالهواء وإعادة تدويرها إلى تغذية وحدات (داف DAF).

وقد تم إستخدام مزيج من (داف DAF) يليه مرحلتين من الفلاتر المضغوطة ثنائية المواد الحبيبية (رمل+أنثراسيت) لأنتاج 45000 متر مكعب يومياً بنجاح بمحطة كولوسو لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى بتشيلى، والتي تعد أكبر محطة تحلية في أمريكا الجنوبية. وتقع المحطة في إقليم أنتوفاغاستا، حيث تتعرض مياه البحر لأحداث المد الأحمر على مدار السنة، والتي تملك القدرة على إحداث تلوث جسيمي وحيوي متكرر لأغشية التناضح العكسى لمياه البحر (بيتري وآخرون، 2007). وفى هذه المحطة يتم دمج نظام (داف DAF) في مرفق واحد مع غرف التخثير والتنديف. ويبلغ متوسط السرعات القصوى للتدفق في نظام (داف DAF) 22 و 33 متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة، على التوالي. ويمكن تجاوز منظومة ال(داف DAF) أثناء التشغيل العادى وعادة ما يستخدم أثناء أحداث المد والجزر. وقد تم تصميم معدل التشبع أو الفائض على السطح لمصب الفلاتر المضغوطة 25 متر مكعب لكل متر مربع فى الساعة. ويضاف كلوريد الحديديك بجرعة 10 ملليجرام لكل لتر قبل نظام ال(داف DAF) للعمل على تخثير مصدر المياه. وتقلل منظومة ال(داف DAF) عكارة مياه البحر ما بين 0.5 إلى 1.5 NTU (وحدة قياس العكارة) وإزالة 30 إلى 40 % تقريبا من المواد العضوية الموجودة بمصدر مياه البحر.

الفصـل السابـــع

7– الفلاتر ذات الوسط الحبيبي

1.7 المقدمة

يقوم المرشح ذو الوسط الحبيبي بمعالجة تمهيدية لمصدر المياه المغذية لوحدات التناضح العكسي . تتم هذه العملية عن طريق ترشيح مياه البحر خلال طبقة أو طبقتين من الوسط الحبيبي (كفحم الأنثراسيت – سيليكا – العقيق) الفلاتر التقليدية المستخدمة في المعالجة التمهيدية لمياه البحر عادة تكون مرحلة واحدة سريعة بواسطة وحدات ثنائية الوسط (الأنثراسيت – الرمل) . علي الرغم من أن في بعض الحالات تحتوى مياه البحر علي معدلات كبيرة من المواد العضوية (الكربون الكلي العضوي > 6 ملجم / لتر) والاملاح المعلقة (معدل العكارة الشهري يتخطي 20 وحدة عكارة) فهناك **نظم ترشيح ثنائية تستخدم كالاتي :-**

- المرحلة الأولي تعمل بشكل أساسي علي إزالة الاملاح الخشنة والمواد العضوية المعلقة .
- المرحلة الثانية تم ترتيبها لتحافظ علي الاملاح الدقيقة والطمي وكذا لإزالة المواد العضوية الذائبة في مياه البحر نتيجة للفلترة الحيوية بنسبة (40-20 %)

بالاعتماد علي قوة أندفاع الماء داخل الفلاتر تقوم الفلاتر ذات الوسط الحبيبي بعمل فلاتر الضغط والجاذبية معا.. الفرق الرئيسي بين هذين النوعين هو نوع القوة المطلوبة لنقل المياه داخل الوسط . نظرا لارتفاع تكلفة إنشاء أوعية ضغط ذات جدران مقاومة للتآكل حيث يعمل معدل الفلترة ونوع الأوعية علي احتواء وسط الترشيح فأن مرشحات الضغط تستخدم في محطات التناضح العكسي الصغيرة والمتوسطة اما مرشحات الجاذبية فيمكن استخدامها في جميع المحطات .

ولأن الهدف من المعالجة الأولية لوحدات التناضح العكسي ليس فقط لإزالة 99% من من الأملاح المعلقة لمصدر المياه ولكن أيضا لتقليل محتوي جزيئات الطمي الدقيقة ذات الأحجام المتعددة . ولذلك فأن تصميم وحدات المعالجة التمهيدية يعتمد علي مستويات ((SILT DENISTY INDEX – SDI) مؤشر كثافة الطمي)المطلوبة لمياه المخرج اكثر من اعتماده علي مدي إزالة العكارة و مسببات الامراض .

كفاءة الفلتر لازالة المواد العالقة (تقليل العكارة والمواد الصلبة الكلية) ليس له علاقة مباشرة بكفاءته لإزالة الطمي والمواد الغروية . المواد العضوية والمتصلبة (املاح الحديد) الذائبة تعلق بورقة ترشيح اختبار (SDI) للفلتر مما ينتج عنه زيادة قيمة (SDI) . تشير الخبرات الي أن إنشاء الفلاتر ذات الوسط الحبيبي يعمل علي اختزال العكارة لمياه المصدر الي اقل من 0.1 وحدة عكارة في حين أن المياه الناتجة لنفس الفلتر يتخطى (SDI) لها 4 . في العديد من الحالات المرشحات ذات الوسط الحبيبي داخل محطات التحلية يجب تصميمها بشكل أكثر تحفظا من قريناتها التقليدية الموجودة بمحطات معالجة المياه السطحية وذلك لتتمكن من التخلص من المواد الصلبة – الطمي والمواد العضوية المتحجرة الموجودة بمياه المصدر.

يتم عمل الغسيل العكسي للفلاتر ذات الوسط الحبيبي بشكل أساسي باستخدام مياه البحر المفلترة أو المياه المركزة الناتجة من وحدات التناضح العكسي. يتم عمل غسيل عكسي لخلية الفلتر بشكل متردد كل 24-48 ساعة وفيها يتم استهلاك من 2-6 % من حجم مياه البحر المراد معالجتها. استخدام المياه المركزة الناتجة من وحدات التناضح العكسي بدلا من مياه المفلتره اثناء عمليه الغسيل العكسي لخلايا الفلتر تعمل علي تقليل حجم عملية الغسيل العكسي وكذا الطاقة المستخدمة لضخ مياه المصدر لمحطات التحلية الي محطات التحلية. يجب أن يوفر معدل الغسيل العكسي نسبة من 30-50 % من تمدد وسط الترشيح للحصول علي افضل أداء . يجب الاخذ في الاعتبار أن عدد خلايا الفلتر وكذا سعة الإنتاج الفردية لكل خلية بحيث تسمح بعملية تدفق كاملة للمياه الداخلة في حالة عطل أحد الخلايا الأخرى خلال عملية الغسيل وعطل اخري لعمل الصيانة. للمزيد من المعلومات عن تصميم تصميم الفلاتر ذات الوسط الحبيبي يمكن الرجوع الي (AWWA , 2007 , Wilf et al ,2007)

المعالجة الأولية لمياه البحر لما قبل الفلترة :

اغلب الجزيئات والكائنات الدقيقة الموجودة بمياه البحر تكون سالبة الشحنة والتي يجب معادلتها عن طريق التخثر والترويب بالإضافة الي أن هذه الجزيئات المتعادلة ستكون بحاجة الي أن تتشكل في شكل ندف اكبر يتم احتجازها خلال وسط الفلتر (لتتم عملية الفلترة بصورة اكثر فاعلية) . لذلك فمن الضروري تهيئة مياه المصدر لتكون ندف اكبر عن طريق عمليتي التجوالترويب قبل دخولها الي الفلاتر ذات االوسط الحبيبي . عمليتي التخثر والترويب وتصميم المعايير المصاحبة لمياه المصدر لما قبل الفلترة تم تناولها في الفصل الخامس .

تحتاج مياه البحر الي الخضوع لمعالجة تمهيدية إضافية قبل الفلترة مثل (إزالة الرمال – الترسيب – التعويم بواسطة الهواء المذاب (وهو نظام يولد فيه الهواء المذاب في الماء فقاعات تعلق علي سطها الجسيمات لتطفو بعدها الي السطح ليتم التخلص منها)) وذلك بالاعتماد علي جودتها . الترتيبات وكذا المعالجة التمهيدية تم مناقشتها في الفصل السادس .

وسط الفلتر

نوع الوسط , انتظامه , حجمه وعمقه هي القواعد الهامة في بناء فلاتر المعالجه التمهيدية . الفلاتر ثنائية الوسط لديها طبقتين من وسط الفلترة – التصميم النموذجي يشمل من 0.4-0.8 متر من الأنثراسيت لكل 1-2 متر من الرمل

في الغالب يستخدم الفلتر ذات الوسط الثنائي في أنظمة محطات التحلية والتي تم تصميمها لتحقيق افضل إزالة للمواد العضوية الذائبة من مياه البحر عن طريق الفلترة الحيوية وفي هذه الحالة يفضل أن يكون عمق مستوي الأنثراسيت ما بين 1.5-1.8 متر . وإن كانت مياه البحر باردة نسبيا (المتوسط السنوي لدرجة الحرارة اقل من 15°وفي نفس الوقت توجد مكونات عضوية بصورة كبيرة تستخدم طبقة من حبيبات الكربون النشط بدلا من الأنثراسيت وبنفس العمق وذلك لأن كفاءة الفلاتر الحيوية تنعدم بانخفاض درجة الحرارة ..خلال الفلترة الحيوية يحدث ان جزء من المواد العضوية الذائبة في مياه البحرتتحلل بواسطة جزء من الكائنات الدقيقة التي تنمو علي الطبقة الحيوية (الفيلم) المتكونة علي حبيبات

الوسط الترشيحي للفلتر لذلك يقوم الكربون النشط بازالة جزء من المواد العضوية الموجوده بمياه البحر عن طريق الامتزاز .

الفلاتر ثلاثية الوسط يوجد بها من 0.5-0.6 متر طبقة علوية من الأنثراسيت , 0.2-0.3 متر من الرمل كطبقة متوسطة , 0.1- 0.15 متر من العقيق أو الالمينيت كطبقة سفلية . تستخدم هذه الفلاتر إذا كانت مياه البحرتحتوي علي كمية كبيرة من دقائق الطمي والطحالب الدقيقة (20-0.5 ميكرو متر) .

عادة يتم حساب عمق طبقة الفلتر علي أساس حجم الوسط ويتبع القاعدة العامة وهي النسبة بين عمق طبقة الفلتر (I – in mm) والحجم الفعال لوسط الفلتر (de – in mm) تعني (I/de) يجب أن تكون اكبر من 1500

فمثلا اذا كأن الحجم الفعال لوسط الفلتر (الأنثراسيت) 0.65ملم فتكون عمق طبقة الأنثراسيت علي الأقل (0.65×1500= 0.975) تقريبا 1 متر .

عمق طبقة الكربون النشط علي أساس متوسط زمن التلامس في هذه الطبقة والذي من المفترض أن يكون 10-15 دقيقه فمثلا اذا كان الفلتر مصمم بمعدل تحميل سطحي حوالي 9م^3/م^2/س سيكون عمق طبقة الكربون النشط علي الأقل 1.5 م (9×10د/60د=1.5) .

عندما توضع طبقات المرشح لأول مرة في خلايا الفلتر يجب زيادة ارتفاع الطبقات من 3-5 سم وذلك لعمل حساب الهدر في جزيئات الطبقات الجديدة اثناء الغسيل العكسي يجب أيضا الأخذ في الاعتبار إن كان الفلتر مصمم لإزالة الكربون العضوي الكلي عن طريق الفلترة الحيوية فأن ذلك يستوجب الانتظار لمدة من 4-6 أسابيع حتي يتمكن الفلتر من تكوين الفيلم الحيوي الدائم علي سطح الفلتر والتي تمكن الفلتر من إزالة الكربون العضوي الكلي بصورة جيدة . أن كانت درجة حرارة مياه البحر باردة (°20) عن تكوين الفيلم الحيوي فإن تكوينه قد يأخذ العديد من الأسابيع.

حجم وعدد خلايا الفلتر

عدد خلايا الفلتر يعتمد بشكل أساسي علي التدفق الكلي والذي صمم من اجله الفلتر ليقوم بعمله . يمكن خفض تكلفة إنشاء نظام الفلترة عن طريق عدد الفلاتر الفردية . **يتم تحديد العدد الادني للفلاتر من خلال :-**

1- اقصي حجم لجزيئات رمل الفلتر الواحد (150-100 م^2) فالأحجام الأكبر ستتسبب في عدم التماثل بأنحاء الفلتر اثناء عملية الغسيل العكسي .
2- زيادة معدل الفلترة للفلاتر داخل حيز التشغيل وذلك عندما يكون فلتر أو اثنين في حالة الغسيل العكسي .
3- ترتيب نظام محطة المعالجة كعدد القنوات الفردية والوضع المخطط لتشغيل المحطة .

للحفاظ علي جودة وكفاءة الفلاتر يجب تصميم عدد خلايا الفلتر بطريقة تسمح عندما يكون فلتر خارج الخدمة لعمل غسيل عكسي أو صيانة يكون معدل الحمل الهيدروليكي لايتعدي 20% من متوسط الحمل الكلي علي الوحدات الموجودة بالخدمة . وعندما تكون وحدتان خارج الخدمة يكون ذلك المعدل اقل من 30% من معدل متوسط الحمل . عموما حتي محطات التحلية الصغيرة جدا أن اقل عدد من الفلاتر الفردية في المعالجة التمهيدية يجب أن يكون علي الأقل 4 .

وللمحطات ذات السعة اكبر من 5000 م ³/يوم من 6-8 فلاتر .ولمحطات التحلية ذات السعة اكبر من 10000م³/يوم غالبا يتم تقسيم خلايا الفلتر الي مجموعتين والتي يمكن تشغيلها بصورة مستقلة بالمقارنة بمسارات التحلية الموجودة بوحدات التناضح العكسي . في المحطات ذات السعة اكبر من 20000م³/يوم تقسم المحطة الي مرحلتين علي الأقل لمجموعتين من الفلاتر لكل منها من 8-16 خلية فلتر أحادية .

2.7 معايير تصميم فلاتر الجاذبية ذات الوسط الحبيبى فى المعالجة الأولية:

عادة فلاتر الجاذبية تكون من الخرسانة المحسنة والتي تعمل تحت ضغط سقوط الماء خلال الوسط الذي يكون ما بين 108-204م . المرحلة الأولي لفلاتر الجاذبية ثنائية الوسط هي النوع المهيمن علي فلاتر المعالجة التمهيدية في محطات المعالجة ذات السعة اكبر من 40000م³/يوم . فلاتر الجاذبية ذات التدفق المتساقط هي الأفضل لأنها تسمح ببقاء الكتلة الحيوية للطحالب الموجودة بمياه البحر علي الطبقة العلوية لوسط الفلتر والتي تقوم بدورها بتكسير خلايا الطحلب الذي يستطيع أن يسبب خفض الحمل العضوي لمياه البحر المفلترة .

معايير تصميم المرحلة الأولي لفلاتر الجاذبية ثنائية الوسط .

معايير تصميم المرحلة الأولي لفلاتر الجاذبية ثنائية الوسط للمحطات الكبيرة والمتوسطة كما يلي :-

نوع الفلتر	ثنائي الوسط , ذات تدفق متساقط , غسيل عكسي بالماء والهواء
متوسط عمل خلية الفلتر تحت حيز التشغيل	24 س (بين خليتي فلتر في حالة الغسيل العكسي)
توزيع التدفق الي الخلايا الفردية	ماسورة (اذا استخدمت قناة من الخرسانه , فيجب أن يكون عمق القناة مدبب للحفاظ علي سرعة التدفق الي القنوات 2م/ث دائما)
عدد خلايا الفلتر	16-8 (عادة 12)
عرض الخلية	6-3 متر
عمق خلية الفلتر	7.5-4.5 متر (عادة 5م)
النسبة بين طول وعرض خلية الفلتر	1:2 (عادة 1:3)
مساحة خلية الفلتر	100-25 م^2
اقصي عمق للمياه داخل حوض الفلتر	2.5 متر (يجب أن يكون مسأو أو مرتفع قليلا عن مستوي الهدر للفلتر والتي تكون عادة من 1.8:2.4 م)
معدل الفلترة (تصميم التدفق لمصدر المياه بمحطات التحلية)	
عند عمل كل الفلاتر	10-8م^3/م^2/س
عند عطل فلترين	15م^3/م^2/س
وسط الفلتر	
الطبقة العليا	الأنثراسيت
عمق طبقة الأنثراسيت	1.8-1.5م (يفضل استخدامها في المرشحات العميقة)
عمق طبقة الأنثراسيت	0.8-0.4م (الفلاتر ذات العمق البسيط – تستخدم لفلترة مياه البحر ذات العكارة المنخفضة <(5 وحدة عكارة) وكذا نسبة المواد العضوية المنخفضة < (2ملج/ل)
الحجم الفعال للأنثراسيت	2-0.8 (عادة 1.5 مم)
الجاذبية النوعية للأنثراسيت	1.6-1.5طن/م^3
الكثافة الحجمية للأنثراسيت	0.8-. 85طن/م^3
التكافؤ المتماثل للأنثراسيت	1.7-1.3 (يفضل <1.4)
الطبقة السفلية	الرمل
عمق طبقة الرمل	2-1 متر (للفلاتر العميقة)
عمق طبقة الرمل	0.6-0.4 متر (الفلاتر الأقل عمقا)
التكافؤ المتماثل للرمل	1.4>
الحجم الفعال الرمل	0.5ملم
الجاذبية النوعية الرمل	2.56طن/م^3
الكثافة الحجمية الرمل	1.9-1.5طن/م^3
نظام الغسيل العكسي	ماء-هواء
اقصي معدل للغسيل العكسي	50م^3/م^2/س
متوسط معدل الغسيل العكسي	45-40 م^3/م^2/س
المدة (ماء – هواء)	60-40 دقيقة (تشمل تفريغ وإعادة ملو الفلتر)

معايير التصميم السابقة تعتبر فقط إرشادات ل (حجم – عمق – ترتيب الوسط) خاصة لمحطات التحلية الكبيرة والمتوسطة . والتي من المفترض اختيارها بناء علي اختبار وحدة مصغرة (pilot unit) تمثل نوعية وظروف المياه والموقع الذي ستنشأ به المحطة الاساسية المياه حتي وهي بأسوأ حالاتها كحالات الأمطار الغزيرة (المطر في اشد حالاته يكون اعلي من 15 ملم) , الحفر بالقرب من مصدر المياه , و الظهور الكثيف للطحالب بالقرب من مصدر المياه وهكذا ...,الجدول رقم 3 يوضح امثلة للمعايير المصاحبة لمحطات التحلية ذات الاحجام وجودة المياه.. .

جدول رقم 3 امثلة لمحطات التحلية ذات المعالجة التمهيدية بواسطة الوسط الحبيبي

موقع وسعة المحطة	ترتيب نظام المعالجة التمهيدية	متوسط واقصي معدلات الحمل للفلاتر	ملاحظات
محطة جلين روكي جيبرالتار 1400م³/يوم	4مراحل فردية لفلاتر ضغط افقية ثنائية الوسط رمل 90سم أنثراسيت 30سم	11 م³/م²/س 16م³/م²/س	طريقة سحب المياه 3/2الحجم من الابار 3/1من مصدر مفتوح
محطة اشكيلون , إسرائيل 325000 م³/يوم	40مرحلة فردية لفلاتر ضغط افقية ثنائية الوسط	8م³/م²/س 12م³/م²/س	مصدر مفتوح مغمور علي الشاطئ 1000متر من الشاطئ
محطة تواس , سنغافورا 136000م³/يوم	مزيج بين نظام التعويم بالهواء المذاب والفلتر الرملي رمل 110سم	10م³/م²/س 14م³/م²/س	مصدر مفتوح بالقرب من الشاطئ بالميناء الصناعي
محطة الكولوسو , شيلي 45400م³/يوم	التعويم بالهواء المذاب متبوع بفلاتر ضغط افقية ثنائية الوسط ذات المرحلتين	معدل التحميل السطحي لعملية الهواء المذاب 22-33م³/م²/س معدل الفلترة: 25 م³/م²/س	مصدر مفتوح بالميناء الصناعي تتكتل به الطحالب بشكل متردد
محطة الفجيرا , الامارات 170500م³/يوم	14مرحلة فردية لفلاتر الجاذبية ثنائية الوسط	8.5م³/م²/س 9.5م³/م²/س	مصدر مفتوح لمياه البحر التي تحتوي علي كميات كبيرة من الهيدروكربونات
محطة كوينأنا , استراليا 160000م³/يوم	24مرحلة فردية لفلاتر ضغط ثنائية الوسط	14م³/م²/س 18م³/م²/س	مصدر مفتوح مغمور قرب الشاطئ
محطة كربونايرس , اسبأنبا 120000م³/يوم	40مرحلة فردية لفلاتر ضغط ثنائية الوسط	12م³/م²/س 14م³/م²/س	مصدر مفتوح مغمور قرب الشاطئ

بعض من اكبر محطات تحلية المياه في العالم المجودة حاليا كمحطة اشكيلون بإسرائيل ذات سعة 325000م³/ يوم (شكل 14) تتبع نظام فلتر الجاذبية ثنائي الوسط ذات المرحلة الفردية

معايير تصميم فلاتر الجاذبية ذات المرحلتين .

بالاستناد لما سبق , تستخدم الفلترة علي مرحلتين لمصادر مياه البحر التي تحتوي علي معدلات عالية من العكارة (> 20 وحدة عكارة) ومواد عضوية (>6 ملجم/لتر) لمدد طويلة (أسابيع – شهور)

مثل هذه الظروف (والتي قد تستمر لشهور عدة) تحدث في مناطق مآخذ المياه والتي تتعرض لظاهرة تكتل اعداد كبيرة من الطحالب الحمراء فيها , أو مصبات الأنهار والتي ترتفع بها معدلات العكارة خلال موسم الامطار . يتكون نظام الفلترة من مرحلتين عادة من فلاتر خشنة وفلاتر ناعمة والتي تعمل في سلسلة . عادة في المرحلة الأولي يكون الفلتر احادي الوسط (الرمل , الأنثراسيت) في حين أن المرحلة الثانية يتم ترتيبها كفلتر ثنائي الوسط ذات معايير تصميمية مناسبة كما تم توضيحها سابقا . المرحلة الأولي (الفلتر الخشن) عادة يزيل من 60-80% من الكمية الكلية للأملاح الموجودة بمياه البحر ولقد تم تصميمه ليحجز كل الكتلة الحيوية للطحالب المتحطمة . فلتر المرحلة الثانية يزيل اكثر من 99% من الاملاح المتبقية والطمي الدقيق طالما يحتوي مصدر مياه البحر علي الطحالب الدقيقة , عادة تكون العكارة للمخرج اقل من 0.05 وحدة عكارة .

الفلاتر ذات المرحلتين لها العديد من المميزات . عملية الفلترة خلال الوسط الخشن لاتزيل فقط الجزيئات الكبيرة المتخثرة ولكن أيضا تحسن من عملية التخثر للجزيئات الدقيقة الموجودة بمياه البحر والتي تجعل من ازالتها في المرحلة الثانية عملية اقل صعوبة وتسمح للمرحلة الثانية أن يكون تصميمها غير عميق لأداء افضل من الفلاتر العميقة وكذلك يتم تشغيلها عند المعدلات الأكبر للتحميل السطحي . مما ينتج عنه تقليل حجم الفلاتر ذات الوسط الثنائي والكمية الكلية لمسببات التخثر (أملاح الحديد) المطلوبة لتحقيق نفس الجودة للمياه الخارجة بالمقارنة بالمرحلة الأولي . هناك أيضا مميزات للفلاتر ذات المرحلتين وهما :- اثناء عملية الفلترة بوسط ترشيحي ذو حبيبات خشنة فانها لا تقوم بحجز جزيئات التلوث ذات الاحجام الكبيرة فقط وانما ايضا هي تحسن من تخثر الجزيئات الموجودة بماء البحر والتي تسهل من ازالتها في المرحلة الثانية من الفلاتروالتي تجعل من طبقة مديا المرحلة الثانية ضئيلة وسطحية بدلا من الطبقات الاكثر عمقا وتعمل بمعدل سطحي

اسرع وافضل. وهذه الميزة ادت الي تقليل الحجم للوسط الترشيحي المزدوج للفلاتر وايضا تقليل كمية المادة المخثرة (املاح الحديد) التى تضاف لتحقق نفس نوعية الماء المنتج مقارنة بالفلاتر ذات المرحلة الواحدة...هناك ميزتان ثانيتين للفلاتر ذات المرحلتين وهما :

(1) يمكنها ان تعالج المياه ذات التغير الكبير في العكارة بفضل ضخامة اجمالي حجم وسط الترشيح.

(2) عندما يتم تصميم فلتر المرحلة الثانية بعمق كبير فهذا النظام يعمل علي تحسين إزالة المواد العضوية عن طريق الفلترة الحيوية . بينما الفلاتر أحادية المرحلة ذات الوسط الثنائي تستطيع عادة تقليل من 20-30% من الكربون العضوي الكلي الموجود بمصدر مياه البحر . النظم ذات المرحلتين والتي بها فلاتر المرحلة الثنائية يمكنها تحقيق من 40-60% من إزالة الكربون العضوي الكلي وذلك لأنها تقوم بتحسين تخثر الجزيئات الدقيقة وكذلك الفلترة الحيوية .

