جامعة الأكاديميين العرب
Arab Academic University

الهندسة البيئية
Environmental Engineering

د/ عامر بن محسن الصبري

2023 – 2024م

Lecture No. 5

معالجة المياه 1

Water Treatment 1

Dr. Amer M. Assabri, assabriamer2017@gmail.com

تاريـــخ معـالجة الميـــــــــــاه
History of water treatment

- في الكتابات اليونانية والسنسكريتية القديمة (الهند) التي يعود تاريخها إلى عام 2000 قبل الميلاد، تمت التوصية بطرق معالجة المياه (الغليان والترشيح).
- بعد عام 1500 قبل الميلاد، اكتشف المصريون لأول مرة مبدأ التخثر (coagulation).
- 500 قبل الميلاد: اخترع أبقراط (Hippocrates) طريقة غربلة المياه لحجز الرواسب التي تسبب الطعم أو الروائح الكريهة.
- 1627م: نفذ الفيلسوف الإنجليزي (Francis Bacon) أول تجربة لتحلية مياه البحر بطريقة الترشيح الرملي، لكنها لم تنجح.

تاريـــخ معـالجة الميـــــــــــاه
History of water treatment

- 1676: لاحظ فان ليفينهوك (Van Leeuwenhoek) لأول مرة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء.
- في العام 1804م، تم إنشاء أول محطة معالجة مياه في العالم، صممها (Robert Thom) في اسكتلندا. وكانت المعالجة تعتمد على الترشيح البطيء بالرمل.
- 1854م: اكتشاف انتشار وباء الكوليرا عن طريق المياه، حيث وجد العالم البريطاني جون سنو أن السبب المباشر لتفشي المرض هو تلوث مضخة المياه بمياه الصرف الصحي، واستخدم الكلور لتنقية المياه، مما مهد الطريق لتعقيم المياه.
- 1906م: تم تطبيق الأوزون لأول مرة كمطهر في فرنسا.

معالجة المياه (Water Treatment)

معالجة مياه الشرب مصطلح لوصف العمليات التي تتضمن إزالة أو تقليل أي ملوثات فيزيائية، كيميائية، وبيولوجية للحصول على مياه نقية صالحة للشرب ومطابقة للمواصفات القياسية المعتمدة.

اختيار طرق المعالجة

لاختيار الطرق المناسبة لمعالجة المياه، يلزم إجراء تحليل لتقييم جودة المياه وتحديد أنواع الملوثات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

لماذا نحتاج لمعالجة المياه؟

Why do we need to treat water?

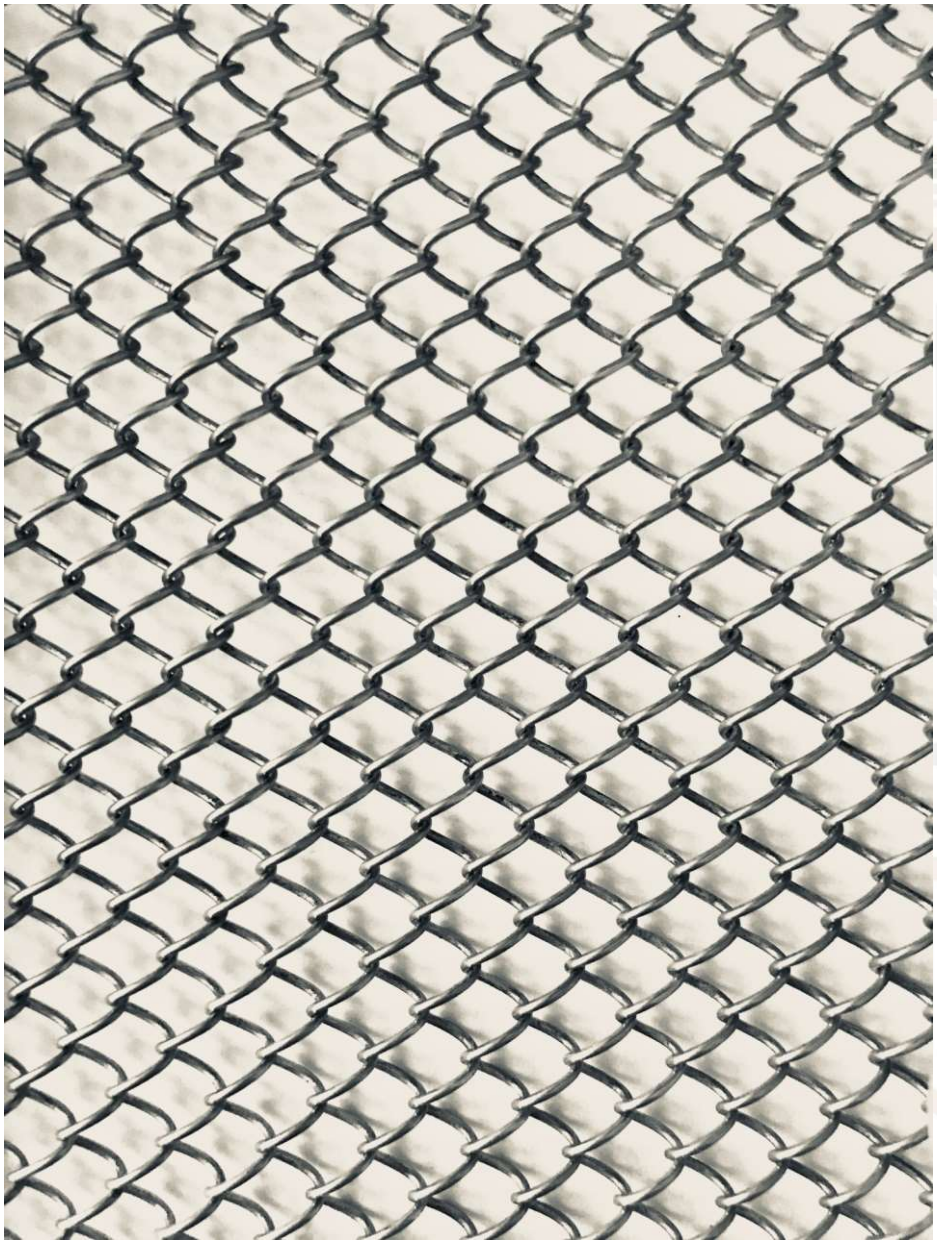
بسبب احتواء المياه على الملوثات التي تسبب أمراضاً عديدة للإنسان، ويمكن تصنيف هذه الملوثات إلى 3 مجموعات رئيسية هي:

- الملوثات الفيزيائية: ملوثات غير ذائبة في الماء مثل المواد الصلبة العالقة (Suspensions)، والمواد الغروية (Colloids).
- الملوثات الكيميائية: ملوثات ذائبة في الماء مثل الزرنيخ والرصاص والنحاس والحديد.
- الملوثات البيولوجية: كائنات حية دقيقة مثل الأوليات كالأميبا والجياردیا)، البكتريا، والفيروسات.

طرق معالجة المياه

- التصفية (Screening)
- التهوية (Aeration)
- الترسيب (Sedimentation)
- التخثير و التنديف (Coagulation & Flocculation)
- الترشيح (Filtration)
- الادمصاص (Adsorption)
- التبادل الأيوني (Ion Exchange)
- التعقيم (Disinfection)

1. التصـفية (Screening)



عمليـة فيزيائيـة يقصد بهـا فصلُ المـاء عـن كـل مـا عَلِقَ بـه مـن المـــواد الصـــلبة ذات الأحجـــام الكبيرة كأغصان النباتات، أو أي أجســـام طافيـــة علـــى الميـــاه السطحية، وذلك من خلال إمرار المياه عبر غرابيل.

وتـتم عـادة فـي حالـة اسـتخدام الميـــاه الســـطحية كالأنهـــار والسدود لأغراض الشرب.

