الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

برنامج
تكنولوجيا معالجة المياه الجوفية

مهندس تشغيل مياه - ثانية

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي 2019 V2

الفهرس

إزالة عسر الماء 5
أسباب العسر 5
اثر وجود الأملاح في الماء 6
ثانيا أملاح سالبة الشحنة(Anions) 6
. الآثار الضارة لعسر الماء 7
. طرق إزالة عسر الماء 7
1. استعمال كربونات الصوديوم والجير في إزالة العسر 8
العوامل المؤثرة على جرعات الجير وكربونات الصوديوم 9
مفاعل الكريات pellet reactor 10
مميزات مفاعل الكريات 11
2. استعمال الزيوليت في إزالة العسر 12
أولا الترشيح: 12
ثانيا إزالة العسر (Softening): 13
ثالثا التنشيط 14
رابعا الغسيل 14
. مميزات طريقة الزيوليت: 14
عيوب طريقة الزيوليت: 14
. استعمال الزيوليت والجير في إزالة العسر 15
. وحدات إزالة عسر الماء سابقة التجهيز 15
. إزالة أملاح الحديد والمنجنيز 17
. أساليب إزالة الحديد والمنجنيز 17
1- تهوية الماء 18
. وحدات إزالة أملاح الحديد والمنجنيز 21
المعالجة الكيميائية للمياه الجوفية (إزالة الحديد و المنجنيز) 22
المعالجة تحت السطحية (بيرمان) 24
فكرة المعالجة: 24
نظرية إزالة الحديد والمنجنيز بطرقة (بيرمان): 24
التعريفات والاختصارات والمصطلحات 25
1. التهوية Aeration: 25
2. الخزان الجوفي Aquifer: 25
3. أكويتارد Aquitard: 25
4. برمان BURMAN:. Beheira Underground Removal of Manganese 25
5. الغطاء الطيني Clay Cap: 26

6. الدورة: Cycle 26
7. تسريب (تخلل) Infiltration: 26
8. الحقن Injection: 26
المتطلبات اللازمة لموقع تنفيذ نظام البيرمان: 26
الخطوات العملية لتشغيل نظام البيرمان: (مرفقات 8، 9 ، 10) 29
تقنيات الترشيح بالأغشية 31
مميزات الترشيح الغشائي 32
أنواع تقنيات الترشيح 33
الترشيح الفائق (UF) 34
الترشيح متناهي الدقة (NF) 34
التحليل الكهربي العكسي (EDR) 35
الترشيح باستخدام التناضح العكسي (RO) 35
الأس الهيدروجيني 38
معدل التدفق 38
اللزوجة 39

مقدمة

المياه الجوفية:

المياه الجوفية هي المياه التي تتجمع في باطن الأرض من تسرب مياه الأمطار إليها ثم تظهر ثانية بشكل ينابيع أو عيون طبيعية أو يتم استخراجها بواسطة الآبار ومصدر المياه الجوفية هو مياه الأمطار التي تكون المياه السطحية والتي يتسرب جزء منها في باطن الأرض مكونا المياه تحت الأرضية ويغوص في الأرض ويستمر تسرب حتى تصل إلى الطبقة السفلى المشبعة بالمياه ومستوى المياه في هذه الطبقة يطلق عليه المستوى المائي ويكون المنسوب الأعلى لهذه المياه شبه ثابت ويسمى بالمنسوب الإستاتيكى للمياه .ويتحكم في مياه هذه المنطقة التركيب الجيولوجي للطبقات ونوع المواد المكونة لهذه الطبقات.

كيفية الحصول على المياه الجوفية

تستعمل الآبار منذ القدم للحصول علي المياه المنتشرة في عديد من طبقات الأرض تحت السطحية. فإذا كانت المياه متجمعة من رشح القنوات والترع فإن البئر اللازم لسحب هذه المياه يسمي بئرا سطحيا، أما إذا كانت المياه الجوفية تجري في الخزان الجوفي لطبقات الرمل والحصي العميقة فإن سحب هذه المياه لايتم إلا من خلال الآبار العميقة.

وقد توجد المياه الجوفية محصورة في الخزان الجوفي بين طبقتين غير منفذتين واحدة من أعلي والأخري من أسفل مما يولد نوعا من الضغط أكبر من الضغط الجوي علي المياه المحصورة. ويتم سحب المياه من هذه الطبقات من خلال الآبار التي تسمي الآبار الارتوازية نسبة إلي بلدة إرتوازا بفرنسا حيث كان أول استعمال لهذه الآبار التي تتميز بارتفاع المياه نحو سطح الأرض بتأثير القوة الكامنة فيها.

والبئر في أبسط صورة عبارة عن مواسير متتالية يتم إدخالها في طبقات الأرض بطريقة القيسون (الحفر اليدوي) أو باستعمال الآلات الميكانيكية (الحفر الميكانيكي) حتى تصل إلي الطبقات المسامية المشبعة بالمياه الجوفية حيث تخترقها بطول كافي.

ويشترط في الخزان الجوفي أن يكون ذا مسامية عالية، ومشبع تماما بالمياه لتغذية البئر بمعدلات الضخ المطلوبة.، ونظرا لوجود العديد من الخزانات الجوفية المتعاقبة في عمق الأرض فإن الخزان الأهم هو ذو الإمكانيات الأعلى في تزويد البئر بالمياه.

يتناول هذا الكتيب ثلاث عمليات أساسية يتم إجراؤها لمعالجة المياه الجوفية وهي كما يلى:

1. إزالة عسر الماء
2. إزالة أملاح الحديد والمنجنيز.
3. تحلية مياه الآبار المالحة.

إزالة عسر الماء

يعرف عسر الماء (Hardness of Water) بأنه عدم القدرة علي تكوين رغوة عند استخدام الصابون، وتقسم درجة عسر الماء طبقا لتركيز أملاح كربونات الكالسيوم كما هو موضح بالجدول التالي :

جدول علاقة تركيز كربونات الكالسيوم بدرجة العسر للماء

م	وصف عسر الماء	درجة تركيز كربونات الكالسيوم
1	الماء غير العسر (يسر)	صفر – 75 ملجم /لتر
2	الماء متوسط العسر	75–150 ملجم /لتر
3	الماء العسر	150–300 ملجم /لتر
4	الماء شديد العسر	أكبر من 300 ملجم /لتر

أسباب العسر:

عند اختراق المياه السطحية ومياه الأمطار لطبقات الأرض تتخلص المياه من الشوائب العالقة بها مثل السلت والطمي والبكتريا بنظرية الترشيح وعند ذوبان الأملاح الموجودة في باطن الأرض(مثل أملاح الحديد والمنجنيز والكالسيوم والماغنسيوم) في الماء يحدث العسر.

اثر وجود الأملاح في الماء

أولا أملاح موجبة الشحنة (Cations)

1. أملاح الكالسيوم: تسبب العسر.
2. أملاح الماغنسيوم: تسبب العسر.
3. أملاح الحديد: تسبب العسر بالإضافة إلي تلوين الملابس – انسداد مواسير التغذية بالمياه – الطعم الرديء.
4. أملاح المنجنيز: تسبب العسر بالإضافة إلي تلوين الملابس – انسداد مواسير التغذية بالمياه.

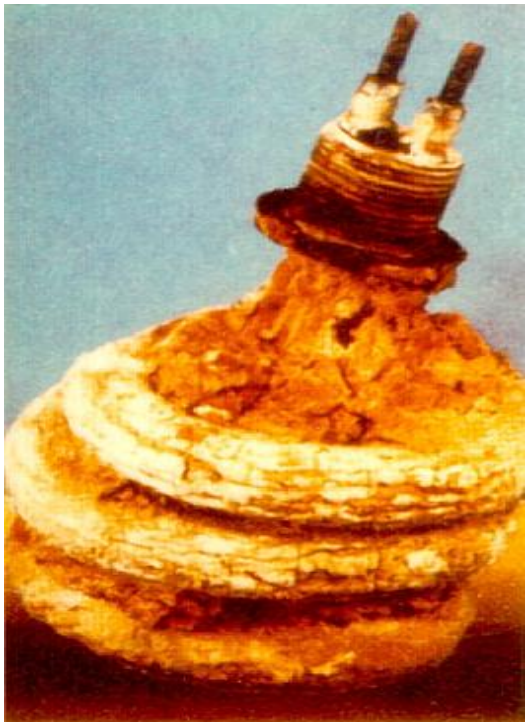
ثانيا أملاح سالبة الشحنة(Anions)

- الكربونات : تسبب قلوية المساء.
- البيكربونات : تسبب قلوية الماء.
- الكبريتات : تسبب الإسهال – تآكل بدن المواسير – صدأ المواسير.
- الكلوريدات : تعطي طعماً غير مستساغ للماء.
- الفوريدات : تسبب تسوس الأسنان(إذا كانت نسبة الفلورين 0.5 ملجم/لتر) كما تسبب تكسر الأسنان (إذا كانت نسبة الفلورين 1.5ملجم/لتر).

الآثار الضارة لعسر الماء :

يمكن تلخيص الآثار الضارة لعسر الماء كما يلى:

1. زيادة في استهلاك الصابون.
2. نقص في متانة الأقمشة ونقص عمرها الاصلي.
3. انسداد مسام الأقمشة بأملاح الكالسيوم وبذلك يفقد الماء قدرته علي التنظيف.
4. تعارض الماء العسر مع عملية صباغة الأقمشة.
5. عدم صلاحية الماء العسر للاستخدام في بعض الصناعات مثل صناعة الورق وصناعة الثلج والمغاسل.
6. التأثير الضار للماء العسر علي الغلايات والذي يؤدي إلي:
   - رفع درجة غليان الماء.
   - زيادة استهلاك والوقود.
   - نقص كفاءة الغلايات واحتمال انفجارها.
7. تعارض عسر الماء مع طهي وتعليب الأطعمة حيث أنه يسبب لوناً وطعماً غير مستساغ للأغذية.



شكل رقم 1 – ملف حرارى لسخان عليه ترسبات الكالسيوم

طرق إزالة عسر الماء

هناك ثلاث طرق لإزالة عسر الماء يمكن تلخيصها فيما يلى:

1. استعمال كربونات الصوديوم والجير– لإنتاج مياه الشرب
2. استعمال الزيوليت.(في الصناعة)
3. استعمل الزيوليت والجير. .(في الصناعة)
4. استخدام الترشيح بالأغشية

1. استعمال كربونات الصوديوم والجير في إزالة العسر

في هذه الطريقة يضاف كل من الجير وكربونات الصوديوم (Lime & Soda Ash) إلي الماء فيتفاعلان مع الأملاح المسببة للعسر وتنتج أملاح كربونات الكالسيوم غير القابلة للذوبان في الماء كما يتضح من المعادلات الكيميائية الآتية:

- بيكربونات الكالسيوم + الجير ⟵ كربونات الكالسيوم + ماء.
- بيكربونات الماغنسيوم + الجير ⟵ هيدروكسيد ماغنيسيوم +كربونات الكالسيوم+ ماء.
- كبريتات الكالسيوم + كربونات الصوديوم⟵ كربونات الكالسيوم + كبريتات الصوديوم.
- كبريتات الماغنسيوم +لجير + كربونات الصوديوم ⟵ هيدروكسيد ماغنيسيوم + كربونات الكالسيوم + كبريتات الصوديوم.