1.2.7 معايير التصميم الرئيسية للمرحلة الأولى، الوسائط الحبيبية لنظام المرحلتين لمرشح ثنائي هي على النحو التالي:

نوع الترشيح	احادي الوسطّ , سريأن سفلي , غسيل عكسي بالهواء والماء
متوسط سريأن مدة الترشيح	من 24 الي 48 ساعة (بين كل غسلتين عكسيتين للفلتر)
معدل الترشيح(في محطات التحلية تكون علي حسب تصميم معدل التدفق)	
دخول جميع المرشحات الخدمة	12الي 25 م3/م2/س
خروج عدد 2 مرشح من الخدمة	30 م3/م2/س
وسط الترشيح	رملي أو فحم الأنتراسيت
عمق طبقة الفحم الأنتراسيت	0.4-1.0 م
مقاس طبقة الفحم الأنتراسيت	1.0 الي 2.0 مللي (عادة 1.5 مللي)
معامل وحدة الأنتراسيت	اقل من 1.5
عمق طبقة الرمل	0.4-1.0 م
مقاس طبقة الرمل	0.8 الي 2.0 مللي
معامل وحدة الرمل	اقل من 1.5
نظام الغسيل العكسي للمرشح	هواء- ماء
اقصي معدل للغسيل العكسي	60م3/م2/س
متوسط معدل الغسيل العكسي	45-55 م3/م2/س
الزمن (هواء كلي+ماء)	30-40 دقيقة (يتضمن ملئ المرشح وتصفيتة)

جميع معاملات تصميم المرشحات الأخرى هي نفس معاملات الوسائط المزدوجة أحادية المرحلة التي تم وصفها في القسم السابق. وكما أشير سابقا، فأن المرحلة الثانية (polishing filter) مصممة عادة كمرشح shallow مزدوج الوسائط، ما لم تكن هناك حاجة إلى تحسين إزالة المواد العضوية .

2.2.7 معايير التصميم الرئيسية لمرحلة الترشيح جنبا إلى جنب مع نظام المعالجة المسبقة لمرشحات (التعويم بواسطة الهواء المذاب)DAF:

كما تبين في الفصل السادس ، في الحالات التي تحتوي فيها مصدر مياه البحرعلى كمية كبيرة من جسيمات الطحالب أوالزيوت والشحوم ويمكن الجمع بين المرشح ذو الوسيط الحبيبي مع مرشح DAF في بنية واحدة، بحيث يوضع مرشح DAF في الجزء العلوي من المرشح, بناء علي هذة البنية يكون مرشح ذو الوسط الحبيبي مصمم كمرشح مزدوج(فحم الأنتراسيت والرمال) ويكون في الجزء السفلي من المرشح.

وعادة ما يكون معدل تحميل سطح التصميم لهذه الفلاتر أعلى مرتين أو ثلاثة من مرشحات الوسائط المزدوجة أحادية المرحلة (من 16 إلى 35 م3 / م 2/ س). وبما أن تكلفة تشغيل مرشح DAF مرتفعة نسبيا، فمن المستحسن أن يتم تصميم جزء الترشيح من نظام المعالجة ليتم تصميمه من الحد الادني للتكلفة من هذا النطاق، والتي من شأنها أن تسمح لتشغيل فقط جزء الترشيح من نظام ترشيح DAF، بشرط أن يكون نوعية مياه البحر جيدة ومستوى التعكر والمواد العضوية في الماء منخفضة.

3.7 مرشحات الضغط الحبيبى:

مرشحات الضغط مكونة من مرشح من النوع BED مماثلة للمرشحات من النوع GRAVITY الا أنة يتم تضمين وسائط المرشح في أوعية ضغط من الصلب.ويستخدم هذا التطبيق عادة في محطات تحلية البحر الصغيرة والمتوسطة عادة ما تكون أنتاجها اقل من 20000 متر مكعب في اليوم.

واستثناء من ذلك هو إسبانيا، حيث جميع مرشحات المعالجة المسبقة في محطات تحلية مياه البحر هي مرشحات الضغط الحبيبي. في معظم الحالات للحصول على نوعية جيدة من مصدر مياه البحر (SDI <5 والعكارة أقل من 5 NTU) تم تصميم مرشحات الضغط كمرحلة واحدة، وحدات وسائط مزدوجة (أنثراسايت والرمل). بعض المواقع ذات نوعية المياه الرديئة نسبيا تستخدم مرحلتين أنظمة الترشيح بالضغط. مرشحات الضغط متوفرة في نوعين (الرأسي والأفقي).

مرشحات الضغط العمودية (أنظر الشكل 15) تستخدم عادة في المواقع الأصغر حجما، ويبلغ أقصى قطر للوعاء الواحد 3 أمتار. وتستخدم مرشحات الضغط الأفقية (الشكل 16) بشكل أكثر في محطات تحلية المياه وهي أكثر استخداما للمرافق المتوسطة والكبيرة الحجم. إن أكبر محطة لتحلية المياه تستخدم مرشحات الوسط الحبيبي ذات الضغط الأفقي لمعالجة مياه البحر هي منشأة كوينانا سورو في مدينة بيرث بأستراليا التي تبلغ طاقتها اليومية160 ألف متر مكعب (أنظر الشكل 17). تسمح المرشحات الأفقية بمجال الترشيح الأكبر لكل وعاء مقارنة بالوحدات العمودية. ومع ذلك، عادة ما يمكن تصميم الأوعية العمودية مع وسائل ترشيح أعمق، إذا كانت هناك حاجة إلى مرشحات عميقة للتعامل مع زيادات نسب تعكر مصدر مياه البحر.

Figure 15 – Vertical Pressure Pretreatment Filters

Figure 16 – Horizontal Pressure Pretreatment Filters

Figure 17 – Single-Stage Horizontal Pressure Filters, Kwinana SWRO Plant

1.3.7 معايير التصميم الرئيسية لمرشحات الضغط ذات المرحلة الواحدة وسائط متعددة:

بالمقارنة بالمرشحات من النوع GRAVITY والتي تعمل تحت اقصي معدل للمياه فوق مرشح من النوع BED حتي 2.5 متر, ضغط المرشح عادة ما يعمل علي ضغط تغذية يساوي 15 الي 30 متر من عمود مياه. حجم ضغط التغذية يكون غالبا مدفوعا بضغط السحب المطلوب من طلمبة تغذية الضغط العالي لنظام SWRO(تحلية مياه البحر بنظام التناضح العكسي).

أحد المزايا الرئيسية لمرشحات الضغط هو أنها يمكنها السماح بتجنب الضخ المتقطع لمياه البحر المعالجة مسبقا. نظام SWRO النموذجي ذات المعالجة الأولية التي تعتمد علي ال GRAVITY يتطلب عمل تصفية للنفايات السائلة واستخدام مضخات مساعدة لدفع المياه المرشحة الي مضخات الضغط العالي .

إن استخدام مرشحات الضغط يمكنها من عدم الاحتياج الي مضخات لنقل الماء المرشح الناتج منها لأنه بالفعل مضغوط بفضل طلمبات المأخذ ومرشحات المعالجة الابتدائية التي تعمل علي عدم كسر الخطوط الهيدروليكية.

إن معايير التصميم الرئيسية لمرشحات الضغط ذات الوسط الثنائي أحادية المرحلة في محطات التحلية الصغيرة والمتوسطة الحجم مشابهة جدا لمرشحات الجاذبية (GRAVITY). معايير التصميم تختلف من مرشحات الضغط لمرشحات الجاذبية كالتالي:

عدد أوعية الترشيح	6 الي 20
قطر وعاء الترشيح	1.2 الي 6 متر (النموذجي 3 متر)
طول وعاء الترشيح	2.5 الي 15 متر (النموذجي 6 متر)
عمق المرشح BED	0.6 الي 0,9 متر
معدل الترشيح (في محطة مياه مع وجود تصميم لسريأن المأخذ)	
وجود جميع المرشحات في الخدمة	12 الي 25 متر3/متر2/ساعة
معدل فقد الضغط خلال أوعية الترشيح	
فقد الضغط الكلي خلال المرشح	15 الي 30 متر (متوسك 20 متر)
الفقد الفعلي للضغط المتاح للترشيح	7,5 الي 15 متر

معايير التصميم الموضحة بالاعلي عبارة عن مبادئ توجيهية- حجم الوسائل الرشيح والعمق والتكوين خاصة لمحطات التحلية المتوسطة والكبيرة موصي باختيارها بناء علي اختبار تجريبي(pilot test) للظروف الخاصة بالموقع ونوعية المياه المرتبطة بالمشروع.

4.7 مميزات المرشحات الحبيبية من نوع GRAVITY :

1.4.7 ازالة افضل للطحالب الموجودة بمياه البحر:

مياه البحر تحتوي دائما على كمية قابلة للقياس من الطحالب، والتي عادة ما يزيد التركيز عدة مرات خلال فترة الصيف، ويمكن أن تزيد ما يصل إلى 10 مرات خلال فترات ازدهار الطحالب (التي قد تظهر أو لا تظهر بنفسها في حالات المد الشديد).

هناك مجموعة كبيرة ومتنوعة من أنواع الطحالب في مياه البحر. بعض أنواع الطحالب التي تتكون خلال أحداث المد الشديد لها خلايا سهلة نسبيا للكسر تحت ضغط منخفض تصل إلى 0.3 إلى 0.6 بار. عند كسر خلايا الطحالب ، فأنها تطلق السيتوبلازم في مياه البحر الذي لديه محتوى عال جدا من السكريات القابلة للتحلل بسهولة. عندما يتجاوز كمية

السكريات الصادرة عن خلايا الطحالب المكسورة مستوى معين في مياه البحر التي تمت تصفيتها، فأنها عادة ما تؤدي إلى تلوث بيولوجي سريع على أغشية التناضح العكسي في مياه البحر.

وهناك نهجان عمليان لمعالجة هذا النوع من المشاكل هما:

1- استخدام مرفق تعويم الهواء المذاب (DAF) قبل المرشحات المعالجة المسبقة لإزالة خلايا الطحالب بلطف ومنع تكسير الخلايا (وهذا هو الحل المثالي)؛

2- (2) تركيب حبيبات الكربون المنشط كطبقة من الوسائط في الطبقة العليا على سطح المرشحات لإزالة بعض السكريات وغيرها من المواد العضوية في مياه البحر.

مرشحات الضغط تعمل عادة لعدة مرات علي ضغط التغذية فتكون أعلى من ضغط مرشحات ال GRAVITY. لأن ضغط تشغيل هذه المرشحات غالبا ما تكون أعلى من ضغط كسر خلايا الطحالب، ويعيب مرشحات الضغط أنها تسبب تلوث بيولوجي عند تصفية مياه البحر من محتوى عالي جدا للطحالب. ومن الشائع أن يظهر هذا التأثير بشكل رئيسي في الصيف وأثناء ازدهار الطحالب عندما يتجاوز مستوى الكربون العضوي الكلي في مصدر المياه 2 ملغم / لتر.

وغالبا ما تستخدم مرشحات الضغط في إسبانيا وأستراليا. ومع ذلك، في معظم التطبيقات الناجحة تكون نوعية مصدر المياه جيدة جدا ,الكربون العضوي الكلي<1ملجرام/لتر، SDI <4 ونسبة العكارة <NTU 4). ومعظم المحطات الإسبانية لتحلية المياه مأخذ المياه عميق نسبيا ومحتوى الطحالب في مصدر المياه منخفض إلى حد ما. وعلى عمق يتراوح بين 10 و 20 مترا، يكون تركيز الطحالب أقل بكثير من تركيز سطح المحيط - وبالتالي، طالما أن مأخذ المياه في محطة التحلية عميق إلى حد ما، قد يكون التلوث البيولوجي الذي يحدث بسبب تكسير خلايا الطحالب غير موجود كما هو الحال بالنسبة للمآخذ الضحلة أو المآخذ التي تقع على سطح المحيط (علي سبيل المثال,, بالقرب من الشاطئ- مآخذ مفتوحة).

2.4.7 العمرالافتراضي الطويل لبنية المرشحات

تكون عادة، مرشحات الجاذبية GRAVITY هي الهياكل الخرسانية التي لها عمر طويل من 50 إلى 100 سنة. بينما مرشحات الضغط هي هياكل من الصلب مع عمر 25 سنة أو أقل. والسطح الداخلي لمرشحات الضغط المستخدمة لتحلية مياه البحر عادة تكون مطلية بطلاء مطاطي يحتاج إلى استبدال كل 5 إلى 10 سنوات والمراجعة عليها في بعض الأحيان.

3.4.7 انخفاض الطاقة المستهلكة:

لأن مرشحات الضغط تعمل عادة لعدة مرات على ضغط التغذية فتكون اعلي من ضغط مرشحات الجاذبية GRAVITY، واستخدام الطاقة لترشيح الضغط هو أعلى نسبيا.

4.4.7 احتفاظ بقدرة المواد الصلبة للتعامل بشكل أفضل مع مستويات العكارة

مرشحات الوسائط ذات الجاذبية لديها ما يقرب من 2-3 مرات حجم أكبر من وسائط الترشيح من مرشحات الضغط لنفس كمية المياه. ولذلك، فإن هذا النوع من المرشحات يمكن أن يحافظ على المزيد من المواد الصلبة نسبيا ونتيجة لذلك، فإن المعالجة الابتدائية أقل حساسية في بعض الأحيان عند حدوث زيادة في نسبة عكارة مصدر مياه البحر. وعادة ما لا تعمل مرشحات الضغط على معالجة المواد الصلبة / نسب العكارة أيضا بسبب قدرتها على الاحتفاظ بأصول صلبة أصغر (أي حجم أصغر من مسام الوسائط التي يمكنها من تخزين المواد الصلبة قبل أن يحتاج المرشح إلى الغسيل العكسي). إذا كان من المرجح أن تشهد مصدر مياه البحر زيادة في مستويات العكارة من حين لآخر (20 وحدة NTU أو أعلى) بسبب سقوط الامطار، والمد والطحالب، والحركة البحرية، وعمليات تجريف قاع المحيطات بالقرب من المأخذ، والتغير الموسمي في الاتجاه الحالي لقاع الماء، أو تقليب المياه من القاع إلى السطح، لذلك مرشحات الضغط خلال تلك الاحداث

سوف تنتج مياه ذات نوعية متدنية في قيم (SDIوالعكارة) ، وبالتالي فإن استخدامها من المرجح أن يؤدي إلى ازدياد فترات غسيل اغشية التناضح العكسي.

5.4.7 السهولة في تحديد واصلاح مشاكل التشغيل

وعادة ما يتم تغطية مرشحات الجاذبية بأغطية بلاستيكية خفيفة تحمي خلايا المرشح من أشعة الشمس المباشرة أنظر الشكل (18)

وهذه الأغطية يمكن إزالتها بسهولة، ويمكن فحص خلايا المرشح بصريا للشوائب - الفوهات العازلة لتصفية الغسيل العكسي، وتآكل الحواجز، والمناطق التي لا يؤثر فيها الغسيل العكسي ، وتشكيل "الطين - الكرات"، إلخ. بينما في المرشحات المضغوطة تكون بالكامل منغلقة ومن الصعب جدا تفقد تلك المشاكل. ونتيجة لذلك، يجب تصميم هذه المرشحات مع ارتفاع معامل الطوارئ (قدرة الاحتياطي). يوصى باستخدام قدرة احتياطية من 15 إلى 20٪ في حالة استخدام مرشحات الضغط لاستيعاب مشاكل توزيع التدفق المحتملة وعدم توزيع الهواء العكسي وتوزيع غسيل المياه العكسي.

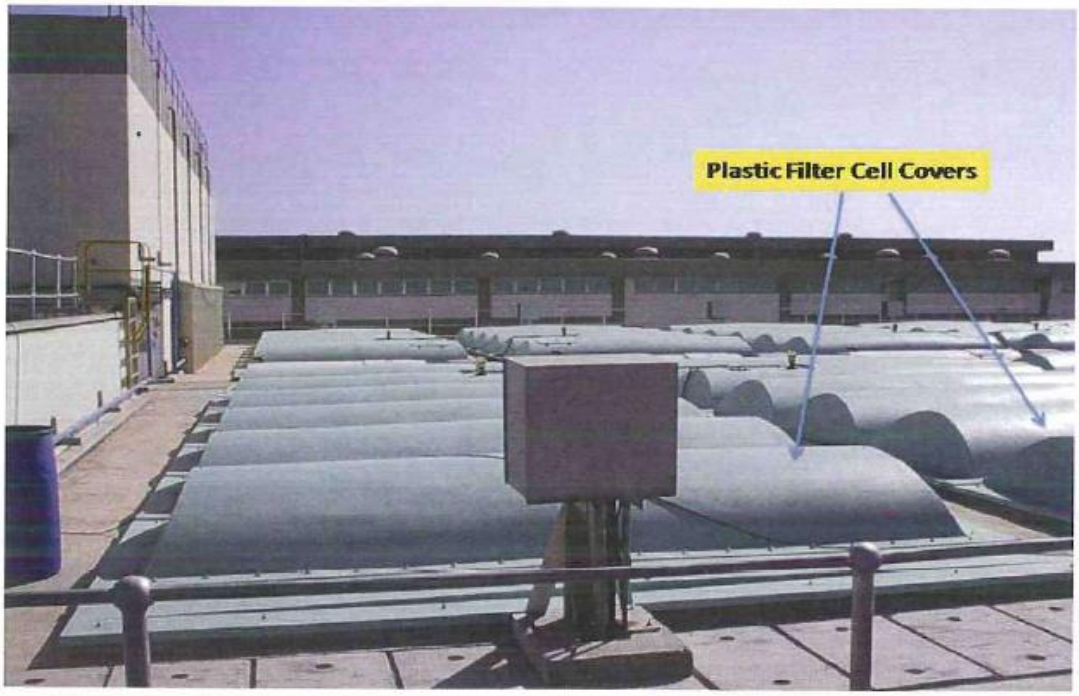


Figure 18 – Gravity Filters Protected with Plastic Covers for Algal Growth Control

سهولة وضع غشاء للمعالجة الأولية في المستقبل

وفي الوقت الحاضر، لم تصل نظم الاغشية القائمة تجاريا إلى مستوى التنمية الذي يمكن من استخدامها لمعالجة مياه البحر فمن الصعب معالجة مياه البحر (نقصد بذلك مياه البحر المعرضة لتكاثر الطحالب بشكل متكرر). ومع ذلك، من المتوقع أن تتطور في المستقبل القريب جدا تكنولوجيا الاغشية إلى المنتجات المصممة خصيصا للمعالجة المسبقة لمياه البحر المحتوية علي نسب طحالب عالية. عندما يتم التوصل إلى هذا المستوى من النضج من تقنية المعالجة الغشائية، فمن المرجح أن يكون من المفيد جدا تعديل مرشحات الوسائط التقليدية الحبيبية الي مرشحات المعالجة الغشائية. على الرغم من أن السوق حاليا يوفر كل من الضغط ونظم المعالجة التي يحركها، فأنه من المرجح جدا أن المعالجة الغشائية باستخدام أغشية مفرغة الهواء سوف تستخدم علي نطاق أوسع، وخاصة بالنسبة للتطبيقات حيث تزهر الطحالب في منطقة تناول مياه البحر وهي موجودة بكثرة وأنظمة الضغط قد تكون أقل فائدة. وطالما صممت خلايا مرشح الجاذبية بعمق وتكوين مناسبين لاستيعاب أغشية UF/MF، فأن الإنتقال إلى تقنية المعالجة

الأولية للغشاء في المستقبل يتطلب تكاليف إضافية محدودة. إذا تم استخدام مرشحات المعالجة المسبقة الضغط، هذه المرشحات لا يمكن تعديلها بسهولة في أنظمة المعالجة الغشائية في المستقبل.

5.7 مميزات مرشحات الضغط ذات الوسط الحبيبي

1.5.7 إنخفاض تكاليف الإنشاء:

مرشحات الضغط هي هياكل من الصلب الجاهز (أنظر الشكلين 15 و 16) وتكاليف الإنتاج لكل وحدة لنفس قدرة الترشيح أقل من مرشحات الجاذبية. ولكن مرشحات الضغط مصممة في ما يقرب من مرتين إلى ثلاثة أضعاف معدلات تحميل اسطح مرشحات الجاذبية (25 إلى 45 متر3/متر2/ساعة مقابل من 8 الي 15 متر3/متر2/ساعة) وتكون صغيرة الحجم، وبالتالي فهي عادة ما تكون أقل تكلفة للبناء والإنشاء.

2.5.7 صغر المساحة المستخدمة

بسبب صغر حجمها وصغر منطقة الترشيح,فإن مرشحات الضغط تحتل مساحة صغيرة من المكان.في حالة وجود مواقع صغيرة المساحة سيكون من المهم الأخذ في الاعتبار هذه الميزة عند اختيار العمل بالمرشحات الحبيبية

3.5.7 قصر وقت الإنشاء:

لأن أوعية مرشحات الضغط مسبقة الصنع، ووقت التثبيت من هذا النظام هو ما يقرب من 20 إلى 30٪ أقصر من مرشحات الجاذبية مع الهياكل الخرسانية.

4.5.7 إنعدام تأثير أشعة الشمس علي نمو الطحالب

وبما أن مرشحات الضغط مغلقة تماما، فأن أشعة الشمس لا يمكن أن تصل إلى سدادات المرشح، ونظام التوزيع، ووسائط الترشيح، وتحفيز الطحالب للنمو، مما قد يؤثر سلبا على أداء المرشح. مرشحات الجاذبية (خاصة إذا لم تكن موجودة في مبنى أو مغطاة بلوحات غير شفافة) من شأنه أن تنمو الطحالب على جميع أجزاء المرشحات المعرضة لأشعة الشمس المباشرة.

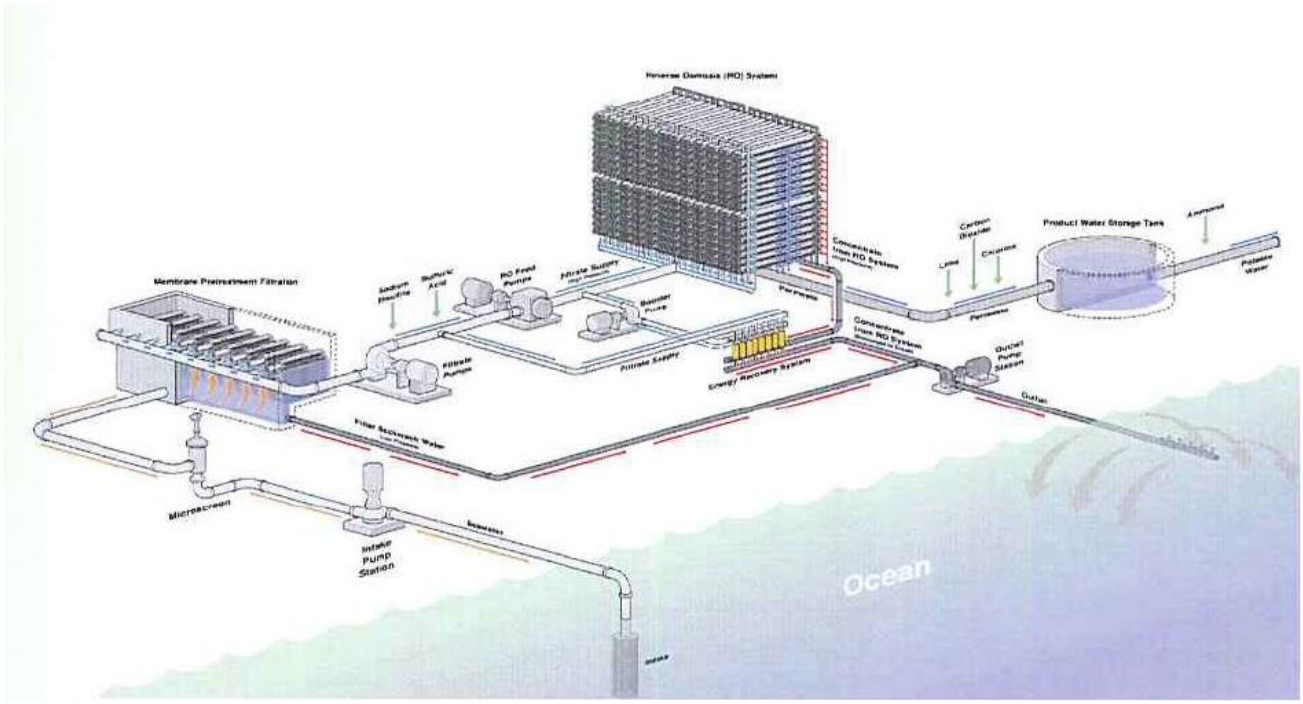
الفصل الثامن

8- أغشية الترشيح

1.8 مقدمة

الجسيمات الدقيقة والغرويات وبعض الملوثات العضوية فى مياه البحار من الممكن إزالتها بنجاح بإستخدام الفلاتر الميكرونية (MF) أو الفلاتر فائقة الترشيح (UF) كمعالجة أولية .

الشكل رقم 19 يوضح المخطط العام لمحطة تحلية مياه البحر بإستخدام الأغشية فى منظومة المعالجة الأولية . كما هو مبين فى هذا الشكل تتضمن المعالجة الأولية لمياه البحر العديد من المكونات الرئيسية : (1) حواجز شبكية لإزالة المواد الصلبة الكبيرة وأخرى لإزالة المواد الصلبة الصغيرة تشبه تلك المستخدمة فى محطات المعالجة الأولية التقليدية , (2) شبكات ميكرونية للتخلص من الجسيمات الدقيقة والأجسام الضارة الموجودة داخل مياه البحر والتى من الممكن أن تدمر الأغشية , (3) منظومة الأغشية سواء كانت الفلاتر فائقة الترشيح (UF) أو الفلاتر الميكرونية (MF) .