2. التهوية (Aeration)

تُعرَّف التهوية بأنها عملية تلامس الهواء مع الماء لتسهيل انتقال الغاز من خلال السطح الفاصل بين الوسطين (السائل و الغاز)، وقد عرفت تهوية المياه منذ عهد الرومان، فقد كانوا ينقلون المياه عبر قنوات تتميز جدرانها الجانبية بالخشونة، تعمل على اثارة المياه لتكوين فقاعات هوائية، فيؤدي ذلك إلى تحسين طعم الماء.

تهدف عملية التهوية إلى إزالة كبريتيد الهيدروجين الذي يعطي طعم ورائحة غير مقبولة، فضلاً عن إزالة ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى إزالة الملوثات العضوية المتطايرة مثل البنزين، ورابع كلوريد الكربون، وتعمل التهوية أيضاً على أكسدة الحديد والمنجنيز.

3. الترسيب (Sedimentation)

هي عملية فيزيائية تتضمن سقوط الحبيبات الصلبة المعلقة في الماء طبيعياً (بفعل الجاذبية) واستقرارها في القاع.

ويعتبر الترسيب الطبيعي من اقدم وأبسط طرق ترسيب المواد الصلبة المعلقة في الماء، حيث يترك الماء ساكناً أو متحركاً ببطء شديد خلال أحواض طبيعية أو اصطناعية إلى أن تترسب الشوائب، ويسحب الماء الرائق من السطح العلوي للحوض. وتعتمد سرعة الترسيب على حجم الجسيمات الصلبة المعلقة، فإذا كانت كبيرة الحجم فإنها تحتاج لترسيبها من بضع ثوان إلى بضع ساعات، أما اذا كانت الجسيمات دقيقة جداً أو غروية، فإن عملية الترسيب تتطلب فترة طويلة تتراوح بين بضعة أيام إلى عدة سنوات.

تعتمد طريقة الترسيب على حجم جسيمات المواد الملوثة، ويمكن تصنيف الملوثات من حيث الحجم إلى:

- مواد صلبة معلقة (Suspended Solid Materials) ذات حجم حبيبي متوسط – دقيق (1 - 0.01 ملم)، لها القدرة على الترسيب بفعل الجاذبية بسرعة مثل الحصى، الرمل، الطمي والطحالب.
- مواد غروية (Colloidal Materials) ذات حجم حبيبي دقيق - دقيق جداً (1 - 0.001 ميكرون)، ليس لها القدرة على الترسيب بفعل الجاذبية بسرعة، بل تحتاج لفترات زمنية طويلة.
- مواد مذابة (Dissolved Materials) ذات حجم حبيبي فائق الدقة (0.001 – 0.00001 ميكرون)، ليس لها القدرة على الترسيب بفعل الجاذبية بسرعة، بل تحتاج لفترات زمنية طويلة جداً.

تأثير حجم الجسيمات على سرعة الاستقرار والترسيب

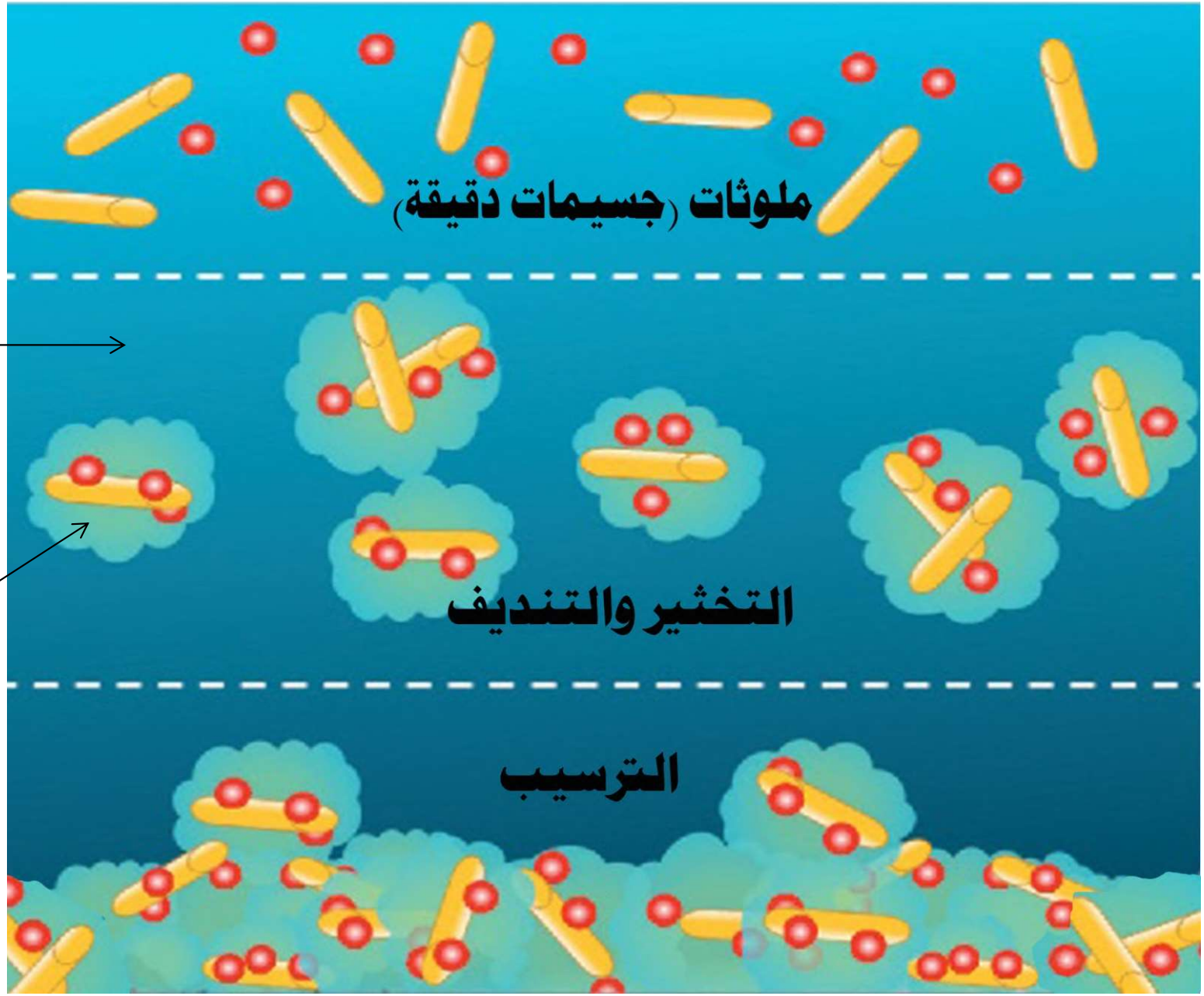
قطر الجسيمات	نوع الجسيمات		زمن الترسيب لمسافة 1 م (تحت تأثير الجاذبية)
10 ملم	هوائية معلقة	حصى	1 ثانية
1 ملم		رمل خشن	10 ثانية
0.1 ملم		رمل ناعم	3 دقائق
0.01 ملم		طمي ، طحالب	3 ساعات
1 ميكرون		وحل ، بكتريا	12 يوم
0.1 ميكرون	مواد غروية	الوان	4 سنوات
0.01 ميكرون		فيروسات	20 سنه
0.001 ميكرون	مواد ذائبة (جزيئات أو ذرات)		أكثر من 200 سنه

4. التخثيـــــــر والتنـــــــــــديف
(Coagulation & Flocculation)

التخثير: عملية كيميائية تتضمن معادلة الشحنات، من خلال الخلط السريع لمواد كيميائية يطلق عليها اسم المُخثرات (Coagulants) ذات شحنة كهربائية موجبة تعمل على معادلة الشحنة الكهربائية السالبة في الجسيمات الدقيقة، فيحدث لها تقارب مشكلة تجمعات تسمى الندف (Flocs). ومن أشهر المُخثرات المستخدمة كبريتات الألمونيوم $Al_2(SO_4)_{3\cdot 18}H_2O$ أو ما يسمى بـ «الشب».