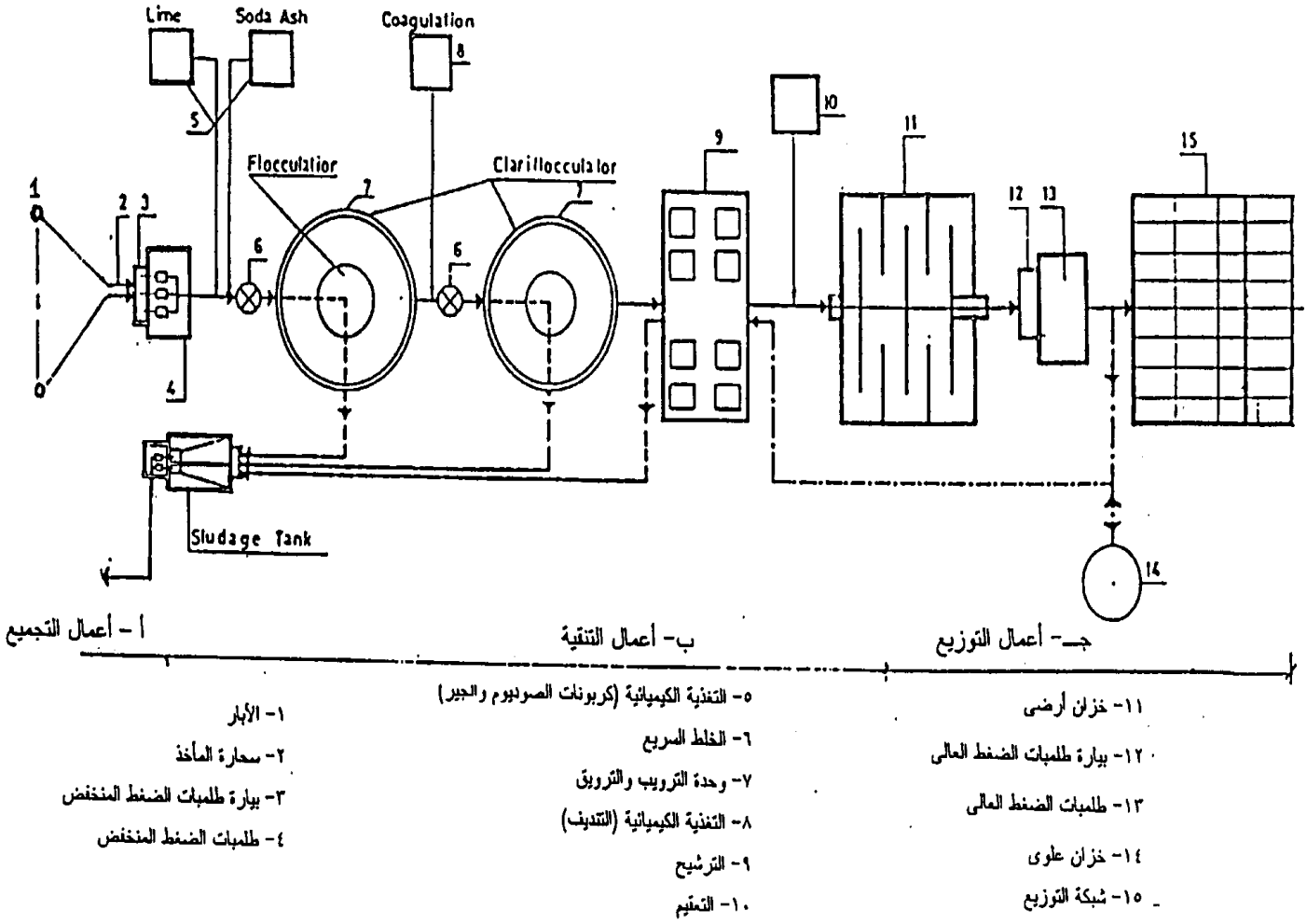
وبدراسة المعادلات الكيميائية السابقة نجد أن الجير يقوم بإزالة العسر الناتج من بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات الماغنسيوم – كما تقوم كربونات الصوديوم بإزالة العسر الناتج من كبريتات الكالسيوم وكذلك يلزم استعمال كل من كربونات الصوديوم والجير لإزالة العسر الناتج من كبريتات الماغنسيوم.

وتحدد كمية الجير وكربونات الصوديوم المضافة لإزالة العسر بواسطة أجهزة خاصة ويعرض الشكل رقم (8–1) مخطط لمسار المياه في وحدات إزالة العسر.

وتتوقف جرعات الجير وكربونات الصوديوم علي العوامل الآتية:

العوامل المؤثرة على جرعات الجير وكربونات الصوديوم

1. درجة عسر الماء –كلما زاد العسر يزاد الكميات المضافة.
2. درجة الحرارة – تساعد درجة الحرارة علي سرعة التفاعل الكيميائي.
3. جودة المزج والتقليب.
4. إضافة الشبة إلي الماء – بعد أن يتم التفاعل الكيميائي المزيل للعسر تساعد الشبة على ترسيب كربونات الكالسيوم الناتجة من هذا التفاعل.

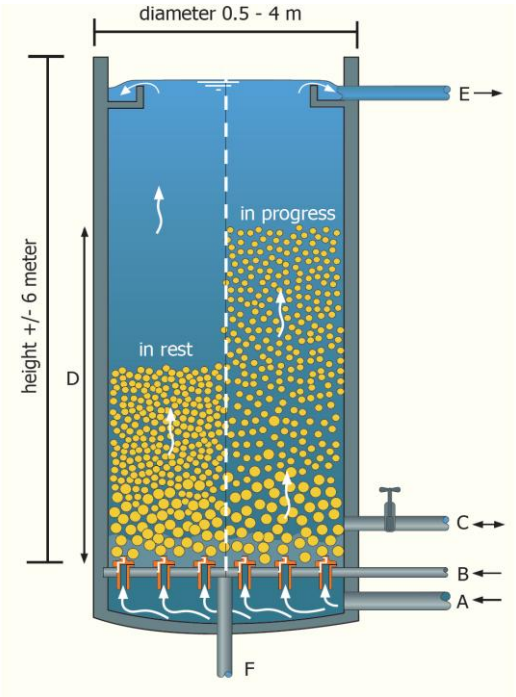


شكل رقم 2– رسم تخطيطي لمسار المياه في وحدات إزالة العسر باستخدام كربونات الصوديوم والجير

مفاعل الكريات pellet reactor

في هولندا حيث يتم انتاج اكثر 60% من مياه الشرب من المياه الجوفية و حيث ترتفع نسب العسر في المياه الخام يتم استخدام تكنيك أخر في إزالة العسر بمحطات مياه الشرب ألا وهو مفاعل الكريات .

فكرة العمل :



A supply of hard water
B supply of lye
C periodic dosing of sand grains (0.1-0.4 mm)
D forming pellets
E outlet for softened water
F periodic outlet of pellets (2 mm)

شكل رقم 3 – مخطط لمقطع بمفاعل الكريات

فكرة العمل :

المفاعل هو كما بالشكل عبارة عن وعاء اسطواني مرتفع مملوء بحبيبات الرمل ذات اقطار تتراوح من 0.6 الي 0.2 مم و حبيبات الرمل توفي مساحة سطحية كبيرة لملامسة الماء العسر، يدخل الماء العسر من مكان الدخول A و من خلال الفواني يتم توزيعه توزيعا متجانسا و بسرعة كبيرة تتراوح من 60 الي 100 م/س هذه السرعة تتسبب في طفو حبيبات الرمل وسط الماء العسر و ينساب الماء الي الي اعلي حيث مكان الخروج E

يتم حقن الجير من اسفل من خلال فواني منفصلة من B و يختلط الماء و الجير ينتشران بانتظام خلال مساحة مقطع المفاعل و يتم التفاعل و تكوين كربونات الكالسيوم " تفاعل سريع " و تترسب علي حبيبات الرمل التي تزداد في الحجم تدريجيا (1.0 –1.2 مم)

و تزداد في الوزن و تسقط الي قاع المفاعل حيث يتم سحبها من F و يتم إضافة ومال جديدة من C

<u>مميزات مفاعل الكريات</u>

- المفاعل لا ينتج روبة او منتجات يجب التخلص منها .
- الكريات المترسب عليها كربونات الكالسيوم تستخدم في الصناعة .
- لا يحتاج الي مساحة كبيرة .
- تكلفة تشغيل منخفضة .
- جودة مياه عالية و كفاءة عالية للمفاعل .

شكل رقم 4 – مفاعل الكريات في محطة التنقية

ج. استعمال الزيوليت في إزالة العسر

الزيوليت عبارة عن مركب يتكون من الكاولين والرمل والصودا ورمزه الكيميائي ($NaAlSiO_4$) أي سليكات الصوديوم والألومنيوم.

تتميز حبيبات الزيوليت بأنه عند مرور الماء العسر في مسامها يحدث تفاعل تبادلي بين الكالسيوم والماغنسيوم من ناحية والصوديوم الموجود في الزيوليت من ناحية أخري فيتكون زيوليت الكالسيوم والماغنسيوم الذى لا يذوب في الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التي لا تسبب عسر الماء. وذلك طبقاً للمعادلة الآتية:

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم ⟵ كبريتات الصوديوم+ زيوليت الكالسيوم

وتتكون عملية إزالة العسر من الماء بطريقة استعمال الزيوليت من المراحل التالية:

أولا: الترشيح

ثانيا: إزالة العسر

ثالثا: التنشيط

رابعا: الغسيل

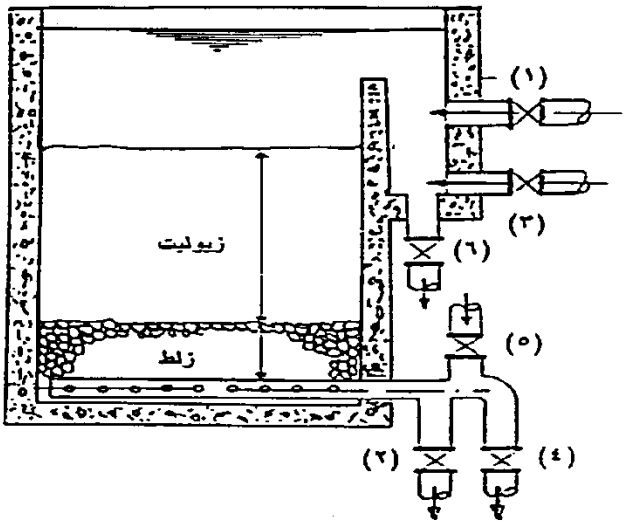
أولا الترشيح :

يمرر الماء العسر في مرشح يشابه المرشح الرملي السريع ويعمل بالانحدار الطبيعي أو تحت الضغط والمرشح عبارة عن حوض من الخرسانة أو الصلب– في قاع الحوض توجد شبكة المواسير المثقبة لتجميع وصرف المياه المرشحة – تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع 30 سم ثم طبقة من زيوليت الصوديوم بارتفاع 2متر – شكل رقم 5.