شكل 19- مخطط عام لمحطة تحلية مياه البحر بمنظومة المعالجة الأولية بالأغشية

وقد أثبتت نظم أغشية الفلاتر الميكرونية (MF) والفلاتر فائقة الترشيح (UF) مدى فاعليتها فى إزالة العكارة بالإضافة إلى إزالة الغرويات الغير ذائبة والمواد العضوية القادمة من مصدر مياه البحر . فتمكنها من تقليل قيمة العكارة بشكل ثابت لأقل من 0.1 NTU (وحدة قياس العكارة) وعادة يكون ناتج SDI اقل من 3 بنسبة 90% عند عمل التجربة في وقت 15 دقيقة . ويمكن لكل من المنظومتين (MF) و (UF) التخلص من4 أنواع أو أكثر من الجراثيم المسببة للأمراض مثل طفيل الجياردیا وطفيل الكريبتوسبوريديوم . بخلاف ذلك يمكن أيضا لأغشية الفلاتر الميكرونية (MF) والفلاتر الفائقة الترشيح (UF) إزالة الفيروسات بشكل فعال .

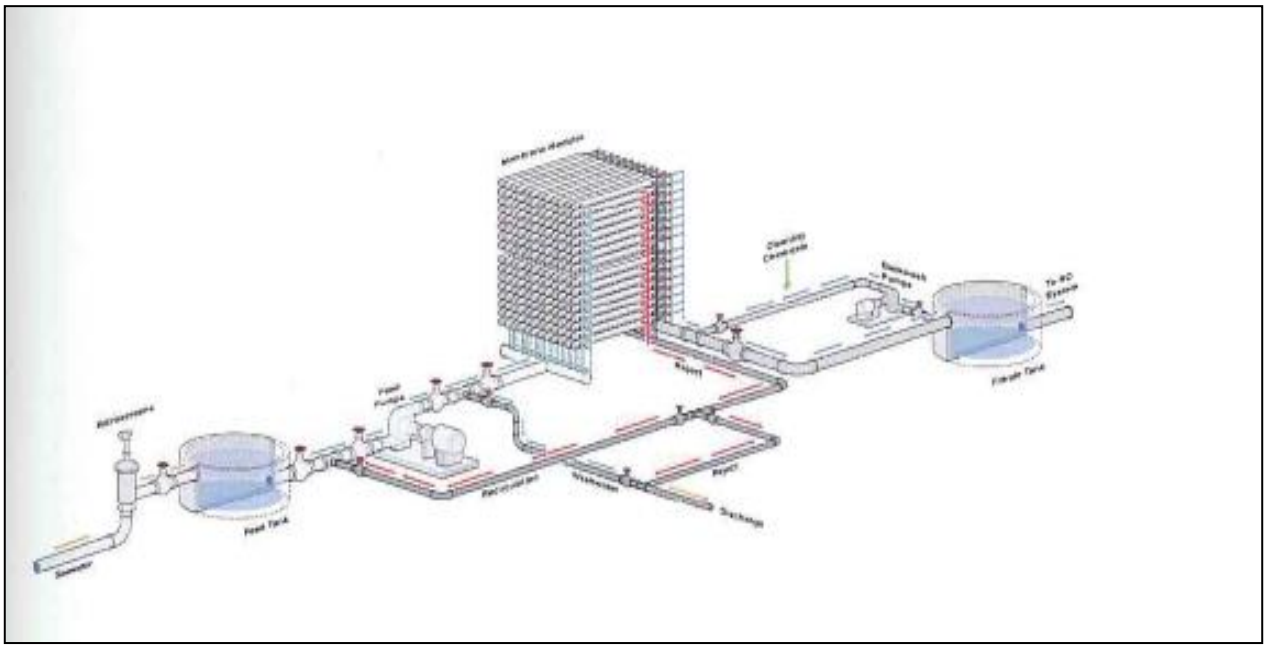
ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن المعالجة الأولية بالأغشية لا يمكنها إزالة كميات كبيرة من المواد العضوية الذائبة والكائنات البحرية الحية الدقيقة والتى تسبب دائما التلوث البيولوجى لأغشية SWRO (التناضح العكسى لمياه البحر). بسبب قصر مدة زمن الإبقاء لمياه البحر فى أنظمة المعالجة الأولية بالأغشية, مما يجعلهم غير قادرين على تقديم ترشيح بيولوجى مؤثر , إلا إذا تم تصميم الأغشية من البداية بغرض المعالجة البيولوجية . وللمقارنة ,فأن الفلاتر المكونة من

المواد الحبيبية وإعتمادا على ترتيبها , ومعدل الشحن والعمق بإمكانها إزالة من 20 إلى 60 بالمئة من المواد العضوية الذائبة الواردة من مياه البحر .

أما فى حالة المعالجة الأولية بإستخدام أغشية الترشيح فإنها تنقسم إلى صنفين إعتمادا على حركة مرور الماء فى عملية الفلترة هما - الضغط و السحب . تتكون أنظمة الفلاتر الميكرونية (MF) والفلاتر الفائقة الترشيح (UF) القائمة على الضغط من أغشية مثبتة داخل أوعية مخصصة لتحمُّل الضغط مجمعة على حوامل (فى صورة سلاسل أو خطوط), مشابهة لأنظمة SWRO (التناضح العكسى لمياه البحر) (أنظر الشكل 20)

شكل20- منظومة الفلاتر الميكرونية (MF) القائمة على ضغط المياه للمرور عبر الأغشية مع تصميم الأغشية فى وضع رأسي

يشير المخطط العام إلى مكونات الأنظمة الرئيسية القائمة على ضغط المياه للمرور عبر الأغشية مقدمة فى الشكل 21

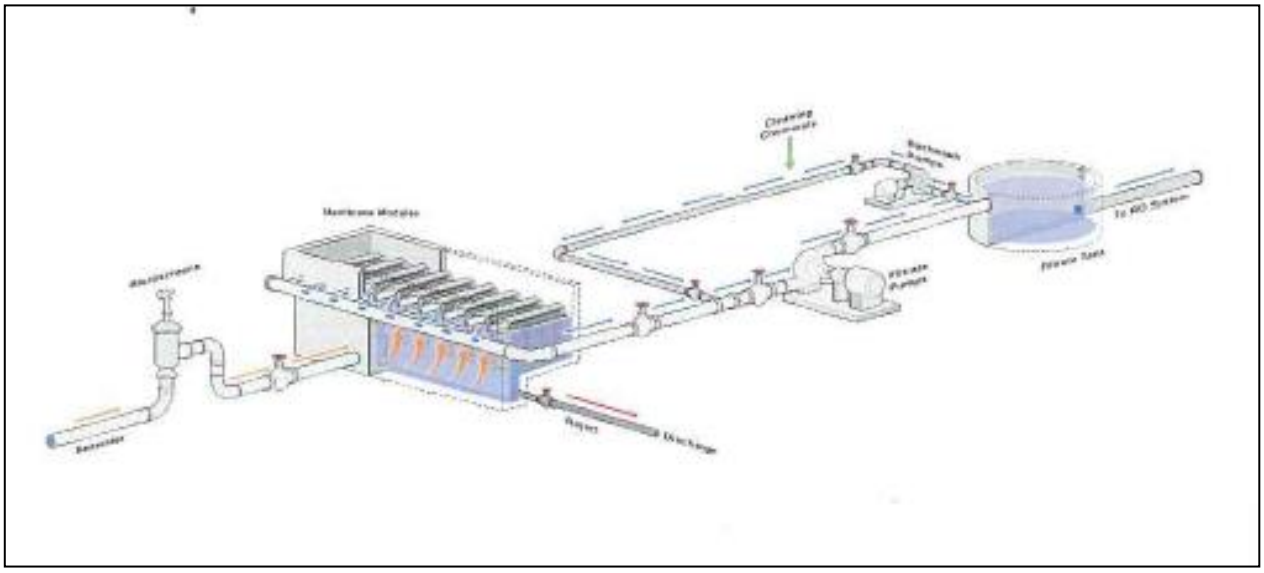


شكل 21- مخطط لمنظومة المعالجة الأولية القائمة على ضغط المياه للمرور عبر الأغشية

أنظمة الفلاتر فائقة الترشيح (UF) و الفلاتر الميكرونية (MF) القائمة على سحب المياه عبر الأغشية تتكون من وحدات أغشية مغمورة فى خزانات (شكل 22).

شكل 22- منظومة الفلاتر الميكرونية (MF) القائمة على سحب المياه عبر الأغشية

يشير المخطط العام للمكونات الرئيسية للمنظومة القائمة على شفط المياه عبر الأغشية كما بالشكل 23



شكل 23- مخطط عام لمنظومة المعالجة الأولية القائمة على شفط المياه عبر الأغشية

تتمكن أنظمة المعالجة الأولية (القائمة على شفط المياه عبر الأغشية) من العمل بفاعلية بدون احتياج مصدر مياه البحر لمخثر أو احتياجه لكميات قليلة جدا منه (من 0.5 إلى 2 مللى جرام لكل لتر) . وللمقارنة فإن أنظمة المعالجة الأولية القائمة على ضغط المياه عبر الأغشية تتطلب جرعة عالية من المخثر من أجل التشغيل على معدلات تدفق عالية للتشغيل المثالى كما تم تصميمها . ومع ذلك فأن أنظمة المعالجة الأولية القائمة على ضغط المياه عبر الأغشية تكون أقل

إستجابة لدرجة حرارة مصدر المياه وأكثر تنافسية من حيث التكلفة للمعالجة الأولية لمياه المحيطات الباردة (درجة حرارة مياه البحر أقل من 15 درجة سلزيوس).

1.1.8 وصف عملية الفلترة بالأغشية

تمتلك كل أنظمة التشغيل بالمعالجة الأولية أربع حالات تشغيلية :

(1) المعالجة (2) الغسيل العكسى

(3) التنظيف (4) اختبار السلامة.

وعادة ما يتم مراقبة الأربع حالات والتحكم بهم من خلال أجهزة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) .

2.1.8 المعالجة (الفلترة)

تتم عملية الفلترة بالأغشية لمصدر مياه البحر أثناء مرحلة المعالجة .يمكن تحديد عملية الفلترة سواء كانت فى إتجاه السريان (DIRECT FLOW)أو خلال الأغشية (CROSS FLOW) إعتمادا على نوع وتكوين الغشاء المنتج . ففى حالة الفلترة فى إتجاه السريان(DIRECT FLOW), يمر مصدر مياه البحر كله من خلال الأغشية. وفى حالة الفلترة فى خلال الأغشية (CROSS FLOW)يمر جزء فقط من مصدر التدفق فى إتجاه السريان (عادة ما يكون 90 إلى 95 بالمئة) بينما الجزء المتبقى (المرفوض) ينتقل إلى الأغشية فى إتجاه السريان وحركته على سطح الغشاء تولد نقص فى السرعة التى تعمل على نزع المواد الصلبة خارج الغشاء . عادة فى حالة الفلترة خلال الأغشية (CROSS FLOW) يتم رجوع وإعادة تدوير جزء من الأملاح المرفوضة إلى مصدر التغذية .

3.1.8 الغسيل العكسى

أثناء عملية المعالجة يتم تجميع وتصفية المواد الصلبة الموجودة فى مصدر مياه البحر فى إتجاه مصدر التغذية على سطح الغشاء .تُزال هذه المواد الصلبة الناتجة من عملية الفلترة بشكل دورى بعمل غسيل عكسي للأغشية بمياه مفلترة أو مركزة . عادة ما يتم الغسيل العكسى بوقت مستقطع فبعد كل 15 إلى 60 دقيقة يتم عمل غسيل عكسى تقريباً من 30 إلى 60 ثانية . ويمكن أيضاً عمل غسيل عكسى عندما يصل فرق الضغط الداخلى للغشاء (TRANS MEMBRANE PRESSURE TMP)إلى قيمة قصوى محققة من بداية تشغيله يتجاوز بها الحد المسموح لمنظومة الأغشية فلا يمكنها من إجراء التدفق المطلوب وبالتالى تقل جودة المياه المفلترة . فلو زاد فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) عن بداية تشغيله عادة ما تقل سعة الإنتاج المعروفة بالتدفق (FLUX) . وتدهور جودة المياه المفلترة وإمكانية تعرض الأغشية لتلوث دائم يصعب التغلب عليه .

عملية الغسيل العكسى للأغشية تتكون من خطوات عديدة والتى عادة ما تتكون من دمج المياه المفلترة والهواء فى خطوات متتابعة عند المعدلات التصميمية لإزالة أقصى قدر من الجسيمات المتجمعة على الغشاء اثناء دورة المعالجة . يلعب الغسيل العكسى دوراً هام جداً فى التشغيل العادى بمنظومة الأغشية لأن الأغشية لديها حجم أصغر من قدرتها على تخزين المواد الصلبة بداخلها عن تلك التى فى الفلاتر المكونة من المواد الحبيبية . لا تستطيع قدرة الأغشية على إبقاء هذه المواد الصلبة الصغيرة بداخلها مما يجعلها سببا رئيسيا لزيادة عدد مرات الغسيل العكسى من 30 إلى 50 مرة أكثر تكراراً من الفلاتر العادية (بمعنى عادة ما يكون كل 30 دقيقة مقابل واحدة كل 24 ساعة).

يهدف الغسيل العكسى بالهواء والماء فى الأساس إلى إزالة الجسيمات خارج اغشية منظومة المعالجة الأولية ولا يستخدم فيه أى مواد كيميائية للتنظيف . ومع ذلك وبمرور الوقت سوف تتراكم أيضاً رواسب عضوية وبيولوجية . فهذا النوع من تلوث الأغشية يتم التحكم فيه بواسطة الغسيل العكسى المعزز كيميائياً (CEB) وعادة ما يكون مرة أو مرتين يومياً .

أثناء الغسيل العكسى المعزز كيميائياً (CEB), يتم التعزيز بإضافة الكلور بحرعة تتروح من 25 إلى 100 مللى جرام لكل لتر وفى بعض الأحيان يستخدم مواد كيميائية أخرى للتنظيف .

4.1.8 تنظيف الأغشية

الغسيل العكسى الدورى للأغشية والغسيل الكيميائى المعزز كيميائياً (CEB) لا يتخلص تماما من التلوث الحادث على سطح الغشاء ولذلك فإن فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) اللازم لأنتاج حجم مستهدف من مياه البحر المفلترة وذات جودة عالية على مدار الوقت بمجرد وصوله إلى مستوى معين (عادة ما يكون 1 بار فى الأنظمة القائمة على سحب المياه عبرالأغشية ومن 1 إلى 1.5 بار لأنظمة المعالجة الأولية القائمة على ضغط المياه للمرور عبر الأغشية) , فيجب أن تخرج منظومة الأغشية من التشغيل ويتم عمل تنظيف لها بمواد كيميائية بهدف تقليل فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) والعودة به إلى مستوى مقبول . عادة ما يلزم تنظيف الأغشية كل شهر إلى ثلاثة أشهر ويتم تنفيذه بإستخدام مزيج من محلول منخفض الأس الهيدروجينى مثل حامض السيترك متبوعاً بمحلول عالى الأس الهيدروجينى مثل هيدروكسيد الصوديوم وهيبوكلوريت الصوديوم. يتم إعادة تدوير المواد الكيميائية المستخدمة فى تنظيف الأغشية لمدة من 8 إلى 24 ساعة ثم يتم شطف الأغشية والعودة مرة أخرى إلى التشغيل الطبيعى . فى بعض الأحيان وإعتمادا على طبيعة التلوث يتم إستخدام مواد كيميائية أخرى لمعالجة أنواع معينة من المركبات
(بمعنى : الزيوت والشحوم , والزيادة من النمو البيولوجى , وهكذا).

5.1.8 اختبار سلامة الأغشية من العيوب:

تم تجهيز كل أنظمة المعالجة الأولية بالأغشية بميزة اختبار السلامة من العيوب الذى يسمح بالكشف عن القواطع العرضية أو ثقب الألياف , و الشقوق فى وحدات الأغشية , وخطوط التوصيل والوصلات , ومشاكل أخرى من الممكن أن تحدث أثناء إنتاج الغشاء , وتثبيته , وتشغيله . واختبار السلامة الأكثر شيوعا فى منظومة الأغشية هو اختبار سكون الضغط / والاختبار البصرى الذى يجرى والمنظومة خارج الخدمة.

أثناء اختبار سكون الضغط يتم تنظيف الغشاء من الماء ثم ندخل هواء بضغط من 0.3 إلى 1 بار. يتم رصد ضغط الهواء على مدار الوقت . عادة ما يكون , سلامة الغشاء مناسبة عندما يفقد الضغط أقل من 10 بالمئة من الضغط الإبتدائى المطبق على الغشاء فى خلال 5 دقائق. من الممكن أن تكون اختبارات رصد الضغط وشروطه متغيرة لإختلاف منتجات وتكوين الأغشية المتاحة تجاريا, وبالتالي يجب أن يتم تنسيق منظومة اختبار سلامة الغشاء وشروطه مع الشركة المصنعة للمعدات . إلى جانب اختبار سكون الضغط يوجد اختبارات سلامة أخرى للأغشية الخارجة عن الخدمة ممكن إستخدامها مثل : اختبار سكون السحب , اختبار الفقاعات , اختبار تدفق الهواء , وما إلى ذلك . (AWWA,2005) (الجمعية الأمريكية للأشغال المائية -2005). بالإضافة إلى أنه ممكن مراقبة سلامة الغشاء وهو فى الخدمة عن طريق عد الجسيمات المارة من خلاله , بأجهزة قياس العكارة من ناتج خروج الغشاء لكل وحدة مفردة على حِدة أو أجهزة الإستشعار الصوتى . ومن أكثر الطرق تداولاً لمراقبة السلامة هى وضع جهاز على خط المنتج لقياس العكارة بإستمرار لكل وحدة مفردة على حدة (الخطوط) والتى تضم منظومة الأغشية. وعادة ما يتم تحديد الفجوة فى المنظومة لكل (خط / وحدة) من خلال مقارنة عكارة المياه المنتجة لكل (خط / وحدة) بمتوسط العكارة للمياه المنتجة من الوحدات الأخرى .

6.1.8 أمثلة على منظومات متكاملة لمعالجة مياه البحر بالأغشية .

تطبيق المعالجة الأولية لمياه البحر بالأغشية يعد جديد نسبياً . ففى الوقت الحاضر يوجد أقل من إثنى عشر محطة تحلية مياه البحر واسعة النطاق حول العالم مستخدمة المعالجة الأولية بالأغشية (أنظر الجدول 4).

جدول 4- محطات التناضح العكسى لتحلية مياه البحر (SWRO) بإستخدام المعالجة الأولية بالأغشية

موقع وسعة محطة التحلية	نوع وتكوين منظومة المعالجة الأولية	معدل الحمل الهيدروليكى	ملاحظات
محطة - يوهوأن-الصين- لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 34500 م^3 فى اليوم	أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF)المغمورة	30 إلى 50 لتر لكل متر مربع لكل ساعة	مأخذ مفتوح
محطة فوكوكا-اليابأن لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 96000 م^3 فى اليوم	أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF) التى تعمل بالضغط	60 إلى 80 لتر لكل متر مربع لكل ساعة	مأخذ تحت سطح الأرض
محطة كنداسة- المملكة العربية السعودية لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 90000 م3 فى اليوم	الفلترة بالفلاتر المحتوية على نوعين من المواد الحبيبية متبوعة بأغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF) التى تعمل بالضغط	فلاتر محتوية على نوعين من المواد الحبيبية 15 إلى 20 متر مكعب لكل متر مربع لكل ساعة ومعدل تدفق (UF) 80 إلى 100 لتر لكل متر مربع لكل ساعة	مأخذ مفتوح فى ميناء صناعية بالقرب من الشاطىء
محطة جزيرة نخلة الجميرة- دبى- لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 64000 م^3 فى اليوم	أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF)التى تعمل بالضغط	60 إلى 80 لتر لكل متر مربع لكل ساعة	مأخذ مفتوح
محطة كولاكوغلو- مطحنة الصلب- تركيا لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 67000 م^3 فى اليوم	منظومة الفلاتر فائقة الترشيح (UF) التى تعمل بالضغط	50 إلى 60 لتر لكل متر مربع لكل ساعة	مأخذ مفتوح

ويقع أكبر نظام تشغيلى للمعالجة الأولية بالأغشية فى الوقت الحاضر فى محطة فوكوكا-اليابأن لتحلية مياه البحر بالتناضح العكسى (SWRO) بسعة 96000 م3 فى اليوم (أنظر شكل 24). هذه المنظومة تعمل بضغط أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF) كمعالجة أولية لمياه البحر.وأوضحت التجربة العملية فى محطة لتحلية مياه البحر فى البحرين (بوراشد & حسين 2004) بسعة 40000 م3 فى اليوم أن الأغشية المستخدمة فى المعالجة الأولية قد لا توفر الحل التنافسى لتحدى مصدر مياه البحر ذات المحتوى العضوى العالى وقوة التلوث البيولوجى.

شكل 24- منظومة أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF)
التى تعمل بالضغط فى محطة فوكوكا-اليابان لتحلية مياه البحر

2.8 المواد والمنتجات المستخدمة فى أغشية المعالجة الأولية لتحلية مياه البحر

1.2.8 المواد الخام للغشاء

عادة ما تكون الأغشية المستخدمة فى المعالجة الأولية لمياه البحر مصنوعة من بولى إيثير سلفون (PES), بولى بروبيلين (PP) , بولى فينيل ثنائى الفلوريد (PVDF) أو بولى سلفون (PS) . جميع منتجات الأغشية المصنوعة من هذه المواد مستقطبة أو محبة للماء . أكثر هذه المواد إستقطابا للماء البولى إيثير سلفون (PES) .

تمتلك المواد المستقطبة للماء على ميزتين رئيسيتين –

(1) تجعل الغشاء أكثر نفاذية لحجوم المسام المعطاه وذلك لامتصاصها الماء بسهولة ويسر,

(2) تتمتع بمقاومة عالية لإرتباط المواد العضوية على سطحها (بمعنى تلوثها البيولوجى).

2.2.8 التكوين الهندسي للغشاء

تتكون أكثر الأغشية شيوعا (المستخدمة فى المعالجة الأولية لمياه البحر) من الألياف المجوفة, و الأنبوبية وذات القطاعات الحلزونية الشكل . وعادة ما تتكون أغشية الألياف المجوفة من عدة مئات إلى عدة الآف من الألياف الغشائية المحاط نهاية كل طرف منها بالإيبوكسى أوالبولى يوريثان - مادة طلاء- وفى حالة الوحدات المفردة عادة ما يكون القطر الداخلى لألياف الغشاء من 0.4 إلى 1.5 ملليمتر .

إعتمادا على مصنعى الأغشية , يمكن تشغيل أغشية الألياف المجوفة (الشعيرية) على إحدى النموذجين إما تدفق الماء من الداخل إلى الخارج أو من الخارج إلى الداخل. وتعد طريقة التشغيل من الداخل إلى الخارج أفضل فى التحكم فى كمية المياه المتدفقة المارة خلال الألياف الشعيرية وأكثر تناسقا فى توزيع كمية المياه المتدفقة من النموذج الذى تمر فيه كمية المياه المتدفقة من الخارج إلى الداخل . ومع ذلك فأن النموذج الذى تمر فيه كمية المياه المتدفقة من الخارج إلى الداخل عادة ما يؤدى إلى تخفيف الضغط على الوحدة ويعد التشغيل فى ظل وجود هذا النموذج أقل حساسية لكميات المواد الصلبة الموجودة فى مصدر مياه البحر.

الأغشية الأنبوبية تضمن اقطار أنابيب داخلية والتى تعد اكبر من حيث الحجم من أغشية الألياف المجوفة (بمعنى من 1 إلى 2.5 سنتيمتر).

توضع أنابيب الغشاء المفردة بداخل أنابيب بلاستيكية مقواة بالألياف الزجاجية (الفيبرجلاس) أو أنابيب الفولاذ الغير قابل للصدأ (Stainless steel) ويتم إغلاق طرفي الأنبوبة بجوان أو شداد للتثبيت . وعادة ما تكون كمية المياه المتدفقة

من نمط التدفق من الداخل إلى الخارج فى هذه الأغشية . بمعنى أن مصدر مياه البحر يدخل من تجويف الأنبوبة تحت ضغط وتخرج كمية المياه المنتجة عبر الجدار الخارجى للأنبوب الى الطبقة الخارجية للوحدة.

3.2.8 المميزات الرئيسية لأغشية الألياف المجوفة كالأتى :

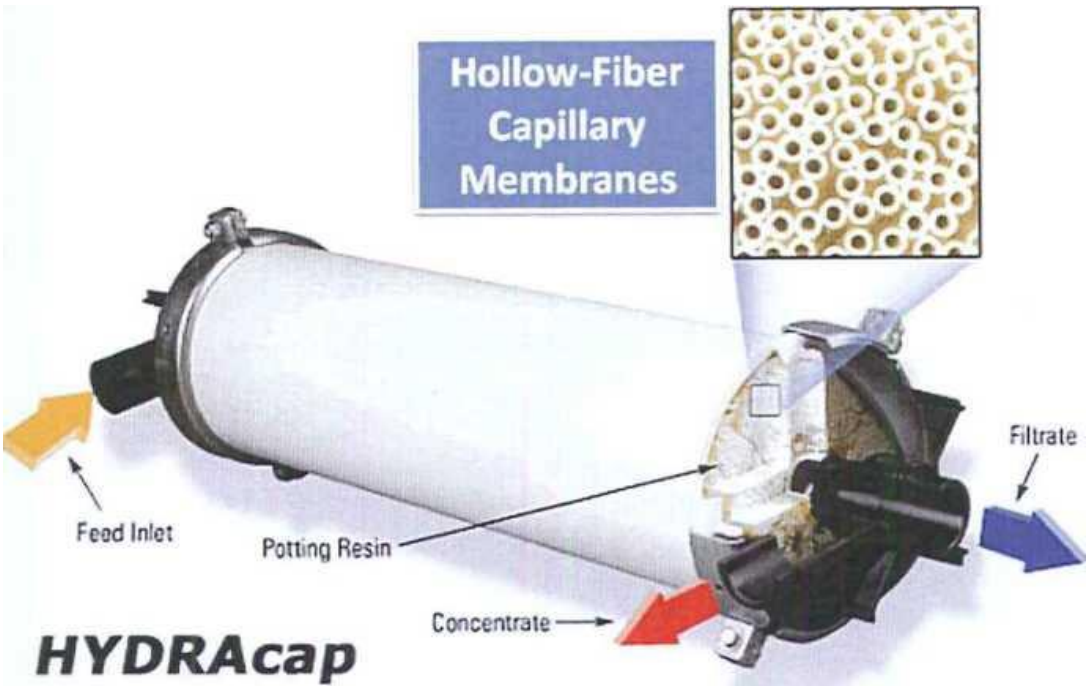
(1) مساحة سطح كبيرة بالنسبة للحجم (كثافة التعبئة) مما يتيح تقليل إجمالى المساحة لنظام الفلترة.
(2) من السهل عمل غسيل عكسى للألياف.
(3) يسمح باتمام عملية الفلترة عند ضغط قليل – وعادة ما يكون فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) 0.2 إلى 1 بار .
(4) أنخفاض فرق الضغط عبر وحدات الأغشية (0.1 إلى 1 بار).