التنديف: عملية فيزيائية تتضمن الخلط البطيء لإتاحة الفرصة لحدوث تلامس بين الندف المتكونة في عملية التخثير، لتلتصق ببعضها مشكلة ندف كبيرة لها القدرة على الاستقرار و الترسيب بسبب ثقل وزنها، وتم إزالتها بطريقة الترشيح.

إضافة المُخثرات
(Coagulants)



تشكيل النُدف
(Flocs)

5. الترشيح (Filtration)

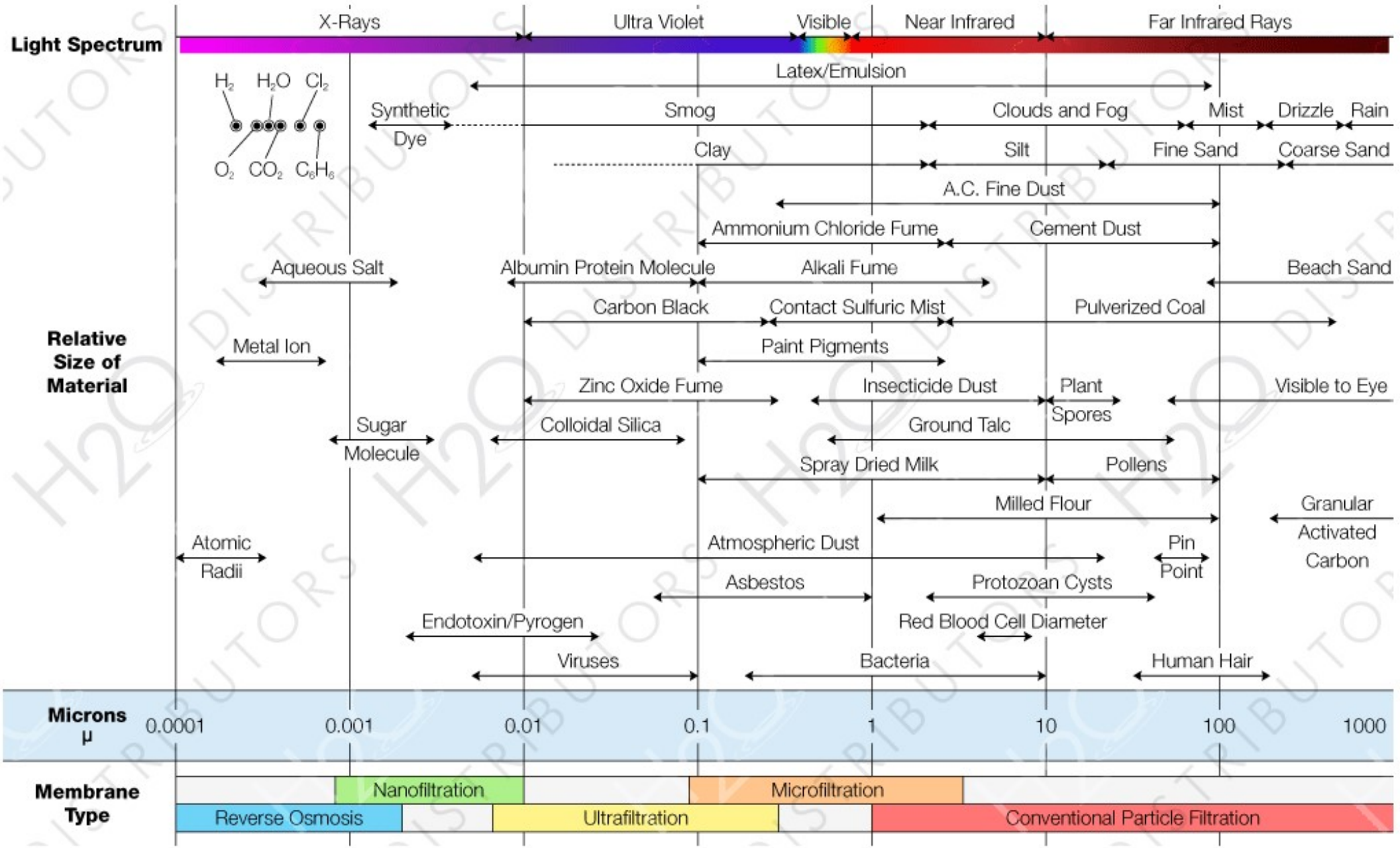
يعرف الترشيح بأنه عملية فصل فيزيائي بين طورين:

- الطور السائل (liquid phase): الماء.
- الطور الصلب (solids phase): الشوائب مثل:
  - مواد صلبة معلقة (Suspended Solid Materials) ذات حجم حبيبي متوسط - دقيق (1000 - 1 ميكرون).
  - مواد غروية (Colloidal Materials) ذات حجم حبيبي دقيق - دقيق جداً (1 - 0.001 ميكرون).
  - مواد مذابة (Dissolved Materials) ذات حجم حبيبي فائق الدقة (0.001 – 0.00001 ميكرون).

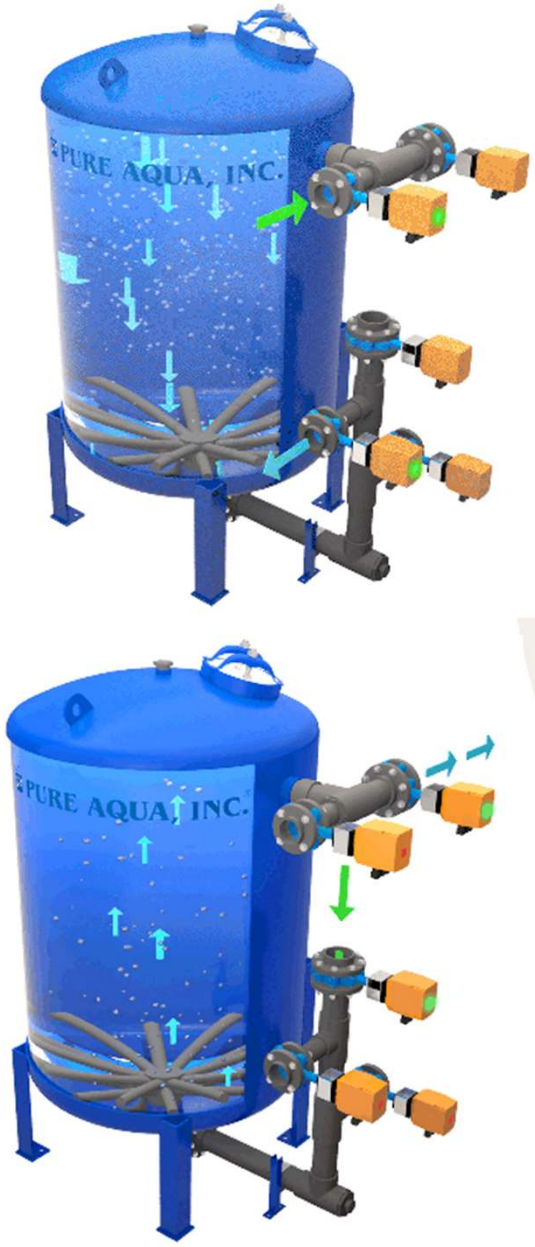
ملحوظة: 1 ميكرون = 0.001 ملليمتر

طرق الترشيح (Filtration Methods)

طرق الفلترة		حجم الجسيمات المرشحة
الترشيح الحبيبي (Particle Filtration)		40 - 20 ميكرون رمل، وحل، بعض الأوليات والبكتريا
ترشيح غشائي (Membrane Filtration)	الترشيح الدقيق (Microfiltration)	5 - 0.08 ميكرون طين، غبار، كل الأوليات والبكتريا
	الترشيح المستدق (Ultrafiltration)	0.05 - 0.008 ميكرون معظم أنواع الفيروسات
	الترشيح بتقنية النانو (Nanofiltration)	0.01 - 0.0009 ميكرون جميع أنواع الفيروسات، بعض الأملاح
	التناضح العكسي (Reverse Osmosis)	0.003 - 0.0001 ميكرون أملاح، ايونات فلزية، مركبات عضوية