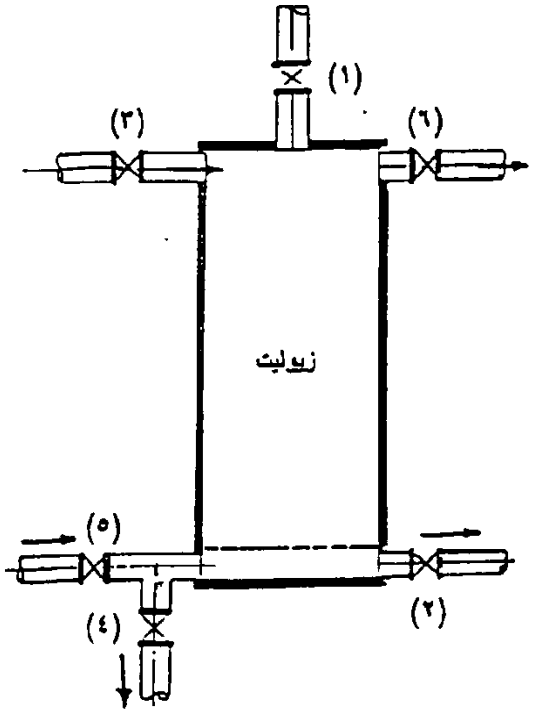
أما المرشح الذي يعمل بالضغط فيتكون من أسطوانة راسية أو أفقية محكمة توجد في قاعها شبكة من المواسير المثقبة تعلوها طبقة من الزلط ثم طبقة من زيوليت الصوديوم– شكل رقم 6.

ثانيا إزالة العسر (Softening):

تدخل المياه من الصمام رقم (1) وتمر خلال طبقة زيوليت الصوديوم فيتم التفاعل السابق ذكره. ثم تخترق المياه طبقة الزلط علي المواسير تجميع المياه المرشحة المثقبة ثم إلي خارج المرشح من الصمام رقم (2).



شكل رقم 5- تفاصيل مرشح الزيوليت يعمل (بالجاذبية)



شكل رقم 6- مرشح الزيوليت يعمل (بالضغط)

ثالثا التنشيط

يعد أن تتحول جميع حبيبات زيوليت الصوديوم الي حبيبات من زيوليت الكالسيوم – يوقف تشغيل المرشح بقفل الصمامين (1) و(2) ثم يفتح الصمامين (3) و (4) ليدخل محلول كلوريد الصوديوم ويتم التفاعل السابق ذكره وتتحول الحبيبات إلي زيوليت الصوديوم مرة أخري.

رابعا الغسيل

الغرض من هذه العلمية إزالة آثار كلوريد الصوديوم من جدران المرشح وشبكة الصرف وحبيبات الزلط وزيوليت الصوديوم.

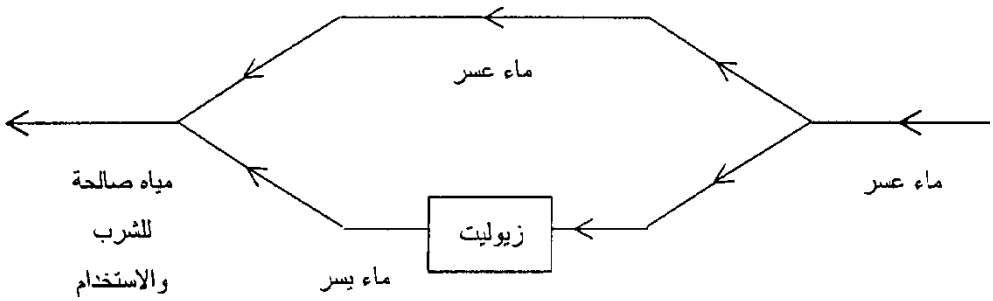
يفتح الصمام رقم (5) فتندفع المياه إلي أعلي مزيلة لآثار كلوريد الصوديوم والشوائب الموجودة في مسام الحبيبات وتخرج المياه من الصمام رقم (6).

مميزات طريقة الزيوليت:

1. تشغل حيزاً أقل من طريقة الجير و كربونات الصوديوم.
2. تزيل كل العسر الموجود بالماء مما يناسب بعض الأغراض الصناعية.
3. لا ينشأ عنها أي رواسب يجب التخلص منها.
4. سريعة الإنتاج – فلا تحتاج إلي وقت للتقليب أو الترسيب.
5. تناسب العمليات الصغيرة.

عيوب طريقة الزيوليت:

1. تزيل كل العسر مما يجعل طعمها غير مستساغ للشرب– ولذلك يفضل مزج المياه المعالجة ببعض الماء العسر لإكسابها طعماً مقبولاً كما هو موضح بالشكل رقم (8-4).
2. المياه العسرة المحتوية علي نسبة من العكارة أو أملاح الحديد تضر بالزيوليت –لذلك لا يفضل استخدام هذه الطريقة مع تلك النوعية من المياه.
3. قد تسبب المياه (بعد إزالة العسر منها) تأكلاً في المواسير الحديدية.



شكل رقم 7- الطريقة الهندسية للتغلب على عيوب طريقة الزيوليت

استعمال الزيوليت والجير في إزالة العسر

الغرض من هذه النظرية هو الاقتصاد في تكاليف استخدام الجير في إزالة العسر الناتج عن أملاح الكربونات و البيكربونات ثم استخدام الزيوليت لإزالة العسر الناتج من أملاح الكبريتات – أي أو الزيوليت يحل محل كربونات الصوديوم. وتتبع هذه الطريقة عند تعذر الحصول علي كربونات الصوديوم أو إذا كان سعرها أكبر من كلوريد الصوديوم الذي يعلم في إعادة تنشيط الزيوليت كما هو موضح بنفس الشكل رقم 7 حيث يتم استخدام الزيوليت والجير بدلا من كربونات الصوديوم و الجير في إزالة العسر.

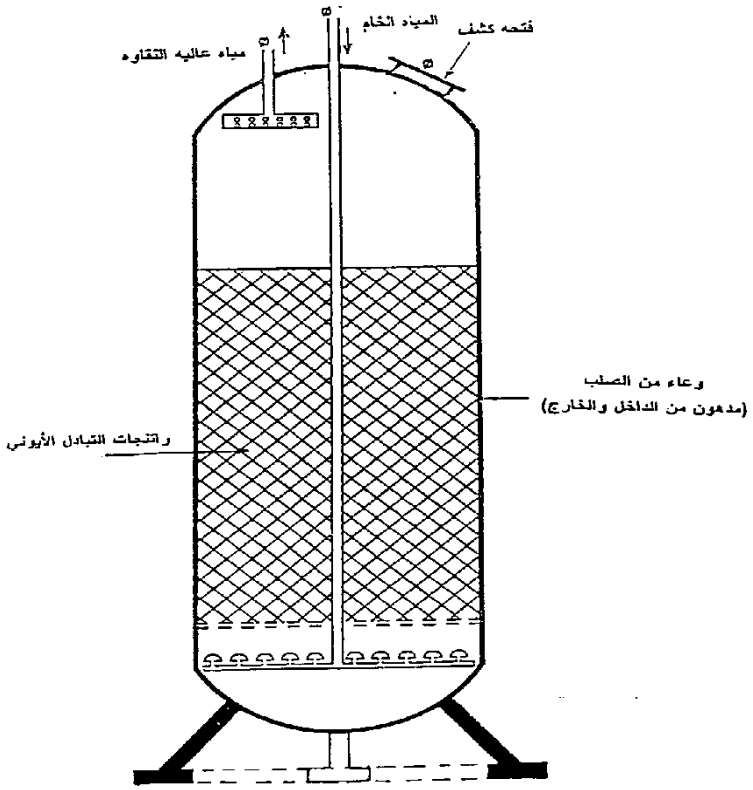
كما تتميز هذه الطريقة بأن الماء الناتج قد أزيل العسر منه تماماً مما يجعله مناسباً لبعض الصناعات – أما في حالة استخدام هذا الماء في الشرب فيجب أضافة بعض الماء العسر إليه لجعله مستساغاً للشرب.

وحدات إزالة عسر الماء سابقة التجهيز

تتميز الوحدات سابقة التجهيز لإزالة عسر المياه بالآتي:

1. تعمل علي إزالة عسر الماء، فتزيل الأملاح من مياه الآبار لتلائم المواصفات القياسية للمياه اللازمة للعمليات الصناعية والغلايات والمستشفيات ودوائر تكييف الهواء حيث تمنع تكون القشور والرواسب الناتجة عن أملاح العسر وتحويلها إلي أملاح ذائبة في الماء.
2. تستخدم في هذه الوحدات راتنجات التبادل الأيوني ذات الكفاءة العالية (Exchange Resin Cation) وتعتبر تطويراً لأسلوب الزيوليت، كما أن عمرها الافتراضي طويل ولا يتأثر بالإجهادات في التشغيل ويعاد تنشيط الراتنج المستعمل باستخدام ملح كلوريد الصوديوم.

3. تتميز هذه الوحدات بسهولة صيانتها و إمكانية رفع كفاءتها في أي وقت كما يمكن إعادة شحنها بالراتنجات عند الحجة.
4. تصنيع هذه الوحدات من الصلب الكربوني المدهون من الداخل والخارج بدهانات ايبوكسية مقاومة للصدأ كما هو موضح بالشكل رقم 8 .
5. الضغط المناسب للتشغيل 2 كجم/سم^2 .
6. تعمل علي تيار ذي جهد 240 فولت- 50 ذبذبه / ثانية .



شكل رقم 8- تفاصيل وحدة إزالة عسر الماء سابقة التجهيز

إزالة أملاح الحديد والمنجنيز

يتسبب وجود أملاح الحديد والمنجنيز (Iron & Manganese) في الماء في كثير من المتاعب أهمها:

1. تواجد طعم غير مستساغ للمياه .
2. تلوين الملابس والأدوات المنزلية والأجهزة الصحية للحمامات.
3. تكوين قشور من الصدأ داخل المواسير الحديدية مما يتسبب في تقليل مساحة مقطعها.
4. توالد بكتريا الحديد في المياه المحتوية علي تركيزات عالية من مركبات الحديد مما يتسبب في سرعة تكون القشور داخل المواسير ويقلل من مساحة مقطعها .
5. تأكسد المنجنيز الذائب في الماء مكونا رواسب في المواسير مما يقلل من مساحة مقطعها وبالتالي من كفاءتها في نقل الماء .