4.2.8 المميزات الرئيسية للأغشية الأنبوبية كالآتى :

(1) تسمح الأقطار ذات القنوات الكبيرة بمعالجة المياه ذات المحتوى العالي من المواد الصلبة مقارنة بأغشية الألياف المجوفة التي تعمل بنمط التدفق من الداخل إلى الخارج (ولا تكون هذه الميزة ملحوظة إذا كأن نمط التدفق فى أغشية الألياف المجوفة من الخارج إلى الداخل مقارنة بالأغشية الأنبوبية ذات نمط التدفق من الداخل إلى الخارج).
(2) يمكن تشغيل هذه الأغشية بسرعة تدفق أعلى مرتين تقريبا فى اتجاه التدفق , والذى يكون مفيد للتحكم فى التلوث البيولوجى.

أغشية شركة هيدروناتك التى تعمل بالضغط بتقنية الهيدرا كاب (Hydranautics HYDRAcap)

توجد أغشية المعالجة الأولية بإستخدام وحدات (UF) عند ضغط منخفض فى العديد من التطبيقات لمحطات تحلية مياه البحر (أنظر شكل 4).



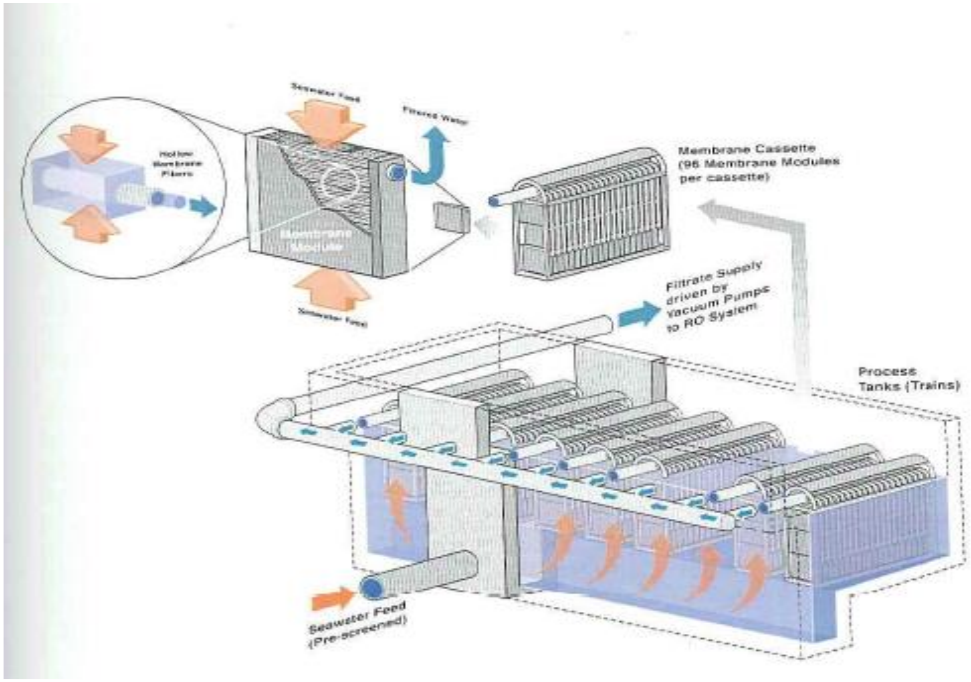
ويوضح الشكل (25) صورة غشاء بتقنية الهيدراكاب (HYDRAcap).

المعايير الرئيسية لكفاءة الغشاء كالتالى:

نوع الغشاء	الفلاتر فائقة الترشيح (UF) ,القائمة على ضغط المياه للمرور عبر الأغشية بنمط التدفق من الداخل إلى الخارج
طرازين	HYDRAcap 40/40-LD و HYDRAcap 60/60-LD
ضغط التشغيل المثالى	من 0.2 إلى 0.5
فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) المؤدى إلى عملية الغسيل العكسى	عادة ما بين 1.1 إلى 1.4 بار
طول دورة الفلترة	من 15 إلى 60 دقيقة
المدة الزمنية للغسيل العكسى	من 30 إلى 60 ثانية
المادة الخام للغشاء	بولى إيثير سلفون المحب للماء (PES)
حجم المسام	150000 دالتون (وحدة لقياس أصغر حجم جزئى يستطيع الغشاء حجزه)
قطر الوحدة	255 ملليمتر
طول الوحدة	من 1000 إلى 1500 ملليمتر
مساحة الترشيح لوحدة الغشاء	30 متر مربع (طول الوحدة 1000 ملليمتر) و46 متر مربع (طول الوحدة 1500 ملليمتر)
تصميم التدفق (FLUX)	من 60 إلى 100 لتر لكل متر مربع لكل ساعة
عدد الوحدات المطلوبة لأنتاج 1000 متر مكعب ماء مفلتر فى اليوم	من 10 إلى 16 (HYDRAcap 60) وحدة من وحدات الهيدراكاب 60 طول الوحدة 1500 ملليمتر

أنظمة الفلاتر فائقة الترشيح (UF) بتقنية زى ويد (ZEEWEED) والتى تعمل بدفع السحب من شركة جنرال إلكتريك زينون

أنظمة الفلاتر فائقة الترشيح (UF) التابعة لشركة جنرال إلكتريك زينون (ZEEWEED) القائمة على شفط المياه عبر الأغشية عبارة عن أغشية من الألياف المجوفة تعمل بنظام تشغيل الوحدة القائم على نمط الفلترة من الخارج إلى الداخل تحت ظروف ضغط سحب منخفض. يتم دمج ألياف (UF) فى صورة حزم والتى يتم تثبيتها فى الوحدات بأحجام موحدة (أنظر الشكل 26) .



الشكل 26- أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF) بتقنية زى ويد (ZEEWEED)

يتم تثبيت ما يصل إلى 96 وحدة غشاء فى حامل الأغشية , تكون هذه الحوامل مغمورة فى خزانات التغذية مع مصدر ماء البحر. وعادة ما يتم تثبيت منظومة التنظيف بالهواء فى الخزانات لتفكيك وتحرير المواد الصلبة المحجوزة على حزم الألياف المجوفة أثناء دورة الغسيل العكسى أو أثناء ماتكون المنظومة فى التشغيل.وبالرغم من وجود نوعين أغشية من منتجات شركة زيون جنرال إلكتريك (زى ويد 500 و زى ويد 1000) (ZEEWEED 500,ZEEWEED1000), إلا أن أغشية زى ويد 1000 (ZEEWEED 1000) هى الأغشية الأكثر إستخداما وأنتشاراً فى تحلية مياه البحر.

المعايير الرئيسية لكفاءة هذه الأغشية كما هوا مبين أدناه:

نوع الغشاء	فلاتر فائقة الترشيح (UF), تعمل بحركة السحب , نمط الفلترة من الخارج إلى الداخل
الطراز	زى ويد 1000 (ZeeWeed 1000)
ضغط السحب للتشغيل المثالى	من (- 0.2) إلى (- 0.5)
فرق الضغط الداخلى للغشاء (TMP) المؤدى إلى عملية الغسيل العكسى	عادة ما بين 1.1 إلى 1.4 بار
طول دورة الفلترة	من 20 إلى 30 دقيقة
المدة الزمنية للغسيل العكسى	من 40 إلى 60 ثانية
المادة الخام للغشاء	ثنائي فلوريد متعدد الفينيليدين **(PVDF)** Polyvinylidene Difluorid
حجم المسام	0.02 ميكرو متر
أبعاد وحدة زى ويد 1000 (ZeeWeed 1000)	
العرض	0.1 متر
الطول	0.7 متر
الإرتفاع	0.68 متر
مساحة الترشيح لوحدة الغشاء	55.7 متر مربع
تصميم التدفق (FLUX)	من 30 إلى 45 لتر لكل متر مربع لكل ساعة
عدد الوحدات المطلوبة لأنتاج 1000 متر مكعب ماء مفلتر فى اليوم	من 18 إلى 30 وحدة

منتجات أخرى من الأغشية المستخدمة للمعالجة الأولية لمياه البحر

ومن الأغشية الأخرى المتاحة تجاريا المستخدمة تجريبيا وتكاملياً لتحلية مياه البحر تضم : نوريت أكس- فل (Norit X-Flow Seaguard) أغشية الفلاتر فائقة الترشيح (UF) التى تعمل بدفع الضغط , سيمنز ميمكور (Memcor) القائمة على ضغط المياه للمرور فى الأغشية الميكرونية (CMF-S), وغشاء أريا التابع لشركة بـال (Aria) القائم على ضغط المياه للمرور فى الأغشية الميكرونية (MF).

3.8 الإعتبارات و الحدود الواجبة عند استخدام معالجة المياه باستخدام الأغشية :-

قديما كان يعتمد علي الفلترة الميكرونية (Micro Filtration) في معالجة مياه البحر من الطفلة و الغرويات و العوالق الحية مثل البكتريا و الطحالب و غيرها أما الأن فأصبحت الفلترة الفائقة باستخدام الأغشية Ultra filtration أكثر تطبيقا و أنتشارا حيث أن الفلتره الفائقة Ultra filtration باستخدام الأغشية يمكنها أنتاج مياه معالجة قبل وحدة المياه (SWRO) تساعد في عدم حدوث اتساخ لأغشية وحدة التحلية أو تقليلها إلي أقل ما يمكن حيث أنها تفوق وحدة الفلترة الميكرونية ذات القدرة علي إزالة العوالق أقل من (0.1 µm) و في جميع الظروف تكون الفلتره باستخدام الأغشية أفضل من الفلترة الميكرونية لكون الأخيرة يحدث لها تراكم الطفلة و العوالق داخل مسام الفلاتر فيحدث لها انسداد كامل لا يمكن معالجته .

أما في حالة الفلترة الفائقة (Ultra filtration) بالرغم من صغر مسام الغشاء إلا أنه لا يحدث أنسداد حيث أنه تم تصنيعه بحيث يمكن إزالة أي إتساخ يحدث بسهولة بعمل غسيل عكسي للوحدة .

عند وضع تصميمات لوحدة الفلترة الفائقة (Ultra Filtration) تم بناء و تصميم الوحدة علي عاملين أساسيين و هما :-

1- معدل الفيض Flux

و هو مقدار ما ينتجه وحدة المساحات من سطح الغشاء في وحدة الزمن من كمية المياه المفلترة و يقاس بوحدة $L/M^2/h$ لتر / متر^2/ساعة أو GPD جالون / قدم^2 / يوم

و يمكن ضبط معدل الفيض و ذلك باختيار عدد أغشية يحتوي علي مساحة سطح مناسبة لمعدل الفيض المسموح به

و دائما ما يتم زيادة عدد الأغشية (تقليل ال Flux) عندما تكون الماء أكثر عكارة أو العكس

2- **وحدة الإستخلاص (Recovery)**

و يقصد بها نسبة المياه المفلترة إلي المياه الخام الداخلة إلي الوحدة و تلك العوامل تحدد حجم الوحدة الستخدمة

و هناك ثلاث عوامل أخري لابد من أخذها في الإعتبار و هي :-

1- عكارة مياه المصدر :-

كلما زادت عكارة المصدر كلما وجب علي واضعي تصميم تلك الوحدات تقليل معدل فيض الغشاء حيث أن معدل الاتساخ يتناسب طردي مع زيادة العكارة و عكسي مع مساحة سطح الأغشية المستخدمة

و كذلك معدل العكارة يتحكم في معدل نسبة الإستخلاص التي يبني عليها تصميم نظام الفلترة الفائقة حيث كلما زادت كمية العكارة وجب تقليل نسبة الإستخلاص حيث تزداد كمية المياه المطرودة من الوحدة فتعمل علي زيادة معدل كنس و نظافة سطح الغشاء (Fouling Sweeping)

و في حالة ما إذا كان سبب العكارة يرجع إلي عوالق و طفلة حيث تسجل أعلي من 20NTU يفضل تقليلها إلي ما دون ال 20NTU حيث تصبح الوحدة أكثر تكلفة من الناحية الإقتصادية

و يمكن استخدام وحدات المعالجة الأولية مثل الترسيب – و الفلترة و كذلك المعالجة باستخدام التعويم بواسطة الهواء المذاب (DAF) حتي يتم خفض العكارة إلي الحدود المسموح بها لوحدة الفلترة الفائقة مع الأخذ في الإعتبار تغيير نسبة العكارة علي مدار العام يتم وضع التصميم للحد الأعلي لنسبة العكارة

2- <u>المحتوي العضوي لمياه المصدر :-</u>

لزيادة المحتوي العضوي لمياه التغذية نفس الأثر السلبي علي وحدة الفلترة الفائقة و قد يرجع المحتوي العضوي لمياه المصدر لوجود الطحالب و البكتريا أو حتي إفرازاتها ن المواد العضوية

و قد يرجع المحتوي العضوي لمياه المصدر إلي (NOM (Natural Organic Matters و عندما تصبح الوحدة أقل كفاءة في إزالتها وجب التخلص منها و تحسين أداء الوحدة باستخدام مواد البلمرة المختلفة و يمكن قياسها و تعيينها عن طريق (TOC) محتوي الكربون العضوي للماء فإذا زاد عن 2mg/L وجب تقليل نسبة الإستخلاص – و كذلك تقليل معدل فيض الغشاء

3- درجة الحرارة :

تزداد درجة لزوجة ماء البحر كلما أنخفضت درجة الحرارة . اللزوجة تؤثر علي قابلية الأغشية لإنتاج ماء مفلتر حيث يحتاج الأمر إلي زيادة الضغط ليتغلب علي المقاومة المرتبطة بتصرف الماء Flow خلال مساحة سطح الغشاء عند التشغيل بمعدل فيض Flux ثابت (مثال : انتاج نفس تدفق الماء المرشح)

عادة متوسط تصميم ال Flux يتم اختياره و تأسيسه بناء علي متوسط حرارة الماء خلال العام و التدفق وكذلك العكارة و تضبط بناء علي أدني درجة حرارة خلال الشهر باستخدام معامل التصحيح في الجدول التالي:

جدول 5- معامل تصحيح درجة الحرارة :-

درجة الحرارة ^{0}م	تصحيح التدفق (% الزيادة / الأنخفاض)
5	55
10	30
15	15
20	0
25	10-

علي سبيل المثال : إذا كان معدل الفيض Flux لمتوسط الظروف السنوية للأغشية هو 80ل/م^2/س و أيضا متوسط درجة الحرارة خلال السنة هي 20 ^{5}م و لكن أدني درجة حرارة خلال الشهر هي 15 م و علي ذلك لابد أن يتم تخفيض ال Flux بما يعادل 15% ليصبح 68 ل/ م^2 / س و ذلك لضمن بقاء نظام المعالجة الأولية للأغشية قادر علي أنتاج ماء بتدفق ثابت خلال العام عند Recovery و طاقة ثابتة . معامل التصحيح الموضح في الجدول السابق بحكم التجربة يعتمد علي خبرات عملية واقعية و ربما يختلف من نوعية غشاء لنوع آخر من الأغشية . معظم مصنعي الأغشية يوصون باستخدام معاملات تعويض لمنتجاتهم و لزم استشارتهم عند استخدام معامل خاص بموقع المشروع لأصحاب المشاريع التي تستخدم

فيها أغشيتهم و من الحكمة لمصمم المشروع لمعرفة تأثير الحرارة و اللزوجة علي نظام المعالجة قبل الأغشية هو عمل تصميم مصغر (Pilot system) لإختيار النظام و ذلك خلال الشهر الذي تكون فيه الحرارة أدني درجاتها خلال العام

- **مثال علي تصميم نظام معالجة الترشيح الفائق (UF) بالتفريغ المدفوع عبر الغشاء أو ما يسمي ب -Vacume Driven**

هذا مثال تصميمي يوضح تحديد الشكل العام لنظام معالجة أولية بأغشية الترشيح الفائق (UF) بنظام الضغط و التفريغ المدفوع لمحطة تحلية مياه البحر بطاقة 100,000 م^3/ يوم بمعامل كفاءة Recovery تعادل 50% للأغشية بنظام التناضح العكسي RO مع 10% تدفق لل Reject لوحدات UF و التي نسبة الاستخلاص Recovery لها 90% (يعني محطة RO Recovery 50% المعالجة الأولية لها ب UF 90% Recovery و تنتج المحطة ماء معالج قدره 100,000 م^3 / يوم)

علي ذلك فالمعالجة الأولية يلزم تصميمها لتعالج إجمالي ماء خام 220,0000 م^3 / يوم (100,000 م^3 / يوم X 110% = 220,000 م^3 / يوم) و باقي التصميم يمكن متابعته في الجدول التالي :

بيانات الماء الخام	
التدفق	220,000 م^3/ يوم
درجة الحرارة (المتوسط السنوي / متوسط أدني قيمة شهرية)	20 ^{0}م / 15 ^{0}م
العكارة (متوسط العكارة سنويا / أقصي قيمة يوميا)	1.5 NTU / 12 NTU
إجمالي الكربون العضوي TOC (متوسط العكارة سنويا / أقصي قيمة يوميا)	0.5 mg/L / 1.5 mg/L
المستهدف من نوعية المعالجة الأولية لماء البحر :	
العكارة (متوسط / أقصي قيمة)	0.05 NTU / 0.3 NTU
معامل الطمي SDI	تكون أقل من 3 (95% لمعظم الوقت) تكون أقل من 5 (كل الوقت)
الكربون العضوي	أقل من 2 mg/L طول الوقت
4- نظام المعالجة بال UF بالتفريغ المدفوع – الحسابات و التصميم	
نوع الأغشية	ZEE WEED 1000
متوسط ال Flux عند متوسط حرارة سنوية	بناء نموذج مصغر Plitt test 40L/m^2/H
معامل تصحيح درجة الحرارة لمتوسط أدني درجة حرارة خلال الشهر و هي 15 ^{0}م	1.5
تصميم ال Flux عند أقل متوسط درجة الحرارة لكل شهر 15 ^{0}م = 40L/m^3/h/1.5	34.8L/m3/h
إجمال مساحى الأغشية المطلوبة =	(220,000 m^{3}d x 1000)/34.8 x 24h =263,410 m^3
عدد وحدات الأغشية (الوحدة تنتج 55.7 m^3)	263410/55.7=4729 Module
عدد شرائط الأغشية (الشريط Cassettes = 96 وحدة)	472916=49 Cassettes

كل تانك (خزان) يصمم ليكون معه شريط أغشية إضافي Cassettesعلي سبيل المثال : بنية الخزان و أبعاده يتم تصميمها لعدد 6 شرائط Cassettes (5+1) و بذلك تكون الشكل النهائي لتصميم UF يحتوي علي 10 خزانات أحجامها تسع ل 6 شرائط أغشية Cassettes للخزان الواحد : خمسة منها تركب في الخزان مع التوصيل بالشريط السادس بوصلات أخري مع وجود خزان للغسيل العكسي Back Wash و خزان آخر للغسيل الكيميائي

و بذلك يكون التدفق Flux النهائي للمحطة

220,000m^3/ day x 1000 L / (8 Tanks x 5 Cassettes x 96 modules x 55.7 m^3 / module x 24 h)
= 42.9 L/m^2/h

و بذلك يكون التصميم بناء علي ما تمت التوصية به في المعدل من 30-45 L/m^2/h

4.8 المقارنة بين نظام المعالجة الأولية بالضغط و التفريغ المدفوع عبر الغشاء :-

كما أشير بالسابق : أنظمة الأغشية يمكن تقسيمها لنوعين رئيسيين بناء علي ما يتم تطبيقه علي الغشاء (نظام يعمل بالضغط و نظام يعمل بالتفريغ)

النوع الأول :-

الذي يطبق يعمل بالضغط يستخدم فيه أغشية تركب داخل أوعية تتحمل ضغوط و تكون عملية الفصل الغشائي في هذا النظام تتم بواسطة ضغط من 0.2 حتي 2.5 بار من الضغط

النوع الثاني :-

و هو الذي يعمل بالتفريغ أو السحب فهو يتم بوضع الأغشية في شكل وحدات أو شرائط Cassettes تغمر داخل خزانات و يتم تشغيلها تحت ضغط سلبي أي بالتفريغ Vacume من 0.2 إلي 2.5 بار

و البيانات التالي ذكرها يلزم أخذها في الإعتبار عندما يتم اختبار أي من أنظمة الأغشية التي تم ذكرها سواء كان أغشية ضغط أو تفريغ Vacume في المعالجة الأولية

1.4.8 تغير و إختلاف نوعية مصادر ماء البحر:

الأغشية التي تعمل بنظام التفريغ Vacume غالبا تكون أكثر ملائمة لمعالجة مصادر المياه ذات النوعية المتغيره من حيث العكارة حيث أنها تستطيع معالجة العكارة من 20 NTU فما فوق

في حين أن الأغشية التي تعمل بنظام الضغط لها حدود قصوي لحجز العوالق و الأملاح بسبب حقيقة أن أغشية الضغط تقع داخل وعاء ضيق (Pressure Vessel) و الذي يحتفظ بحجم ثابت صغير و علي ذلك إذا تعرض الغشاء داخل الوعاء لماء ذي عكارة و أملاح مرتفعة سوف يمتلأ الفراغ بين الغشاء و الوعاء بسرعة و سيؤدي ذلك في المقابل إلي تكرار أعمال الغسيل العكسي و الذي يؤدي في النهاية لعدم استقرار كفاءة الأغشية ولعلاج هذا الخلل في نظام أغشية الضغط قام بعض مصنعي الأغشية بتصنيع أغشية ووحدات ذات إمكانية تتوافق وتتكيف مع نوعيات الماء المتغير ف الكثافة و عادة هذه الأغشية المتوافقة مع تغيرات نوعية المياه لديها ألياف و فراغات بينية أقل داخل الغشاء و بذلك يكون بداخلها حجم كاف لتزود بحجم كاف و بالتالي تحافظ علي أكبر قدر من العكارة و مع ذلك هذا التعديل غالبا يغطي مصاريف التركيب لأغشية جديدة..

عادة خزانات أغشية التفريغ المدفوع Vacume تركب بحيث تعطي أقل وقت للثبات من 10-15 دقيقة و أيضا لابد أن تكون بحجم كبير و كاف للتعامل و علاج إرتفاع العكارة في مصدر الماء و كذلك ليكون مستودعا مؤقتا للعوالق

و هذا سيجعل نظام المعالجة بالأغشية بنظام التفريغ أكثر مواءمة للعمل في بيئة المياه ذات العكارة المرتفعة .

نظام التهوية في تطبيقات الأغشية التي تعمل بالتفريغ يستخدم في عملية الغسيل العكسي و كذلك لتحسين المقاومة في درجات العكارة المرتفعة بالإضافة إلي أن التهوية تعمل علي تقليل معدل التلوث Fouling للأغشية فتعطي في النهاية نظاما تشغيليا مستقرا حتى مع تغير درجات العكارة .

و بخصوص أغشية المعالجة الأولية بالضغط المدفوع مع ذلك عادة تكون مناسبة لماء البحر البارد (علي سبيل المثال مياه البحر التي تصل متوسط حرارتها الشهرية إلي 15 ^{0}م أو أقل) بينما تكون أغشية التفريغ المدفوع حساسة لدرجات الحرارة و بالتالي اللزوجة .

2.4.8 بصمة النظام :-

عادة ما تكون أنظمة المعالجة الأولية بالأغشية التي تعمل بالتفريغ المدفوع تكون أكثر كفاءة من أنظمة المعالجة بالضغط لأنها تسمح بتركيب المزيد من مساحة سطح الأغشية لكل لكل وحدة مساحة للمنشأة .. تقليل المساحة يتحقق من خلال حقيقة أن أغشية المعالجة بالتفريغ لا تحتاج لتثبيت في أوعية منفردة بالإضافة أن أغشية المعالجة بالتفريغ عادة لها أنبوب واحد لتجميع الماء المنتج .

و تكون خطوط توزيع الماء المغذي و التجميع و الماء المرفوض Reject الخاص بماء الغسيل العكسي كلها تكتمل في خزان و الذي يجعل من تصميم النظام أكثر سهولة .

و أيضا يقلل من المحابس و الوصلات و الخدمات الإضافية و أيضا فائدة إضافية لنظام المعالجة بالتفريغ و هو أن هذا النظام يمكن تصميمه في شكل وحدات ذات احجام كبيرة قياسا لنظام المعالجة بالضغط

عادة تكون المجموعة الواحدة لنظام المعالجة بالضغط لديها أقصي قيمة أنتاجية لا تتعدي 4000 م^3/يوم أو أقل بينما الوحدة الواحدة لنظام التفريغ قد تصل أنتاجيتها إلي حوالي 20,000 م^3/يوم

من ضمن النتائج الجيدة التي ترتب عليها استخدام أنظمة المعالجة بالتفريغ هو أنتاج كميات كيبرة من الماء في المحطات التي تعمل بتلك الأنظمة و عادة تشغل محطات أنظمة المعالجة بالتفريغ تشغل من 10-20% مساحات أقل من تلك التي تعمل بنظام الضغط علي أن تكون نفس مكونات التشغيل . أيضا من مميزات نظام المعالجة بالتفريغ هو تكوينها و محتوياتها يمكن أن تحل محل الأنظمة القديمة بالمحطات عند الرغبة بالتحديث و إحلالها محل النظام القديم علي سبيل المثال يمكن أن تركب داخل الفلاتر الرملية التي تعمل بالمنسوب .