Light Spectrum
X-Rays
Ultra Violet
Visible
Near Infrared
Far Infrared Rays
Relative Size of Material
Latex/Emulsion
Synthetic Dye
Smog
Clouds and Fog
Mist
Drizzle
Rain
Clay
Silt
Fine Sand
Coarse Sand
A.C. Fine Dust
Ammonium Chloride Fume
Cement Dust
Aqueous Salt
Albumin Protein Molecule
Alkali Fume
Beach Sand
Carbon Black
Contact Sulfuric Mist
Pulverized Coal
Metal Ion
Paint Pigments
Zinc Oxide Fume
Insecticide Dust
Plant Spores
Visible to Eye
Sugar Molecule
Colloidal Silica
Ground Talc
Spray Dried Milk
Pollens
Milled Flour
Granular Activated Carbon
Atomic Radii
Atmospheric Dust
Pin Point
Asbestos
Protozoan Cysts
Endotoxin/Pyrogen
Red Blood Cell Diameter
Viruses
Bacteria
Human Hair
Microns μ
0.0001
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
Membrane Type
Nanofiltration
Microfiltration
Reverse Osmosis
Ultrafiltration
Conventional Particle Filtration

ميكانيكيـــــة الترشـــــيح
Filtration Mechanism



- التصاق بعض المواد العالقة على سطح حبيبات الرمل.
- ترسيب بعض المواد العالقة في فجوات الرمل، حيث تعمل فجوات الرمل كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبياً.
- تتكون طبقة هلامية على سطح حبيبات الرمل من المواد العالقة الدقيقة وما يحتمل وجوده من كائنات حية دقيقة.
- اختلاف الشحنات الكهربائية الساكنة على سطوح كل من حبيبات الرمل ودقائق المواد العالقة مما يؤدي إلى تجاذبها و بالتالي التصاقها وحجزها.

الترشـــــيح الحبيـــــبي
Particle Filtration

الترشيح الحبيبي: عملية فيزيائية تشتمل على إزالة المواد الصلبة العالقة (Suspended Solids) في المياه عن طريق امرارها خلال وسط مسامي يسمح بنفاذ المياه دون المواد العالقة.

يمكن تقسيم المرشحات الحبيبية إلى نوعين رئيسيين هما مرشحات معتمدة على الجاذبية ومرشحات معتمدة على الضغط .

الترشـــيح الحبيـــبي
Particle Filtration

- مرشحات معتمدة على جاذبية (Gravity Filters): وهي عبارة عن أوعية مفتوحة (Open vessels) تعتمد في تشغيلها وتدفق الماء خلالها على الجاذبية الأرضية وتقسم الى قسمين مرشحات رملية سريعة ومرشحات رملية بطيئة.

  - **المرشحات الرملية السريعة:** وهي عبارة عن احواض مستطيلة عادة مصنوعة من الخرسانة تحتوي على طبقات وأحجام مختلفة متتالية من الحصى و الرمل وأحياناً الفحم.

  - **المرشحات الرملية البطيئة:** تتشابه مع المرشحات الرملية السريعة، وتختلف عنها في أن معدل الترشيح فيها منخفض ولذلك تزيد من نقاوة الماء، كما أن فترة الغسيل العكسي فيها طويلة تصل إلى يومين، وكلفة تشغيلها عالية.

الترشـــــيح الحبيـــــبي
Particle Filtration

- مرشحات معتمدة على الضغط (Pressure Filters): وهي عبارة عن أوعية مغلقة (Closed vessels) تحت ضغط، وتعتمد في تشغيلها وتدفق الماء خلالها على الضغط.

- يتم تصميم مرشح الضغط على شكل وعاء أسطواني عمودي من الفولاذ الصلب والذي يتراوح نصف قطره من 30 سنتيمتر إلى 3 متر، بطاقة إنتاجية تصل الى 1000 لتر/ دقيقة. واذا كان الفلتر موضوع بشكل أفقي فان طوله يتراوح بين 3 - 8 متر بقطر يصل إلى نحو 2 متر، وطاقة إنتاجية تتراوح بين 750 - 2300 لتر/دقيقة.

الترشـــيح الحبيـــبي
Particle Filtration

Pumice

Silica Sand

Zeolite

Carbon

الترشـــيح الحبيـــبي
Particle Filtration

تقييم كفاءة المرشح الرملي (Sand filter)

يـتم حسـاب فـرق الضـغط قبـل الفلتـر الرملـي وبعده، فإذا زاد فرق الضغط عن 0.5 بـار فـإن ذلك يعنـي حدوث انسداد لمسـام الفلتـر الرملـي، ومـن المفـروض أن يقـوم جهـاز الـتحكم بإيقـاف المحطـة، وإعطـاء رسـالة بعمـل غسـيل عكسـي (backwash). أما اذا لـم يحدث أي تغيير فـي فـرق الضـغط فيلـزم تغييـر الوسـائط (الرمـل والحصى).

التغيير: 5 - 8 سنوات (بنـاءً علـى مواصفات المياه).

Differential pressure at nominal flow rate: ≤ 0.5 bar (8 psi).

Service life: 5 Years

الترشـــــيح الحبيـــــبي
Particle Filtration

تقييم كفاءة المرشح الرملي (Sand filter)

After backwashing

Before backwashing

الترشـــــيح الحبيـــــبي
Particle Filtration

تقييم كفاءة المرشح الكربوني (Carbon filter)

يتم حساب فرق الضغط قبل الفلتر الكربوني وبعده، فإذا زاد فرق الضغط عن 0.5 بار فإن ذلك يعني حدوث تشبع للكربون، ويلزم عمل غسيل عكسي.

قياس نسبة (TOC) وفي المياه الداخلة إلى الفلتر الكربوني والخارجة منه. وكذلك الحال مع الكلور في حالة استخدامه لتعقيم المياه الخام.

التغيير: 1 - 2 سنوات (بناءً على مواصفات المياه).