أساليب إزالة الحديد والمنجنيز

يتوقف اختيار أسلوب إزالة أملاح الحديد والمنجنيز علي طبيعة تواجدهم في الماء– لذلك فمن المفضل عمل تجارب معملية علي عينة من المياه لتقرير الأسلوب المناسب ومن الأساليب المستخدمة لهذا الغرض:

1. تهوية الماء.
2. المعالجة الكيميائية برمنجنات البوتاسيوم
3. استعمال مرشحات الزيوليت.
4. إضافة الجير.
5. التهوية تحت السطحية BERMAN

ويعتبر أسلوب تهوية الماء من أشهر هذه الأساليب وأكثرها فعالية حيث يمكن باستخدامه التخلص من الغازات الذائبة في الماء مثل كبريتور الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلي إزالة الروائح من الماء وفيما يلي شرح تفصيلي لهذا الأسلوب.

1- تهوية الماء

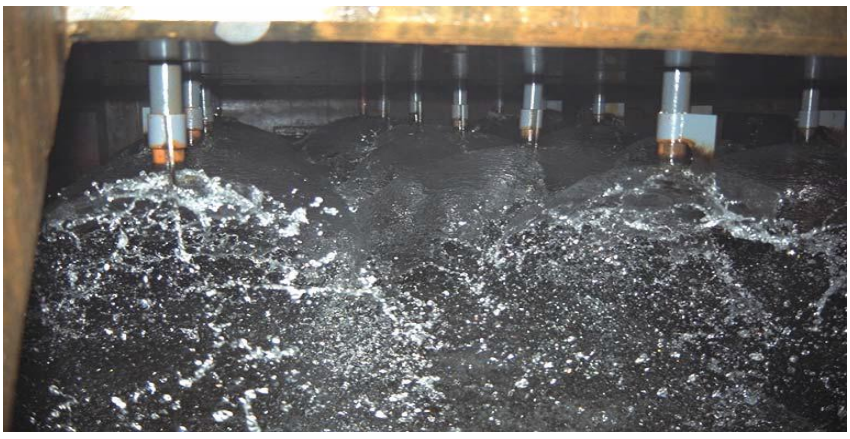
باستخدام أسلوب تهوية الماء تتم أكسدة أملاح الحديد والمنجنيز وتحويلها إلي أكاسيد الحديد والمنجنيز التي تترسب وتسهل إزالتها.

والأكسجين اللازم لإزالة مركبات الحديد من الماء 0.14 جزء في المليون لكل جزء في المليون من الحديد المطلوب إزالة. وتتوقف كفاءة عملية التهوية علي مساحة المسطح المائي ومدة بقاء هذا السطح معرضا للهواء وتستخدم الطرق الآتية في تهوية الماء:

1. التهوية باستخدام النافورات.
2. التهوية باستخدام الشلالات المتتالية .
3. استخدام الهوايات ذات الصواني المتعددة.
4. التهوية بالهواء المضغوط .

أولا: التهوية باستخدام النافورات (Spray Nozzles):

يتم ضخ المياه تحت ضغط عالي من خلال ماسورة مثقبة موجودة أعلى الوحدة، فتندفع المياه من هذه الثقوب (الرشاشات) مختلطة بالهواء الجوي حيث تتم عملية التأكسد كما هو موضح بالشكل رقم 9. وكلما صغرت قطرات الماء كلما زادت المساحة الكلية المعرضة للتهوية مما يزيد من كفاءتها. إلا أن بقاء قطرات الماء لثواني معدودة يحد من فاعلية هذه الطريقة. ومن عيوب هذه الطريقة احتياجها الى مساحات كبيرة تشغلها النافورات بالإضافة الى احتياجها لضغط عال لدفع المياه في النافورات.



شكل رقم 9 – تهوية الماء باستخدام النافورات

ثانيا التهوية باستخدام الشلالات المتتالية (Cascade Falls):

تتدفق المياه على مدرجات متتالية (سلالم) ينكسر عليها الماء في طبقات رقيقة تساعد على اختلاط الهواء بالماء وتحدث عملية الأكسدة لمركبات الحديد والمنجنيز، كما هو موضح بالشكل رقم (10).

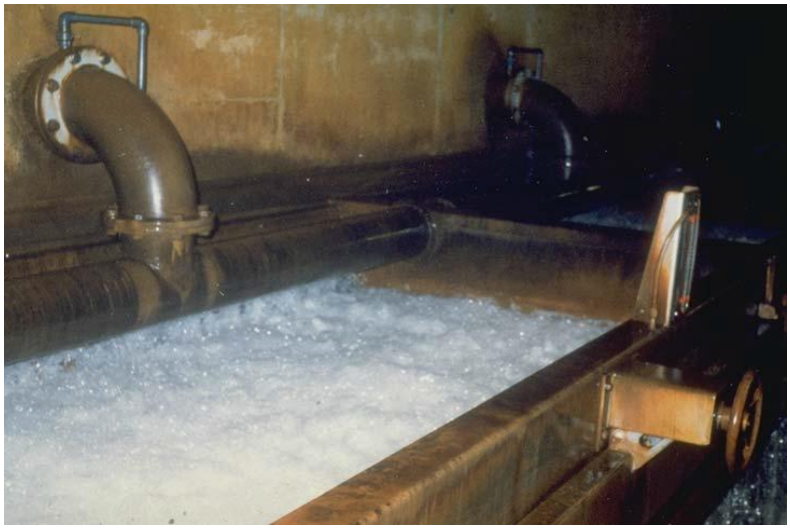
شكل رقم 10 – عملية أكسدة مركبات الحديد والمنجنيز

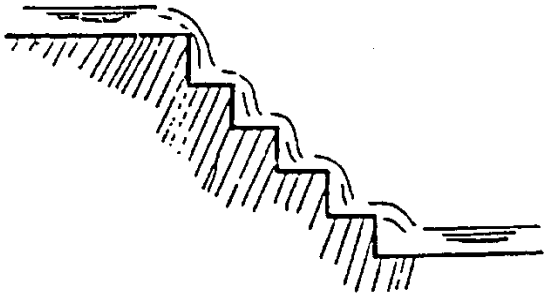
ثالثا استخدام الهوايات ذات الصواني المتعددة (Multiple Tray Aerator):

يتكون هذا النظام من عدد من الصواني المثقبة تعلو بعضها البعض بمسافة بينية قدرها نصف متر تقريبا. تحتوى كل من هذه الصواني على طبقة من فحم الكوك أو الخبث المتخلف من صهر المعادن أو الحجارة أو الكرات الخزفية (Ceramic Balls) بارتفاع 20–30 سم. وتتراوح أحجام هذه الكرات من 5–10 سم. يرش الماء على الصينية العليا على هيئة قطرات وذلك بمعدل 250–500 لتر/دقيقة فتتساقط المياه على طبقة الفحم وتمر من ثقوب الصينية العليا الى التالية لها وهكذا، وتختلط بالهواء الذى يعمل على أكسدة الحديد والمنجنيز، كما هو موضح بالشكل رقم (12).

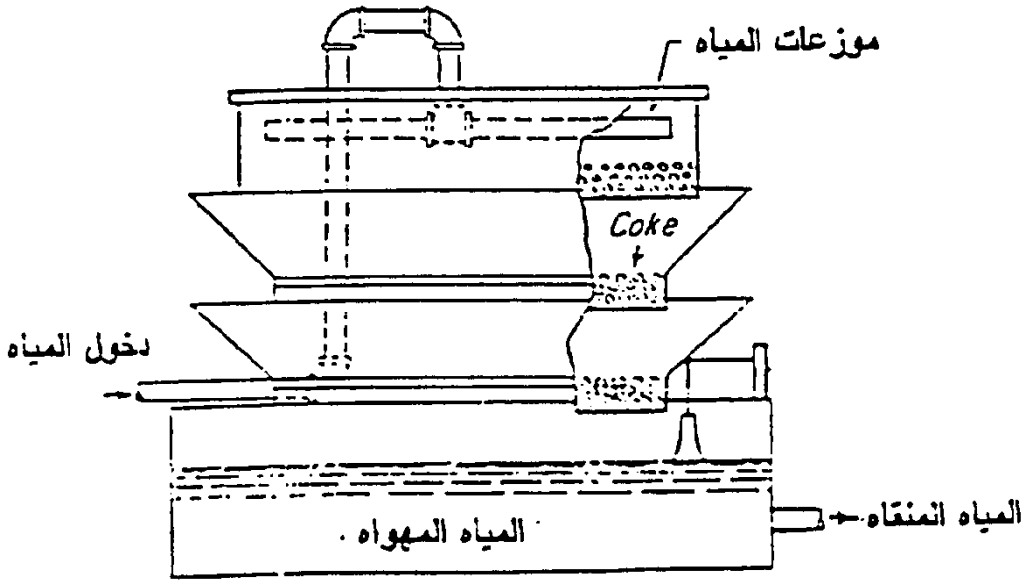
رابعا التهوية بواسطة الهواء المضغوط (Compressed Air):

يتكون هذا المنشأ من احواض خرسانية بأعماق 3–5 متر تدخل فيها المياه من أعلى وتمكث فيها ما بين 5–30 دقيقة. في أسفل هذه الأحواض توضع شبكة من المواسير المثقبة أو الأقراص المسامية. ويخرج الهواء المضغوط من هذه الثقوب أو المسام على شكل فقاقيع، كلما صغر حجمها زادت فعاليتها في التهوية.



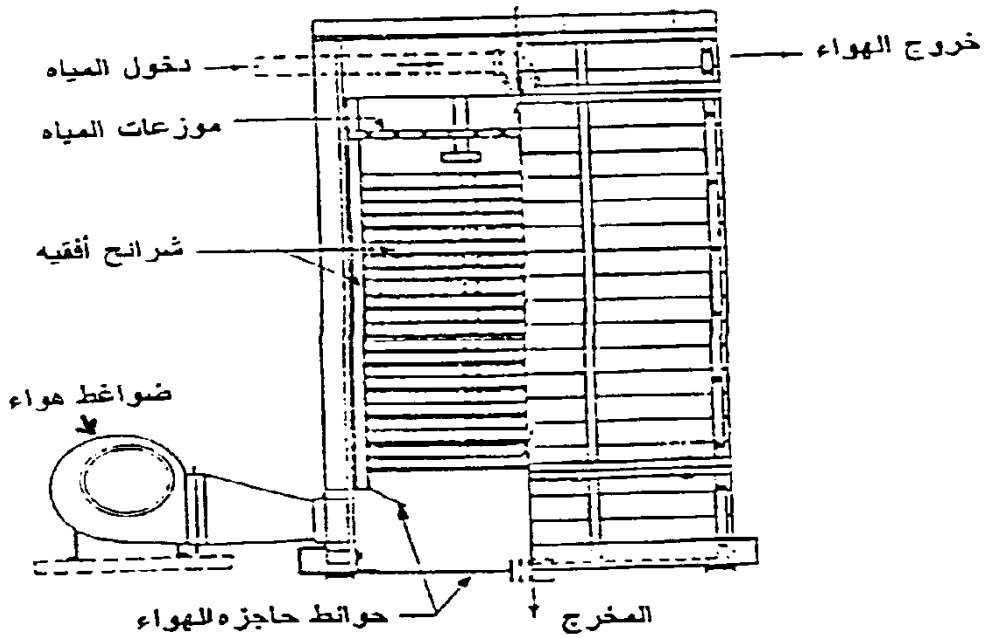


شكل رقم 11- تهوية الماء باستخدام الشلالات المتتالية



شكل رقم 12- الهوايات ذات الصوانى المتعددة

تتميز هذه الطريقة بإمكان التحكم في فترة بقاء الماء في الحوض، كما أنها تساعد على ترويب المواد العالقة إذا إضيفت المروبات في نفس الحوض مما يعمل على ترسيب أملاح الحديد، كما هو موضح بالشكل رقم (13).