و أيضا يمكن تركيبها داخل خزان الغسيل , مياه الغسيل العكسي أو داخل خزان تلامس الكلور الخاص بتعقيم المياه .

و عادة تكون الفلاتر الرملية التي يمكن وضع نظام التفريغ بها بعد عمل بعض التعديلات البسيطة في التركيب يمكنها أنتاج من 1.5-2 ضعف أنتاجية الفلاتر الرملية العادية

3.4.8 المؤشر الإقتصادي :-

يعتبر كل من نظام المعالجة بالضغط و التفريغ في حالة من التباين و الإختلافات في التكلفة الإقتصادية و ذلك اعتمادا علي السعة الإنتاجية للمحطات و غالبا تكون التكلفة متقاربة لمشاريع تصل أنتاجيتها حتي 1000م^3/يوم لكن يبدأ الفارق يظهر حيث تكون التكلفة أقل لنظام التفريغ عندما تصل الإنتاجية إلي 2000م^3/يوم فما فوق

و يعتبر السبب الرئيس في أن التكلفة الإقتصادية تكون محدودة للمشاريع و المحطات الكبيرة هو أن جميع محتويات هذا النظام من أغشية ووحدات و أوعية حاليا متوفرة بكميات في السوق ما يساهم في تقليل السعر

4.4.8 تكلفة المعدات و الإنشاءات و احتياج الطاقة :-

بالإعتماد علي حجم النظام و نوعية مأخذ الماء من البحر و ظروف الموقع المراد المعالجة فيه هي التي تحدد ما إن كان التشغيل سيتم بنظام الضغط أو التفريغ .

و قد تأكد لنا أن نظام الأغشية بالضغط عادة تكون أقل تكلفة في حالة المحطات الصغيرة حيث أنه يمكن تصنيعها كوحدات متكاملة و تجميعها داخل المصنع و شحنها متكاملة للموقع و تركيبها هناك دون الإحتياج لأي ترتيبات مسبقة أو أي انشاءات في حين أن نظام المعالجة بالتفريغ تكون تكلفة المعدات و الإنشاءات أقل في حالة المشاريع الكبيرة ذات التحديات في نوعية المياه و بخاصة في المحطات التي تحتاج إلي تعديل أو تغيير نظام و يستثني في هذه القاعدة عندما تكون درجة حرارة الماء منخفضة و ذلك في حالة ثبات نوعية الماء

نظام المعالجة بالتفريغ لكل من (MF أو UF) تعمل عادة بضغط منخفض و يكون استهلاك الطاقة لهذا النظام منخفض حيث أن نظام التفريغ يستهلك من 10-30% استهلاك أقل للطاقة من نظام الضغط في حالة أن درجة حرارة الماء من 18 إلي 35 ^{0}م و عكارة متوسطة إلي مرتفعة.

نظام المعالجة بالأغشية بالتفريغ المدفوع خطوة نحو الإنتشار كسلعة في الوقت الراهن:

كل من نظامي المعالجة الأولي بالضغط و التفريغ يختلفان بكل من نوع الأغشية الفردي فى الشكل العام لوحدات الأغشية نوعية و طريقة الغسيل العكسي للأغشية , و أخيرا سلامة اختبار نوعية الأغشية و مع ذلك نظام التفريغ المدفوع هو أسهل بكل المقاييس لبساطة فكرته و تكوينه .

- إن من أسباب قلة توحيد أنظمة تصنيع الأغشية و مواصفاتها أدي إلي إعتماد أصحاب المحطات التي تستخدم تلك الأغشية علي مصنعي تلك الأغشية في استمرارية توريدهم لتلك الأغشية و لتحسين تواجد تقنياتهم ليظلوا محافظين علي تنافسهم في السوق و ليتماشي مع كفاءة المنتجات الأخري لمنتجيها في المستقبل و نتيجة لذلك أصحاب محطات المياه أخذوا علي عاتقهم مخاطر تكنولوجيا الأغشية التي يستخدمونها أثناء إنشاء المحطة لتكون مهملة و بائدة و منتهية الصلاحية في المستقبل القريب بسبب التسارع في التطوير الفعال و المستمر في تكنولوجيا الأغشية الجديدة و منتجاتها

- الخطورة المتأصلة و المرتبطة في عدم التوافق لتكنولوجيا الأغشية و الموجودة حاليا يمكن تقليلها و تخفيف حدتها بعمل تصميمات لأنظة المعالجة بالأغشية تستوعب أي استبدال أو تبديل لهذا النظام بنظام آخر علي الأقل ليحل محله و من هذا المنطلق فأن نظام المعالجة بالتفريغ توفر و تعطي فرصة جيدة للتعامل مع أي تغيرات و استبدالات مستقبلية

حاليا أنظمة المعالجة بالتفريغ الموجوده بالأسواق لديها الكثير من التشابهات أكثر من الإختلافات بالمقارنة مع أنظمة المعالجة بالتفريغ الموجود تستخدم نفس حجم و عمق الخزانات و التي تحوي شرائط ووحدات الأغشية و لديها نفس أنظمة الغسيل الكيميائي و الغسيل العكسي و أيضا يمكن تصميمها ليكون استخدامها حول تكنولوجيا معينة من الأغشية و لكن نظرا لتشابهها يمكن للخزانات و المرافق المساعدة الملحقة يمكن تطويعها لتكون مؤهلة لإستيعاب أي استبدالات لأي نوع من الأغشية الداخلية يمكن الاستبدال بها فيما بعد من أي مصنع آخر إذا لزم الأمر في المستقبل

و في المقابل النظام الذي يعمل بالضغط به الكثير من الصعوبات لإستيعاب أي تغيرات مستقبلية نظرا لإختلاف الأحجام و الأقطار و الأوعية و كذلك أنظمة الغسيل العكسي لها .

الفصل التاسع

9- مقارنة بين الوسط الحبيبي والأغشية في المعالجة الأولية

تكنولوجيا الترشيح الغشائي لها عدد من المميزات مقارنة بأنظمة الترشيح بالوسائط الحبيبية التقليدية . و تكنولوجيا الترشيح بالوسط الحبيبي مفهومة جيداً لدي الكثيرين وتستخدم علي نطاق واسع وأيضا لها سجل حافل مثبت ، حيث لها عدد من المميزات التي قد تجعلها منافسة من حيث التكلفة في ظل ظروف محددة . ولذلك فإن اختيار تكنولوجيا الترشيح للمعالجة الأولية لمياه البحر يجب أن يستند إلي تحليل شامل للفوائد والتكاليف المادية خلال فترة تشغيلها ..

جنباً إلي جنب يلزم عمل اختبار تجريبي (pilot test) بالموقع لكل من النظامين وهذا ضروري جداً لتكوين خلفية عن معلومات الأداء لكل تكنولوجيا للتقييم والاختبار ايهما افضل وانسب للموقع الذي سيتم المعالجة به .

النقاط التالية يجب أن تأخذ في الاعتبار عند التفضيل بين الترشيح بالوسط الحبيبي والأغشية كنظام ترشيح للمعالجة الأولية لتطبيق محدد:-

1.9 تأثير جودة مياه المصدر على اختيار نوع المعالجة الأولية

الترشيح الميكروني والفائق لديهما سلسلة واسعة من القدرة علي إزالة الجسيمات مقارنة بوسائل الترشيح التقليدية . لأن عملية فصل الجسيمات قائمة علي الترشيح من خلال أغشية لها ثقوب ذات أحجام محددة وموحدة إلي حد ما . ولذلك فأن كفاءة إزالة الجسيمات أعلي وأكثر ثباتا من أوساط الترشيح الحبيبية ذات الثقوب الأكثر عشوائية . المرشح ذو الوسط الواحد أو متعدد الوسائط عادة ما تكون كفاءة الإزالة له منخفضة من ناحية المواد العضوية في مياه البحر الخام والتي توجد في صورة مواد عالقة أو نواة أولية لنواتج التعقيم الثانوية ، أو جسيمات دقيقة ، أو طمي ومواد ممرضة .

تكنولوجيا الترشيح الغشائي أقل عرضة للاضطرابات الناتجة عن التغييرات الموسمية لمياه المصدر من حيث ; العكارة ، اللون ، التلوث بالمواد الممرضة ، حجم ونوع جسيمات المواد العالقة بالمياه وذلك لأن آلية المعالجة الأساسية لهم هي آلية إزالة الجسيمات ميكانيكيا من خلال أغشية ذات ثقوب دقيقة . وبناءاً علي ذلك فأن المعالجة الأولية للجسيمات العالقة بمياه المصدر بإضافة المخثرات والملبدات الكيميائية ذات أهمية أقل لثبات وكفاءة أداء تلك الأغشية . وعلي العكس فأن كفاءة أداء المعالجة الأولية بواسطة وسائط الترشيح الحبيبية تعتمد بشكل كبير علي مدي كفاءة المخثرات والملبدات الكيميائية المضافة لمياه المصدر قبل عملية الترشيح .

ولهذا فأن التطبيقات التي فيها جودة مياه المأخذ مصاحبة بتغييرات موسمية مهمة ووجود تحديات في شكل مستوي عالي من المواد الممرضة إلي جانب تركيز مرتفع من الجسيمات الدقيقة والمواد العضوية ، فمن المرجح أن تعطي تكنولوجيا الترشيح الغشائي مزايا في الأداء . ولكن إذا كان مصدر مياه البحر لمحطة تحلية يأتي عن طريق مأخذ مفتوح يقع بعيداً عن منطقة تأثير المد والجزر وعلي عمق كافي للتعرض فقط لتغييرات موسمية محدودة (عادة 10 أمتار أو أعمق) ، فأن أوساط الترشيح الحبيبي من الممكن أن تقدم بديلاً فعالاً من حيث التكلفة للمعالجة الأولية مقارنةً بالترشيح الغشائي.

درجة حرارة مياه المصدر هو عامل مهم جدا عند اختيار نظام المعالجة الأولية.

تطبيق أنظمة التفريغ الغشائي كنظام معالجة أولية عادة ما تكون أقل فعالية من حيث التكلفة من أنظمة أوساط الترشيح الحبيبي التقليدية لمصدر مياه درجة حرارته أقل من (15 درجة مئوية) لأن أنتاجية (معدل التدفق) أغشية الترشيح التفريغي تنخفض بشكل كبير بسبب الزيادة الكبيرة في لزوجة مياه المصدر في درجات الحرارة المنخفضة.

وهناك حالة آخري يمكن بموجبها استخدام أوساط الترشيح الرملية والتي يمكن أن يكون لها فوائد إضافية معينة عندما يتعرض مصدر المياه للتغيرات المفاجئة وغير المتوقعة بملوثات خاصة مثل الارتفاع أو الأنخفاض الشديد في درجة الحموضة ، الأنسكابات الكيميائية ، الأنسكابات النفطية والشحمية ، التعرض المتكرر للارتفاع الشديد في درجة حرارة مياه المصدر أو الملوثات التي قد تضر أغشية الترشيح الميكروني أو الترشيح الفائق ضرر لا يمكن إصلاحه إذا كانت تستخدم لهذا التطبيق وفي تلك الظروف .إذا تضررت عناصر الغشاء بشكل دائم ، فأن تكلفة استبدالها يمكن أن تكون كبيرة ، خاصة بالنسبة لمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي ذات السعة الكبيرة.

وكما ذكر سابقا ، فإن مصدر المياه يحتوي بشكل طبيعي على جسيمات حادة يمكن أن تلحق الضرر بأغشية الترشيح الميكروني والفائق عند الاتصال بها. ولإزالة هذه الجسيمات الحادة من مياه المصدر ، يجب أن يتضمن نظام مـأخذ محطة التناضح العكسي نظام شبك دقيق يحجز العوالق بحجم 120 مم أو أقل قبل نظام المعالجة الغشائية (أنظر الفصل 4 للحصول على مزيد من التفاصيل). أداء وموثوقية أنظمة أوساط الترشيح الحبيبي التقليدية كمعالجة أولية ليست حساسة للأجسام الحادة الموجودة في مياه المصدر ولا تتطلب شبك دقيق ومكلف قبل المرشحات .عادة ، الشبكات الميكانيكية المتحركة ذات الفتحات 3-10 مم توفر حماية كافية لأنظمة المعالجة الأولية بأوساط الترشيح الحبيبي التقليدية. ولأن تركيب وتشغيل نظام الشبكات الدقيقة بعد شبكات مأخذ مياه المصدر نحتاج إليها فقط إذا تم استخدام الترشيح الغشائي للمعالجة الأولية ، ينبغي أن تؤخذ تكلفة تلك الشبكات الدقيقة في الاعتبار عند مقارنة المعالجة الأولية التقليدية والترشيح الغشائي.

من ناحية أخري فأن استخدام المعالجة الأولية الغشائية يلغي الاحتياج الي تكاليف تركيب وتشغيل نظام المرشح القطني قبل مضخات تغذية التناضح العكسي. وتكون الحاجة إلى استخدام المرشحات القطنية (الشكل 9) تكون عند استخدام نظام الترشيح الحبيبي للمعالجة الأولية وذلك لحماية أغشية التناضح العكسي من الأضرار الناجمة عن جزيئات الرمال الناعمة ، والتي يمكن أنتقالها في بعض الأحيأن مع مياه البحر المعالجة أولياً.

إن حدوث المد الأحمر الطحلبي المتكرر والمطول أو غيره من أنواع الازدهار الطحلبي في منطقة مأخذ مياه البحر (أنظر الشكل 27) هو عامل مهم آخر يجب أخذه في الاعتبار عند اختيار نوع وتكوين نظام المعالجة الأولية لمياه المصدر. وكما ذكر سابقا ، فأن العديد من الطحالب البحرية الدقيقة التي تنمو بشكل مفرط أثناء موسم الازدهار الطحلبي ، لا يمكنها تحمل ضغط خارجي يزيد عن 0.3 – 0.6 بار ويمكن لخلاياها أن تتكسر عندما تتعرض للضغط أو التفريغ بواسطة الترشيح الميكروني أو الفائق.

عندما تتكسر خلايا الطحالب ، فإنها تطلق بسهولة المركبات العضوية القابلة للتحلل ، والتي يمكن أن تؤدي إلى تحفيز تسارع نمو وتكوين غشاء حيوي من البكتيريا البحرية على أغشية التناضح العكسي.., في المقابل ، يمكن أن يسبب التكوين المتسارع للغشاء الحيوي البكتيري اتساخات ثقيلة لأغشية التناضح العكسي والذي يمكن أن يؤدي إلى انخفاض كبير في السعة الإنتاجية لمحطة تحلية المياه في غضون عدة أسابيع ، وأحيانا أيام ، بعد بداية حدوث الازدهار الطحلبي . وفي مثل هذه الظروف لمصدر المياه ، قد يكون الترشيح بالوسائط الحبيبية بالإنحدار الطبيعي للمياه طبقا للجاذبية هو الأفضل عن المعالجة الأولية الغشائية لأنه يسمح بإزالة الطحالب من مياه الصدر مع الحد الأدنى من الكسر لخلايا الطحالب.

شكل 27 – مأخذ مياه البحر أثناء حدث المد الأحمر الطحلبي

2.9 المساحة السطحية لنظام المعالجة الأولية :

المعالجة الأولية الغشائية عادة ما تكون أكثر كفاءة من حيث مساحة الإشغال مقارنة مع أوساط الترشيح الحبيبية .وغالباً ما تكون فوائد صغر مساحة الإشغال للترشيح الغشائي ذات أهمية أكبر عندما يكون الموقع المتاح لبناء محطة جديدة أو زيادة أنتاجية أخري موجودة محدود جدا ، أو عندما تكون تكلفة حيازة أراضي جديدة مرتفعة جدا . مساحة الإشغال لنظام الترشيح التقليدي مزدوج الوسائط ذو المرحلة الواحدة النموذجي هي 30-50 م2 / 1000 م3 يوم من الطاقة الإنتاجية لمحطة تحلية المياه.

استناداً إلي نوع وحجم وحدة الغشاء وخصائص نوعية مياه الدخول ، قد يكون لنظام الترشيح الغشائي مساحة إشغال أصغر 20-50 في المائة من نظام الترشيح التقليدي . فوائد صغر مساحة الإشغال للترشيح الغشائي هي أكثر أهمية بالنسبة لمصدر المياه ذو العكارة المرتفعة حيث قد تكون هناك حاجة إلي مرحلتين من وسائط الترشيح الحبيبي لتحقيق أداء مماثل

لمرحلة واحدة من نظام الترشيح الغشائي . على سبيل المثال ، من الصعب معالجة مياه المصدر التي تستلزم أن يكون نظام وسائط الترشيح الحبيبي مصمم بمعدلات تحميل سطحية أقل من 10 م3 / م2 ساعة أو تحتاج إلى مرحلتين من وسائط الترشيح الحبيبي لإنتاج مياه مرشحة مماثلة ، في هذه الحالة فإن أنظمة الترشيح الغشائي قد تصل إلى مساحة إشغال أقل تصل إلي 50% .

وكقاعدة عامة ، في ظل الظروف النموذجية لنوعية المياه السطحية ، فإن المساحة الإشغاليه لمرشحات الوسائط الحبيبية المصممة عند معدل تحميل سطحي 8.5 إلي 12.0 م3 / م2 / ساعة ، تكون مساحة سطحها أكبر من 40٪ إلى 50٪ تقريبا من أنظمة الترشيح الميكروني أو الفائق والتي تنتج نفس نوعية المياه المرشحة . أما بالنسبة لنوعية مياه مصدر أفضل من المتوسط (مؤشر كثافة الطميSDI-15 < 4) حيث يمكن لمرشحات الوسائط الحبيبية أن تؤدي بشكل كاف على معدلات تحميل سطحية تتراوح بين 15 الي 20 م3 / م2 / ساعة ، فإن الاستفادة من الفرق الكلي في المساحة الإشغاليه عادة ما يكون فقط من 20٪ إلى 30٪ لأغشية المعالجة الأولية.

3.9 كمية ونوعية المخلفات المتولدة عن المعالجة الأولية

وتختلف أنظمة المعالجة الأولية التقليدية والغشائية اختلافا كبيرا من حيث نوع ، جودة ، وكمية البقايا المتولدة أثناء عملية الترشيح (أنظر الجدول 6).

الجدول 6 – مقارنة بين تدفقات تيارات مياه صرف كلا من وسائط الترشيح الحبيبية والترشيح الغشائي كمعالجة أولية

تدفق مياه صرف المرشح (٪ من حجم مياه الدخول)	أوساط الترشيح الحبيبي	الترشيح الغشائي
مياه غسيل شبكات المأخذ	0.2 – 0.1	0.2 – 0.1
مياه غسيل الشبكات الدقيقة	غير مطلوبة	1.5 – 0.5
مياه الغسيل العكسي(مياه الطرد)	6.0 – 3.0	10.0 – 5.0
مياه الغسيل العكسي المعزز كيميائيا	غير مطلوبة	4.0 – 0.2
مياه التنظيف الكيميائي للأغشية	غير مطلوبة	0.05 – 0.03
المجموع (٪ من حجم مياه الدخول)	6.2 – 3.10	12.15 – 5.83

عادة ، نظم الترشيح بالوسائط الحبيبية تولد تيار صرف واحد كبير لمياه الغسيل العكسي للمرشح . ويتراوح حجم هذا التيار في محطة تحلية مصممة بشكل جيد بين 3٪ و 6٪ من إجمالي كمية المياه المستخدمة في مصادر المياه .بالإضافة إلى المواد الصلبة والغرويات الموجودة في مياه المصدر المالحة ، يحتوي تيار الصرف هذا أيضا على المخثرات (عادة ملح الحديد) وقد يحتوي علي ملبدات (بوليمر).

تنتج أنظمة المعالجة الغشائية تيارين سائلين متبقيين كبيرين :

(1) مياه طرد الغسيل العكسي للغشاء و

(2) محلول تنظيف الغشاء الناتج عن الغسيل العكسي المعزز كيميائيا يوميا .

حجم مياه طرد الغسيل العكسي للغشاء عادة ما يكون 5٪ - 10٪ من حجم مياه المصدر ، أي ما يقرب من مرتين أكبر من حجم طرد مياه الغسيل العكسي لمرشحات الوسائط الحبيبة لنظام المعالجة الأولية .

الفرق في إجمالي حجم السوائل المتبقية والناتجة عن أنظمة المعالجة الأولية الغشائية هو أكبر من ذلك ، مع الأخذ بعين الاعتبار أن الشبكات الدقيقة اللازمة لحماية مرشحات المعالجة الأولية الغشائية ستكون مصدرا لتفريغ نفايات إضافية ناتجة عن التنظيف المتقطع لها .على الرغم من أن حاجز الشبكات المتحركة التقليدية تستخدم في التنظيف 0.1٪ - 0.2٪ من كمية مياه المصدر الداخلة ، فأن الشبكات الدقيقة تولد حجم مياه غسيل يسأوي 0.5٪ - 1.5٪ من تدفق مياه الدخول . ويتطلب حجم تيار صرف أكبر نسبيا لنظام المعالجة الأولية الغشائية ، وكذلك حجم مياه مصدر أكبر نسبيا ، مما يؤدي بدوره إلى زيادة حجم وتكاليف البناء لمرافق مأخذ محطة التحلية ، محطة الضخ ، وأيضا تكاليف تشغيل وصيانة أعلى لمضخات مياه المصدر إلى مرافق المعالجة الأولية .

بالإضافة إلى غسيل الغشاء اليومي وتنظيف الغشاء الشهري ، التكلفة التنافسية لتصميم وتشغيل نظم المعالجة الأولية الغشائية تتطلب غسيل عكسي معزز كيميائيا يوميا للأغشية باستخدام جرعة كبيرة من الكلور (عادة 20-200 ملج / لتر) وقاعدة أو / وحمض قوي خلال فترة قصيرة من الزمن . تحسين الأداء باستخدام الغسيل العكسي المعزز كيميائيا يضيف لحجم تيارات الصرف الناتجة عن محطة أغشية التناضح العكسي وإلى التكلفة الإجمالية للمعالجة الأولية لمياه المصدر . الحجم اليومي لتيار الصرف الناتج خلال عملية الغسيل العكسي المعزز كيميائيا هو عادة 0.2٪ - 0.4٪ من حجم مياه المصدر الداخلة .

ينتج تيار صرف آخر يرتبط فقط مع المعالجة الأولية الغشائية أثناء التنظيف الكيميائي الدوري لأغشية المعالجة الأولية . إن التنظيف الكيميائي الطويل الذي يتطلب التوقف ، والذي يشار إليه غالبا ب "التنظيف في المكانCIP" ، حيث يتم فيه نقع الأغشية في محلول من حمض الهيدروكلوريك و / أو حمض الستريك ، هيدروكسيد الصوديوم ، المبيدات الحيوية ، والمنظفات ، أمر بالغ الأهمية للحفاظ علي ثبات أداء وأنتاجية الغشاء ، وعادة ما يحتاج هذا التنظيف مرة واحدة كل واحد إلي ثلاثة أشهر . التنظيف في المكأن ينتج تيار صرف إضافي وهو 0.03٪ - 0.05٪ من حجم مياه المصدر .

وتتمثل إحدى المزايا الرئيسية لأنظمة المعالجة الأولية الغشائية في أن مياه صرف الغسيل العكسي للمرشح تحوي كمية أقل أو لا تحوي مواد كيميائية لتهيئة مياه المصدر (على سبيل المثال، مخثر ، بوليمر ، وحامض)، وبالتالي فهو أكثر

ملائمة للبيئة مقارنةً مع مياه صرف الغسيل العكسي الناتجة عن وسائل المعالجة الأولية التقليدية بوسائط الترشيح الحبيبية . هذه الفائدة تنبع من حقيقة أن جرعة المخثر في المعالجة الأولية لمياه المصدر عن طريق الترشيح الغشائي عادة هي من اثنين إلي ثلاث مرات أقل من تلك اللازمة لوسائط الترشيح الحبيبية .

في بعض الحالات ، قد لا تحتاج مياه المصدر إلى التهيئة بالتخثر قبل المعالجة الأولية الغشائية وعلي ذلك ويمكن التخلص من مياه الغسيل العكسي للمرشح جنبا إلى جنب مع المياه المركزة لعملية التناضح العكسي دون مزيد من المعالجة .وللمقارنة ، نظرا للمحتوى العالي من الحديد ، فإن مياه صرف الغسيل العكسي لمرشح الوسائط الحبيبة والمستخدم كمعالجة أولية سيحتاج إلى المعالجة عن طريق الترسيب ، ويتعين نزع المياه من المواد الصلبة المترسبة والتخلص منها في مكب الصرف الصحي .وإلا فإن المحتوى العالي من ملح الحديد في مياه الغسيل العكسي يتسبب في أن يأخذ لون مياه طرد محطة التحلية اللون الأحمر في كل مرة يتم فيها إجراء عملية الغسيل العكسي للمرشح وتطرد تلك المياه مع مياه المحطة المركزة .

وينبغي أن تتم معالجة تيارات الصرف المنتجة أثناء الغسيل العكسي المعزز كيميائيا وكذلك تنظيف غشاء في خزان تعادل بالموقع قبل طردها .وينبغي أن تؤخذ في الاعتبار تكاليف المعالجة والطرد الإضافية لصرف تنظيف الغشاء بالمواد الكيميائية عند مقارنة أنظمة المعالجة الأولية الغشائية وكذلك وسائط الترشيح الحبيبة .

4.9 الكيماويات المستخدمة:

عادة ما تكون تكلفة التهيئة الكيميائية لمياه المصدر من أجل الترشيح بالوسائط الحبيبة تتراوح بين 4٪ و 6٪ من إجمالي تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لأنتاج المياه المحلاة . تستخدم أنظمة المعالجة الأولية بوسائط الترشيح الحبيبية مواد كيميائية لتهيئة مياه المصدر (أملاح الحديد وأحيانا بوليمر) أكثر من أنظمة المعالجة الغشائية بنسبة تصل من 50٪ إلي 100٪ لإزالة الجسيمات والعوالق الغروية . وتبين الخبرة العملية حتى الآن أن معظم أنظمة المعالجة الأولية الغشائية لا تستخدم التخثر أو تطبقه فقط بشكل متقطع خلال فترات الازدهار الطحلبي الشديدة .

لا تستخدم أنظمة المعالجة الأولية بوسائط الترشيح الحبيبية أي مواد كيميائية لتنظيف وسائط الترشيح (باستثناء إضافة الكلور أحيانا) وعلى النقيض من ذلك ، تستخدم أنظمة المعالجة الأولية الغشائية كمية كبيرة من المواد الكيميائية لتنظيف الأغشية في الغسيل العكسي المعزز كيميائيا وتنظيف الأغشية في المكان ، والتي من حيث إجمالي التكاليف الكيميائية السنوية قد تكون قابلة للمقارنة مع التكاليف الإجمالية للمواد الكيميائية المستخدمة في تهيئة مياه المصدر لوسائط الترشيح الحبيبية .وينبغي النظر في تكلفة هذه المواد المستخدمة في التنظيف الكيميائي للاستفادة من تحليل تكلفة نظام المعالجة الأولية للمحطة .

ومن العوامل الأخرى التي ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار في الاستخدام الشامل للكيماويات بالمحطة وتحليل التكاليف هو معدل تنظيف نظام التناضح العكسي ، وبالتالي تكاليف تنظيف غشاء التناضح العكسي .ويمكن تخفيض هذه التكاليف عن طريق استخدام المعالجة الأولية الغشائية عادة بسبب كفاءة إزالة أفضل للمواد الصلبة و الطمي لهذا النوع من المعالجة الأولية .ومع ذلك ، إذا كانت الاتساخات الميكروبية (على سبيل المثال ، الاتساخ الحيوي) هي النوع السائد من اتساخات

أغشية التناضح العكسي التي تحدث في محطة تحلية معينة ، والترشيح الغشائي عادة لا يقدم أي مزايا كبيرة علي المعالجة الأولية بوسائط الترشيح الحبيبية ، وفي بعض الحالات قد يسرع معدل الاتساخ الحيوي بسبب تعزيز كسر خلايا الطحالب وينتج عن ذلك تحرير المواد العضوية القابلة للتحلل بسهولة تحت الضغط العالي أو التفريغ اللازم للترشيح .

وهناك فرق كبير بين نوعي أنظمة المعالجة الأولية هو مقدار الكلور المستخدم في صيانة وسائط الترشيح .وللتحكم في معدل الترشيح المعالجة الأولية والاتساخ الحيوي لأغشية التناضح العكسي ، يتم تغذية المرشحات الحبيبية أحيانا بمياه مصدر مكلوره والتي تحتوي على 1.5 – 5.0 مجم / التر من الكلور .هذا ما يسمى بكلور الصدمة وعادة ما يتم عمله مرة واحدة في الشهر لمدة 4 - 6 ساعات في المرة.

وللمقارنة ، يتم إجراء الغسيل العكسي المعزز كيميائيا مع جرعات الكلور من 20 إلى 200 مجم / التر لجميع أغشية المعالجة الأولية مرة واحدة في اليوم على الأقل لمدة 20 إلى 30 دقيقة .ولأن عملية الغسيل العكسي المعزز كيميائيا لمعظم أنظمة المعالجة الأولية الغشائية تنطوي على غسيل عكسي بالهواء والمياه ، يتهرب بعض الكلور الي الهواء المحيط ويمكن أن يسبب تآكل المعدات القريبة والهياكل غير المحمية . ولذلك ، فإن استخدام هياكل محمية لوحدات المرشح وطلاء المعدات واستخدام مواد مقاومة للتآكل مناسبة وذات أهمية حاسمة . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن بعض من الكلور المطبق تنقع فيه أغشية المعالجة الأولية ويمكن أن ينزع منه الكلور إلي المياه المغذية لنظام التناضح العكسي لمدة 20 إلى 40 دقيقة بعد الغسيل العكسي المعزز كيميائيا .ولذلك ، فإن إزالة الكلور للمياه المرشحة باستخدام الصوديوم باي سالفيت بعد التنظيف بالغسيل العكسي المعزز كيميائيا مهمة جدا ، وينبغي أن تؤخذ في الاعتبار تكلفة الكيماويات الإضافية لإزالة الكلور عند مقارنة وسائط الترشيح الحبيبية والغشائية كمعالجة أولية لمياه المصدر .

5.9 الطاقة المستخدمة:

وتستخدم أنظمة المعالجة الأولية بوسائط الترشيح الحبيبية كمية محدودة من الطاقة لفصل الجسيمات عن مياه المصدر . وكما ذكر سابقا ، فإن محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي الكبيرة عادة ما تشتمل على عملية معالجة أولية ذات المرحلة الواحدة من مرشحات الوسائط الحبيبية التي تعمل بالجاذبية والتي تكون فيها أقل متطلبات للطاقة عادة أقل من 0.05 كيلووات ساعة / م^3 . من ناحية أخرى ، اعتمادا على نوع نظام الغشاء (الضغط أو التفريغ) ، فأن نظم الأغشية تستخدم طاقة أكبر بما يقرب من أربع إلى ست مرات من 0.2 إلى 0.4 كيلووات ساعة / م^3 لإزالة الجسيمات من مياه المصدر مقارنة مع مرشحات الوسائط الحبيبية التي تعمل بالجاذبية . الاستخدام الزائد من الطاقة ليس فقط لخلق الضغط اللازم لتدفق المياه من خلال الأغشية ولكن أيضا للغسيل العكسي للغشاء وضخ مياه المصدر .إجمالي الطاقة المستخدمة يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند إتمام مقارنة لتكلفة التشغيل لكل من نظام المعالجة الأولية التقليدية مقابل نظم الترشيح الغشائية لتطبيق معين .

6.9 حساب الاقتصاد الكلي:

وقد تؤدي كل من أنظمة المعالجة الأولية الغشائية وأوساط الترشيح الحبيبية إلى وفورات اقتصادية مختلفة تبعا للسعة الإنتاجية لمحطة معالجة المياه . وعادة ما تتمتع كلتا التقنيتين باقتصاد كلي مقارن إلي أن تصل السعة الإنتاجية للمحطة

إلى 40,000 م^3 / يوم . بالنسبة لمحطات التحلية بسعة أنتاجية من 40,000 إلى 200,000 م^3 / يوم ، فأن أنظمة وسائط الترشيح الحبيبية عادة ما تسفر عن مزايا أعلي لاقتصاديات الحجم الكبير . الاقتصاد المتوقع من تخفيض حجم تكاليف البناء لزيادة السعة الإنتاجية للمعالجة الأولية الغشائية من 40,000 إلى 200,000 م^3 / يوم في مجموعة لا يتعدى من 3٪ إلى 5٪ فقط . وعلى سبيل المقارنة ، وعلى سبيل المقارنة ، يمكن لأنظمة المعالجة الأولية بوسائط الترشيح الحبيبية في نفس نطاق السعة الإنتاجية أن تسفر عن 8٪ إلى 10٪ من فوائد اقتصاديات تكلفة البناء ذات الصلة بالحجم .

والسبب الرئيسي للفوائد الصغيرة للاقتصاد الكلي من تقنيات المعالجة الأولية الغشائية لمحطات التحلية ذات السعة الإنتاجية الكبيرة هو الحجم الأقصى للوحدات الغشائية المتاحة حاليا في السوق . عادة ، اعتمادا على الشركة المصنعة وتكنولوجيا الغشاء ، فأن أكبر طاقة أنتاجية لوحدات الغشاء المتاحة اليوم تكون ما بين 2,000 و 8,000 م^3 / يوم ، على الرغم من أن بعض الشركات المصنعة لنظم الغشاء المغمورة في الأونة الأخيرة توفر وحدات غشاء تصل طاقتها الإنتاجية إلى 20,000 متر مكعب / يوم . وعلى سبيل المقارنة ، يمكن أن يصل الحجم الأقصى لوحدة الخلايا لمرشح الوسائط الحبيبية إلى 32,000 م^3/ يوم أو أكثر، مما يسمح بخفض التكلفة الإجمالية للأنشاء بسبب أنخفاض عدد خلايا الترشيح ، وتقليل معدات الخدمة ، والأنابيب .

واحدة من الاتجاهات الحالية للمعالجة الأولية لمياه المصدر في جميع أنحاء العالم هو استخدام تقنيات الغشاء في المحطات ذات السعة الإنتاجية الكبيرة .كما أن عدد ونوع فرص استخدام تطبيقات الأغشية بالمحطات ذات السعات الإنتاجية الكبيرة تزداد في المستقبل ، فمن المرجح أن مصنعين الأغشية سوف يقومون بتطوير وحدات غشاء فردية أكبر حجما ، والتي بدورها قد تحسن من اقتصاديات الحجم الكبير والقدرة التنافسية لنظام المعالجة الأولية الغشائية .

7.9 تكاليف استبدال وسائط الترشيح

تفقد مرشحات الوسائط الحبيبية ذات التشغيل الجيد نسبة 5٪ إلى 10٪ من وسط الترشيح سنويا ، والتي يجب استبدالها للحفاظ على أداء ثابت . وعادة ما تكون تكاليف استبدال الوسائط الحبيبية قابلة للتنبؤ بشكل جيد ومنخفضة نسبيا . في الوقت الحاضر ، يختلف العمر الفعال لوحدة الغشاء وعادةً ما يكون في مدي من 5 إلى 7 سنوات .على افتراض 5 سنوات هي متوسط العمر الفعال لوحدات أغشية المعالجة الأولية ، فأن ما يقرب من 20٪ من وحدات الغشاء ستحتاج إلى الاستبدال سنويا للحفاظ على القدرة الإنتاجية والأداء لنظام المعالجة الأولية . مع الأخذ في الاعتبار أن التكاليف السنوية لاستبدال أغشية المرشحات الميكرونية أو الفائقة مماثلة وقريبة من التكاليف السنوية لاستبدال وحدات أغشية التناضح العكسي ، ولذلك فأن استخدام المعالجة الأولية الغشائية يؤدي إلى حجم أعلى من النفقات التأسيسية الأولية والسنوية الدورية لاستبدال وسائط الترشيح الغشائية مقارنة بوسائط الترشيح الحبيبية .

عامل إضافي يمكن أن يساهم في الحاجة إلى استبدال أكثر تكررا لعناصر الغشاء هو قصور الخصائص المتكاملة للغشاء . عادةً ، فإن السبب الرئيسي الذي يعجل الحاجة إلى استبدال عنصر الغشاء في وقت مبكر هو فقدان القدرة علي تحقيق الجودة المطلوبة بدلا من فقدان القدرة على الإ نتاج . يجب الأخذ في الاعتبار السجل المحدود من الاستخدام الطويل الأجل لأنظمة الغشاء وعدم اليقين بالعوامل التي تسبب تعجيل الحاجة إلى استبدالها ، عند الاختيار بين وسائط الترشيح

الحبيبية والأغشية كمعالجة أولية لمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي . ووفقا لذلك ينبغي معالجة مخاطر فقدان سلامة الغشاء عن طريق تقديم فترة ضمان للعمر الأنتاجي لعنصر الغشاء من قبل مصنعي أو موردي الأغشية .

وكما أشير سابقا ، في معظم الحالات ، فإن استخدام المعالجة الأولية الغشائية سيؤدي إلى مياه مصدر يتم ترشيحه بقدرة علي إزالة أقل الجسيمات والاتساخات الغرويات .ونتيجة لذلك نظريا ، فأن استخدام أغشية المعالجة الأولية بدلا من الترشيح الحبيبي يجب أن تقلل من وتيرة تنظيف واستبدال أغشية التناضح العكسي . وتصدق هذه الملاحظة خاصة بالنسبة لمصادر مياه البحر ذات الإمكانية المنخفضة لاحتمالية تكوين اتساخات ميكروبية .ومع ذلك ، وبسبب محدودية السجلات الكاملة للأداء للتحقق من هذا الافتراض وحقيقة أن مياه البحر ذات الإمكانية المرتفعة لاحتمالية تكوين اتساخات ميكروبية فأن المعالجة الغشائية الأولية من شأنها أن تحدث فرقا ضئيلا جدا من حيث وتيرة التنظيف لأغشية التناضح العكسي ، في الوقت الحاضر معظم الموردين لأغشية التناضح مترددة في تقديم ضمانات لعمر أنتاجي أطول أو أقل وتيرة تنظيف للأغشية التناضح التي يكون نظام المعالجة الأولية لها هو نظام المعالجة الغشائية .ونتيجة لذلك ، فأن هذه الفائدة المحتملة من المعالجة الأولية الغشائية لا يمكن حسابها بسهولة في تحليل التكاليف والفوائد الفعلية لمشاريع تحلية المياه ذات السعات الإنتاجية الكبيرة .

8.9 التوافق بين عناصر الغشاء ونسق تكويناتها.

حاليا ، جميع مصنعي الأغشية الميكرونية والفائقة كل منها تقدم تصميمها الخاص ، حجم ، وتكوين عناصر ووحدات الغشاء ، ومصفوفة نظام المعالجة الأولية . وتختلف أنظمة المعالجة الغشائية أيضا حسب نوع ، تركيز وحجم المواد الكيميائية اللازمة للغسيل العكسي المعزز كيميائيا وتنظيف الأغشية ، وأيضا تختلف من خلال معدل الغسيل العكسي للمرشح ، نوعه ، وتسلسله ، و أيضا تختلف في طريقة اختبار سلامة الغشاء .

أن عدم توحيد المنتجات وتسعيرهاا في سوق الأغشية في الوقت الحاضر يعتبر مؤشرا على حقيقة أن الترشيح الغشائي هو مجال سريع النمو في صناعة معدات المياه ويحمل بعض المزايا والعيوب . توافر وتعدد موردي الأغشية وأنظمتها يسمح باستيعاب أفضل للاحتياجات الخاصة بكل موقع من تطبيق معين لتكنولوجيا الأغشية ، وبالتالي زيادة إمكانية استخدام المعالجة الأولية الغشائية لمياه المصدر .وبالإضافة إلى ذلك ، فإن عدم وجود تسعير للمنتجات في سوق الأغشية الميكرونية والفائقة جنبا إلى جنب مع زيادة في تطبيقات الغشاء في السنوات الأخيرة يحفز اهتمام العديد من الشركات المصنعة ، والتي عادة لا تنتج الأغشية لدخول سوق الغشاء مع منتجات جديدة . وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة المنافسة وإلى التعجيل بتطوير تكنولوجيات ، منتجات ومعدات جديدة للأغشية .

قبل خمسة عشر عاما ، كان هناك أقل من ستة من مصنعي الأغشية ، هي التي توفر الأغشية الميكرونية والفائقة ونظم الأغشية إلى السوق المحلي وصناعة تحلية المياه .وقد زاد هذا الرقم بشكل كبير على مدى السنوات الخمس الماضية واليوم عمليا جميع مصنعي الأنواع الكبيرة ومتوسطة الحجم من المعدات والبلاستيك كل منها يقدم نظام أغشية ميكرونية وفائقة فريد من نوعه .

غير أن عدم توحيد حجم ، وأوعية ، وتكوين قياسي للأغشية ، أدي إلي عدد من العيوب التي قد تعيق استخدام المعالجة الأولية الغشائية ، وخاصة بالنسبة لمحطات التحلية الكبيرة .كما أصبح سوق الأغشية به تشبع مفرط من الشركات المصنعة التي تقدم منتجات مماثلة من الأغشية ، والتي من المرجح أن يتجاوز أنتاجها الطلب ، مما يؤدي إلى خروج بعض الشركات الحالية المصنعة للأغشية من السوق .ونتيجة لذلك ، فأن الشركات المصنعة المحركة للغشاء لم تعد تنتج عناصر ووحدات الغشاء وتوفر الصيانة والدعم التقني لأنظمتها الحالية .لأن تكوين النظام الخاص بهم ، ووحدات الغشاء ، ونوع الأوعية هي فريدة من نوعها ، وأصحاب هذه النظم من الأغشية سوف تضطر إلى استثمار أموال وجهود كبيرة لتعديل تراكيب الأغشية لاستيعاب معدات الغشاء البديلة .

قد يكون للتنوع الحالي لأحجام وحدات الغشاء وتكويناتها وعدم التوحيد القياسي للمنتجات وتسعيرها عدد من العيوب لمالكي محطات الأغشية على المدى الطويل .إذا توقف مصنع الغشاء الحالي عن أنتاج عناصر غشاء أو نوع معين (على سبيل المثال ، التخلي عن أنتاج أنظمة غاطسة لصالح أنظمة اغشية الضغط)، فإن مالك نظام المعالجة الغشائية الغاطسة سيتحمل تكاليف إضافية لشراء وتركيب نظام معالجة أولية جديد لأن الأنظمة الغشائية الأخرى المتاحة ستكون غير متوافقة مع النظام الحالي للمالك . في حين أن استبدال / إعادة تجهيز نظام المعالجة الأولية الحالية لاستيعاب الأغشية الجديدة ، من المرجح أن يضطر صاحب محطة التحلية إلي مواجهة أنخفاض السعة الإنتاجية للموقع بسبب التوقف عن العمل اللازم لاستبدال نظام الغشاء وحقيقة أن أنتاجية عناصر الغشاء القديمة ، والتي لا يمكن استبدالها مع بديل من منتج غشائي مناسب عند الحاجة ، سوف تنخفض مع مرور الوقت .

ومن المرجح أن يتحمل مالك محطة الأغشية تكاليف إضافية لتدريب موظفيه على تشغيل وصيانة نظام المعالجة الأولية الغشائية الجديد .وبالإضافة إلى ذلك ، قد يواجه المالك زيادة محتملة في تكاليف وحدات الغشاء وأوعيتها مع مرور الوقت لأن عناصر الغشاء يجب أن تشترى من مصدر تصنيعي وحيد بدلا من أن يتم شراؤها بشكل تنافسي بأسعار السوق وشروط الضمأن .وبالنظر إلى أن تكاليف عناصر الغشاء الميكروني والفائق قد خفضت بشكل كبير على مدى السنوات العشر الماضية ، فأن هذا العيب قد يكون له عواقب كبيرة على التكلفة .

ويحد تركيب عناصر وأوعية الأغشية الغير القياسية من فرص مالك محطة تحلية المياه للاستفادة من استخدام تقنيات المعالجة الأولية الغشائية الجديدة والمحسنة ، والوحدات التي قد تكون متاحة بسهولة في المستقبل .ففي سوق تكنولوجيا الأغشية الحالي المتنوع للغاية ، سوف يعتمد صاحب محطة الأغشية اعتمادا كبيرا على مدي التزام الشركة المصنعة لأغشية المعالجة الأولية ، وعلي النظام الذي يستخدمونه ، التفوق في تكنولوجياتهم الحالية ومدي تطوير عناصر اغشية تنافسية متوافقة وتكنولوجيات في المستقبل .

وقد لوحظ مثال يوضح المخاوف التي تمت مناقشتها سابقا كما حدث في سوق أغشية تحلية مياه البحر منذ ما يقرب من 20 عاما ، عندما قررت واحدة من الشركات المصنعة الرئيسية للوحدات غشاء التناضح العكسي ذو الألياف المجوفة ، شركة بيرماسيب التابعة لشركة دوبونت ، الخروج من سوق هذه الأغشية . في التسعينات ، كان لبيرماسيب جزءا مهيمنا في السوق حيث كانت مصدرا لأغشية التناضح العكسي ذو الألياف المجوفة لتحلية المياه وقامت بتوريد عدة آلاف من

الأغشية للمنشآت في جميع أنحاء العالم . كانت وحدات أغشية الألياف المجوفة والأوعية المستخدمة من قبل بيرماسيب مختلفة عن تلك المستخدمة من قبل غيرها من الشركات المصنعة للأغشية الألياف المجوفة وغير متوافقة مع غيرها من الشركات المصنعة التي تقدم أغشية التحلية الحلزونية . أدى خروج بيرماسيب من سوق تحلية المياه كمصدر للأغشية إلى الحاجة إلى إجراء تعديلات كبيرة ونفقات من قبل أصحاب محطات تحلية المياه التي تستخدم أغشية التناضح العكسي الخاصة بهم لاستيعاب التغييرات اللازمة .

ولتوحيد الأنظمة ، الوحدات ، والأوعية الخاصة بالأغشية ميزة هامة أخرى لمالك مرفق تحلية المياه ، وهو ما أثبته تطور سوق غشاء التناضح العكسي - الأنخفاض كبير في تكاليف الغشاء . حاليا أغشية التناضح العكسي لتحلية المياه والأوعية التي ينتجها مختلف المصنعين هي موحدة في الحجم ، التكوين ، والأداء ، ويمكن استخدامها بالتبادل .وقد ساهم تسعير سوق تحلية المياه بالتناضح العكسي على مدى العشرين عاما الماضية في تخفيض تكاليف عنصر غشاء التناضح العكسي بمقدار ثلاثة أضعاف ، مما أدى بدوره إلى تحفيز تطوير محطات تحلية مياه بالتناضح العكسي جديدة كبيرة الحجم في جميع أنحاء العالم .

أمر آخر ، غالبا ما ينسى ، أن الاستفادة من توحيد تكنولوجيا الغشاء هو أيضاً التخفيض المحتمل من تكلفة تمويل مصنع الغشاء ، وبالتالي ، من التكلفة الإجمالية لأنتاج المياه .تتكون التكلفة الرأسمالية لمشروع تحلية معين من عنصرين أساسيين - (1) تكلفة البناء و(2) تكلفة رأس المال اللازمة لتطوير المشروع وتمويل هذا البناء . ولأن تكلفة رأس المال هي عادة 20٪ - 30٪ من إجمالي تكاليف المشروع ، فأن استخدام نظم المعالجة الأولية الغشائية السلعية يمكن أن يحقق فوائد في التكاليف أعلى أحيانا من التوفير الذي قد ينتج عن إدخال تكنولوجيات أو معدات متقدمة جديدة وفريدة من نوعها .

ويعتبر نظام المعالجة الغشائية ، الذي يمكن أن يستوعب عددا من الأغشية المختلفة في الوحدات ، الأوعية والمعدات ، ذو مخاطر استثمارية أقل ، ونظام ذو تكلفة رأس مال أقل . لذلك ، وباعتبار جميع الشروط الأخرى متسأوية ، فأن تكلفة رأس المال (على سبيل المثال ، سعر الفائدة على السندات أو توقعات العائد على رأس المال) لتمويل مشروع باستخدام أغشية قياسية أو نظام المعالجة التقليدية بالوسائط الحبيبية المثبت إمكأنيتها ، ستكون عادة أقل مقارنةً مع محطة التحلية التي تأسس علي نظام معالجة أولية غشائية يستخدم أغشية فريدة من نوعها من حيث وحداتها وتكوينها ، والتي لا يمكن توفيرها بشكل تنافسي من الشركات المصنعة البديلة .على الرغم من أن نظام معالجة أولية غشائية جديد متقدم يتميز بخصائص فريدة قد يسفر عن تحقيق وفورات في تكاليف البناء والتشغيل على المدى القريب ، إلا أن هذه الوفورات قد تتعرض للخطر خلال العمر الأنتاجي للمشروع ، والذي عادة ما يكون من 25 إلى 30 سنة ، إذا كان تصميم نظام المعالجة الأولية غير مرن بما فيه الكفاية لاستيعاب فوائد تقنيات الأغشية المستقبلية ، خاصة مع الأخذ بعين الاعتبار أن تقنيات الاغشية الميكرونية أو الفائقة هي اليوم في مرحلة التنمية المطردة وأن التنافسية في المنتجات والأنظمة الجديدة أو المحسنة متاحة تقريبا كل عام .

واستنادا إلى الوضع الحالي وتنوع تكنولوجيات الترشيح الميكروني والفائق ، فأن النهج السليم نحو تقليل المخاطر المرتبطة بتمويل وتنفيذ نظام المعالجة الغشائية هو تصميم تكوين النظام بطريقة تستوعب استبدال عناصر أغشية هذا

النظام مع عناصر أغشية نظام واحد آخر على الأقل من نوع مماثل .على سبيل المثال ، إذا كان التحليل الهندسي الأولي والاختبار التجريبي اللاحق يشير إلى أن نوع الغشاء الغاطس الذي يعمل بالتفريغ من نظام المعالجة الأولية الغشائية هو أكثر ملائمة لتطبيق معين ، يجب أن تصمم محطة التحلية هذه لاستيعاب واحد أو اثنين على الأقل من أنظمة الغشاء الغاطسة الأخرى المتاحة حاليا في السوق .ومن المرجح جدا أن يتم تعويض تكاليف البناء والتشييد الإضافية لتوفير نظام مرن للمعالجة الأولية يسمح بالتعديلات المستقبلية واستخدام موردين بديلين من نفس نوع العناصر الغشائية عند الحد الأدنى من الإنفاق أو الاستبدال عن طريق خفض تكاليف التمويل (تكاليف رأس المال) للمشروع وتقليل التكاليف الإجمالية لدورة حياة محطة الأغشية .

9.9 تكاليف إنتاج المياه

في الوقت الحاضر ، فإن التكلفة الإجمالية لإنتاج المياه المحلاة باستخدام المعالجة المسبقة للغشاء هي عادة 5٪ إلى 10٪ أعلى من المياه المحلاة التي تنتجها محطات تحلية المياه مع المعالجة الأولية التقليدية لمياه المصدر . في بعض الحالات ، مثل ظروف أن تكون نوعية مياه المصدر متغيرة للغاية و / أو تكلفة وتوافر الأراضي بسعر عالي ، قد تكون المعالجة الأولية الغشائية أكثر فائدة من حيث التكلفة . العوامل الرئيسية التي غالبا ما يتم التقليل من قيمتها أو حذفها عند مقارنة وسائط الترشيح الحبيبية ونظم المعالجة الغشائية هي (1) رأس المال الإضافي وتكاليف التشغيل والصيانة لنظام الشبكات الدقيقة اللازمة لحماية سلامة أغشية المعالجة الأولية . (2) التكاليف الكيميائية الفعلية وتكرار تنظيف أغشية المعالجة الأولية والغسيل العكسي المعزز كيميائيا ؛ (3) العمر الافتراضي وتكاليف استبدال أغشية المعالجة الأولية - معظم التحليلات تفترض 5سنوات - في حين تشير البيانات التشغيلية الفعلية أن الأغشية تحتاج إلى استبدال في حوالي 3 سنوات بسبب فقدان كفاءتها . (4) ارتفاع تكلفة تمويل المشاريع المرتبطة بنسبة 5٪ إلى 10٪ المرتبطة باستخدام المعالجة الأولية الغشائية بسبب المخاطر طويلة الأجل المرتبطة باستخدام التكنولوجيا ذات محدودية السجلات الكاملة والتسويق ، وخاصة بالنسبة لتحلية المياه ذات السعات الإنتاجية الكبيرة

ويعرض الجدول 7 مثالا لمقارنة التكاليف بين نظام وسائط الترشيح الثنائية التقليدية والتي تعمل بالجاذبية ونظام الأغشية الفائقة التي تعمل بالتفريغ للمعالجة الأولية لمحطة تحلية بالتناضح العكسي لمياه البحر وبطاقة أنتاجية تبلغ 100,000 متر مكعب في اليوم . هذا المثال يفترض المعالجة الأولية التقليدية التي تتكون من مرحلة واحدة من مرشحات وسائط الترشيح الثنائية والمعالجة الأولية الغشائية الفائقة التي تعمل بالتفريغ . ويفترض أن يستخدم نظام المعالجة الأولية التقليدي 5 ملجم / التر من كلوريد الحديديك لتخثر مياه المصدر ، في حين أن نظام المعالجة الأولية الغشائية مصمم للعمل دون إضافة مخثر . ونتيجة لذلك ، فإن محطة تحلية المياه بالمعالجة التقليدية تتضمن نظام معالجة للمواد الصلبة ، لمعالجة المياه المستهلكة في الغسيل العكسي للمرشحات (أنظر الشكل 1) ، في حين أن نظام المعالجة الأولية الغشائية لا تشمل مرافق معالجة المواد الصلبة ، ويفترض أن تصرف مياه غسيل الأغشية إلى المحيط مع مياه التناضح العكسي المركزة دون مزيد من المعالجة (أنظر الشكل 19) . ويمثل هذا الافتراض أفضل حالة لسيناريو التعامل مع المواد الصلبة لأنظمة محطات تحلية المياه مع المعالجة الأولية الغشائية .

وهناك افتراضات أخرى في هذا المثال تؤيد المعالجة الأولية الغشائية وهي :

1. ارتفاع تكاليف الأرض نسبيا في موقع محطة التحلية .
2. 12.5% أعلى تدفق تصميمي (وبالتالي أصغر حجم) لنظام التناضح العكسي الذي يستخدم المعالجة الأولية الغشائية .
3. تجنب تركيب مرشح قطني علي تيار مياه الدخول إلي نظام التناضح العكسي مع المعالجة الأولية الغشائية
4. عمر افتراضي أطول نسبيا لمرشحات المعالجة الأولية الغشائية (5 سنوات)
5. تخفيض تكاليف تنظيف غشاء التناضح العكسي بسبب المعالجة الأولية الغشائية ، والتي عادة لن تكون ذات قيمة إذا كان النوع الرئيسي من الاتساخات لأغشية التناضح العكسي الناتج عن التجربة هو الاتساخ البيولوجي .

جدول 7 – مقارنة التكاليف لكلا من الأوساط الحبيبة والأغشية كأنظمة معالجة أولية

التكاليف	المعالجة الأولية بأوساط الترشيح الحبيبية		المعالجة الأولية الغشائية	
	الدولار الأسترالي $ (× 1000)	اليورو € (× 1000)	الدولار الأسترالي $ (× 1000)	اليورو € (× 1000)
تكاليف رأس المال				
المأخذ المفتوح من المحيط	70,000	41,300	76,000	44,840
محطة مضخات الدخول	6,500	3,835	7,000	4,130
الشبكات الواسعة والضيقة	2,100	1,239	2,500	1,475
الشبكات الدقيقة	0	0	3,200	1،888
نظام التخثر / التلبد	3,200	1,888	0	0
مرشحات قطنية	4,100	2,419	0	0
نظام المعالجة بالكلور لمياه المصدر	450	265,5	450	265.5
نظام تنظيف أغشية المعالجة الأولية	0	0	1،800	1,062
خزانات المرشحات (باستثناء الوسائط / الأغشية)	9,800	5,782	7,000	4,130
وسائط الترشيح (الرمال / الكربون أو أغشية الترشيح الفائق)	1,000	590	7,800	4,620
أغشية المعالجة الأولية - معدات الخدمة	0	0	4,600	2,714
نظام الغسيل العكسي للمرشحات	950	560.5	1,600	944
نظام إزالة الكلور	200	118	350	206.5
تكاليف الأراضي	2,500	1,475	1,800	1,062
نظام التناضح العكسي لمياه البحر	64,000	37,760	56,000	33,040
نظام المعالجة النهائية	5,100	3,009	5100	3,009
مرافق معالجة المواد الصلبة	1,800	1,062	100	59
مصب تفريغ الصرف	45,000	26,550	48,000	28,320
مرافق وأنظمة أخرى	4,000	2,360	4,000	2,360
إدارة الهندسة والبناء	17,000	10,030	20,000	11,800
بدء ومباشرة التشغيل	3,000	1,770	3,600	2,124
تكاليف أخرى	9,000	5,310	9,000	5,310
إجمالي التكاليف الرأسمالية	**249,700**	147,323	**259,900**	153,341
تكاليف رأس المال المستهلك (الوحدات النقدية / م^3)	0.549	0.324	0.571	0.337

تكاليف التشغيل والصيانة	دولار استرالي /$عام (1,000 ×)	يورو €/عام (1,000 ×)	دولار استرالي /$عام (1,000 ×)	يورو €/عام (1,000 ×)
العمالة	1,500	885	1,800	1,062
كيمأويات التخثر / التلبد	700	413	0	0
كيمأويات تنظيف أغشية المعالجة الأولية	0	0	280	165
كيماويات الغسيل العكسي المعززة كيميائيا للأغشية المعالجة الأولية	0	0	350	207
كيمأويات تنظيف أغشية التناضح العكسي	350	207	250	148
المواد الكيميائية الأخرى	1800	1,062	2,000	1,180
صيأنة الشبكات الدقيقة وقطع الغيار	0	0	60	35
استبدال خرطوشة المرشح القطني	150	89	0	0
استبدال غشاء المعالجة الأولية	0	0	550	325
استبدال أغشية التناضح العكسي	850	502	600	354
إضافة وسائط الترشيح الحبيبية	30	18	0	0
تكاليف الصيأنة وقطع الغيار الأخرى	750	443	900	531
معالجة المواد الصلبة والتخلص من الحمأة	110	65	0	0
التخلص من محلول تنظيف الغشاء للصرف الصحي	80	47	210	124
الطاقة المستخدمة للمعالجة الأولية لمياه البحر	146	86	913	538
الطاقة المستخدمة بنظام تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي وغيرها من النظم	10,585	6,245	10,585	6,245
تكاليف التشغيل والصيأنة الأخرى	800	472	800	472
إجمالي تكاليف التشغيل والصيأنة	**17,851**	**10,532**	**19,298**	**11,386**
تكاليف التشغيل والصيانة السنوية (الوحدات النقدية / م^3)	0.489	0.289	0.529	0.312
تكلفة أنتاج المياه (الوحدات النقدية / م^3)	**1.038**	0.612	**1.100**	0.649

ويشير استعراض الجدول 7 إلى أن تكاليف رأس المال وتكاليف التشغيل والصيانة للمعالجة الأولية التقليدية أقل من المعالجة الأولية الغشائية. إذا تم استهلاك إجمالي تكاليف البناء لكلا المحطتين باستخدام معامل استرداد رأس المال

المقدر بمعدل استهلاك قدره 5٪ على مدى 20 سنة (معامل استرداد رأس المال = 12.462 - ، 2007) ، فإن تكاليف تحلية مياه البحر ستبلغ 0.549 دولار أسترالي للمتر المكعب مع المعالجة الأولية التقليدية ، و0.57 دولار أسترالي للمتر المكعب مع المعالجة الأولية الغشائية . وتقدر هذه التكاليف بقسمة تكاليف التشييد في الجدول 7 بمعامل استرداد رأس المال وبطاقة الأنتاج السنوية للمصنع . على سبيل المثال ، بالنسبة للمحطة ذات نظام المعالجة الأولية التقليدية ، تحسب هذه التكاليف على النحو التالي 249,700,000 دولار أسترالي / (12,462 × 100,000 متر مكعب في اليوم × 365 يوما) = 0.549 دولار أسترالي / متر مكعب .

وتقدر تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لنظام المعالجة الأولية التقليدية لهذا المثال بمبلغ 17,851,000 دولار أسترالي في السنة (أنظر الجدول 7). وعند تحويلها إلى تكلفة التشغيل والصيأنة لمكون المياه في محطة التحلية ، تبلغ هذه التكاليف 17,851,000 دولار أسترالي في السنة (100,000 متر مكعب في اليوم × 365 يوما) = 0.489 دولار أسترالي / متر مكعب. وبالمثل ، تحسب تكاليف التشغيل والصيأنة لمحطة التحلية مع نظام المعالجة الأولية الغشائية ب 0.529 دولار أسترالي / متر مكعب . واستنادا إلى تقديرات تكاليف التشغيل والصيانة في رأس المال والتكاليف المعروضة أعلاه ، يبلغ مجموع تكاليف أنتاج المياه لمحطة تحلية مياه بحر بالتناضح العكسي مع المعالجة الأولية التقليدية والغشائية 1.038 دولار أمريكي / متر مكعب و 1.100 دولار أسترالي / متر مكعب على التوالي.

وعلى سبيل المثال المبين في الجدول 7 ، تكلفة تحلية مياه البحر باستخدام المعالجة الأولية الغشائية أعلى قليلا (6٪) حتى عندما تكون نوعية المياه وظروف الموقع الخاصة تفضل استخدام هذا النوع من المعالجة الأولية . البنود الرئيسية حيث تكاليف بناء النظامين تختلف اختلافا كبيرا هي تكاليف وسائط الترشيح ، نظام التناضح العكسي ، نظام المأخذ والشبكات ، ومرافق معالجة المواد الصلبة. تكاليف المأخذ لمحطة تحلية المياه مع نظام المعالجة الأولية الغشائية هي أعلى لأن هذا النظام يتطلب كمية مياه البحر كمياه مصدر أكثر حوالي 8٪ من نظام المعالجة الأولية التقليدية. كما هو موضح سابقا ، هناك حاجة إلى هذه الكمية الإضافية من المياه لغسيل الشبكات الدقيقة ومياه الغسيل العكسي لأغشية المعالجة الأولية .

التكاليف المرتبطة بنظام التناضح العكسي أقل بالنسبة لنظام المعالجة الأولية الغشائية لأن هذا النظام مصمم بتدفق أعلى بنسبة 12.5٪ (15.3 مقابل 13.6 لتر / متر مربع ساعة). ارتفاع التدفق التصميمي لأنظمة التناضح العكسي مع المعالجة الأولية الغشائية ينبع من التوقع أن الترشيح الغشائي سيوفر معالجة أولية ممتازة . ويمكن الاطلاع على تفسير الفروق في التكاليف في البنود الأخرى في الفروع السابقة من هذا الفصل.

وتتعلق الاختلافات الرئيسية في تكاليف التشغيل والصيانة لمحطتي التحلية بزيادة استخدام الطاقة لعملية المعالجة الغشائية (0.25 مقابل 0.04 كيلوواط ساعة / متر مكعب) وإلى تكاليف صيأنة نظام المعالجة الأولية وتكاليف استبدال الأغشية. وتجدر الإشارة إلى أنه اعتمادا على تقنية المعالجة الأولية الغشائية ، فأن التكلفة السنوية لاستبدال أغشية المعالجة الأولية يمكن أن تكون قابلة للمقارنة مع عناصر أغشية التناضح العكسي المستبدلة . من ناحية أخرى ، من

المتوقع استخدام المعالجة الأولية الغشائية للقضاء على أو تقليل إلى حد كبير من تكاليف التخلص من الحمأة وتقليل معدل استبدال أغشية التناضح العكسي ، والتنظيف المتكرر ، والتكاليف.

على الرغم من أن افتراضات التصميم المستخدمة في الجدول 7 تفضل المعالجة الأولية الغشائية ، في كثير من الحالات ، قد لا تكون جميع فوائد هذا النوع من المعالجة الأولية قابلة للتطبيق على الظروف الخاصة بالموقع لمشروع تناضح عكسي معين وتكلفة فرق المياه بين المعالجة الأولية الغشائية والتقليدية يمكن أن تتجأوز 10٪ لصالح المعالجة الأولية التقليدية. كلما تتطور تقنيات الترشيح الغشائي والأجيال القادمة من المنتجات الغشائية لتكون أكثر ضبطاً ولتناسب تحديات محددة من المعالجة الأولية للمياه المالحة ، فمن المرجح جدا أن المعالجة الأولية الغشائية سوف تصبح ذات تكلفة تنافسية بالنسبة لغالبية ظروف مصادر المياه المالحة .

الفصل العاشر

10- إرشادات عامة لإختيار نظام المعالجة المبدئية

1- نظام المعالجة الأولية المناسب ونوعه يعتمد بشكل رئيسي على مصدر المياه وجودته وبشكل خاص على نوع العوالق الموجوده في مياه البحر والجدول رقم (8) يعطي ارشادات لمجموعة من عمليات المعالجه والتي يمكن أن تستخدم كمعالجه اقتصاديه فعالة لمياه البحر بالاعتماد على محتوياته من العوالق والغرويات (العكاره ، ومستويات SDI) كذلك المواد العضوية والعوالق البيولوجيه (TOC)

وترتيب المعالجه الأوليه الموجوده في الجدول يجب أن تستخدم كإرشادات فقط وعن طريق تحليل المياه وجودتها والاختبارات التجريبيه المطلوبه يتم تحديد نظام المعالجه الامثل لمصدر المياه في الموقع المحدد.

Table 8 - Alternative Seawater Pretreatment Filtration System Configurations

Source Water Quality	Recommended Combination of Pretreatment Technologies Prior to SWRO Treatment	Notes
Turbidity < 0.1 NTU; SdI15 < 2; TOC (Year-Around) < 1 mg/L	Cartridge or Bag Filers Only	Grit Removal may be Needed if Intake wells are Used.
Turbidity ≤ 0.1 and < 5 NTU; SDI15 < 5 TOC (Year-Around) < 1 mg/L	Single-stage Dual Media Filters + Cartridge Filters MF/UF Pretreatment May Be Cost Competitive if 7-10 Year SWRO Membrane Useful Life Guaranteed.	Coagulant Addition May Not Needed if Submersible UF System is Used
Turbidity ≥ 5 and < 30 NTU; SDI15 > 5 TOC (Moderate Alga Blooms) < 4 mg/L	Single-stage Dual Media Cartridge Filters Filters + Or MF/UF Pretreatment	Coagulant Addition Needed
Turbidity ≥ 30 and < 50 NTU; SDI15 > 5 TOC (Severe Algal Blooms) ≥ 4 mg/L and/or High Oil Spill Potential	Sedimentation/DAF + Single-stage Dual Media filters + Cartridge fillers Or Sedimentation /DAF+ MF/UF Pretreatment.	Sedimentation Ahead of Filtration May Not 8e Needed if Turbidity < 30 NTU
Turbidity ≥ 50 NTU; SDI15 > 5 TOC (Severe Algal Blooms) ≥ 4 mg/L and/or High Oil Spill Potential	High-Hate Sedimentation/DAF + Two-Stage Dual Media Filters + Cartridge Fitters Or High-Rate Sedimentation/DAF+MF/UF Pretreatment.	DAF Ahead of Filtration May Not Be Needed if Algal Blooms in the Area of the intake are Moderate (TOC < 2 mg/L) or Or Contamination is Not An issue.

ويجب الاشاره إلى أنه في بعض حالات ترتيب المعالجه الأوليه الموجوده في الجدول رقم (8)
يمكن التغيير في الترتيب أو الاضافة لها حسب الحاجه لإزالة بعض مكونات الرواسب (مثل الكالسيوم والماغنسيوم) والغروية (مثل الحديد والمنجنيز) والمواد العضوية الطبيعية من مصبات الأنهار القريبه والتلوثات الممرضه.

2.10 البدائل للتحكم في التلوث البكتيري Microbial fouling:-

كما تمت المناقشه في الفصل الثاني فإن الكائنات البحرية الدقيقه والتي تتواجد بشكل طبيعي في مياه البحر ونواتج العمليات البيولوجيه لها والتي تترسب على سطح الأغشية يمكن أن تقلل من الإنتاجية للغشاء بمرور الوقت.

ولكي يحدث الاتساخ البيولوجي لا بد من من تواجد العوامل الثلاثة التالية :

1- احتواء مياه البحر علي كائنات دقيقه نشطة ايضيا Metabolically active microorganisms ≤≤ والتي تستطيع أن تنتج غشاء حيوي رقيق يسمح لها بالتمسك بالغشاء وتكوين مستعمرات على سطح الأغشية بمرور الوقت

2- احتواء مصدر المياه على تركيزات عاليه لمواد سهلة التحلل تعمل كغذاء لهذه الكائنات الدقيقه والتي يمكن أن تحافظ على نموها على سطح الغشاء.

3- وجود ظروف هيدروديناميكيه مناسبه داخل أجزاء الأغشية والتي تسهل تمسك البكتريا بالأغشية

ومن هذه العناصر الثلاثه يعتبر أهم عنصر والذي يتحكم في وجود وأنتشار الأوساخ البيولوجيه هو احتواء مياه البحر على كائنات دقيقه نشيطه أيضيا ومن المهم التنبيه على أن الكائنات البحرية اذا لم تتواجد منها كميه كبيرة نشيطه أيضيا فأنها تعتبر مجرد عوالق أو حبيبات وتعبر من خلال الأغشية وتخرج مع المياه عالية التركيز Concentrate water بدون أن تسبب اتساخ الأغشية.

وبالأخذ في الاعتبار هذه العناصر الثلاثه والتي تتسبب في حدوث الاتساخ البيولوجي يمكن التحكم فيها عن طريق واحد أو اثنين من الطرق التاليه :

1- تقليل البكتريا النشطه ايضيا من مياه البحر .

2- تقليل المحتوى البكتيري في مياه البحر .

3- ايجاد ظروف هيدروديناميكيه داخل الأغشية والتي لا تسمح للبكتريا النشطه بالتمسك بسطحها وتكوين Biofilm

1.2.10 الارشادات الموجوده للتحكم في نمو الاتساخات البيولوجيه بالاعتماد على الطرق الثلاثه مفصله كالتالي

1- تقليل مصادر الغذاء في مياه البحر reduction of food sources

يمكن التحكم في الأتساخ البكتيري بتقليل محتوى مصادر المياه مما يزيد نمو الكائنات الدقيقه. والتحكم في هذا المحتوي هو أهم العناصر المؤثره في الحمايه من الاتساخات البيولوجيه Biofouling وكما تم الاشارة له في السابق فإن التحكم في الكائنات الأيضيه النشطه يكون أسهل في المعالجة المبدئية

والمحتوى العضوي في مياه البحر المصدر يمكن التحكم فيه عن طريق واحد أو أكثر من الطرق التاليه:

1- التحلل البيولوجي Biodegredation للمصدر الأساسي لـ SWRO
2- الترويب Coagulation
3- امتصاص المواد العضوية قبل الـ SWRO
4- إزالة الكتل الطحلبيه بلطف من مصدر المياه.

1.2.10 التناضح العكسي لمياه البحر للمواد العضوية بطريقه التحلل الحيوي بالمصدر الأساسي :

التحلل البيولوجي للمواد العضوية في مصدر المياه وطرق التخلص منها بالمجرى الأساسي بنظام التناضح العكسي لمياه البحر وهو افضل طريقة في الطرق الثلاث المذكورة اعلاه لأن مجموع محتوى المواد العضوية يمكن أن يخفض بنسبة تزيد على 60% . بينما التحلل الحيوي يمكن ان يعمل في حالة الفلتر ذو الوسط الحبيبي والذي صمم ليرشح المواد البيولوجية وايضا يعمل في حالة الترشيح الغشائي اذا صمم ليعمل كمنشط غشائي بيولوجي ولم يصمم ليعمل حاجزا للجزيئات والعوالق.. وبشكل عام فإن عملية التحلل البيولوجي للتحكم في تلوث الـ SWRO تعتمد على حقيقة أن الموادالعضوية المتحللة الموجودة في مياه البحر يتم استهلاكها (التخلص منها) في المعالجة الأولية وبالتالي فأن مصدر الغذاء لن يكون متاحا للبكتيريا التي تنمو على سطح الغشاء لنظام التناضح العكسي لمياه البحر SWRO لتشكل طبقة حيوية مستدامة على الغشاءوبالتالي تسبب ما يسمى بالتلوث الحيوي أو العضوي على سطح الغشاء

ويجدر الإشارة إلى أن التحلل العضوي للمواد العضوية بمياه البحر عمليا يحدث في أنظمة الترشيح الحبيبي التقليدية دائما ولكن اذا لم تكون هذه الفلاتر مصممه لإعطاء وقت التلامس الكافي والظروف المناسبة للنمو ، فأن ازالة المواد العضوية يكون أقل من 30% (بقياس نسبه الكربون النشط الكلى(TOC) للفلاتر البيولوجية وجد أن النسبة تنخفض).

والترشيح البيولوجي يمكن أن يسمح بإزالة المواد العضوية لأكثر من 60% وبالمقارنة مع نظم الترشيح فأن الغشائي مصممه عمليا لإزالة الجسيمات بأقل معدلات ازالة لأنها مصممة على وقت تلامس قصير جدا وومرات متكررة من التهيج الشديد لسطح الغشاء الذي لا يسمح بتكون كتل وتجمعات حيوية في داخل اوعية المعالجة الأولية و حاليا على الرغم من أن أغشية التفاعل الحيوي مازالت في مرحلة القصور لكنها يمكن أن تثمر عن أنحسار نسبه تعلق المواد العضوية على سطح الممبرين وبالتالي يكون به نسبه كفاءة ملحوظة

2.2.10 الترويب (التخثير) Coagulation

كما تمت مناقشته سابقا فأن التخثير سيسمح بإزالة بعض مصادر المواد العضوية من مياه البحر بالرغم من أن هذا يقتصر عادة على 5 الى 20 %. التخثر يمكن أن يكون مفيداً لكل من وسط الفلاتر الحبيبية والأغشية.

3.2.10 الادمصاص بواسطة الكربون المنشط Adsorption by Activated carbon

تنشيط وامتزاز الكربون يمكن أن تسفر عن إزالة 10 الى 30% من المواد العضوية من مياه البحر وعندما تتحد مع الفلتر الحبيبي يمكن أن تعزز إزالة المواد العضوية في نظام المعالجة الأولية إلى أكثر من 40%.

4.2.10إزالة الكتل الطحلبية بلطف من مصدر المياه Gentle removal of algal biomass from source water

لأن الكتل الحيوية الطحلبية تحمل كمية كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل فإن إزالتها ببطء بواسطه نظام التعويم بالهواء الـDAF أو بفلاتر ذات الوسط الحبيبي معدل السريان بها يكون بطيئا وللأسفل يمكن أن يكون اجراء فعال لمراقبة التخلص من المواد العضوية فى مياه الترسيب البيولوجى المتراكم على جدارأغشية التناضح العكسي لمياه البحار التي تأتي فيما بعد . هذا النهج عالي التكلفة حين يكون مصدر مياه البحر النقى معرض لكميات عديدة ومطولة من الطحالب. وإزالة كتل الطحالب يمكن أن يحد محتوى المياه من مصدر المواد العضوية لاكثر من 50% عن طريق منع تحرر المواد العضوية المحتواه فى خلايا الطحالب فى مياه البحر الوارده إلى نظام الـSWRO.