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

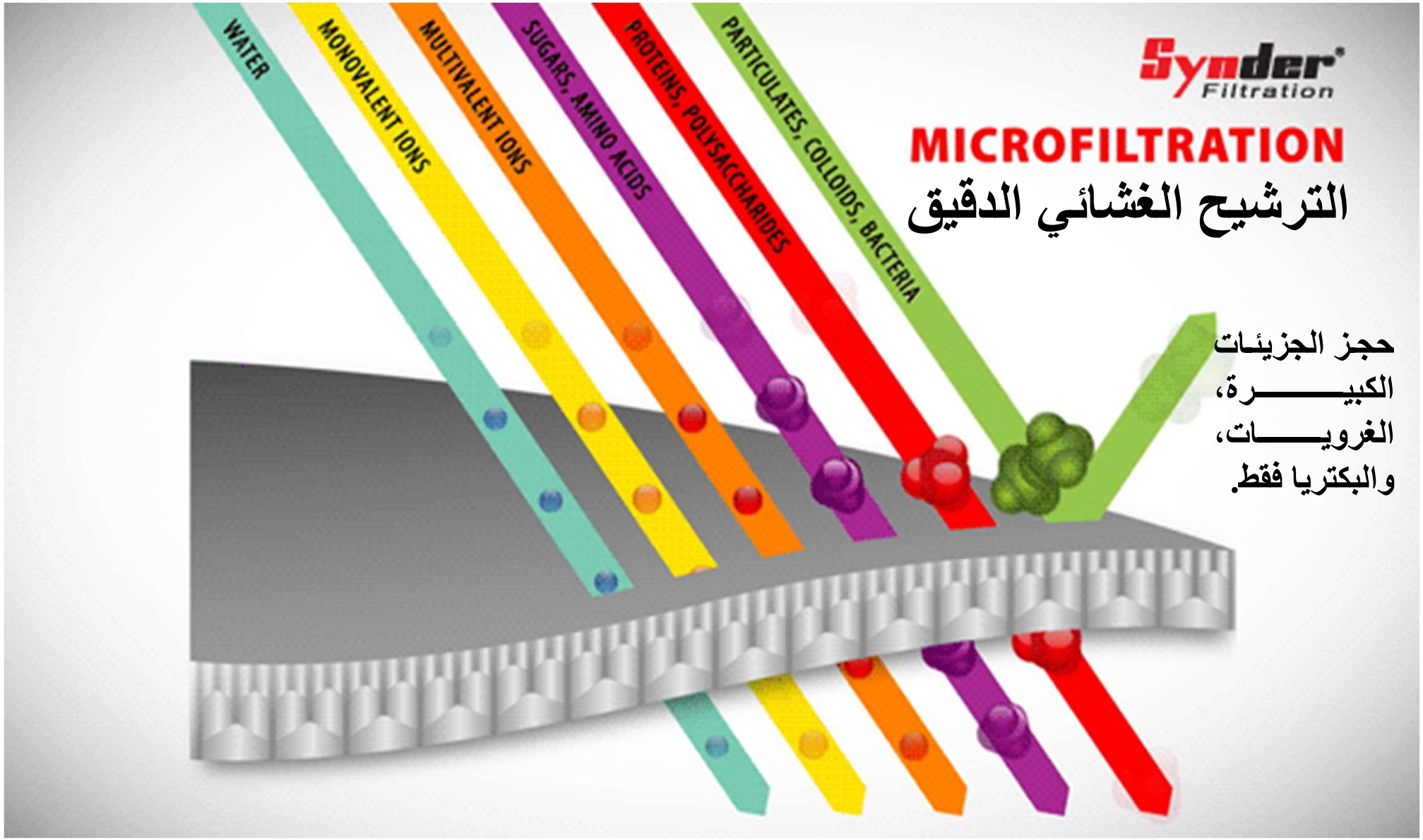
الترشيح الغشائي		حجم الجسيمات المرشحة
.1	الدقيق (Microfiltration)	5 - 0.08 ميكرون طين، غبار، كل الأوليات والبكتريا
.2	المستدق (Ultrafiltration)	0.05 - 0.008 ميكرون معظم أنواع الفيروسات
.3	تقنية النانو (Nanofiltration)	0.01 - 0.0009 ميكرون جميع أنواع الفيروسات، بعض الأملاح
.4	التناضح العكسي (Reverse Osmosis)	0.003 - 0.0001 ميكرون أملاح، ايونات فلزية، مركبات عضوية

الترشيح الغشائي الدقيق (Microfiltration)

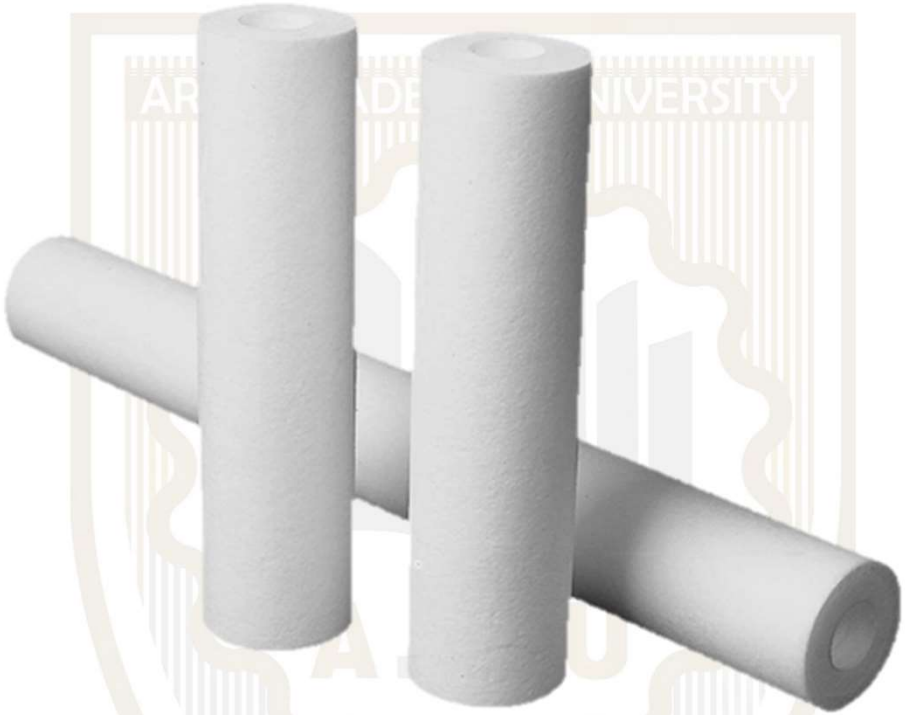
طريقة تعمل على فصل الجسيمات الدقيقة التي تتراوح أقطارها بين 0.08 - 5 ميكرون. هذه الطريقة لا تسمح للجسيمات والمواد الصلبة المعلقة، الطحالب، والبكتيريا بالنفاذ عبر الغشاء، لكنها تسمح بالنفاذ للجسيمات التي تقل أقطارها عن 0.08 ميكرون مثل المياه والأملاح الذائبة والمواد العضوية الذائبة، والمواد الغروية والفيروسات.

تتألف وسائط الفلترة في الترشيح الدقيق من أغشية مكونة من مواد عضوية مثل اسيتات السيليلوز (Cellulose Acetate)، والبوليمر (Polymer)، ومواد غير عضوية مثل السيراميك (Ceramic)، الفولاذ (Stainless Steel) أو الألمونيوم.

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



PP Spun Cartridge

Poly Propylene Yarn Cartridge

Polyester Pleated Cartridge

Microfilter Cartridges 5 , 1, 0.1 micron

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

تقييم كفاءة المرشح الغشائي الدقيق (Microfilter)

يتم ملاحظة لون غشاء الفلتر، إذا كان اصفر أو أحمـر أو بنـي ومـدى انتشـاره فـي قطـر الفلتـر أو فـي أجـزاء منـه لتحديـد مـا إذا قـد حدث تسرب إلى الفلاتر اللاحقة أم لا.

حساب فرق الضغط قبل الفلتر الدقيق وبعده، فإذا زاد فرق الضغط عن 1.5 بـار فـإن ذلـك يعنـي حـدوث انسـداد لمسـام الفلتـر، ويلـزم تغيير الفلتر.

التغيير: 3 – 6 أشـهر (بنـاءً علـى مواصـفات المياه).

Differential pressure at nominal flow rate: ≤ 0.2 -1.5 bar (3 - 22 psi).