شكل رقم 13- تهوية الماء باستخدام الهواء المضغوط

. وحدات إزالة أملاح الحديد والمنجنيز

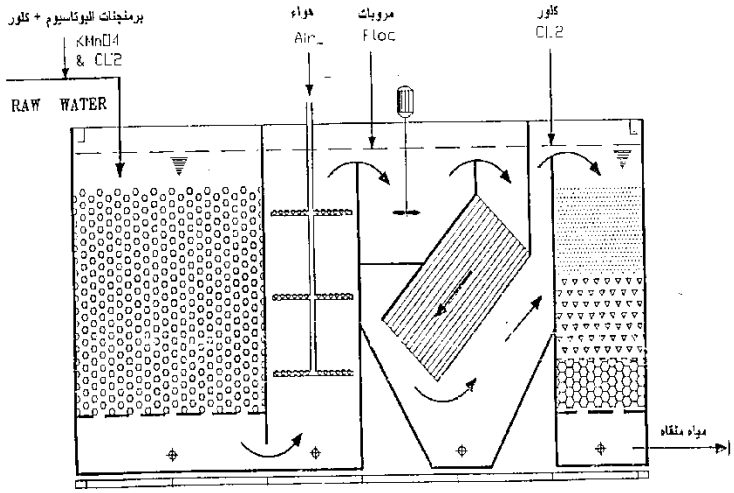
هي وحدات سابقة التجهيز على هيئة حاويات يمكن فكها وتركيبها. وهي تصنع محليا ولا تحتاج الى أعمال إنشائية عدا بلاطة من الخرسانة المسلحة لتركيب المحطة عليها، كما هو موضح بالشكل رقم (8-11).

تتضمن وحدات إزالة الحديد والمنجنيز المراحل التالية:

1. حقن محلول برمنجنات البوتاسيوم في المياه الخام.
2. تعديل درجة الحموضة الى القلوية المناسبة.
3. تهوية الماء باستخدام الهواء المضغوط.
4. حقن محلول مساعدات الترسيب والخلط السريع.
5. الترسيب داخل مرسب أنبوبي (Tube Settler) الذى يتميز بسطح هائل للترسيب ويناسب الرواسب الجيلاتينية.

6. حقن محلول أو غاز الكلور للتعقيم والتطهير.
7. الترشيح النهائي على مرشح رملي بطئ للتخلص من جميع العوالق.

كما أن الشكل رقم 14 يوضح طريقة الترسيب الكيميائي لأزاله أملاح الحديد من المياه الجوفية.



شكل 14- وحدة إزالة الحديد والمنجنيز سابقة التجهيز

المعالجة الكيميائية للمياه الجوفية (إزالة الحديد و المنجنيز)

محطة ازالة حديد و منجنيز تقليدية

شرح طريقة الاكسدة باستخدام برمنجنات البوتاسيوم

إزالة الحديد والمنجنيز:

تؤكسد برمنجنات البوتاسيوم الحديد الثنائي إلى ثلاثي والمنجنيز الثنائي إلى رباعي ويترسب الجزء المؤكسد على هيئة هيدروكسيد حديديك وهيروكسيد منجنيز، حيث تعتمد ظروف التفاعل على طبيعة المياه ودرجة حرارتها وأسها الهيدروجيني، ومن خطوات التفاعل يتضح القلوية الناتجة من تفاعل حمضي وتقدر نسب المواد المرسبة بناء على القلوية الناتجة، ويكون غالبا التفاعل

كالتالي:

$$3Fe^{2+} + KMnO_4 + 7H_2O \longrightarrow 3Fe(OH)_{3\,(s)} + MnO_{2\,(s)} + K^+ + 5H^+$$

$$3Mn^{2+} + 2KMnO_4 + 2H_2O \longrightarrow 5MnO_{2\,(s)} + 2K^+ + 4H^+$$

ويتضح من التفاعلات أن قلوية المياه تستهلك كالتالي:

كل ١،٤٩ مجم/ لتر من القلوية (كربونات كالسيوم) تستهلك لكل ١ – مجم/ لتر من الحديد.

كل ١،٢١ مجم/ لتر من القلوية (كربونات كالسيوم) تستهلك لكل ١ – مجم/ لتر من المنجنيز.

ويجب أن تؤخذ تلك الاستهلاكات من القلوية في الاعتبار خاصة إذا كانت الشبة تستخدم مع البرمنجنات كمروب حيث يلزم وجود قلوية لإتمام عملية الترويب.

وتبلغ جرعة برمنجنات البوتاسيوم اللازمة لأكسدة ١ مجم من الحديد = ٠،٩٤ مجم/ مجم من الحديد، جرعة برمنجنات البوتاسيوم اللازمة لأكسدة ١ مجم من المنجنيز = ١،٩٢ مجم/ مجم من المنجنيز وتتم في وقت يتراوح ما بين ٥ – ١٠ دقائق وعند أس هيدروجيني = ٧

المعالجة تحت السطحية (بيرمان)

فكرة المعالجة:

حقن مياه محملة بالأكسجين داخل البئر لتقوم بأكسدة أيونات الحديد و المنجنيز الموجودة بالمياه المسحوبة من الخزان الجوفي حيث يحدث لها إدمصاص على حبيبات التربة و بالتالي يتم سحب مياه خالية من الحديد و المنجنيز طالما أنه يوجد بالمياه الموجودة حول مصافي البئر أكسجين ذائب يكفي لعملية الأكسدة.

نظرية إزالة الحديد والمنجنيز بطرقة (بيرمان):

أولا:

أيونات الحديد و المنجنيز تكون قابلة للإدمصاص (الانجذاب) على حبيبات التربة بصورة ضعيفة في حين أيونات الحديد و المنجنيز تكون قابلة للإدمصاص (الانجذاب) على حبيبات التربة المغطاة بطبقة من أكاسيد الحديد و المنجنيز بصورة قوية ولذلك يتم وضع طبقة من ثاني أكسيد المنجنيز أعلى الوسط الترشيحى بفلاتر الطريقة التقليدية لإزالة الحديد و المنجنيز لكى يتم إدمصاص لأيونات الحديد و المنجنيز عليها وأكسدتها وترسيبها عليها.

ثانيا:

في الدورات الأولى لتشغيل عملية الإزالة بطريقة بيرمان يتم إدمصاص أيونات الحديد والمنجنيز على حبيبات التربة بصورة ضعيفة وتتأكسد هذه الأيونات إلى حديد ثلاثي التكافؤFe^{+++} و منجنيز رباعي التكافؤ Mn^{++++} ثم يتم تفاعل الحديد ثلاثي التكافؤ والمنجنيز رباعي التكافؤ مع الماء ليكونا هيدروكسيدات غير ذائبة وسهلة التركيب وتستمر هذه العملية على مدى عدة دورات حتى تتكون طبقة غشاء ملتصق من هيدروكسيدات وأكاسيد الحديد والمنجنيز حول حبيبات التربة الموجودة داخل الأسطوانة التخيلية السابق تحديدها.

ثالثا:

بعد تكون طبقة الهيدروكسيدات و الأكاسيد الغير ذائبة حول حبيبات التربة داخل الأسطوانة التخيلية تنشط عملية الإدمصاص لأيونات الحديد والمنجنيز الموجودة في مياه السحب على حبيبات التربة

المغطاة بهذه الطبقة حتى تصل إلى درجة التشبع ويتم أكسدتها بالأكسجين الموجود حول حبيبات التربة

وتترسب فوق الهيدروكسيدات والأكاسيد السابق التصاقها على حبيبات التربة لتخرج المياه معالجة من الزيادة في نسب الحديد والمنجنيز.

رابعا:

تستمر هذه العملية بكفاءة إلى أن تستهلك كمية الأكسجين الموجودة داخل الأسطوانة التخيلية فيتوقف تحول الأيونات المد مصه حول حبيبات التربة إلى أكاسيد مما يعنى عدم التصاقها وعدم إحلال أيونات جديدة بدلا منها فيبدأ ظهور الحديد والمنجنيز في المياه المنتجة من البئر مرة أخرى مما يعنى حاجة البئر إلى الحقن مرة أخرى لتوفير الأكسجين اللازم لإتمام عملية الأكسدة للأيونات السابق إدمصاصها حتى تلتصق على حبيبات التربة والبدء في إدمصاص أيونات أخرى.

التعريفات والاختصارات والمصطلحات

1. التهوية Aeration:

لا تحتوي المياه الجوفية علي أكسجين، مع العلم بأن الأكسجين ضروري وحيوي لضمان التشغيل الجيد للعملية وخزان التهوية Aeration Tank هو الجهاز الذي لديه القدرة علي إضافة الأكسجين الي المياه المحقونة عن طريق نافخ الهواء(Blower).

2. الخزان الجوفي Aquifer:

هو طبقة من التربة الرملية واسعة المدي ولديه القدرة علي نقل المياه الجوفية بكميات كبيرة.

3. أكويتارد Aquitard:

الطين أو طبقات متشابهة بتوصيلية قليلة للمياه وهو ما يكون الطبقات التي تقاوم الانسياب الرأسي للمياه الجوفية، وتمنع هذه الطبقة التسرب ذات النفاذية أعلي وأسفل الخزانات الجوفية.

4. برمان BURMAN.: Beheira Underground Removal of Manganese

الإزالة تحت الأرضية للمنجنيز من المياه الجوفية بمحافظة البحيرة، وهي اختصار لنظام الإزالة تحت الأرضية للحديد و المنجنيز من المياه الجوفية بمحافظة البحيرة.

5. الغطاء الطيني Clay Cap:

الخزان الجوفي لمنطقة دلتا النيل مغطاة بطبقة طينية تسمي الطبقة الطينية في الدلتا أو الغطاء الطيني.

فالمياه الجوفية في الخزان الجوفي لا يمكنها أن تنساب بسهولة داخله أو خارجه، بل يجب عليها المرور بالطبقة الطينية التي تعطي مقاومة كبيرة للمياه الجوفية، وعملية تبادل المياه الجوفية والمياه السطحية داخل دلتا النيل.