..تقليل نسب الجسيمات العضوية صغيره الحجم فى مياه المصدر

تركيز الكائنات الحيه في مياه المصدر يمكن تقليله بكفاءه بواسطة:

1- عوامل مؤكسدة قوية مثل المطهرات أو الأشعة فوق البنفسجية.
2- حرمان تلك الجسيمات العضوية من الأكسجين باستخدام عوامل مختزله قوية مثل باي سلفيت الصوديوم وسيأتي أدناه وصف موجز لهذه الأساليب

3.10 التثبيط البيولوجي بواسطة الأكسدة أو الأشعة فوق البنفسجية:

العوامل المؤكسدة مثل الكلور وثاني أكسيد الكلور والكلوروامين يمكن استخدامها في السيطرة على النمو البكتيري في مصادر المياه السطحية. السيطرة الميكروبية بتعقيم مصدر المياه هي محل جدل وتركيز للأبحاث فى هذا الوقت. وهذا لأن هناك بعض المحطات التي تعمل بالأغشية لها مشاكل بعد التعقيم بالكلور أو بعد استخدام أي وسيلة أخرى من وسائل السيطرة الميكروبية ربما أسوا مما إذا لم يتم استخدام أي مواد كيميائية للتعقيم. اتضح أن استمرار الكلور وازالته (قبل الدخول على أغشيه التناضح العكسي لمياه البحارSWRO) يمكن أن ينشط الجسيمات العضوية بواسطة زيادة محتوى المركبات العضوية المحتملة المتطايرة. بعض أماكن الأغشية عانت من ضرر في أغشية التناضح العكسي بالتعرض لمواد مؤكسدة عند فشل نظام إزالة الكلور.

4.10 الكلورة الكيميائية Chlorination

هي العملية الأكثر شعبية في عمليات التطهير. يمكن اضافة الكلور باستمرار بجرعات منخفضة نسبيا (عادة من 2 الى 5 ملغ /لتر) أو متقطعة لمدة 5 الى 8 ساعات يوميا مرتين كل أسبوع مع استهداف وجود نسبة الكلور المتبقي فى تيار ماء المعالجة الأولية أن تكون من (0.5 الى 1.0 ملليغرام/لتر). والجرعة الفعلية ستتوقف على مواصفات الكلور المستهلك. عندما يستخدم الكلور في السيطرة الميكروبيولوجية فإنه يلزم ازالته فيما بعد (عادة تتم ازالته بمادة الصوديوم باي سلفايت أوثاني أكسيد الكبريت) وذلك لحماية أغشيه التناضح من عناصر الاكسدة الكيميائية وعدم التأثير عليها.

ينبغي ملاحظة أن الكائنات البحرية المجهرية لديها مناعة لتغيرات البيئة المحيطة بها والكلور فقط يستطيع تدمير الجزء المختص بالأيض في البكتريا النشطة وبعض المجهريات بينما تأثيره محدود جدا على البكتيريا الخاملة الغير نشطة، وإذا تم حقن بالكلور بشكل مستمر فإن الكائنات المجهرية تتحول من الشكل النشط إلى الشكل الخامل وبعد أنخفاض نسبة الكلور المتبقية أو استهلاكه بمركبات أخرى في المياه البحرية تعود مرة أخرى إلى الشكل النشط في أغشيه التناضح العكسي لمياه البحارSWRO.

وحيث أن أغشية التناضح العكسي لمياه البحار حساسة للكلورة فإن مياه التغذية للأغشية يجب ان لا تحتوى على الكلور وبالتالي فإن البكتريا التي تصل لغشاء التناضح العكسي سواء كانت نشطه أو خامله يمكنها أن تلتصق بالأغشية وتشكل طبقة حيوية Biofilm على الغشاء. من جهة أخرى يمكن أن يعطل الكلور الكثير من المواد العضوية الطبيعية مثل الاحماض العضوية الموجودة فى مياه البحر ويجعل هذه المواد العضوية متاحة كطعام يبقي الكائنات البحرية المجهرية على قيد الحياة مما يعزز وجودها بدلا من حل مشاكل التلوث الحيوي Biofouling

5.10 الأشعة فوق البنفسجية (UV):

والتطهير بالأشعة فوق البنفسجية طريقة بديلة للسيطرة على المواد الميكروبيولوجية ولكن فى بعض المرافق، النمو الميكروبي بعد الأشعة فوق البنفسجية يبطل مزاياها لذا فإن استخدامها ينبغي تقييمه بعناية. والتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية هي طريقة تعقيم بطاقة كهربية مكثفة لذلك فهي اقل تكلفة من عملية التعقيم بالحقن بالكلور ثم ازالته ففعالية تكلفة الاشعة فوق البنفسجية كطريقة تعقيم تعتمد على نوعية مياه المصدر , اذا كان مصدر المياه بمستويات عالية من العكارة فإن جرعة الأشعة فوق البنفسجية تكون مرتفعا نسبيا ، وللحصول على الأداء الأمثل، يوصى بأن مجموع المواد الصلبة العالقة في مصدر المياه لوحدة تغذية الأشعة فوق البنفسجية لا يتجاوز 10 mg /l .. أفضل موقع للأشعة فوق البنفسجية تركب عليه يكون بين الفلتر القطني وأغشيه التناضح العكسي بسبب قيود المكان، ومع ذلك فهذا المكان غالبا غير متاح في بعض المحطات ويمكن وضعه قبيل الفلتر القطنى مباشرة كمكان بديل.

6.10 تهيئة الظروف الهيدر وديناميكية لأجزاء SWRO

كما هو موضح في الفصل 2 يمكن السيطرة علي ترسب المواد العضوية على أسطح الأغشية بتهيئة الظروف على سطح الأغشية الخاصة بنظام التناضح العكسي لمياه البحار في العناصر التي من شأنها أن تمنع البكتيريا البحرية النشطة من التمسك على السطح وتكوين طبقة حيوية.

والأبحاث الأساسية في هذا المجال تشير إلى أن هذه الشروط يمكن أن تنشأ إذا تم تشغيل أغشية التناضح العكسي لمياه البحارSWRO بمعدل Recovery منخفض (من 30 الى 35% مقابل 50%) ومعدل فيض عالي (FLUX)

(راجع الفصل 2 لمزيد من التفاصيل)

الفصل الحادي عشر:-

11- تكنولوجيا المعالجة الأولية .

1.11 التوقعات والتوجهات المستقبلية :

تعتبر أنظمة الفلترة باستخدام الوسط الحبيبي مهيمنة في المعالجة الأولية لمياه البحار على النطاق العالمي .

مع ذلك ، فقد اكتسبت تكنولوجيا المعالجة الأولية باستخدام الأغشية قبولاً واسعاً خلال الخمس سنوات الأخيرة نتيجة قدرتها الفائقة على إزالة الجزيئات و المواد العالقة و الغرويات التي تتسبب في أنسداد أغشية التناضح العكسي ، كما أنها تتميز ببساطتها في التشغيل و ثباتها في الأداء كما أنها لا تطلب مساحات كبيرة مقارنة بالطرق التقليدية للفلترة .

بالإضافة إلى أن تشغيل و صيانة أغشية المعالجة الأولية أسهل في عملية المراقبة و التحكم، هذه المميزات تدفع في اتجاه الاعتماد على تكنولوجيا المعالجة الأولية باستخدام الأغشية في المستقبل.

في الوقت الحالي ، هناك عائقان رئيسيان أمام اتساع استخدام تكنولوجيا المعالجة الأولية باستخدام الترشيح الميكروني (MF) و الترشيح الفائق (UF) هما :

- قلة التوافق بين العديد من منتجات الأغشية و طريقة استغلالها في منظومات المعالجة .
- الارتفاع النسبي في تكلفة نظم المعالجة الأولية باستخدام الأغشية .

هذه التحديات سوف تحل في المستقبل القريب عن طريق تطوير منظومات الترشيح الميكروني (MF) و الترشيح الفائق (UF) لتكون أكثر توافقاً مع الأنظمة المختلفة.

تحد آخر يواجه أنتشار و رواج استخدام أغشية المعالجة الأولية و هو متانتها المحدودة "ذات عمر افتراضي قصير" مقارنةً بأنظمة الترشيح باستخدام الوسط الحبيبي مما ينعكس بالسلب على قيمتها مقارنةً بسعرها المرتفع نسبياً . كما أن تكلفة الاستبدال الدوري لأغشية المعالجة الأولية المستخدمة لحماية أغشية التناضح العكسي تساوى تقريباً تكاليف الاستبدال الدورية لأغشية التناضح العكسي ذاتها.

هذه التحديات و العوائق من المتوقع أن يتم حلها عن طريق تطوير بدائل مواد سيراميكية أو مواد بلاستيكية و التي تكون أقل حساسية لمشاكل التشغيل نتيجة الأجزاء الحادة و الاتساخات الناتجة عن الكائنات الدقيقة.

تاريخياً يعتبر الاهتمام الرئيسي للبحث و التطوير الخاص بتكنولوجيا أغشية المعالجة الأولية منصب على كفاءة إزالة الجزيئات و الغرويات المسببة للأنسداد ، مع ذلك توضح الخبرات العالمية في تحلية مياه البحر أن الجانب الأكثر تحدياً في المعالجة الأولية لمياه البحر هو مشكلة الأنسدادات الميكروبية .

لذلك من المحتمل جداً أن تنصرف عملية البحث و التطوير الخاص بأغشية المعالجة الأولية من التركيز على إزالة الجزيئات و المواد الغروانية المسببة للأنسداد إلى التركيز على إزالة المواد العضوية الذائبة سهلة التحلل في أغشية المفاعلات البيولوجية (MBR: membrane Bio Reactors) المشابهة لتلك المستخدمة في معالجة مياه الصرف في هذه الأيام .

كنتيجة ؛ يتوقع أن يظهر جيل جديد من أغشية المعالجة الأولية المعتمدة على تكنولوجيا المفاعلات الحيوية و يلقى الأنتشار و القبول الملائم في محطات تحلية مياه البحار.

2.11 الملاحظات الختامية :

المعالجة الأولية هي جزئية لا غنى عنها لكل محطات تحلية مياه البحر.

مستوى و تعقيد المعالجة الأولية المطلوبة تعتمد على مستوى و نوع المواد العالقة ، الغروانية ، و المواد العضوية الذائبة الموجودة في المصادر المختلفة و التي تتسبب في اتساخ الأغشية.

في الوقت الحالي، تهيمن عمليات الترشيح باستخدام الوسط الحبيبي على طرق المعالجة الأولية .

خلال الخمس سنوات الأخيرة ، تعتبر المعالجة الأولية باستخدام الأغشية بديلاً جاذباً عن الترشيح باستخدام الوسط الحبيبي.

هذا النوع من المعالجة الأولية يكتسب قبولاً واسعاً نتيجة قدرته الكبيرة على التخلص من المواد العالقة و الغروانية المسببة للأتساخ و مميزاته المتعلقة بالثبات و كفاءة الأداء و مرونة التشغيل، إلا أن المعالجة الأولية باستخدام الأغشية أكثر كلفة من المعالجة الأولية باستخدام الوسط الحبيبي كما أن لها قدرة محدودة على إزالة المواد العضوية سهلة التكسير الحيوي المصاحبة لوجود الطحالب و التي هي سبب رئيسي في أنسداد و اتساخ الأغشية ، و بناءً على ذلك و في الوقت الحالي فأن الفلاتر الميكرونية و الفلاتر الفائقة ليست دائماً توفر الحل الأفضل و الأكفأ سعراً للمعالجة الأولية لمياه البحر.

مع الوضع في الاعتبار العوامل الكثيرة المؤثرة على التكلفة الإجمالية للمعالجة الأولية في محطات تحلية مياه البحر ، فأن اختيار نظام المعالجة الأولية الأنسب يجب أن يعتمد على :

- كفاءة التشغيل
- تكاليف الأنشاء و التشغيل و الاستبدال خلال فترة العمر الافتراضي لنظام المعالجة الأولية .

المصطلحات

- **الفلترة بالضغط**:-

هى الفلترة التى تتم بتطبيق فرق ضغط خلال وعاء مغلق.

- **وعاء الاغشية**:

هو وعاء يحتوى على الاغشية مرتبة ترتيبا مسبقا و يُشغل تحت الضغط. و فى حالة أنظمة التناضح العكسي لتحلية مياه البحر تكون مادة الوعاء من البلاستيك أو المعدن مشكلة لتسمح بوضع من 6 الى 8 أغشية تحلية.

- **المعالجة الأولية**:-

هى عملية تتضمن خطوة أو اكثر من خطوات معالجة المياه مثل الغربلة و التخثير و الترسيب و الفلترة و اضافة الكيماويات و التى تهدف الى ازالة مسببات الاتساخ من مياه البحر قبل دخولها الى وحدات التناضح العكسي لحماية الاغشية و تحسين اداء مصانع التحلية.

- **الحامل**:-

هو دعامة تحمل عدد من أوعية الاغشية التى لها مواسير توصيلات مياه تغذية ومياه قليلة الاملاح و مياه عالية الاملاح و اجهزة تحكم مشتركة و يمكن تشغيلها مستقلة.

- **الاسترداد** recovery:-

هو نسبة معدل سريان المياه قليلة الاملاح الى معدل سريان مياه التغذية لنظام تناضح عكسي و يتم التعبير عنها بالنسبة المئوية من معدل سريان مياه التغذية.

- **المياه المرفوضة (Reject)**:-

هى المياه المالحة أو العالية فى تركيز الاملاح أو المستخدمة فى عمل الغسيل العكسي لفلاتر المعالجة الأولية.

- **التناضح العكسي**:-

هى حركة المياه المدفوعة بواسطة الضغط خلال غشاء شبة منفذ من الجأنب الذى يحتوى على تركيز عالى للأملاح الى الجأنب الذى يحتوى على تركيز منخفض للأملاح.

- **الملوحة**:-

هو تركيز الاملاح الصلبة الذائبة الكلية فى المياه.

- **مرور الاملاح**:-

هو نسبة تركيز الاملاح فى المياه قليل الاملاح الناتجة الى تركيزها فى مياه التغذية و يتم التعبير عنه بالنسبة المئوية من تركيز الاملاح فى مياه التغذية.

- **رفض الاملاح (salt rejection):-**

هو نسبة الاملاح المزالة بواسطة اغشية التناضح العكسي الى نسبة الاملاح فى مياه المصدر و هو يساوى (100% - نسبة مرور الاملاح).

- **مثبط(مانع) التكلس** :-

أنظر مانع التكلس

- **الكلس**:-

هو ترسبات املاح المعادن على سطح غشاء (و/أو) مصفوفة اغشية التناضح العكسي كنتيجة لإرتفاع تركيز الاملاح الى الحد الذى يسمح لها بتكوين بلورات صلبة

- **عملية التكلس**:-

هى عملية تكوين التكلسات على سطح أو داخل مصفوفة اغشية التناضح العكسي

- **الغشاء شبة منفذ**:-

هو غشاء له تركيب يسمح بمرور الجزيئات الصغيرة مثل المياه بينما يمنع مرور الجزيئات الكبيرة من الاملاح الموجودة فى مياه التغذية

- **مؤشر كثافة الطمى**:-

هو معامل بلا ابعاد يستخدم على نطاق واسع لتحديد احتمالية مياه البحر لتكوين رواسب و اتساخات على اغشية التناضح العكسي

- **التدفق النسبي**:-

أنظر النفاذية

- **Spiral wound element** :-

هو غشاء تناضح عكسي يحتوى على طبقات ملفوفة حول أنبوبة تجميع المياه قليلة الاملاح الناتجة متضمناً فواصل بين مياه التغذية و المياه الناتجة و anti-telescoping device و قفل مياه مالحة

- **المرحلة**:-

هى مجموعة من أوعية الضغط يتم تركيبها و تشغيلها على التوازى.

- **المواد الصلبة العالقة**:

هى جزيئات صلبة عالقة فى المياه

- **(المواد الصلبة / الملوحة) الكلية الذائبة**:-

هى مقياس للمحتوى الكلى لكل المواد الصلبة الذائبة فى المياه.

- **الكربون العضوى الكلى**:-

هو مقياس تركيز المحتوى العضوى فى المياه.

- **Train**: -

هو نظام اغشية يتكون من دعامة تحمل عدد من أوعية الاغشية التى لها مواسير توصيلات مياه تغذية ومياه قليلة الاملاح و مياه عالية الاملاح و اجهزة تحكم مشتركة و يمكن تشغيلها مستقلة. نظام التناضح العكسي يحتوى على عدة (Trains) يتم تشغيلها على التوازى.

- **المواد العالقة الكلية**:-

هو تركيز الجزيئات القابلة للفلترة على فلتر 0.45 ميكرون و يعبر عنه بالحجم.

- **العكارة**:-

هى مقياس تركيز المواد العالقة فى المياه و يتم تحديدها بواسطة قياس كمية الضوء المشتتة بواسطة هذة الجزئيات.

- **الفلترة الفائقة**:-

هى الفلترة بواسطة اغشية قطر مسامها يتراوح بين 0.01 الى 0.05 ميكرون.

- **معامل التماثل**:-
- **الترشيح بالتفريغ**:-

هو الفتلرة من خلال فلاتر ميكرونية أو فلاتر فائقة تتم فى وعاء مغلق بواسطة التفريغ

- **اللزوجة**:-

هى قابلية السوائل لمقاومة السريان نتيجة تجاذب (التصاق) الجزئيات.

Translation permission

From: "Nikolay VOUTCHKOV" <nvoutchkov@water-g.com>
Date: Aug 28, 2017 12:44 AM
Subject: Re: Translation Permission
To: "ahmed hasham" <ahmedhasham83@gmail.com>

Dear Dr. Hasham,

Thank you for your kind appreciation of my work - you certainly have my permission to translate in Arabic my book “Pretreatment for Reverse Osmosis Desalination”, published by Elsevier this year.
I am not sure if you need to obtain any copyrights form Elsevier - you will need to check with the publisher.

My contact for Elsevier is Ms. Anita Koch - A.Koch@elsevier.com

You could ask Ms. Koch whether there is a special requirement Elsevier has for you to obtain a copyright of the book from them.

In any case, please find attached a pdf copy of my book as a token of my appreciation of your interest in my work.

Kind Regards,

Nikolay

Nikolay Voutchkov, PE, BCEE
Water Globe Consultants, LLC
824 Contravest Lane
Winter Springs, FL 32708, USA
Tel. 1-203-253-1312

Water Globe Consultants, LLC - Paris, France Office
36 rue du president Wilson
78230 Le Pecq, France
Tel. +33 (0)1 39 76 23 19

On Aug 27, 2017, at 6:36 PM, ahmed hasham <ahmedhasham83@gmail.com> wrote:

Dear Dr. **Nicolay Voutchkov**

I hope this email finds you well. I am Ahmed Hasham, one of the founders and operators of Recently, we have initiated a project ."Forum Water Technology Experts" the web forum translate English books into the Arabic language, in the sake of through our forum to .English transferring knowledge to Arabic students who are not proficient in

Pretreatment " I and my colleagues were honored to read your valuable book really impressed by its and we were ," **desalination technologies for membrane seawater** obtain your kind permission to translate it into contribution to the field. So, we would like to project is non-profit and would like to emphasize that this translation the Arabic language. I .all translators are volunteers

I am looking forward to hearing from you regarding our request. If you have any questions, .please do not hesitate to contact me

Best regards,

Ahmed Hasham

***From**: "Dr H" <hassan.goodtrue@gmail.com>*

***Date**: Sep 13, 2017 8:28 AM*

***To**: "ahmed hasham" <ahmedhasham83@gmail.com>*

***Subject**: Re: Pretreatment for Reverse Osmosis Desalination*

In what format will the translation be (for example, XML)?

It pdf format

Will printing and copy/paste be prohibited?

it is for free for forum in electronic format

What kind of security does the website have? Will the translation be protected from Will all visitors to the website be able to view the translation? Will log-in/registration be required in order to view the translation?

we publish it in forum "Water Technology Experts Forum" for members which must registered to get the book

On Tue, Sep 12, 2017 at 4:03 PM, ahmed hasham <ahmedhasham83@gmail.com> wrote:

---------- Forwarded message ----------

***From**: **JSCO** <rights@johnscottco.us>*

***Date**: 2017-09-12 15:49 GMT+02:00*

***To**: ahmed hasham <ahmedhasham83@gmail.com>*

***Subject**: RE: Pretreatment for Reverse Osmosis Desalination*

Dear Ahmed ,

In what format will the translation be (for example, XML)? Will printing and copy/paste be prohibited? What kind of security does the website have? Will the translation be protected from Will all visitors to the website be able to view the translation ?Will log-in/registration be required in order to view the translation?

Best regards,

Sabrina

John Scott & Co.

rights@JohnScottCo.us

www.johnscottco.us

From :*ahmed hasham [mailto:ahmedhasham83@gmail.com [*

Sent :*Thursday, September 7, 2017 11:14 AM*

To :*JSCO>rights@johnscottco.us<*

Subject :*Re: Pretreatment for Reverse Osmosis Desalination*

Thanks very much for your cooperation .

Only on our Web forum (electronic copy) .

Thanks in advance ,

Ahmed Hasham

On Sep 7, 2017 4:46 PM, "JSCO> "rights@johnscottco.us <wrote:

Dear Ahmed Hasham,

Thank you for your interest in the Arabic rights for this title. Elsevier forwarded your message to my company because we handle translation rights for Elsevier's books.

If you are given rights to create an Arabic translation, how will you want to distribute this to students? Will some organization (your university, a commercial publisher) print and publish it? Do you wish to publish it on your web forum? Please explain.

Best regards,

Sabrina

Sabrina Gausch
Foreign Rights Coordinator
John Scott & Co.
1665Kimberton Road
PO Box 878
Kimberton, PA 19442 USA
tel: 610 827 1640
fax: 610 827 1671
rights@JohnScottCo.us
www.johnscottco.us

From :ahmed hasham]mailto:ahmedhasham83@gmail.com [

***Sent** 28 :*August 2017 00:54

To :Koch, Anita (ELS-AMS)> A.Koch@elsevier.com<

Subject :Fwd: Re: Translation Permission

*****External email: use caution*****

Dear Ms. Anita Koch

After greeting

according the below mails , we would like to obtain your kind permission to translate it into the Arabic language.

Thanks in advance

Ahmed

----------Forwarded message----------

***From** " :*Nikolay VOUTCHKOV> "nvoutchkov@water-g.com<

***Date**: Aug 28, 2017 12:44 AM*

***To** " :*ahmed hasham> "ahmedhasham83@gmail.com<

***Subject**: Re: Translation Permission*

Dear Dr. Hasham ,

Thank you for your kind appreciation of my work - you certainly have my permission to translate in Arabic my book “Pretreatment for Reverse Osmosis Desalination”, published by Elsevier this year.

I am not sure if you need to obtain any copyrights form Elsevier - you will need to check with the publisher.

My contact for Elsevier is Ms. Anita Koch - A.Koch@elsevier.com

You could ask Ms. Koch whether there is a special requirement Elsevier has for you to obtain a copyright of the book from them.

In any case, please find attached a pdf copy of my book as a token of my appreciation of

your interest in my work .

Kind Regards,

Nikolay
Nikolay Voutchkov, PE, BCEE
Water Globe Consultants, LLC
824Contravest Lane
Winter Springs, FL 32708, USA
Tel. 1-203-253-1312

Water Globe Consultants, LLC - Paris ,France Office
36rue du president Wilson
78230Le Pecq, France
Tel19 23 76 39 1(0) 33+ .

On Aug 27, 2017, at 6:36 PM, ahmed hasham> ahmedhasham83@gmail.com <wrote:

Dear Dr .**Nicolay Voutchkov**

I hope this email finds you well. I am Ahmed Hasham, one of the founders and operators of the web forum" Water Technology Experts Forum ."Recently, we have initiated a project through our forum to translate English books into the Arabic language, in the sake of transferring knowledge to Arabic students who are not proficient in English.

I and my colleagues were honored to read your valuable book

"**Pretreatment technologies for membrane seawater desalination**"

,and we were really impressed by its contribution to the field. So, we would like to obtain your kind permission to translate it into the Arabic language. I would like to emphasize that this translation project is non-profit and all translators are volunteers.
I am looking forward to hearing from you regarding our request. If you have any questions, please do not hesitate to contact me.

,Best regards

Ahmed Hasham

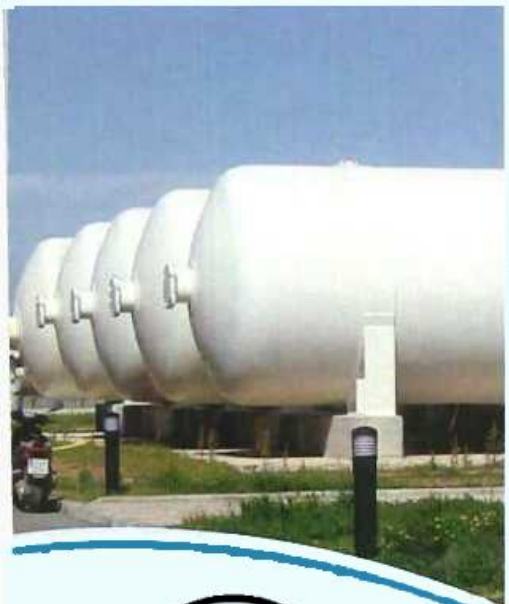
ان المعالجة المبدئية لمياه البحار

هي التي تتحكم بمفاتيح نجاح وتكلفة نزع الاملاح من مياه البحر

هذا الكتاب يوضح رؤية على انظمة المعالجة المبدئية والتحديات التى تواجه معظم محطات نزع الاملاح هذه الأيام بواسطة تقنية اغشية التناضح العكسي وتمد القارئ بالحلول العملية المستقاة من خبرات الاخرين حول العالم.

ان القارئ لهذا الكتاب سيجد به دلائل رئيسية لخيارات انظمة المعالجة المبدئية وتحديد مواصفات المعالجة بناء على نوعية مصادر المياه لتحديد آلية تصميم طرق وتكنولوجيات المعالجة الشائعة مثل غربلة العوالق من المياه,ازالة الرمال,الترسيب,التعويم بالهواء الذائب,الترشيح بمرشحات الوسط الحبيبي,والترشيح بواسطة ألأغشية

لقد اسهب المؤلف بالحديث عن تقنية الترشيح بالأغشية (الترشيح الفائق والميكروني) ومميزات تلك التقنية وحدودها في المعالجة المبدئية لمياه البحر



WTEF