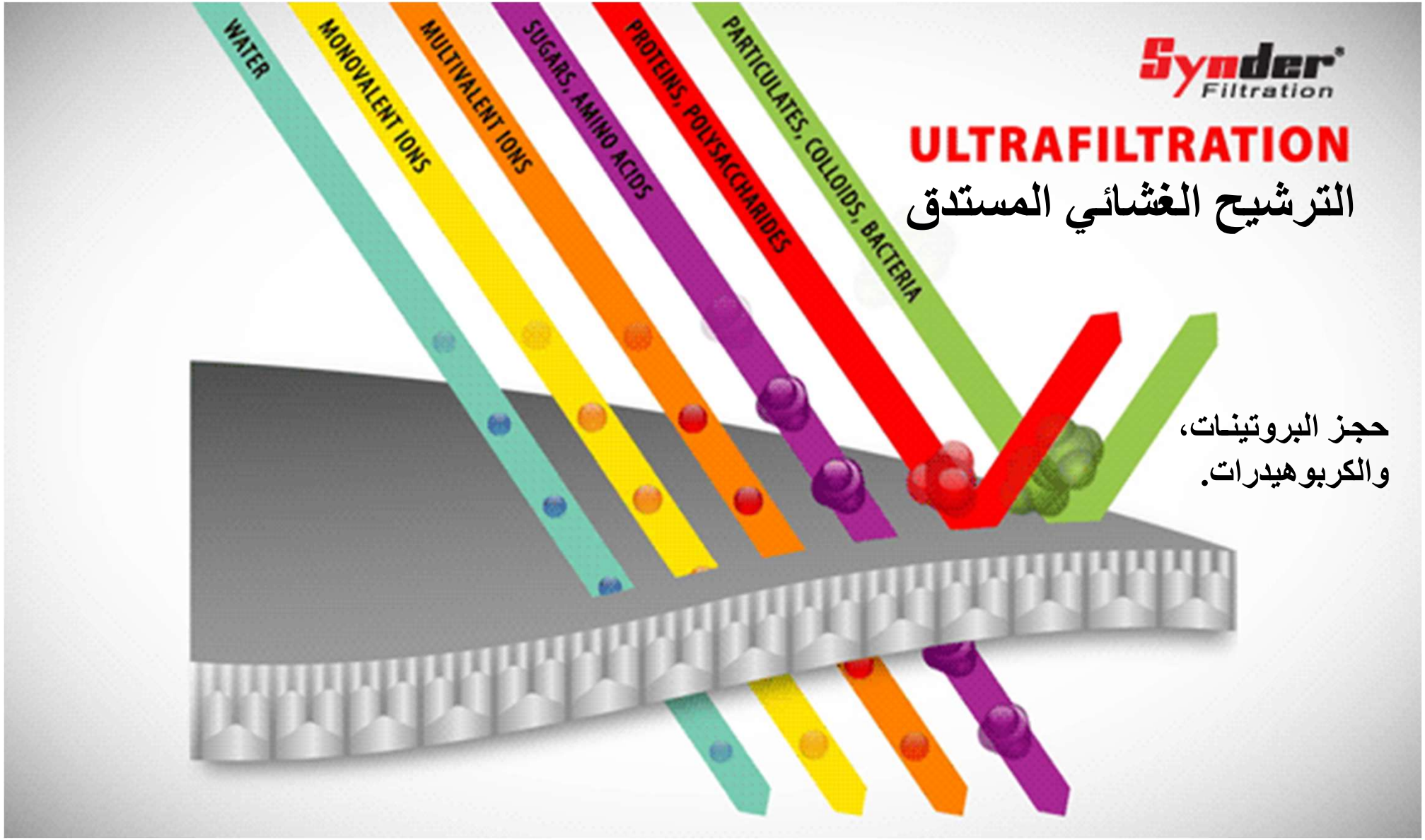
Service life: 3 -6 months

الترشيح الغشائي المستدق (Ultra Filtration)

طريقة تعمل على فصل الجسيمات الدقيقة جداً التي تتراوح أقطارها بين 0.05 - 0.008 ميكرون مثل بعض أنواع البكتيريا والفيروسات والبروتين والسكريات المتعددة، وتستخدم بعد عمليات التعقيم بالأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية (UV)، لحجز بقايا الكائنات الدقيقة الميتة. تتأثر هذه المرشحات بالكلور، بيروكسيد الهيدروجين، وحمض الكبريتيك والنيتريك، وقد تتعرض للتلف في حالة الغسيل العكسي عند ضغط أكبر من 1 بار.

تتألف وسائط الفلترة في الترشيح المستدق من أغشية مكونة من مواد عضوية مثل اسيتات السيليلوز (cellulose acetate)، والبوليمر (polymer)، ومواد غير عضوية مثل السيراميك (ceramic)، الفولاذ (stainless steel) أو الألمونيوم.

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

Ultrafilter Membrane
0.01 micron

Ultrafilter Cartridges
0.02 micron

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

تقييم كفاءة المرشح الغشائي المستدق (Ultrafilter)

يتم ملاحظة لون غشاء الفلتر، إذا كان اصفر أو أحمر أو بني ومدى انتشاره في قطر الفلتر أو في أجزاء منه لتحديد ما إذا قد حدث تسرب إلى الفلاتر اللاحقة أم لا.

حساب فرق الضغط قبل الفلتر الدقيق وبعده، فإذا زاد فرق الضغط عن 2 بار فإن ذلك يعني حدوث انسداد لمسام الفلتر، ويلزم إجراء غسيل عكسي، ما لم فيتوجب تغيير أغشية الفلتر.

التغيير: 3 – 6 أشهر (بناءً على مواصفات المياه).

Differential pressure at nominal flow rate: 2 bar (29psi).

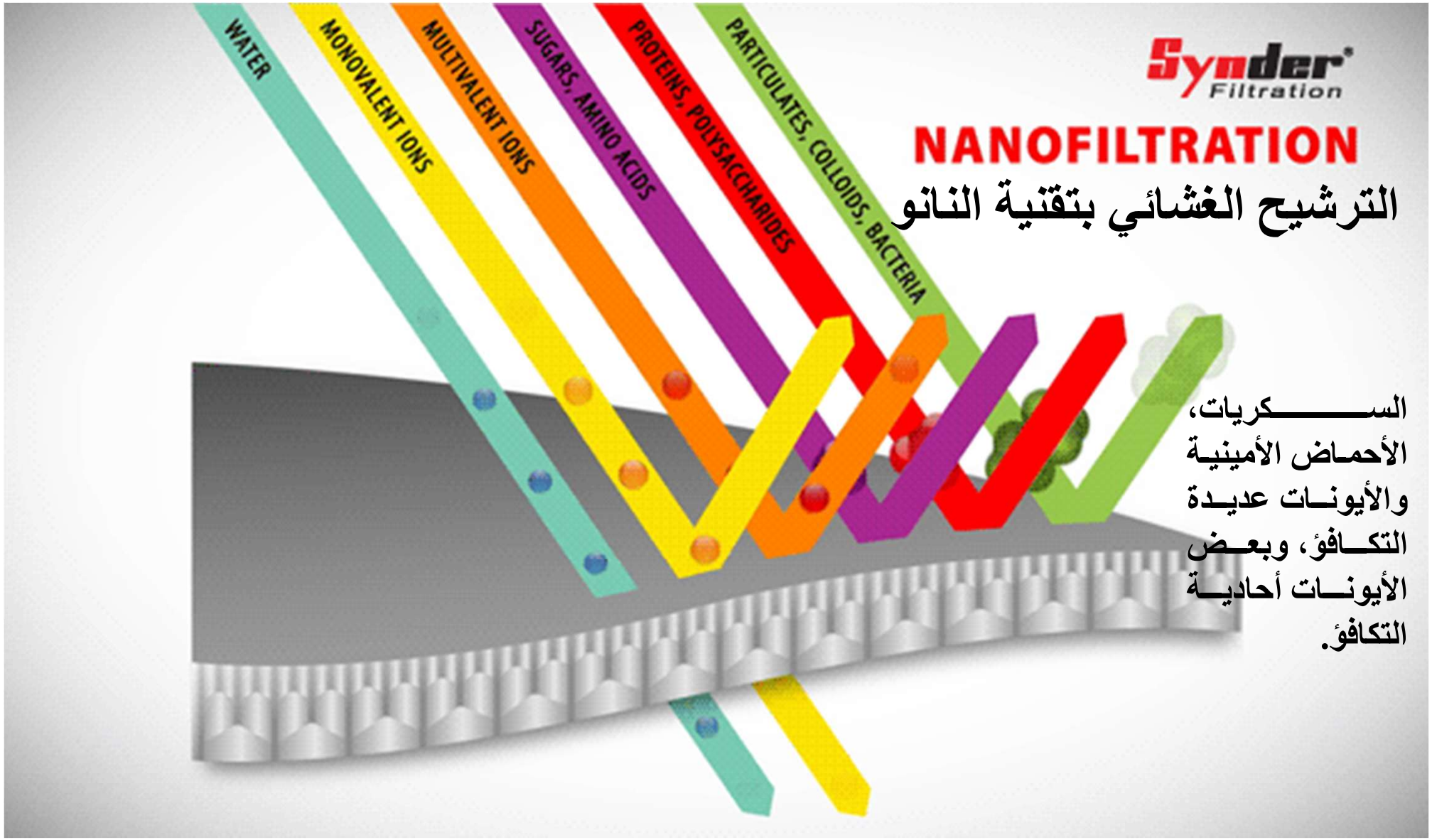
Service life: 3 -6 months

الترشيح الغشائي بتقنية النانو (Nanofiltration)

طريقة تعمل على فصل الجسيمات التي تتراوح أقطارها بين 0.01 - 0.0009 ميكرون، مثل الفيروسات، وبعض الأملاح، وتستخدم هذه الطريقة في الغالب مع مياه ذات محتوى منخفض من إجمالي المواد الصلبة (TDS).

من عيوب هذه الطريقة ارتفاع الكلفة، وصعوبة الصيانة، حيث يعتمد إصلاح واستبدال الغشاء (membrane) على نسبة الأملاح الكلية المذابة (TDS). تتألف وسائط الفلترة في الترشيح بتقنية النانو من أغشية مكونة من مواد عضوية مثل اسيتات السيليلوز (cellulose acetate)، والبوليمر (polymer)، ومواد غير عضوية مثل السيراميك (ceramic)، الفولاذ (stainless steel) أو الألمونيوم.

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



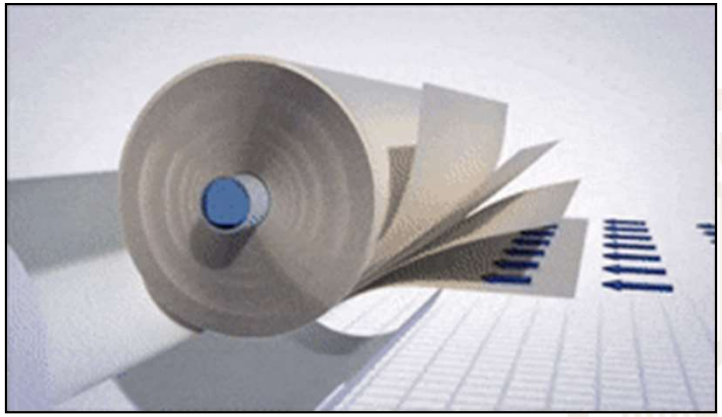
الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

الترشيح بالتناضح العكسي (Reverse Osmosis)

هي طريقة ترشيح غشائي (membrane filtration) حديثة تعمل على فصل الأملاح عن المياه، دون أحداث أي تغير في الحالة الطبيعية للمياه. يتراوح حجم الأملاح بين 0.003 - 0.0001 ميكرون، وتستخدم هذه التقنية في الغالب لتحلية مياه البحر، بالإضافة إلى معالجة المياه الجوفية ذات المحتوى العالي من الأملاح الكلية المذابة (TDS)، علاوة على استخدامه في صناعة الأدوية، الأغذية، والغسيل الكلوي... إلخ.

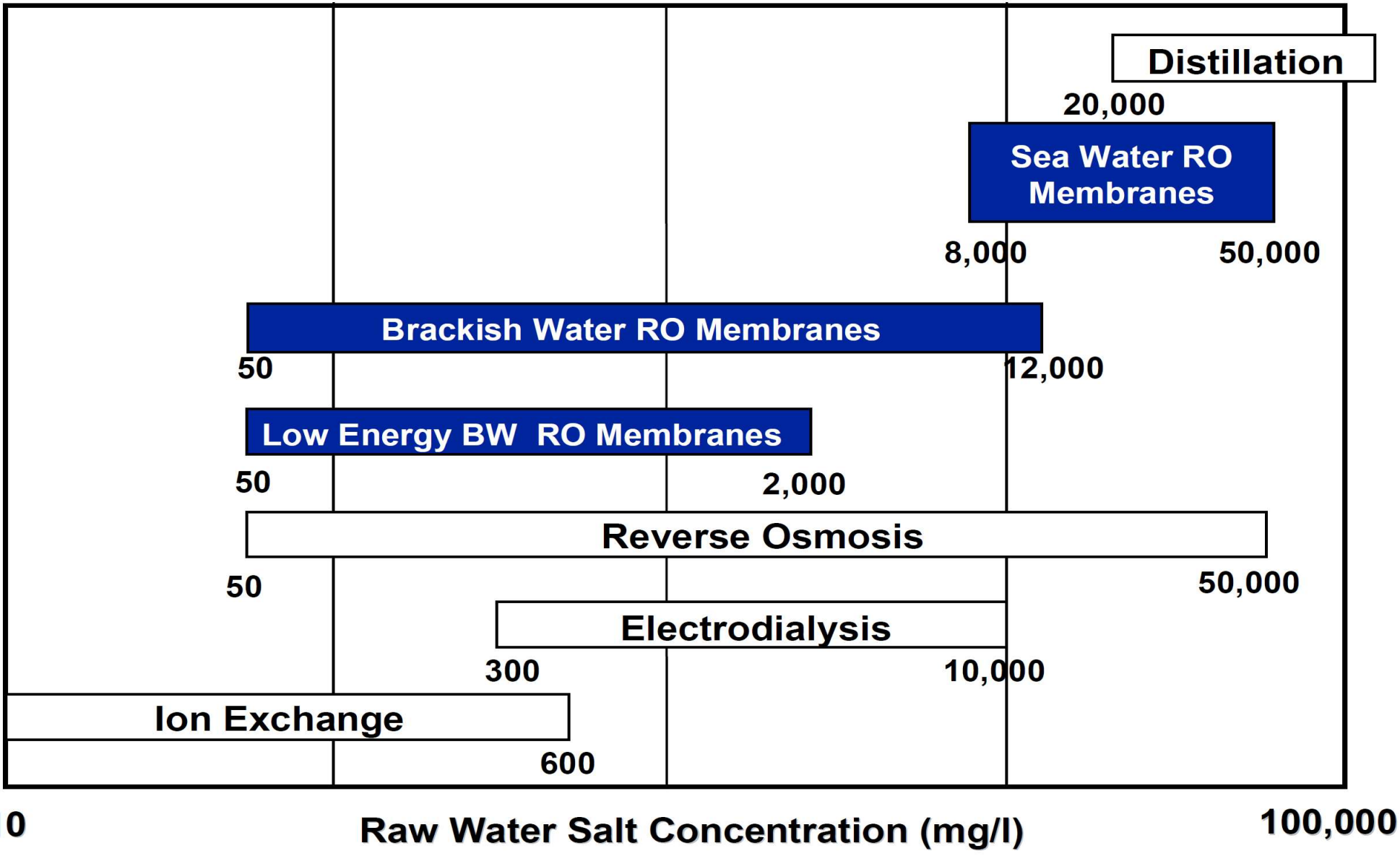
تتألف وسائط الفلترة في التناضح العكسي من الأغشية الرقيقة، كل غشاء يتكون من ثلاث طبقات: شبكة دعم من البولستر، وطبقة بينية من بولي سلفران دقيقة المسام، وطبقة حاجز متعدد الأميد فائقة الرقة أعلى السطح.

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



RO-Filter 0.0001 micron

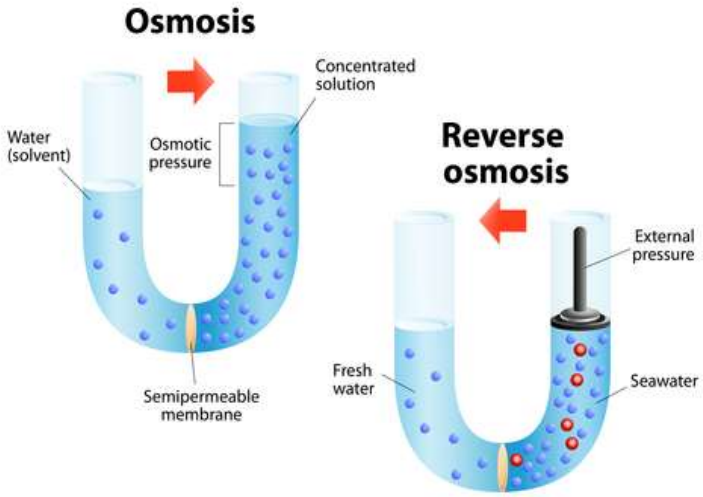
الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration



الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

مفهوم التناضح العكسي

التناضح أو الأسموزية (Osmosis) هي عملية انتقال جزيئات الماء من منطقة المياه العذبة (ذات التركيز المنخفض من الأملاح الصلبة الذائبة) عبر غشاء نصف نافذ إلى منطقة المياه المالحة (ذات التركيز المرتفع من الأملاح الصلبة الذائبة) حتى يحدث توازن على جهتي الغشاء، بمعنى توازن الأملاح الذائبة في كلا المنطقتين.



أما التناضح العكسي (R.O) فيحدث نتيجة لتسليط ضغط أسموزي عكسي أعلى من الضغط الأسموزي الطبيعي، وعندها تنشأ قوة دافعة تعمل على انتقال الماء من منطقة المياه المالحة إلى منطقة المياه العذبة، وحجز الأملاح في الغشاء.

شروط استخدام تقنية التناضح العكسي

- إجراء معالجة قبل التناضح العكسي:
  - ازالة المواد الصلبة المعلقة من المياه.
  - إزالة الكلور من المياه.
- إجراء معالجة أثناء التناضح العكسي:

إضافة مادة كيميائية (Antiscalant) لإذابة أي أملاح قد تترسب على الأغشية لمنع انسدادها.

- إجراء معالجة بعد التناضح العكسي:
  - إعادة ضبط الرقم الهيدروجيني (pH).
  - إعادة ضبط العناصر المعدنية الأساسية (Ca, Na, Mg, Fe, F ..etc)
  - التعقيم بالأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية (UV) أو الكلور.

إعادة ضبط العناصر المعدنية الأساسية

Remineralize Reverse Osmosis Water

- إضافة ملح (Adding Salt) مثل ملح الطعام "الهملايا" المحتوى على عناصر معدنية مثل (Na, Cl, Mg, Ca, Fe)، غير أن المشكلة التي قد تحدث هي زيادة الصوديوم بالماء بما يؤثر على الأشخاص الذين يعانون من أمراض الضغط والقلب.
- تركيب وحدة إعادة المعادن بعد وحدة التناضح العكسي في خط المياه الرئيسي. إنه في الأساس ملحق يشبه المرشح يحتوي على المعادن مثل معدن الكالسيت ($CaCO_3$) أو الدولومايت ($MgCO_3.CaCO_3$) أو مرشح الكربون المنشط (Activated Carbon).
- القطرات المعدنية (Trace Mineral Drops)، حيث تحتوي هذه عناصر معادن مثل (Na, Cl, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Se).

الترشـــــــيح الغشـــــائي
Membrane Filtration

تقييم كفاءة وحدة التناضح العكسي (RO)

يتم قياس إجمالي المواد الصلبة المذابة (TDS) للمياه الخارجة من وحدة التناضح (RO)، فإن حدث لها ارتفاع فيتم صيانة O-Ring فقد يكون حدث تسريب لمياه تغذية وحدة التناضح (RO)، وقد يكون تسرب نتيجة توسع مسام الأغشية الذي يستدعي استبدالها.

فحص تدفق المياه الخارجة (Permeate flow) من وحدة التناضح (RO)، فإن حدث له انخفاض بمعدل 15٪، فإن ذلك مؤشر إلى انسداد مسام الأغشية، ويلزم إجراء عملية غسيل باستخدام بيروكسيد الهيدروجين. فإذا لم يتحسن أداء المنظومة يتم استبدال الأغشية.

حساب فرق الضغط قبل الفلتر الدقيق وبعده، فإذا زاد فرق الضغط عن 2 بار (29 psi) فإن ذلك يعني حدوث انسداد لمسام الفلتر، ويلزم إجراء عملية غسيل عكسي، ما لم فيتم تغيير أغشية الفلتر.

التغيير: 3 - 5 سنوات (بناءً على مواصفات المياه).

6. الادمصاص (Absorption)

الكربون المنشط (Activated Carbon)

يصنع الكربون المنشط من الفحم أو الجرافيت بأسلوب خاص بحيث يصبح ذو مساحة سطحية عالية.

يستخدم الكربون بسماكات مختلفة تصل إلى 700 ملم للطبقة الواحدة، وبقطر فعال يقدر بنحو 0.7 ملم. يعمل الكربون المنشط ادمصاص المركبات العضوية (TOC)، الزيوت والشحوم، والكلور، والسيطرة على الطعم والرائحة.

Activated Carbon Filters

7. التبادل الأيوني (Ion Exchange)

يمكن تعريف التبادل الأيوني بأنه تفاعل كيميائي يتم خلاله تبادل أيون حر في محلول مائي مع ذرة عنصر في مادة صلبة لها القدرة على القيام بهذا التبادل. ويمكن تقسيم التبادل الأيوني حسب نوع الأيونات المشاركة في التبادل إلى قسمين:

- التبادل الكاتيوني (Cation Exchange):

يحدث عندما يستبدل أيون موجب ذائب في المحلول المائي مثل (Ca, Mg, Fe, Mn, Na) مع ذرة موجبة في المادة الصلبة.

- التبادل الأنيوني (Anion Exchange):

يحدث عندما يستبدل أيون سالب ذائب في المحلول المائي مثل (F, Cl, SO3, NO3) مع ذرة سالبة في المادة الصلبة.

7. التبادل الأيوني (Ion Exchange)

- **أنواع المبادلات الأيونية:**

1) **مبادلات أيونية طبيعية: ذات قدرة تبادلية منخفضة مثل معادن الزيولايت (Zeolite) والمعادن الطينية.**
2) **مبادلات أيونية اصطناعية: ذات قدرة تبادلية مرتفعة، وتقسم إلى:**

- **مبادلات أيونية اصطناعية غير عضوية: مثل سيليكات الألمونيوم المكونة من كبريتات الألمونيوم وسيليكات الصوديوم التي تستخدم لإزالة عسرة المياه.**
- **مبادلات أيونية اصطناعية عضوية: وتسمى الراتنجات (Resins) وهي عبارة عن بوليمرات أشهرها البولي ستارين ثنائي فنيل بنزين (SDVB).**

7. التبادل الأيوني (Ion Exchange)

- **تطبيقات التبادل الأيوني في المياه**

يتم تصنيع خطوط من أنظمة التبادل الأيوني باستخدام راتنجات التبادل الكاتيوني وراتنجات التبادل الأنيوني لمجموعة متنوعة من تطبيقات معالجة المياه مثل:

- إزالة عسر الماء
- إزالة النترات
- إزالة الكلورايد
- إزالة الفلورايد
- إزالة الكبريتات
- إزالة الزرنيخ

7. التبادل الأيوني (Ion Exchange)

إزالة العسرة من الماء باستخدام السوفتنر (Softener)

- يستخدم في هذا الجهاز راتنج صوديوم (Na-Resin) الذي يحتوي على ذرات صوديوم قابلة للاستبدال مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في الماء، حيث تقوم هذه الأيونات باحتلال مواقع ذرات الصوديوم في المبادل وطرد الصوديوم إلى الماء.
- وبعد أن يحدث تشبع للريزن، يتم إجراء عملية تنشيط من خلال يتم سحب محلول الملح (NaCl) من الخزان المخصص حيث تتم عملية تبادل أيونى عكسي تتمثل باستبدال أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم الموجودة على المبادل بأيونات الصوديوم الموجودة في محلول الملح، ثم يدخل الماء من أعلى السوفتنر ليمر على الريزن لغسله جيدا من أثار الملح.

ملحوظة: عند معالجة المياه بطريقة التبادل الأيوني من خلال فلتر السوفتنر لابد أن تكون نسبة الحديد في الماء منخفضة بسبب أن أيونات الحديد تقلل من كفاءة و عمر الريزن.

NEXT WEEK

LECTURE (6)

Water Treatment 2