6. الدورة: Cycle

هي إجمالي الخطوات بدءا من حقن المياه المهواة وسحب المياه من البئر حتي وصول تركيز عنصري الحديد و المنجنيز إلي (0.2) مجم/لتر، حينئذ يتم إيقاف الدورة ويتم بدء دورة جديدة بالحقن مرة أخري وتأخذ كل دورة رقم مسلسل.

7. تسريب (تخلل) Infiltration:

تخلل المياه المحقونة بالهواء داخل البئر.

8. الحقن Injection:

تساوي في المعني كلمة تسريب (تخلل) ،ولكن يفضل استخدام كلمة حقن.

المتطلبات اللازمة لموقع تنفيذ نظام البيرمان:

عند تنفيذ عملية المعالجة تحت السطحية للحديد و المنجنيز(بيرمان) لابد من توافر ما يلى:

- بئرين على الأقل بالموقع.
- خزان تهوية لإمداد مياه الحقن بالأكسجين اللازم لعملية الأكسدة.
- تنفيذ خطوط حقن وطرد للآبار وربطها مع خزان التهوية.
- تركيب عدادات قياس تصرف على خطوط الطرد والحقن للآبار .

القواعد العامة لتشغيل نظام البيرمان

فيما يلي سوف يتم توضيح القواعد العامة لتشغيل نظام البيرمان والتي يجب أن تحافظ عليها كل المستويات والأطراف المشاركة في تطبيق هذا النظام متضمن مديري الإنتاج بالفروع، وطاقم العمل بالمعامل الكيميائية، والفنيين، وطاقم العمل بإدارة بحوث المياه الجوفية بالمركز الرئيسي.

- تبدأ الدورة بعملية حقن المياه المهواة.

- في الأساس تكون عملية الحقن مستمرة ولكن لا مانع إذا تمت هذه العملية بصورة متقطعة أي علي فترات (أثناء النهار فقط مثلا).
- إجمالي كمية المياه التي يتم حقنها يعتمد علي طول مواسير مصافي البئر، والقطر المطلوب للأسطوانة المائية التخيلية المطلوبة والتي يتم داخل حدودها عملية الإزالة (الأكسدة) للحديد والمنجنيز، ويتم احتساب قيمة مسامية الخزان الجوفي بمنطقة الدلتا بـــ0.33

والمعادلة التالية توضح كيفية حساب كمية مياه الحقن:

كمية المياه المحقونة = 0.33* ∏ * نق2 * ل

حيث أن:

نق = نصف قطر الأسطوانة المائية التخيلية (متر)

ل = طول مواسير المصافي (متر)

والجدول التالي يوضح أمثلة لكميات مياه حقن مختلفة حسب اختلاف طول المصافي ونصف قطر الأسطوانة المائية التخيلية:

كمية المياه التي يتم حقنها عمليا بالمتر المكعب		كمية المياه التي يتم حقنها طبقا للحسابات بالمتر المكعب		
نصف قطر الأسطوانة المائية التخيلية التي تستوعب مياه الحقن				
7 متر	6 متر	7 متر	6 متر	طول مواسير مصافي البئر بالمتر
500	400	508	373	10
1000	750	1015	746	20
1500	1000	1523	1119	30
2000	1500	2030	1492	40

- في بعض الحالات قد يكون من المفيد حقن كمية مياه أكبر للحصول علي نتائج جيدة، وعلي أي حال فإن زيادة كمية المياه المهواة المحقونة لن يضر العملية في شيء بل على العكس فإنه يزيد نصف قطر

الأسطوانة المائية التخيلية وبالتالي سوف يزداد محتوى الأكسجين اللازم لعملية الأكسدة مما يترتب سحب مياه معالجة بكميات أكبر.

- كمية المياه التي تحقن في الساعة الواحدة تتراوح من (30 إلى 50)% من كمية المياه الطبيعية المسحوبة من البئر عند التشغيل العادي له.
- ولتجنب حدوث انسداد سريع ومتكرر للآبار المطبق عليها هذا النظام يجب أن لا يزيد تركيز كلا من الحديد والمنجنيز أو أيهما بمياه الحقن عن 0.03 مجم/لتر.

وعليـــــــــــــــــــــــــــــه

يجب أخذ مياه الحقن من البئر الآخر في بداية السحب منه مباشرة (بداية الدورة الجديدة).

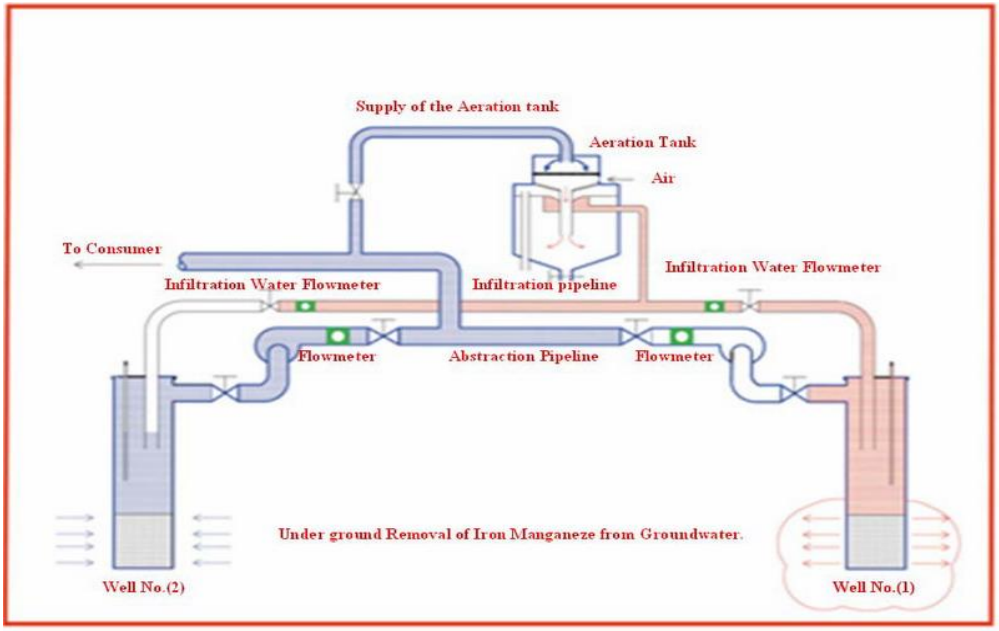
المواصفات المصرية القياسية للإمداد بمياه الشرب من المياه الجوفية هي:

- المنجنيز.................... 0.4 مجم/لتر.
- الحديد...................... 0.3 مجم/لتر.

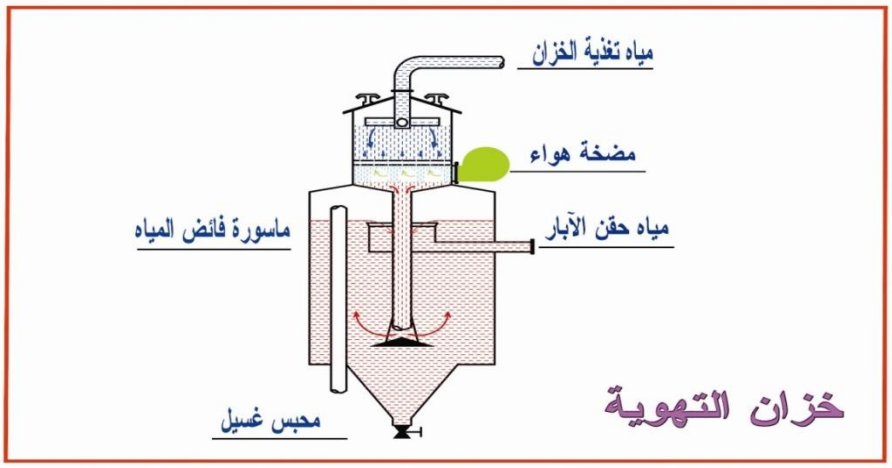
ومع ذلك فأن هذه القيم هي القيم العظمي، وستؤدي الي مشاكل في شبكات توزيع المياه، وأيضا في الاستخدام المنزلي، ولاسيما في حالة كلورة المياه. كما أن هذه النسب المرتفعة تكون ضارة بتطبيق نظام البيرمان.

- تنتهي الدورة بمجرد وصول تركيز عنصري الحديد و المنجنيز في المياه المسحوبة الي 0.2 مجم/لتر كحد أقصي، ويمكن أن يتم نهو الدورة عند قيم أقل من ذلك.
- يجب أن لا تقل المسافة بين الآبار وبعضها البعض بالموقع الواحد عن (20-30) متر تفاديا وتجنبا لحدوث تداخل بين الأسطوانة المائية التخيلية والتي يتم فيها أكسدة وترسيب عنصري الحديد و المنجنيز لكل بئر مع الآخر وحدوث تركيز لهذه المركبات في منطقة واحدة أكثر من الأخرى.

الخطوات العملية لتشغيل نظام البيرمان:



شكل 15- يوضح نظام عمل البيرمان



شكل 16 – مقطع لخزان التهوية من الداخل

شكل 17 – خزان التهوية على الطبيعة

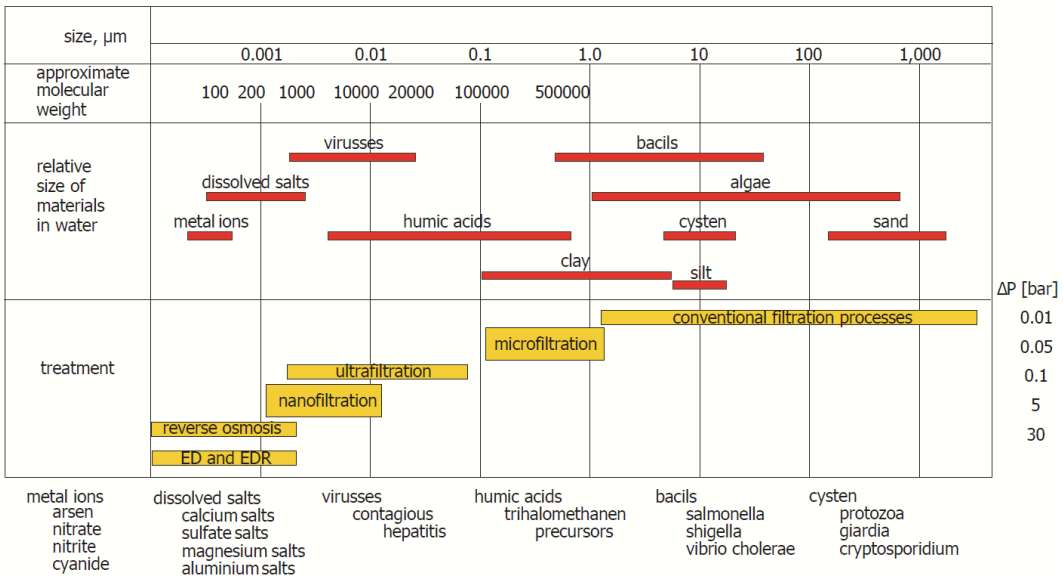
- عند بدء تطبيق نظام البيرمان بأي موقع لأول مرة، يتم أخذ كمية مياه من المياه المسحوبة من أحد الآبار القائمة بهذا الموقع ،وحقنها في البئر الآخر، وتحدد كمية هذه المياه المحقونة تبعا لطول مواسير مصافي البئر المحقون كما يلي:
  1. 1000 متر3 في حالة ما إذا كان طول المواسير المصافي = 20متر.
  2. 1500 متر3 في حالة ما إذا كان طول المواسير المصافي = 30متر.
  3. 2000 متر3 في حالة ما إذا كان طول المواسير المصافي = 40متر.
- ثم يتم تهوية (إضافة الأكسجين) هذه الكمية من المياه بعد ذلك.
- ثم تحقن في بئر آخر بذات الموقع بمعدل حقن يتراوح ما بين(30إلى 40%) من معدل تصرف البئر الأخر.
- تكون هذه المياه المحقونة أسطوانة من المياه المهواة، والتي تغير الاتزان بين المنجنيز الموجود بالمياه وأكاسيد المنجنيز الموجودة علي حبيبات الرمل في التربة.
- يترك البئر المحقون بدون تشغيل فترة تهدئة تتراوح من(4إلى8) ساعات
- يتم بعد ذلك تشغيل البئر بالتصرف العادي له مع سحب كمية من المياه تساوى ضعف كمية المياه المحقونة مع مراعاة أن يتم حقن البئر الآخر بجزء من هذه المياه و ضخ الجزء المتبقي على شبكة التوزيع.
- يتم تحليل عناصر الحديد و المنجنيز وكذا الأكسجين المذاب بكمية المياه المسحوبة وملاحظة مدي انخفاض تركيز كلا من عنصري الحديد والمنجنيز عنهما بالمياه المحقونة.
- يتم تكرار ما سبق من خطوات إلي أن تبين نتائج التحاليل الكيميائية التي تجري للمياه المسحوبة بدء انخفاض تركيز الحديد و المنجنيز بهذه المياه.
- فور التأكد من بدء حدوث هذا الانخفاض في تركيز الحديد و المنجنيز بالمياه المسحوبة، يتم البدء علي الفور في زيادة كمية المياه المسحوبة عن ضعف كمية المياه المحقونة، ولكن بصورة متدرجة مع المداومة علي أخذ عينات من المياه المسحوبة وملاحظة مدي انخفاض تركيز الحديد و المنجنيز بهذه العينة كل مرة مع مراعاة ألا يزيد تركيز عنصري الحديد و المنجنيز في المياه المنتجة في نهاية الدورة عن 0,15 جزء في المليون حيث يتم وقف السحب من البئر عند هذا التركيز والبدء في دورة جديدة.

- من واقع الخبرة أتضح أنه يمكن سحب كمية مياه تركيزات عنصري الحديد والمنجنيز بها لا تتجاوز الحدود المسموح بها في جمهورية مصر العربية، تتراوح كميتها من (5 – 15) ضعف كمية المياه المحقونة.

تقنيات الترشيح بالأغشية

نظرا لزيادة درجة التلوث في المصادر المائية أو الفقر في الموارد المائية العذبة المتاحة مما يجعلنا نتجه إلى المصادر الأخرى مثل المياه الجوفية ذات الملوحة المتوسطة أو العالية أو حتى مياه البحر لتدبير الاحتياجات المائية المطلوبة سواء لأغراض الشرب والتنمية أو للأغراض الصناعية، مما استلزم ضرورة اللجوء إلى تقنية الترشيح بالأغشية لإجراء عملية تنقية (Membrane Filtration) المياه.

والترشيح بالأغشية هو أسلوب يستخدم لفصل الجسيمات أو الجزيئات من السوائل بغرض تنقيتها حيث يتم تمرير السائل المراد ترشيحه عبر غشاء شبه منفذ، ويتم تحديد درجة نفاذية الغشاء (المسام الموجودة في الغشاء) من خلال معرفة درجة التقنية المطلوبة للغشاء، ويعمل الغشاء بمثابة حاجز للجسيمات التي يكون حجمها أكبر من هذه المسام، في حين يمر السائل من خلال الغشاء. وينتج عن ذلك سائل نظيف مرشحا على أحد جانبي الغشاء، بينما تتبقى الجسيمات التي كانت ذائبة به على الجانب الآخر من الغشاء.



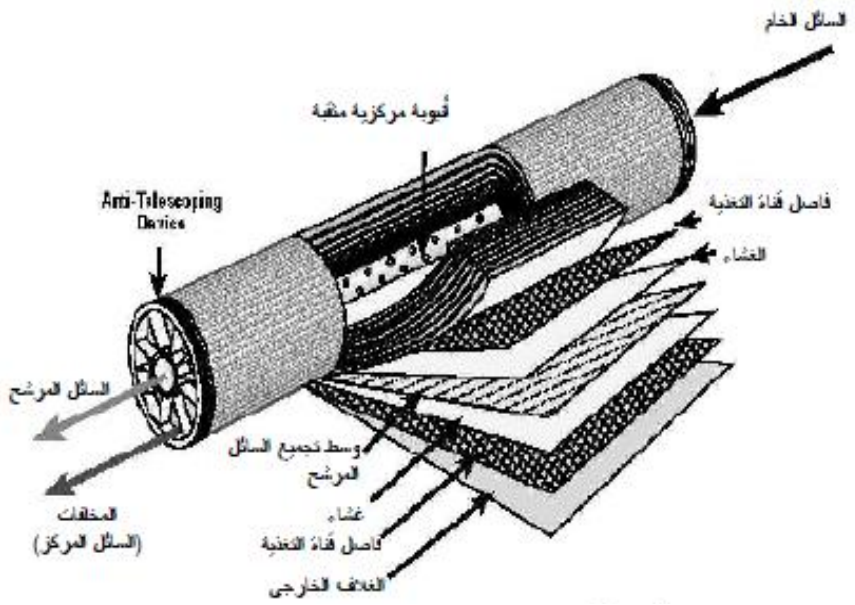
جدول يوضح انواع الترشيح المختلفة وحجم المسام والمواد المحجوزة

مميزات الترشيح الغشائي :

وتتميز أنظمة الترشيح الغشائي بأنها لا تتطلب استخدام مواد كيميائية أو أي مواد مضافة، مما يقلل من تكاليف التشغيل. كذلك فإن هذه الأنظمة تتطلب الحد الأدنى من الطاقة وتزداد حسب الدرجة المطلوبة للتنقية وتكنولوجيا تشغيل الغشاء، ويمكن أن تصمم لتعمل بدون طاقة تقريبا، باستخدام نظام ضغط يعتمد أساسا على الجاذبية.

ومن الشائع استخدام أنظمة الترشيح الغشائي المتعاقبة، حيث يمر السائل خلال سلسلة من الأغشية. وفي هذا النظام، يقل حجم مسام الأغشية تدريجيا، مما يزيد من كفاءة إزالة الشوائب من السوائل ويقلل من انسداد النظام، كما وأنه يحمل ميزة إضافية حيث يمكن استخدامه في مساحة ضيقة، وذلك لأن الأغشية يمكن أن تكون صغيرة جدا وتستمر في العمل بكفاءة. وهناك العديد من الأساليب المختلفة للترشيح الغشائي وكلها تشترك في هدف واحد وهو إنتاج سائل مرشح نظيف أو مياه ذات درجة نقاوة محددة.

ويوضح الشكل رقم قطاع في احدي اشكال وحدة الترشيح بالأغشية ويتضح منها تتابع الطبقات المختلفة به منتهيا بالماسورة المحورية المثقبة الملفوف عليها طبقات الأغشية المختلفة.



شكل 18- وحدة الترشيح بالأغشية

أنواع تقنيات الترشيح

يمكن تقسيم تقنيات الترشيح بالأغشية طبقا لحجم المسام الموجودة بالغشاء ١٣) الأنواع المختلفة للترشيح – وطبقا للاستخدام، ويوضح الشكل رقم (٦بالأغشية والتي تنقسم إلى ما يلى:

١. الترشيح الدقيق (Micro Filtration, MF)

٢. الترشيح الفائق (Ultra Filtration, UF)

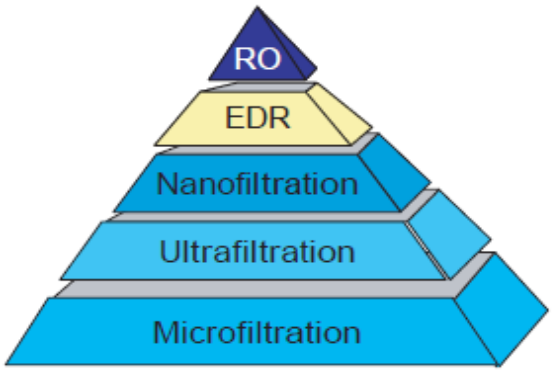
٣. الترشيح متناهي الدقة (Nano Filtration, NF)

٤. التحليل الكهربي العكسي (Electro Dialysis Reversal, EDR) (الديلزة)

٥. الترشيح باستخدام التناضح العكسي (Reverse Osmosis, RO)

	Bacteria	Virusses	Multivalent salts	Monovalent salts
Microfiltration MF	+	-	-	-
Ultrafiltration UF	+	+	-	-
Nanofiltration NF	+	+	+	-
Reversed Osmosis RO	+	+	+	+

جدول يوضح أنواع الترشيح بالأغشية المختلفة والمواد المزالة



شكل 19– مستويات وتقنيات الترشيح بالأغشية

الترشيح الدقيق (MF):

هي عملية يتم فيها حجز المواد العالقة فقط بينما تمر الأنواع الأخرى حتى البروتينات بحرية من الغشاء السليلوزى، ويتميز الترشيح الدقيق (MF) بكفاءة أداء متميزة ويعتبر بديلا للطرق التقليدية التي تعتمد على الوسائط الحبيبية (مرشحات الرمل)، وهو يعطى كفاءة أكبر في الإزالة عند تنقية المياه السطحية.

الترشيح الفائق (UF)

هو عملية يتم فيها حجز المركبات ذات الوزن الجزيئي الكبير بينما تتمكن كل (المركبات ذات الوزن الجزيئي الصغير من المرور عبر الغشاء وبالتالي لا يتم التخلص من الأملاح أو الأحماض الأمينية أو الأحماض العضوية والغير عضوية أو أيدروكسيد الصوديوم. ويتميز الترشيح الفائق (UF) بكفاءة أداء متميزة وهو يعطى درجة كفاءة أكبر ، تزيد عن كفاءة الترشيح الدقيق (MF) في الإزالة عند تنقية المياه السطحية الملوثة.

الترشيح متناهي الدقة (NF)

هي عملية يتم فيها طرد الأيونات التي تحتوى على أكثر من شحنة سالبة

واحدة فقط مثل الكبريتيدات والفوسفات بينما يسمح بمرور الأيونات أحادية الشحنة، وكذلك يتم طرد المواد الذائبة الخالية من الشحنات والأيونات موجبة الشحنة طبقًا لحجم وشكل جزيئاتها، ويستعمل

لإزالة المواد العضوية والألوان والملوثات. وهذا النظام يستعيد من ٨٥ إلى ٩٥ % من المياه تحت ضغط منخفض. ويمكن من خلال الترشيح المتناهي الدقة (NF) التخلص من كلوريد الصوديوم بنسب تتراوح بين صفر إلى ٥٠ % طبقًا لكثافة التغذية.

التحليل الكهربي العكسي (EDR)

وتسمى أيضا بعملية الغسيل الكهربي العكسي

(الديلزة) وهي عملية كهروكيميائية تقوم فيها الأغشية بإتاحة ممرات اختيارية للأيونات الموجبة أو السالبة لإنجاز عملية إزالة الأملاح، ونظرا لأن معظم المواد الصلبة الذائبة هي عبارة عن أيونات ذات شحنات تكون إما موجبة أو سالبة وتنجذب الأيونات إلى الأقطاب ذات الشحنات العكسية ويتم التخلص منها في العملية العكسية وتستخدم هذه الطريقة عادة لتنقية المياه المالحة

وإزالة الملوثات، ويكون معدل إنتاج المياه في عملية التحليل الكهربي العكسي) الديلز (EDR) من ٧٥ إلى ٩٥ % من مياه المصدر.

الترشيح باستخدام التناضح العكسي (RO)

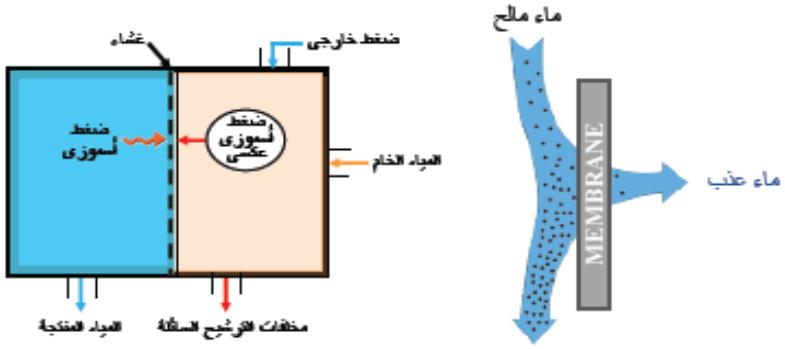
تعتمد فكرة التناضح العكسي (Reverse Osmosis) على ضغط المياه داخل أغشية سليولوزية تحت ضغط حوالى ٣٠ ضغط جوى ونفاذها من الغشاء تاركة خلفها تركيزات من الأملاح أعلى من التركيزات الموجودة في مياه المصدر حيث يتم حجز الأملاح داخل الأغشية بينما تخرج المياه النقية إلى الخارج، ويمكن بهذه الطريقة حجز ١٠٠ % من الملوثات والبكتيريا والفيروسات، ونظرا لأن المياه يجب أن تعبر في مسارات ضيقة جدا لذا يجب إزالة الجسيمات الدقيقة والمواد الصلبة العالقة في مراحل المعالجة الأولية (المبدئية) وتستخدم هذه الطريقة في تنقية مياه الآبار وتحلية مياه البحر.

وتعتمد هذه الطريقة كما هو موضح بالشكل على حقيقة علمية وهي أنه إذا فصل ماء عذب عن ماء مالح بواسطة غشاء نصف منفذ فإن

الماء العذب ينفذ من الغشاء في اتجاه الماء المالح حيث يقوم بتخفيف تركيز الملح. وتسمى هذه الظاهرة بالأسموزية– وبسبب الفرق في تركيز الملح فإن الماء العذب يستمر في المرور خلال الغشاء لو كان هناك ضغط واقع عليه

ويسمى الضغط الذى يسبب سريان الماء من الجانب المخفف إلى الجانب ذي التركيز المرتفع بالضغط الأسموزي ويعتمد هذا الضغط على درجة تركيز الملح في الماء وكذلك درجة حرارة المحلول ولذلك فإنه عند الضغط على المحلول الملحي بضغط أكبر من الضغوط الأسموزي للمحلول فإن الماء العذب ينتقل عبر الغشاء من المحلول الأكثر تركيزا إلى الجانب الأقل

تركيزا.



شكل رقم 20 – تنقية الترشيح بالتناضح العكسى

ومن مميزات هذه الطريقة سهولة التشغيل وسرعة إنتاج المياه العذبة منذ بداية التشغيل (0.5 –1 ساعة) ولكنها تحتاج إلى معالجة ابتدائية فعالة بالإضافة إلى متطلبات الاحتياج للضغوط العالية اللازمة لمرور المياه المالحة خلال الأغشية– كما أن ارتفاع درجة الحرارة يؤثر بدرجة عالية على أداء (Reverse Osmosis, RO) وحدة تحلية المياه، وتعتبر عملية التناضح العكسي هي أدق عمليات الترشيح بواسطة الأغشية حيث أن الماء هو المادة الوحيدة التي يمكن أن تمر من خلال الغشاء وبالتالي يتم حجز جميع المواد الذائبة والعالقة.

وتقوم محطات التناضح العكسي باستعادة ٦٠ إلى ٨٥ % من المياه المالحة

أما بالنسبة لمياه البحر فيتراوح بين ٤٠ إلى ٦٠ % باستخدام ضغط تشغيل أعلى من الضغط المستخدم في حالة مياه البحر.

ويوضح الجدول التالى المقارنة بين عمليات الترشيح بالأنواع المختلفة من الأغشية وخصائص الأغشية واستخداماتها في إزالة الملوثات.

البند	الترشيح الدقيق (MF)	الترشيح الفائق (UF)	الترشيح متناهى الدقة (NF)	التناضح العكسى (RO)
الغشاء	متماثل/ غير متماثل	غير متماثل	غير متماثل	غير متماثل
قطر المسام- ميكرون	0.1 - 1	0.009 – 0.09	0.001 – 0.01	أقل من ٠،٠٠١ م
يستخدم لإزالة	الجسيمات، الطمى، البكتريا.	الجزيئات الدقيقة، البروتينات.	المركبات ذات الوزن الجزيئى الكبير، الأيونات السالبة متعددةالتكافؤ.	المركبات ذات الوزن الجزيئى الكبير، والصغير، كلوريد الصوديوم، لجلوكوز، الأحماض الأمينية.
المادة المصنوع منها الغشاء	– السيراميك – الأغشية الرقيقة	– السيراميك – الأغشية الرقيقة	– (خلات) السيليلوز – الأغشية الرقيقة	– (خلات) السيليلوز – الأغشية الرقيقة
شكل وحدة الغشاء	– أنبوبة – ألياف مجوفة	– أنبوبة – ألياف مجوفة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار	– أنبوبة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار	– أنبوبة – لفة حلزونية spiral – لوحة وإطار
ضغط التشغيل	أقل من ٢ بار	١ – ١٠ بار	٥ – ٣٥ بار	١٥ – ١٥٠ بار

وقد ثبت أن هذا التأثير مطلوب للعديد من التطبيقات التي يقبل فيها إزالة متوسطة للأملاح حيث يقل بشدة ضغط التشغيل والطاقة المستهلكة وبالتالي يمكن توفير التكاليف في مقابل عدم الإزالة الكاملة للأملاح .

ويتم معالجة مجموعة كبيرة من المنتجات باستخدام الأغشية، ولكن معظم استخدامات الأغشية (حوالى ٨٠ %) يستخدم لتحلية المياه، أما ٢٠ % المتبقية فتستخدم في مجال منتجات الألبان ولأنواع مختلفة من السوائل الأخرى.

٤) بعض التطبيقات التي يستخدم فيها الترشيح – ويبين الجدول

تقنية الترشيح	نوع السائل	التخلل (الانتشار)	التركيز
RO	– مياه صرف – المصابغ المياه	– ماء رائق – ماء منخفض الأملاح – ماء منخفض التلوث بـ BOD	– أملاح، كيماويات، مخلفات – ماء مالح
NF	– مياه صرف – المصابغ مياه	– نواتج مخلفات مالحة مياه نظيفة – مالحة مياه غير – عسرة مياه صرف مالحة –	– ألوان – مخلفات
UF	– مستحلبات الزيوت نواتج – الغسيل المياه –	– سائل رائق للصرف والطرد مخلفات – مياه خالية من الزيت < ١٠ – PPM مياه رائقة –	– مخلفات – مستحلبات زيوت عالية التركيز – مياه غير نظيفة – مخلفات

معوقات استخدام الترشيح بالأغشية :

الأس الهيدروجيني :

معظم الأغشية تقاوم قيم الأس الهيدروجينى العالية وأكبر عائق هو استخدام حشوة من البوليستر في العديد من الأغشية والذى يمكنه العمل بفاعلية حتى الأس الهيدروجيني ١١،٥ حيث تتغير كفاءة العديد من الأغشية عند القيم المرتفعة من الأس الهيدروجيني، وفي المقابل فإن معظم الأغشية تكون مستقرة عند القيم المنخفضة من الأس الهيدروجيني.

معدل التدفق :

لا يوجد حد معرف بأقصى معدل تدفق (تغذية)، ولكن يعتمد معدل التغذية والتدفق على الخصائص الميكانيكية لوحدة الأغشية.

اللزوجة :

لا يعتبر مقدار لزوجة الشحنة المغذاة للمياه مشكلة في حد ذاتها، ولكن هذه اللزوجة تؤدى إلى انخفاض الضغوط المرتفعة لبعض التدفقات، ولكن طالما كان هذا الانخفاض في الضغط مقبولاً فلا تشكل اللزوجة مشكلة وتعتبر مشكلة اللزوجة من المشاكل الهندسية وليست من مشاكل الغشاء نفسه.

المراجع

V2

- تم تحديث المادة العلمية بمشاركة السادة :

- مهندس / محمد غنيم — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
- مهندس / محمد صبرى محمد موسى — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
- مهندس / أيمن سعيد عبدالعاطى — شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
- مهندس / فوزى السيد محمد سلمونة — شركة مياه الشرب بالأسكندرية
- مهندس / جميل حتر على — شركة مياه الشرب بالأسكندرية
- مهندس / رمضان شعبان رضوان — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بسوهاج
- مهندس / محمد عبدالحليم — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالمنيا
- مهندسة / رانيا إبراهيم عبدالحميد — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالمنوفية
- مهندس / محمد فؤاد متولى العدل — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمرسى مطروح
- مهندس / عمرو محمود على — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بمرسى مطروح
- مهندس / ناصر عوض السيد — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية
- مهندس / باسم محمد زهان — شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية