جامعة حلب

كلية الهندسة التقنية

تقانات الهندسة البيئية

السنة الخامسة

**مقرر**

# تحلية مياه البحر

**د. عبد الحكيم بنود & د. مفيد شرحولي**

**إعداد : أحمد خلف & عبد الباسط الحجان**

# الفصل الأول: المياه في الغلاف البيئي

## ١-١ مفهوم المياه في الغلاف البيئي:

يعتبر الماء عنصراً ضروريا للحياة انه يشكل المركب اللاعضوي الغالب في المادة الحية

يمثل الماء (65%) من وزن الانسان البالغ ويشكل حوالي (98%) من وزن أجسام الحيوانات الهلامية كالمديوزا

يوجد في الغلاف البيئي على ثلاث حالات (غازي – صلب – سائل )الحالة السائلة تشكل مصدر ضروري للكائنات الحية

تمثل كتلة المياه في المحيطات (97.4%) من الغلاف المائي وتحتوي القبب القطبية والجليدية على جليد (2.01%) من اجمالي المياه بينما مجمل المياه القارية السطحية (بحيرات – انهار ) فإنها تعادل (0.02%) من الكتلة الاجمالية للغلاف المائي

النسبة العظمى من المياه العذبة موجودة في قبب الجليد القطبية وهي حوالي (77.23%) والكمية الصغيرة للمياه على شكل بخار الماء في الغلاف الجوي نسبة الى الحجم الكلي للغلاف المائي هي الأساس للدورة البيوجيوكيميائية للماء

## ١-٢ الدورة البيوجيوكيميائية للماء:

يسقط (77.2%)من مجمل الهطولات على المحيطات وفقط (22.8%) تسقط على القارات وعندما تصل الهطولات الى سطح القارات تسلك المياه الطرق المختلفة : (الارتشاح و التبخر والجريان السطحي )

الارتشاح: ويلعب دورا اساسيا بالنظام البيئي حيث يضمن ترطيب الترب ويؤمن تغذية البساط المائي الجوفي

التبخر: تتبخر ماء الطبقات السطحية المعرضة للشمس وتنتقل كتل الهواء المحملة ببخار الماء ويتكاثف على شكل غيوم ويعاد هذا الماء على شكل مطر او ثلج او برد

## ١-٣ مصادر المياه:

### ١-٣-١ مياه الهطولات:

وهي المياه المتجمعة من ماء المطر او ما يعرف بحصاد الامطار وتكون نقية عند بدء سقوطها في طبقات الجو العليا الا انها تتلوث بالملوثات الموجودة بالجو ويزداد تلوثها عند تلامسها مع سطح التربة حيث تغسل وتذيب معها كمية من الملوثات ويشكل هذا النوع مصدر اساسي في معظم المناطق القليلة المياه حيث يستخدم في الاستعمالات المنزلية وتعتبر مياه الهطولات المغذي الاول للمياه الجوفية والسطحية

### ١-٣-٢ المياه الجوفية:

هو جزء من ماء الهطولات الذي ينفذ الى داخل التربة فيملأ فراغاتها ويعود للظهور على السطح ويصب في نهر او بحير او بحر

تتشكل المياه الجوفية في طبقة نفوذة مشبعة وفي الصخور المتصدعة والمتشققة واكثر ما يحتمل حدوثها في مناطق الحجر الكلسي وتسمى الطبقة الحاملة للمياه بالخزان الجوفي

**ويمكن تمييز نوعين اساسيين للخزان الجوفي:**

أ- **الخزان الجوفي العادي** : حيث تتجمع المياه على طبقة كتيمة من الاسفل

ب- **الخزان الجوفي الحبيس** : حيث تتجمع المياه على طبقة كتيمة من الاسفل وتعلوها طبقة كتيمة من الاعلى وعادة تكون المياه المتجمعة في طبقتين مختلفتين مختلفة بالمواصفات والغزارة وذلك بسبب اختلاف الترب التي تخترقها ويمكن للمياه الجوفية ان تظهر على سطح الارض بفضل العوامل الجيولوجية المختلفة مشكلة الينابيع او تستخرج بطرق صناعية كحفر الابار المياه الجوفية القريبة من شواطئ البحر تكون فيها ملوحة بين (2 – 10 gr/l) وتدعى بالمياه شبه المالحة او ضاربة الملوحة

### ١-٣-٣ المياه السطحية:

وهي المياه الجارية على سطح الارض (انهار وبحار) او الراكدة (بحيرات)

#### ١-٣-٣-١ الانهار:

تمثل مصدر رئيسي من مصادر المياه العذبة على سطح الارض التي اعتمد عليها الانسان من اجل الحياة والزراعة

### ١-٣-٣-٢ البحيرات:

هي احواض مائية واقعة ضمن اليابسة واما ان تكون مفصولة عن البحر او انها تتصل معه بشكل غير مباشر عن طريق نهر وتتميز عن البحر بنظامها المائي والحراري الخاص بها وبعالمها العضوي المميز

يتبع تركيب مياه البحيرات للطبيعة الجيولوجية لأراضي احواض تغذية البحيرات وهذا التركيب يتبع لنظام الهطولات المطرية ولدرجات الحرارة

# الفصل الثاني: واقع المياه في الوطن العربي

## ١- مقدمة:

تعتبر ندرة المياه وعدم انتظام توزيعها في الزمان والمكان من المشكلات الاساسية التي تواجه الوطن العربي الذي شهد في السنوات الاخيرة تدهورا ملحوظا في كمية ونوعية موارده المائية نتيجة لسوء ادارتها ،لذا يجب تعديل سياسة إدارة المياه بما ينسجم مع التطويرات الاقتصادية والاجتماعية

ويقع الوطن العربي في اجف مناطق العالم وان مياه الامطار تشكل سيولا صحراوية تحمل كميات كبيرة من الرمال وتتوزع بالصحراء عرضة للتبخر ولا يستفاد منها كمياه جوفية لضحالتها وانشاء سدود يؤدي الى امتلاء البحيرات بالترسبات الرملية بعد عدة سنوات

## ٢- الموارد المائية المتاحة:

بينت الدراسات ان الموارد المائية السطحية المتاحة للوطن العربي تساوي(263مليار $m^3$) سنويا بينما الموارد الجوفية المتاحة تعادل ( 42 مليار$m^3$) سنويا ومجموع الموارد المائية المستثمرة حوالي ( 173 مليار $m^3$) سنويا ولقد انخفض نصيب الفرد في الوطن العربي من المياه في حوالي نصف قرن من ($4000m^3/year$) الى حوالي ($1200m^3/year$)

ويتصف وضع الموارد المائية حسب التصنيفات العالمية بالحرج اذ قل نصيب الفرد عن ($1000m^3/year$) وسوف تؤدي الى تزايد الاعتماد على مصادر مياه غير تقليدية واهمها تحلية المياه

يتوفر في الوطن العربي موارد مياه غير متجددة وتمتد الى مسافات شاسعة ويقدر مجموع مخزونها بحوالي($10000m^3$) أي اكثر من (30) ضعف مجموع المياه المتجددة لكامل الوطن العربي منها ($8000m^3$) ذات مواصفات مقبولة الا انها على اعماق متباينة حيث يمكن ان تصل الى (2000m)

تحت سطح الارض ويتمتع بعضها بضغط ارتوازي ولكن يتوقع هبوط منسوبها مع استمرار استغلالها وبالتالي ارتفاع تكاليف ضخها ويحتمل اغلاق بعض ابار المياه بسبب نضوبها

## ٣- الطلب على المياه في الوطن العربي:

### ٣-١- الطلب على مياه الشرب:

يتفاوت الطلب على المياه الصالحة للشرب من دولة عربية الى اخرى ويتأثر بعدة عوامل اهمها:

المستوى المعيشي للسكان – ساعات توزيع المياه – نسبة السكان الموصولين بشبكة الامداد العامة بالمياه ومقدار فاقد المياه في الشبكة والتعرفة

تبلغ المياه المستخدمة لأغراض صناعية حوالي ( 6.5 مليار $m^3$) بالسنة وقد تزايد الطلب على المياه لقطاع الصناعة بالوطن العربي ويستدل على ذلك من الانخفاض الملحوظ في العمالة الفلاحية لحساب الصناعة في معظم الدول العربية

### ٣-٢- الطلب على مياه الري:

يستغل الري اكبر كمية من المياه في الوطن العربي اذ تصل النسبة الى (88%) وذلك لري مساحة تقدر بحوالي ( 11مليون هكتار)

ولتغطية عدم كفاية موارد المياه العذبة لجأت العديد من الدول الى الموارد الغير تقليدية للمياه وعلى رأسها تحلية المياه بل ان كثيرا من الجهات التي تستخدم مياه التحلية لا تشير الى مقدار الفاقد منها كما انها تستخدم بإفراط في ري الحدائق

أدى توزيع مياه التحلية بنفس الأسلوب الذي تم فيه توزيع المياه من مصادر طبيعية إلى القبول مبادئ تقليدية في مجال توزيع المياه

## ٤- ادارة مياه التحلية:

ان استخدام نظام التحلية يجب ان ينظر اليه على انه نظام متكامل من النتاج حتى اعادة الاستخدام ويحتاج الى ادارة صارمة . اذ تتزايد الاستفادة من هذا المصدر كلما حسن استخدام المياه المنتجة منه ، وبالتالي من الضروري:

- عند استخدام مياه التحلية ان يكون الفاقد المياه من شبكات التوزيع منخفض جدا
- استخدام مياه الصرف الناتجة بعد استخدام مياه التحلية في ري الحدائق وفي الزراعة والصناعة الخ..

ومع ان هناك تقدم مازلنا نعاني من نقص كبير في البيانات التي تبين فاقد المياه وكميات مياه الصرف الصحي التي يتم استخدامها فعلا

| نسبة الفاقد | نسبة اعادة الاستخدام | صفر | %50 | %100 |
|---|---|---|---|---|
| %30 | | 3.39 | 3.26 | 3.13 |
| %25 | | 2.96 | 2.83 | 2.71 |
| %20 | | 2.60 | 2.42 | 2.37 |
| %20 | | 2.30 | 2.19 | 2.09 |
| %10 | | 2.05 | 1.95 | 1.85 |
| %5 | | 1.84 | 1.75 | 1.65 |

## ٥- تكاليف انتاج المياه:

أ- تختلف تكاليف وسائل انتاج المياه بشكل كبير من مكان الى اخر، وهناك عامل ضروري بين البلدان وهو الحد من هدر المياه للاستفادة منها في تحقيق منافع اقتصادية واجتماعية ، الا ان التزايد الكبير في عدد السكان والزيادة بالطلب عليها تجعل البدائل لإنتاج المياه في الواقع محدودة بين نقل المياه من مسافات بعيدة او استخدام مصادر المياه غير التقليدية (مياه الصرف الصحي المعالجة - مياه التحلية) وفي بلادنا تتوفر المياه شبه المالحة في حوامل مياه جوفية عديدة كما ان النسبة العظمى للكثافة السكانية تقيم على سواحل البحر فانه بالمقارنة بين نقل المياه وبين تحلية المياه اصبحت لصالح الاخير

ب- ان تكلفة نقل المياه الى مسافات بعيدة اصبحت مرتفعة التكاليف وقد تزيد عن تكلفة تحلية مياه البحر ومعظم البدائل لنقل المياه من مسافات بعيدة تحتاج الى فترة زمنية طويلة لتنفيذها

لا توفر الامن الاستراتيجي اذا كانت ستمتد عبر عدة دول .لذلك فان تحلية مياه البحر في بلادنا انتشرت بشكل كبير

### والميزات الاساسية لتحلية المياه:

١- امكانية وضعها او انشاؤها بالقرب من المراكز السكنية

٢- يمكن توسعتها بمراحل معقولة ولا تحتاج الى استثمارات هائلة لإنشائها مقارنة مع نقل المياه

٣- تقنية تطوير تحلية المياه يؤدي الى تخفيض تكاليفها

٤- تحلية مياه البحر ثم الاستفادة من مياه الصرف الصحي الناتجة عنها بصورة مجدية سيمكن من ري اراض قاحلة ويمكن ان يقلب الاراضي الصحراوية الى اراضي خضراء

## ٦- وضع تقنية تحلية المياه:

أ- لقد اصبحت تقنية تحلية المياه ذات اهمية بالغة وتطورت خلال العقود الاخيرة الا انها لم تلق الاهتمام الذي تحتاجه لتقفز الى الامام وتصبح وسيلة اساسية لتوفير مياه الشرب

**ويعود ذلك الى اسباب اهمها:**

١- البلدان التي تحتاج الى تحلية المياه بشكل خاص هي بلدان النفط التي تتوفر لديها الطاقة والقدرة على الشراء مما ادى الى الحد من المنافسة بين المصنعين واحتكارهم للصناعة

٢- ان مراكز البحث العلمي قد وجدت صعوبة في ايجاد التمويل اللازم لدعم ابحاث التحلية واصبح تطور تقنية تحلية المياه يعتمد الى حد كبير على نتائج الابحاث التي يقوم بها المصنعون

٣- مازالت الجامعات لا تدرس نظام تحلية المياه كموضوع اساسي لتطوير مصادر المياه

ومع ذلك فان تحلية المياه قد اصبحت في العقدين الاخيرين تجذب اهتمامات كبيرة بسبب تزايد الاهتمام بتنقية المياه ليس لتحليتها فحسب ولكن لمعالجة مياه الصرف الصحي والرفع من مستواها

ب- ان تقنية تحلية المياه في الوقت الحاضر تواجه ضغوطات مختلفة نتج بعضها عن الاهتمامات المختلفة للمصنعين ودور المروجين لصناعات دون اخرى ولذا فانه من المهم عند تحديد الابحاث اللازمة لتطوير تقنية تحلية المياه النظر في الابحاث الهامة التي يمكن ان تؤدي الى نتائج ايجابية لأنظمة التحلية التي ثبتت جدارتها بصورة خاصة

إذ أن العاملين في مجال تحلية المياه يختلفون في الرأي في إمكانات البحث العلمي مثال: (المتحمسون لنظام التحلية باستخدام نظام الأغشية يعتبرون انه نظام المستقبل وان نظام التقطير سيزول ولا حاجة لبذل جهود لتطويره)

بينما يحاول المتحمسون لنظام التقطير إظهار ميزات النظام وقوته وتحمله لتغيرات نوعية المياه الخام ولا يحتاج إلى وسائل فريدة من نوعها ويتمتع بعمر اقتصادي طويل وإمكانية تشغيله وصيانته ويوجهون القول إلى متحمسو النظام الأخر على انه مازال يواجه صعوبات تؤدي إلى أضرار مفاجئة بالأغشية وخرابها بعد مدة بسيطة

# الفصل الثالث: مواصفات مياه البحر والمياه الضاربة للملوحة

## ١- مواصفات المياه المالحة والضاربة للملوحة :

قبل البدء بتحلية مياه البحر يجب ان نتعرف على طبيعة وتركيز الاملاح و يعبر عن تركيز الملح في مياه البحر بدلالة

أ- **الملوحة:** تساوي تقريبا الكمية الكلية للمواد الصلبة الجافة بالغرام لكل كيلو غرام من مياه البحر(ppm)

ب- **درجة الكلورية:** والتي بالتقريب تمثل تركيز ايونات الكلوريد ب (ppm)

وتتغير الملوحة و درجة الكلوريد تبعا للعمق والموقع الجغرافي ففي:

- المحيطات المفتوحة تتراوح الملوحة بين (33.8 – 33.6 gr/kg)
- وملوحة بحر نموذجية (34.5 gr/kg)
- اما الاجزاء الشاسعة من البحار حيث يزيد معدل الترسيب عند السطح تتراوح (7 gr/kg)
- البحار المغلقة وشبه المغلقة تكون فيها الملوحة عالية (39-45-270)
- اكبر تركيز للكاتيونات هو (mg - na) واكبر تركيز للانيونات (cl-s)

**المياه الضاربة للملوحة (المسوس):** مياه ذات ملوحة اقل من ملوحة مياه البحر لكنها غير صالحة للاستهلاك البشري حيث تقع الملوحة بين (1-10 gr/l)

**ان التكوين الكيميائي للمياه الضاربة للملوحة يتغير من منطقة لأخرى تبعا لعدة عوامل:**

١- الماء الذي يصل التربة ويذيب الاملاح الموجودة فيها
٢- سرعة جريان الماء وبالنتيجة زمن تماس الماء مع التربة
٣- المواد المنحلة مسبقا في الماء (لا تتأثر الانحلالية بالشدة الايونية)
٤- ظاهرة التبخر وهي عامل اساسي مرتبط بالشروط المناخية وبعمق المستوى البيزو متري للمياه الجوفية

واهم الاملاح شديدة الانحلال: (كربونات الكالسيوم- كبريتات الكالسيوم- كربونات المغنيزيوم- كبريتات المغنيزيوم )

## ٢- الخواص الكيميائية للمياه :

### أ- الحموضة:

- يتشرد الماء عادة إلى ايونات الهيدروجين والماءات وفق المعادلة الكيميائية التالية :

$$H_2O \longrightarrow H + OH$$

- الماء النقي المعتدل يكون فيه تركيز ايونات الهيدروجين مساو تركيز ايونات الماءات وعند ازدياد تركيز ايونات الهيدروجين فان الماء تزداد حموضته والعكس صحيح
- تصل الحموضة الى المصادر المائية عن طريق هطول الامطار الحامضية الحاملة لتراكيز حمض الكبريت ويؤدي الى ارتفاع حموضة المياه في المستودع المائي للقضاء على الحياة المائية في المستودع
- تسبب المياه الحامضية التآكل الكيميائي لذلك يمنع استعمال الانابيب الرصاصية في نظام الامداد بسبب حلها للرصاص ويفضل تعديل قيمة ال(PH) قبل ضخها الى شبكة الامداد
- تعدل الحامضية بالمعايرة الحجمية بإضافة ماءات الصوديوم (NaoH)

### ب- القلوية:

سبب القلوية بالماء هو وجود ايونات البيكربونات ($Hco_3$) والكربونات($Co_3$) والماءات (OH) وتقاس القلوية بالمعايرة الحجمية باستعمال حمض قوي وبوجود كاشف (فينول فتالين ثم ميتيل اورانج)

اذا كان PH الماء اكبر من (8.4) فان اضافة الحمض يؤدي الى تغير لون كاشف الفينول فتالين من الزهري الى عديم اللون وبالتالي تنعدم ايونات الكربونات وتصل قيمة البيكربونات الى القيمة العظمى عند ال(PH 4.3) تنعدم ايونات البيكربونات ويبقى فقط غاز ثاني اوكسيد الكربون

عند المعايرة بوجود الفينول فتالئين نحصل على التفاعلات التالية:

أ- تفاعل الحموض مع جذر الماءات:

$$OH + H3O \longrightarrow 2H2O$$

ب- تفاعل الحموض مع جذر الكربونات:

$$CO3^{2-} + H3O \longrightarrow HCO3- + H2O$$

$$@ = OH- + 0.5CO32$$

كمية الحموض المستعملة في المعايرة بوجود الفينول فتالين تكافئ كمية ايونات الماءات ونصف كمية ايونات الكربونات وذلك بواحدة الميلي مكافئ

حيث@: قلوية الفينول فتالين واحدة ميلي مكافئ على الليتر

بوجود كاشف الميتيل اورانج تتم التفاعلات كما يلي:

$$HCO3 + H3O \longrightarrow CO2 + 2H2O$$

والكمية الكلية للحموض المستعملة منذ بدء المعايرة وحتى نهايتها تكافئ الكمية الكلية للقلويات في الماء او قلوية الماء الكلية

$$M=OH + CO3^{2-} + HCO3$$

تحديد قلوية الماء بالفينول فتالين والميتل اورانج يسمح بمعرفة مركبات هذه القلوية كما في الجدول:

| العلاقة بين @ و M | مركبات القلوية | تركيز البيكربونات | تركيز الكربونات | تركيز الماءات |
|---|---|---|---|---|
| **@=0** | البيكربونات | **M** | **0** | **0** |
| **2@<M** | بيكربونات وكربونات | **M-2@** | **2@** | **0** |
| **2@=M** | الكربونات | **0** | **2@** | **0** |
| **2@>M** | كربونات وماءات | **0** | **2(M-@)** | **2@-M** |
| **@=M** | ماءات | **0** | **0** | **M** |

## ج- العسرة :

- تتحد عسرة الماء الكلية بمجموع ايونات الكالسيوم والمغنيزيوم الموجود فيه وهذه الايونات المتصلة مع البيكربونات تعطي عسرة كربونية (مؤقتة) اما المتصلة مع الكلوريد والكبريتات تعطي لاكربونية (دائمة)
- يحدد وجود العسرة اللا كربونية في المياه الطبيعية من معرفة العسرة الكلية للماء ودرجة قلوية الماء

أ- فاذا كانت العسرة الكلية ب(الميلي مكافئ/ليتر) اكبر من قيمة القلوية فيكون لدينا عسرة لاكربونية قيمتها تساوي الفارق بين العسرتين الكلية والقلوية

ب- اذا كانت القلوية اكبر من العسرة الكلية فان مجمل العسرة كربونية يمكن ازالتها بالغليان وفق التفاعل:

$$Ca(Hco_3)_2 \longrightarrow CaCo_3 + Co_2$$

- يترافق الماء العسير ببعض الصعوبات في الاستعمالات المنزلية كالاستهلاك الزائد للصابون وتشكل رواسب قشرية في انابيب التغذية بالمياه الساخنة

**د- الكلورايد :**

تحتوي معظم المياه الطبيعية على ايونات الكلوريد وخاصة بالصيغة الكيميائية (NaCl)

ان المستوى الاعظمي المسموح للكلوريد حسب منظمة الصحة العالمية هو (600ml/l)

**ه- الفلورايد :**

- توجد الفلوريدات في المياه الطبيعية ويفضل ان يكون تركيزها (0.5ml/l) يؤدي نقص الفلورايد الى تسوس الاسنان بينما زيادة تركيزه يؤدي إلى تفلور الأسنان
- التركيز الاعظمي حسب منظمة الصحة العالمية (1.2mg/l)
- اما المناطق الحارة ونتيجة استهلاك حجم اكبر من المياه فان التركيز المسموح (0.7 mg/l)

**و- الكبريتات :**

- تحتوي المياه على تراكيز عالية من الكبريتات خاصة إذا كانت غنية بالجبس
- يسهم غاز($So_2$) في زيادة محتوى المياه السطحية من الكبريتات حيث يتحول بتفاعلات ضوئية وسيطية إلى ($So_3$) الذي يتحد ببخار الماء مشكلا حمض الكبريت الذي يتساقط بشكل مطر حامضي
- التركيز المسموح (250mg/l) وإذا وجدت الكبريتات بكثرة في المياه فإنها تسبب اسهالات وتكسب المياه طعم مر وغير مستساغ

**ز- اليود:**

يوجد بكميات قليلة في مياه الشرب وانعدام هذا المركب او نقصانه عن الحدود المقبولة يؤدي الى تضخم الغدة الدرقية اذا يحتاج الانسان يوميا (0.1 – 0.05mg) من اليود في طعامه او شرابه

**ح- الصوديوم :**

يرتفع تركيز الصوديوم في المياه القريبة من البحر ويسمح بتركيز(50mg/l) لميا الشرب

**ط- البوتاسيوم :**

تركيزه منخفض الى المليغرامات في المياه السطحية والجوفية وصل تركيزه في البحر الى(300mg/l) اما المياه الضاربة للملوحة لا يتجاوز (10mg/l)

**ك- الفوسفات :**

يعود لطرح مياه المجاري الغنية بمواد التنظيف والاسمدة الفوسفاتية ومياه الصرف الزراعي

يساهم في نمو اضطرادي كبير للنباتات والطحالب المائية مما يؤدي الى اختلال التوازن البيئي البحري

ل- **المعادن الثقيلة :**

يدل وجود المعادن الثقيلة (pb-cd-Ni-Hg..) على تلوث المياه الطبيعية نتيجة لطرح نفايات صناعية في المستودع المائي والتركيز الأعظمي هو عدة ميكروغرامات في الليتر

# الفصل الرابع: طرائق تحلية المياه

## تصنف طرائق ازالة الاملاح والتحلية الى ثلاثة فئات رئيسية :

١- طرائق يصاحبها تبديل في الحالة الفيزيائية للماء : تتضمن التقطير والتجميد

٢- طرائق تستخدم الاغشية : الفرز الغشائي والكهربائي والتناضح العكسي

٣- طرائق يصاحبها تأثير على الروابط الكيميائية : بشكل أساسي التبادل الشاردي

- **اختيار التقنية المناسبة لتحلية المياه :**

**يعتمد على عدة عوامل رئيسية:**

١- طبيعة الماء الخام :ان نسبة ملوحة المياه تشكل عاملا اساسيا في اختيار تقنية التحلية المناسبة حيث يجب ان تكون قوية تتغلب على صعوبة التخلص من كميات كبيرة من الاملاح ويسهل تشغيلها وصيانتها

- فكلما ارتفعت نسبة الاملاح في الاملاح كلما صعب التحكم في تحليتها
- اثبت نظام الاغشية جدارته في تحلية المياه شبه المالحة
- اثبت نظام تقطير المياه انه الانسب لتحلية المياه بالمقارنة مع نظام التناضح العكسي

٢- كميات المياه المطلوب تحليتها: تتطلب توفير الطاقة اللازمة باقل تكاليف ممكنة لذلك النظام المزدوج لإنتاج المياه والكهرباء وسيلة مناسبة للاستفادة من الطاقة الحرارية التي تنتجها محطات الكهرباء في تحلية المياه

٣- توفير الخبرات المناسبة : تلعب كفاءة التشغيل والصيانة دورا اساسيا في تخفيض تكاليف انتاج المياه ولذا توفير فريق عمل متكامل للقيام بالأعمال التشغيلية خصوصا عند استخدام التناضح العكسي لحماية الاغشية من أي اثار عكسية

٤- توفير قطع الغيار: توفير قطع الغيار من مناطق مختلفة يؤدي الى المنافسة بين المصنعين مما يؤدي الى الاحتكار والتحكم بالأسعار

٥- موقع مصدر المياه المالحة : يحدد اسلوب التخلص من المحلول الملحي التخلف من عمليات التحلية اذ يتم اعادته الى البحر ثانية مما يسبب مضاعفات سلبية على البيئة مثل تملح التربة وتسرب الملوحة الى حوامل المياه الجوفية

- تكلفة إزالة الأملاح بالتبادل الشاردي ترتفع بزيادة الأملاح و اقل (2000ml/l)
- اما الفرز الغشائي الكهربائي والتناضح العكسي بين(15000-2500ml/l)
- التقطير والتجميد تزيد الملوحة عن (10000ml/l)

**الطاقة اللازمة للتحلية:**

عمليات التحلية تحتاج الى طاقة قد تكون:

- طاقة على شكل حرارة لإنجاز التبخير
- طاقة على شكل عمل ميكانيكي باستخدام ضاغط بخار
- التناضح العكسي
- طاقة على شكل حقل كهربائي كما في الفرز الغشائي الكهربائي

**يستند تقدير كمية الطاقة على قوانين الترموديناميك وعلى الفرضيات التالية:**

- درجة الحرارة البدائية للماء تماثل درجة الحرارة النهائية
- بقاء ملوحة ماء البحر الذي نستخلص منه الماء العذب ثابتة

لذلك كمية الطاقة المطلوبة للتحلية تتغير مع معدل الانتاجية :

$$\text{معدل الإنتاجية} = \frac{\text{حجم الماء العذب الناتج}}{\text{حجم ماء البحر المستخدم}}$$

- يلزم بالفعل طاقة لتشغيل التجهيزات الميكانيكية ولتعويض الضياعات الحرارية ولتحقيق التحلية

- الطاقة الأصغرية اللازمة عمليا لتحلية ماء البحر هي بحدود($3.5kWh/m^3$) ويلزم اضافة لهذه القيمة كمية الطاقة اللازمة لنقل وضخ الماء الى مركز التحلية
- ان الطاقة المستهلكة في حالات تقطير المياه في المنازل تصل الى ($100kwh/m^3$)
- كمية الطاقة اللازمة نظريا لإنتاج متر مكعب من الماء العذب (0.65kwh)

**يوجد عدة طرق لتحلية المياه هى:**

١- التقطير الشمسي

٢- تحلية المياه وازالة الاملاح بالتقطير

٣- الديلزة الكهربائية

٤- التناضح العكسي

٥- التبادل الايوني

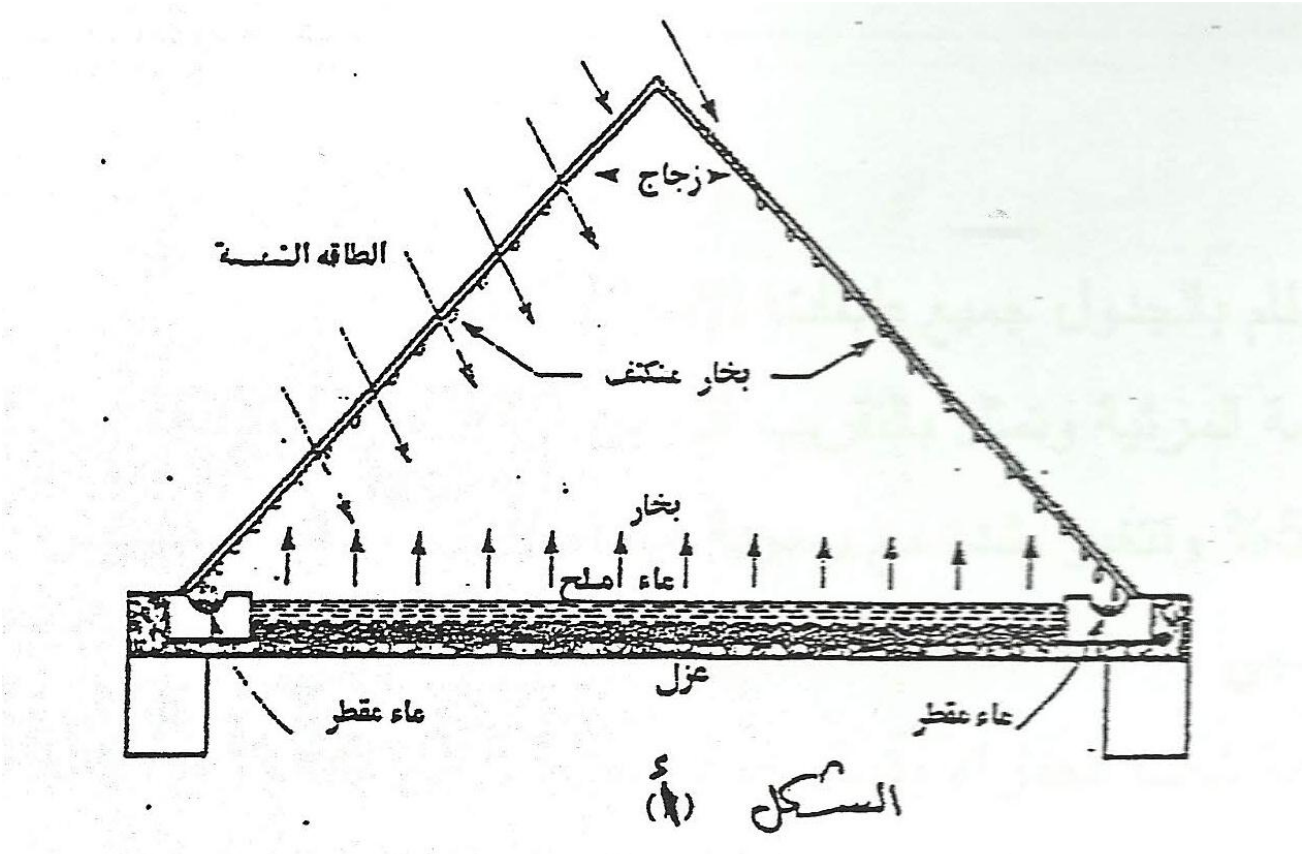
٦- التحلية بالاستخلاص

٧- التحلية بالتجميد

## اولاً- التحلية بالتقطير الشمسي:

### ١- طريقة التقطير:

يوضح الشكل نموذج عن طريقة التقطير الشمسي حيث:




الشكل (١)

- يوضع الماء المالح في حوض اسود مغطى بسطح زجاجي مائل ويسخن الماء بأشعة الشمس ويصعد البخار الى الزجاج حيث يتكثف مكونا طبقة رقيقة تنحدر الى اسفل الزجاج حيث تتجمع في حوض التجميع ومنه الى التخزين
- لا يغلي الماء في هذا النوع من المقطرات انما يتبخر ببطء ويصل البخار الى السطح الزجاجي البارد بالحمل وتتحكم شدة الاشعاع الشمسي الساقط في معدل التبخير فاذا لم يكن هناك اشعاع شمسي فان الماء في قاع المقطر يبرد بسرعة مما يخفض ضغط البخار حتى تقف عملية التبخير كليا
- تتأثر بالعادة معدلات التبخير ب:
  - أ- اضطراب الهواء او سرعة الرياح
  - ب- شدة الاشعاع الشمسي لكل وحدة مساحة من السائل المتبخر في وحدة الزمن
- وبالرغم من مجانية الطاقة اللازمة للتبخير الشمسي الا انه يجب معرفة ان:
  - أ- تكاليف الانشاء جديرة بالاهتمام اذ ينتج المقطر حوالي بضعة لترات يوميا لكل متر مربع من مساحة قاع المقطر
  - ب- يجب الاستفادة القصوى من الطاقة الساقطة عليه
  - ت- كمية الاشعاع الشمسي في الموقع حيث ستنشأ محطة التقطير الشمسي حتى يمكن تقدي الانتاج المتوقع من المقطر
  - ث- تقدير الضياع غير الممكن تلافيه

## ٢- سقوط الاشعاع الشمسي:

- تقاس كمية الشعاع الشمسي التي تستقبلها وحدة السطح الأفقي باستخدام بيرليومتر ذي مسجل ويتكون هذا الجهاز اساسا من شرائط معدنية سوداء وبيضاء توضع في حيز مخلخل اسفل قبة زجاجية ونظرا لكون الشرائط السوداء تمتص حرارة اكثر من البيضاء فان درجة حرارتها تصبح اعلى
- تسجل فروق درجات الحرارة بين الشرائط البيضاء والسوداء وتدل هذه الفروق على كمية الاشعاع الكلية
- يمكن زيادة الاستفادة من الاشعاع الشمسي بدوران السطح المستقبل للإشعاع باستمرار حتى يبقى الاشعاع دائما عموديا على السطح
- ان راس مال المقطرات الشمسية اعلى من المقطرات التقليدية لكن تكلفة تشغيل المقطرات الشمسية اقل بكثير اذ ان الحرارة بدون مقابل وبالرغم من ان انتاجية المقطرات الشمسية لكل وحدة مساحة تبدو صغيرة الا انه يجب مراعاة انه يمكن تغطية مساحات كبيرة بالمقطرات الشمسية

الكفاءة والفقد في مقطرات النوع السطحي:

**الى أي مدى يمكن تقليل الفقد في الحرارة الشمسية للحد الادنى؟**

يعتمد الفقد الحراري على :

١- الاحوال الجوية: (شدة الاشعاع الشمسي- درجة حرارة الجو- سرعة الرياح)

٢- تصميم القطر: يشمل تصميم المقطر متغيرات كثيرة اهمها:

أ- طبيعة المواد المستخدمة

ب- شكل واتجاه المقطر

ت- سمك الطبقة المبخرة

وتؤثر هذه العوامل على التغير اليومي في درجة حرارة الماء المالح الموجود في قاع المقطر والتي تؤثر بشدة على الفقد من المقطر

تحسب كفاءة المقطر الشمسي المتوقعة لموقع ما بمعرفة الاحوال الجوية:

١- يلزم عمل حسابات كل ساعة لدرجة حرارة الماء المالح

٢- حساب الفقد في الحرارة الى الجو المحيط

٣- السماح بتخزين الحرارة في الماء المالح لان درجة الحرارة تختلف بين بداية ونهاية كل ساعة

**مقارنة بين مقطرات الحوض العميق والحوض الضحل:**

١- تقام تقديرات تقريبية للفقد باستخدام القيم الشهرية المتوسطة للتغيرات الجوية وتلائم هذه الطريقة المقطرات ذات الاحواض العميقة والتي تحوي على طبقات من الماء المالح بعمق(30cm) وذلك لضمان ان يبقى التغير اليومي في درجة حرارة الماء المالح اقل منه بالمقطرات ذات الاحواض الضحلة والتي تسخن بسرعة في الصباح وتبرد بسرعة بالمساء

٢- المقطرات ذات الحوض الضحل يتم التقطير بمعدل اسرع في ساعات النهار منه بالمقطرات ذات الحوض العميق وتنعدم ليلا

٣- ذات الحوض العميق لها سعة تخزين حرارية اعلى من الحوض الضحل

٤- تسخن مقطرات الحوض العميق ببط بالمقارنة مع مقطرات الحوض الضحل

٥- تصل درجة الحرارة القصوى في الاحواض العميقة متأخرة عن مقطرات الحوض الضحل

٦- تمتاز مقطرات الحوض العميق باستمرار التقطير لجزء من الليل

٧- كلما زاد عمق طبقة الماء في حوض المقطر العميق كلما انخفض التغير في درجة حرارة الماء المالح خلال فترة 24 ساعة

٨- كلما طال الوقت بين زمن اقصى شدة اشعاع شمسي وزمن الوصول الماء المالح الى اقصى درجة حرارة له انخفض التغير في درجة حرارة الماء

**تحسين النتائج: يتم عن طريق:**

١- الفقد الرئيس للحرارة في المقطر يرجع الى اشعاع طويل الموجة المنتقل من الماء المالح في الحوض الى الغطاء
٢- اختيار عمق منسب للماء المالح لتقليل المتوسطات اليومية لهذا الفقد طبقا للأحوال الجوية
٣- كمية الحرارة الارضية المفقودة فهي في العادة صغيرة اذا كانت مساحة الارض كبيرة وابقيت الارض جافة للمحافظة على عزل حراري جيد ويرتبط الفقد الحراري بالحمل ومعدل التقطير
٤- يمكن تخفيض انعكاس الإشعاع وامتصاصه بالزجاج من خلال اختيار اغطية من نوع خاص او معالجة مادتها لتحسين ادائها (الزجاج المعالج)
٥- يمكن تخفيض امتصاص الضوء في الغطاء باستخدام اغطية من طبقات رقيقة بدلا من الزجاج (بلاستيك مثلا)

**ميزات استبدال غطاء الزجاج بالبلاستيك:**

١- له اغراء اقتصادي من حيث الكلفة
٢- يمكن الابقاء على المقطرات البلاستيكية منتفخة بزيادة الضغط داخل المقطر زيادة طفيفة
٣- انتاجية منخفضة نسبيا بالمقارنة بالمقطرات الزجاجية وذلك نتيجة التسرب تارة والتكثف المتقاطر لبخار الماء على السطح السفلي للغطاء المانع لالتصاق الماء تارة اخرى
٤- تنمو القطرات المتبخرة الى حجم كبير قبل انحدارها الى قنوات الماء المقطر وفي بعض الاحيان تسقط مرة اخرى الى الماء المالح
٥- تطورت وسائل معالجة طبقات البلاستيك لجعلها اقل مقومة لالتصاق الماء ولمنع تدهور بعض انواع البلاستيك بالتعرض للإشعاع

## ثانيا: تحلية المياه وازالة الاملاح بالتقطير:

تعتبر من اقدم الطرق واوسعها انتشارا وتعتمد على تبخير الماء وبعد ذلك تكثيف البخار لتبخير الماء تستخدم الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود او تكثيف البخار او اشعة الشمس او الطاقة النووية

- ✓ اذا كانت المياه الناتجة مخصصة للاستهلاك البشري فيمكن خلط المياه مزاله الاملاح مع مياه خام للحصول على النسبة المطلوبة لتركيز الاملاح

## انواع تحلية المياه وازالة الاملاح:

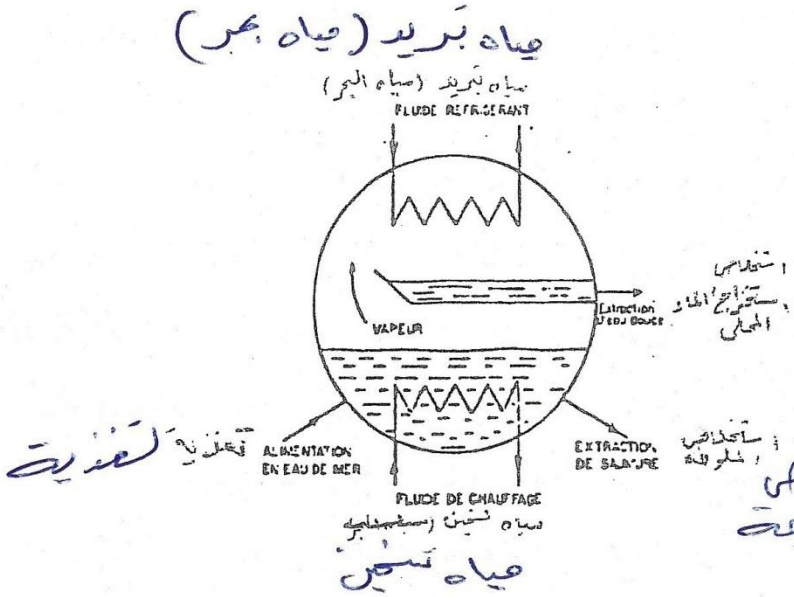
١- التقطير ذو التأثير الوحيد

٢- التقطي متعدد التأثيرات

٣- التبخير الفجائي متعدد المراحل

### ١ - *التقطير ذو التأثير الوحيد:*

تتكون من مرجل يتشكل فيه البخار عند غليان الماء ويتجه الى المبخر الحلزوني حيث يتكثف ومنه الى مجمع المياه مزالة الأملاح




شكل ( ٤ )

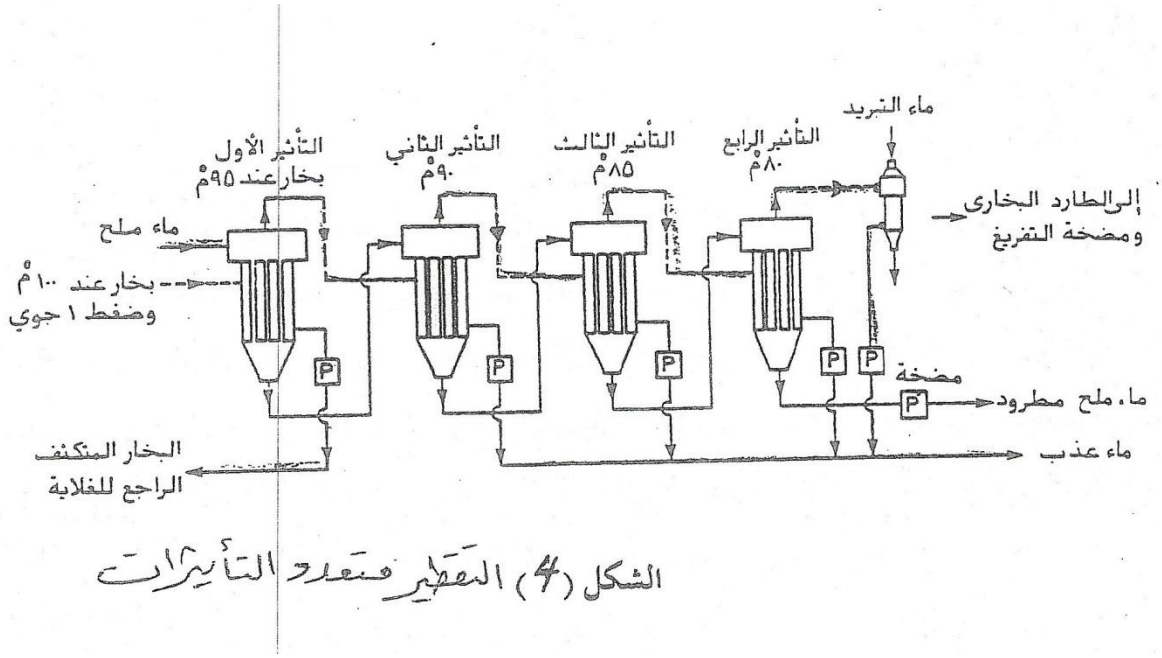
الفكرة الأساسية للتقطير أحادي المرحلة

**الشكل الفكرة الاساسية للتقطير الاحادي المرحلة**

- يقسم حجم المبخر بالارتفاع الى: قسم للماء وقسم للمبخر والحدود بينهما تسمى مرآة التبخير
- تقسم المبخرات بحسب طبيعة جريان المياه الى جريان حر و قسري
- كما تقسم بحسب توضعها الى مبخرات شاقوليه أو أفقية

٢ - *التقطير متعدد التأثيرات:*

- تقوم المقطرات متعددة التأثير بالاستفادة من الابخرة من الابخرة المتصاعدة من المبخر الاول للتكثف في المبخر الثاني
- تستخدم حرارة التكثف في غلي ماء المبخر الثاني وبالتالي فان المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الاول وتصبح مهمة هذه الابخرة في المبخر الثاني مثل بخار التسخين
- وبالمثل فان المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا كما في الشكل




الشكل (٤) التقطير متعدد التأثيرات

- تستعمل المضخات (P) للحصول على الماء العذب عند الضغط الجوي وذلك لان الضغط في جميع المبخرات اقل من الضغط الجوي
- يجب نزع الهواء والغازات غير القابلة للتكثيف من حيز المبخرات حتى لا يرتفع الضغط فوق السائل المغلي ويوقف الغليان لذلك يوصل طارد بخاري مع مضخة انفرا غية لكل مبخر أو يستعاض عن هذا النظام بوصل صمام خانق مناسب الى حيز البخار للتأثير الذي يليه حيث يكون الضغط اقل ثم يوصل الحيز الاخير في التأثير الاخير فقط بطارد البخار والمضخة الانفراغية وتستخدم هذه الطريقة في حالة كانت كمية الهواء صغيرة
- المضخة($P^*$) لسحب الماء المالح المطرود من المبخر الاخير لطرده الى الجو المحيط عند الضغط الجوي

- للمقطرات متعددة التأثير فوائد كثيرة حيث تعطي كمية المياه منزوعة الاملاح اكبر بكثير انطلاقا من وحدة الكتلة للبخار الاولي فمثلا:

(1→0.9ton) في المبخرات ذات المرحلة الواحدة

(2→1.7ton) في المبخرات ذات المرحلتين

(3→2.4ton) في المبخرات ذات الثلاث مراحل

(4→3.1ton) في المبخرات ذات الاربع مراحل

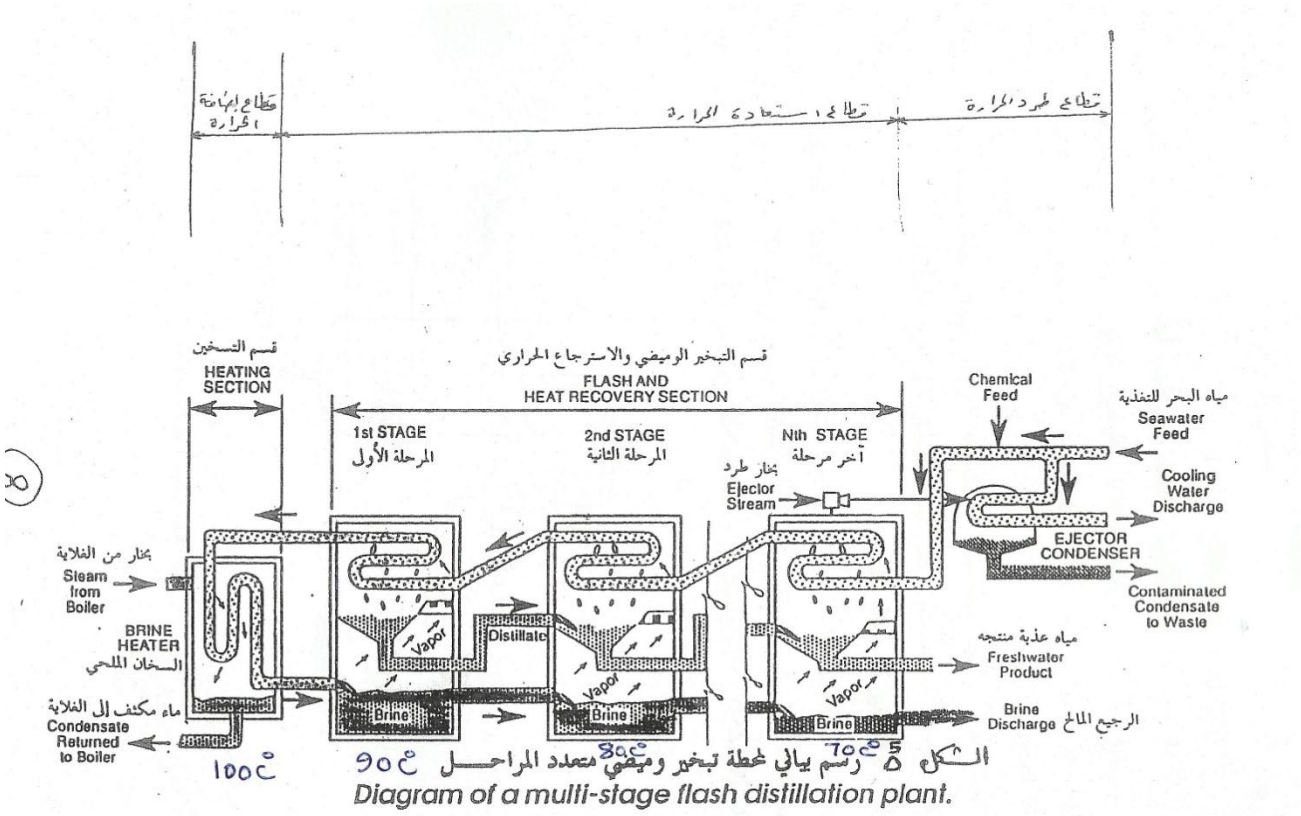
✓ استخدمت المبادلات الحرارية الراسية الانابيب ذات المرور واحد كمبخرات والتبخير الفجائي متعدد المراحل بدلا من هذه الطريقة

### ٣- ***التبخير الفجائي متعدد المراحل:***

- بما أن المبخرات تسخن ببخار لدرجة عالية فلا يمكن تجنب حدوث ترسبات على سطوح التسخين ذات التماس المباشر مع المياه وعملية تنظيفها صعبة
- يؤدي وجود هذه الترسبات إلى إنقاص الفعالية الاقتصادية لهذه المنشآت
- في المبخرات الحديثة يتم خلق ضغط سالب ذو قيمة مرتفعة تخفض درجة غليان الماء إلى (في المبخرات الحديثة يتم خلق ضغط سالب ذو قيمة مرتفعة تخفض درجة غليان الماء إلى (50) مئوية أو أقل وتجنب ظاهرة تشكل الترسبات

✓ في طريقة التقطير بالتبخير الفجائي متعدد المراحل يبقى ماء البحر تحت ضغط أقل من الضغط الجوي خلال مدة التسخين

- يدخل ماء البحر الساخن إلى حجرة يسيطر فيها ضغط أقل من ضغط الاشباع الناتج عن تبخير فجائي بالتمدد ويتبخر جزء من الماء يتكثف بعد ذلك على مكثفات ويجمع ضمن مستقبل




الشكل 5 رسم بياني لمحطة تبخير وميضي متعدد المراحل

*Diagram of a multi-stage flash distillation plant.*

**الشكل (رسم بياني لمحطة تبخير فجائي )**

- تتكون هذه الوحدة من قطاع طرد للحرارة وقطاع استعادة الحرارة وقطاع إضافة حرارة
- يتم إدخال ماء البحر ويسمى ماء التبريد إلى قطاع الطارد للحرارة ويتكون من مرحلتين إلى أربع مراحل تسخن فيها ماء البحر ويتكثف جزء من البخار ويتحول إلى ماء عذب ثم يخرج ليعاد جزء منه إلى البحر ويعالج الجزء الباقي إما

١- بالأحماض لتخليص هذه المياه من العناصر المكونة للرسوبيات وتسمح هذه الطريقة برفع درجة حرارة ماء البحر الى(120)

٢- او إضافة جرعات من البولي فوسفات لمنع ترسب المواد الصلبة وتسمح برفع درجة حرارة الماء الى (90)

- يدخل الماء من القطاع الطارد إلى قطاع استعادة الحرارة ليخلط مع ماء البحر المركز داخل مكثفات موجودة أعلى حجرات التبخير وتستمر درجة الحرارة بالارتفاع نتيجة تكثيف البخار المتصاعد حول هذه المكثفات حتى يخرج السائل من قطاع استعادة الحرارة ليدخل قطاع إضافة الحرارة
- تصل درجة حرارة الماء في هذا القطاع إلى أعلى درجة حرارة مسموح بها وتكون أعلى من درجة التشبع الموجودة في المرحلة الاولى للتبخير لذلك عندما يدخل الماء المعاد إدارته إلى المرحلة الاولى

يتبخر جزء منه تبخراً فجائياً نتيجة لارتفاع درجة حرارته عن درجة التشبع المقابلة للضغط المقابلة للضغط في هذه المرحلة

- يتكثف البخار المتصاعد على سطح المكثف الموجود في أعلى مرحلة التبخير ويعطي حرارته الكامنة للماء المعاد والساري داخل أنابيب المكثف
- ينتقل الماء إلى حجرة التبخير الثانية والتي يقل فيها الضغط عن الأولى وبذلك يتبخر جزء من الماء تبخراً فجائياً وهكذا حتى مرحلة أخرى يصل الماء الملحي المركز إلى أخر مرحلة من قطاع طرد الحرارة
- يطرح جزء منه إلى البحر ويعاد استخدام الجزء الأخر لتحسين كفاءة المحطة وتقليل تكلفة معالجة المياه

محاسن ومساوئ التقطير الفجائي المتعدد المراحل:

- ✓ تحتاج هذه الطريقة إلى كميات كبيرة لماء التبريد لذا يشترط وجودها على شواطئ البحار
- ✓ تتميز بإعادة استخدام الحرارة الناتجة عن تكثيف البخار في تسخين المياه وبذلك تقل كمية الحرارة الازمة لتحلية المياه (ينتج ١٠ طن من الماء العذب من كل ١طن من البخار المغذي للمحطة)
- ✓ تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعاً لتحلية المياه شديدة الملوحة
- ✓ تستخدم من أجل محطات التحلية كبيرة السعة
- ✓ ترتبط عادة بمحطات بخارية لتوليد الكهرباء لتشكل محطة ثنائية الغرض تنتج الماء والكهرباء .

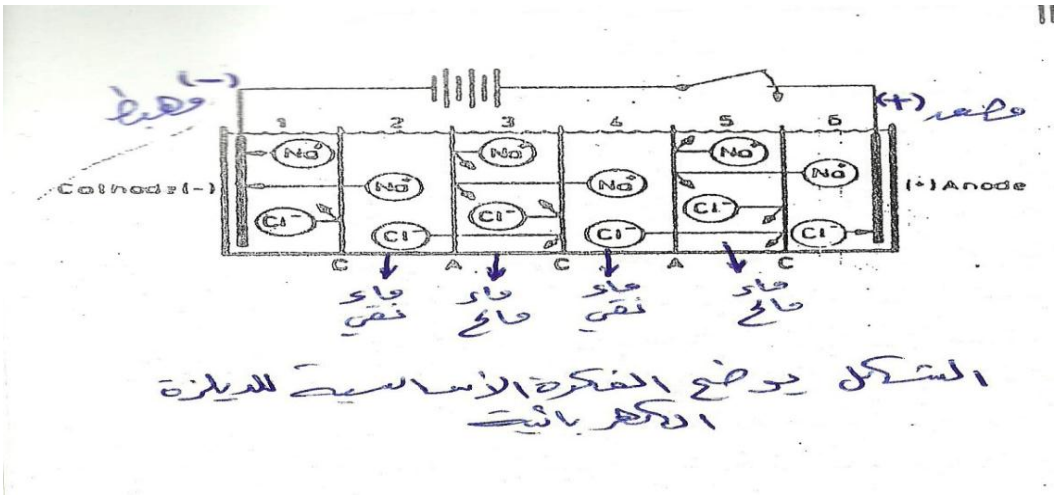
## ***ثالثا: الديلزة الكهربائية:***

**تعريف الديلزة الكهربائية :** هي عملية فصل كهربائية كيميائية تنتقل فيها الشوارد عبر اغشية نصف نفوذة من المحاليل الاقل تركيز الى المحاليل الأكثر تركيز من خلال تطبيق التيار الكهربائي وتتم بشكل افضل بدرجات حرارة اعلى

- ✓ كلما زادت ملوحة المياه زادت القدرة الكهربائية لعملية الفصل حيث يتم جذب الايونات المكونة للأملاح من المياه المالحة ويتم تركيزها في اماكن مستقلة بفعل القوى الكهربائية

### ١- مكونات وحدة الديلزة :

١- عدد من الحجرات الضيقة التي يضخ الماء المالح خلالها
٢- اغشية خاصة تفصل هذه الحجرات وتسمح بنفاذ الايونات الموجبة (الكاتيونات) او الايونات السالبة (الآنيونات)
٣- اقطاب تمرير التيار المستمر خلال حزمة الحجيرات




الشكل يوضح الفكرة الأساسية للديلزة الكهربائية

## ٢- الفكرة الأساسية لعملية الديلزة:

قبل مرور التيار الكهربائي توجد الاملاح في المياه المالحة على هيئة ايونات موجبة وسالبة وبتوصيل القطبين بمصدر تيار مستمر تبدا مسيرة الايونات حيث تسري الايونات الموجبة من اليمين الى اليسار بينما السالبة تسري بالاتجاه المعاكس أي يترك كلا النوعين من الايونات الحجيرة خلال الاغشية ونتيجة لذلك ينخفض تركيز الملح في الحجيرة الوسطى ويزداد بالحجيرات المجاورة

يتكون ماء عذب واخر مالح في الحجيرات المتجاورة أي يمكن القول ان نصف الحجيرات يحوي ماء مالح مركزا والنصف الاخر يحوي ماء عذب

**س: تحدث عن النفاذية الانتقائية لأغشية الديلزة :**

يمكن شرح النفاذية للأغشية من خلال كونها مواد تبادل ايوني ففي مثل هذه الماد يمكن لكل من الايونات الموجبة والسالبة الانتقال خلال الجسم الصلب بينما تلتصق الايونات العكسية الشحنة على الجسم الصلب وتعتبر اغشية انتقال الايونات اكثر الاجزاء حساسية في الوحدة فهي مثل اسطح التبادل الحراري في طرق التقطير كما انها ايضا تتسخ بترسيب القشور التي يجب ازالتها ميكانيكيا او بالإذابة ومهما كانت هذا الاغشية متينة فانه يلزم استبدالها بعد فترة

اما القدرة المطلوبة لتشغيل هذه العملية هي قدرة كهربائية ويمكن تقسيم هذه القدرة الى قسمين :

أ- القدرة المطلوبة للتيار المستمر لنقل الايونات

ب- القدرة المطلوبة للمضخات التي تدار بالتيار المتردد

- ✓ في الوحدات العملية التي تستخدم الديلزة تستخدم قواطع بلاستيكية توضع بين الاغشية لتجبر المياه على الحركة في ممر ملتو مما يسبب خلطا في كل حجيرة

## ٣- احتياجات القدرة:

يلزم للقيام بعملية الديلزة استخدام فرق جهد يزيد قليلا عن فرق الجهد المضاد (وهو الجهد المعاكس لفرق الجهد الخارجي الموجود على الوحدة) ويمثل فرق الجهد الكهربائي المستخدم الحد الادنى لاحتياج القدرة لإزالة الملوحة ويزيد عمليا فرق الجهد المضاد نتيجة لظاهرة الاستقطاب ويسمى فرق الجهد المضاد بجهد الاستقطاب

ينشا جهد الاستقطاب نتيجة لتفاعل الاقطاب الكهربائية بالإضافة للفرق بالتركيز وبعض التفاعلات الجانبية عند اسطح الغشاء والتي تسبب جميعها وجود جهد مضاد لمرور التيار فاذا كان فرق الجهد الكلي المستخدم حوالي (0.1- 0.2V) فقط لكل زوج فان ازالة الملوحة تتم بمعدل بطيء مما يتطلب وحدات كبيرة ومن الافضل اقتصادي استخدام (1V) لكل زوج من الاغشية على الرغم من الفقد الكهربائي نتيجة الحركة السريعة للايونات التي تسبب تحويل جزء كبير من الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية

يمكن القول ان كمية الملح المنتقلة بين حزم الاغشية تتناسب مع كثافة التيار

بينما استهلا القدرة الكهربائية (بالواط) مع ($Ri^2$) حيث تمثل (R) المقاومة الكهربائية للحزمة بالاوم وعليه يصبح من الملائم تعريف دليل القدرة كما يلي :

$$\text{دليل القدرة} = \frac{\text{القدرة الكهربائية لكل واحدة من معدل انتاج الماء العذب}}{\text{معدل الانتاج مقسوما على مساحة الغشاء}} \quad (m^3/(m^3/m^2))$$

ويشير دليل القدرة إلى احتياجات التيار المستمر ويعتمد مقدار هذه القدرة على :

- ✓ تصميم الوحدات
- ✓ نوع الفواصل المستخدمة
- ✓ بخفض معدل انتاج الوحدات يمكن الوصول الى استهلاك اقل للقدرة

ان الجهد الكهربائي لسريان الايونات يرتفع كلما كان المحلول اكثر تخفيفا فمثلا يتطلب خفض تركيز الملح من (300→ 1300 ppm) قدرة كهربائية اكبر نسبيا من القدرة المطلوبة لخفض التركيز من (3000 →4000ppm) بالرغم من انه في كلتا الحالتين يخفض التركيز بمقدار (1000ppm)

معظم المحطات التي تعمل حاليا تحتاج الى قدرة كلية تتراوح من مرة ونصف الى مرتين من مقدار احتياج القدرة من التيار المستمر لديلزة الكهربائية

## ٤- الاداء الامثل للمحطة:

لتحديد افضل وضع اقتصادي لظروف تشغيل محطة ديلزة يجب أن نختار احد البديلين الآتيين:

١- استخدام عدد قليل من حزم الاغشية وتشغيلها عند معدل الانتاج الاقصى
٢- استخدام عدد كبير من حزم الاغشية وتشغيلها بوضع متواز عند معدل اقل من المعدل الاقصى للإنتاج

ويمكن تحديد افضل حجم اقتصادي للمحطة ولاستهلاك القدرة لمعدل ما من انتاج الماء العذب ولدرجة ملوحة معينة للماء الخام وللماء العذب باستخدام التحليلات التقريبية الاتية :

تحديد التكلفة الكلية لمقدار الوحدة من الماء العذب المنتج بالرمز (d)

$$d = ai + b/i + c$$

حيث: (a,b,c) ثوابت بينما (i) تمثل كثافة التيار الكهربائي

ويمثل الحد (ai) النفقات التي تتناسب مع معدل الانتاج وهي أساسا استهلاك القدرة الكهربائية التي تتناسب مع كثافة التيار

ويمثل الحد (b/i) النفقات التي تتناسب مع عدد الحزم

اما الحد الثالث (c) لا يعتمد على كثافة التيار ويشمل تكاليف المعالجة الكيميائية

لإيجاد افضل كثافة للتيار تفاضل المعادلة بالنسبة الى (i) ويعادل التفضل بالصفر وعليه تصبح افضل كثافة للتيار:

$$( \ i_{apt} = \sqrt{\frac{b}{a}} \ )$$

وبالتعويض بهذه القيمة بالمعادلة الاساسية وجد انه للوصول الى افضل تشغيل اقتصادي فانه يلزم تسوية الحدين الاول والثاني

## ٥- الاغشية:

✓ يتناقص عمر الغشاء مع ازدياد كثافة التيار

يوجد عدد كبير من اغشية التبادل الأيوني وهذه الغشية مقواة بألياف قوية تصنع من الزجاج أو أنسجة الدينل للحصول علة المتانة الميكانيكية لتحمل فرق الضغط بين حجيرات الديلزة الكهربائية

**القاعدة الاساسية :** ان تتكون الاغشية من سمك بضع طبقات جزيئية حتى يتثنى لها العمل كمرشحات للايونات

وهناك بعض الاغشية الرقيقة الموضوعة في مواد عضوية حية يمكنها القيام بهذه العملية ولكن المتانة الميكانيكية تستلزم تجنب استخدام اغشية رقية في محطات الديلزة الكهربائية

ويمكن الحصول على خواص ميكانيكية معقولة باستخدام اغشية بسمك (0.1 - 1 mm)

## ٦- الفواصل :

توضع الفواصل بين الاغشية للمحافظة على :

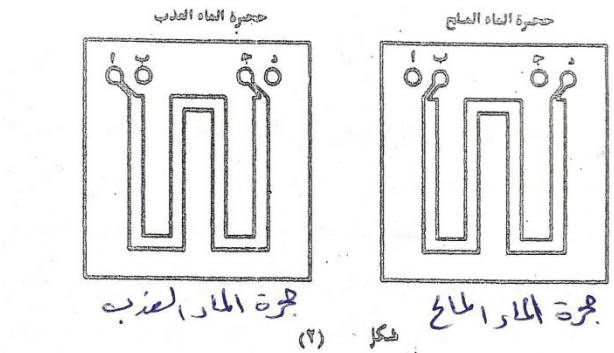
- ✓ مسافات ثابتة بين الاغشية وبعضها البعض
- ✓ لتوجيه سريان السوائل في ممرات ملتوية لتحسين الخلط

في هذه العملية تكون الحجيرات ضيقة جدا والمسافة بين أغشية تبادل الكاتيونات والانيونات حوالي (1mm) ويمثل هذا السمك التوازن ما بين تبديد القدرة الكهربائية بالتيار المستمر واحتياجات قدرة الضخ اذ تزيد الاولى وتنقض الثانية بازدياد سمك الحجيرات ونظرا لضيق الحجيرات الشديد فانه من الجلي استحالة تغذية وتفرغ كل حجيرة بأنابيب منفصلة تصل الى المجرى الرئيسي وللتغلب على هذه المشكلة تم تصميم فواصل تعمل على توصيل وتوزيع السوائل

تصنع الفواصل من ألواح من البلاستيك بسمك يساوي السمك المطلوب للخلية وتوجد أربعة ثقوب هم (أ- ب – ج - د) في كل فاصل هذه الثقوب توافق الثقوب المناظرة لكل غشاء وفي الأقطاب

ويوجد مجرى ملتو للسوائل في كل فاصل

**الشكل فواصل وحدات الديلزة**




شكل (٢)
فواصل وحدات الديلزة الكهربائية ، فكرة نظام توزيع السائل .

يتماثل كل من نوعي الفواصل كليا فيما عدا وصلات ممر السائل (أ- ب- ج - د) تواليا

يدخل ماء التغذية الى حجيرات الماء من خلال المجرى (أ) ويتكون هذا المجرى من ماء مسترجع منزوع الملوحة جزئيا

يدخل ماء التغذية الى حجيرات الماء المالح خلال المجرى (ب) ويترك الماء المنزوع الملوحة والماء المالح للحجيرات من المجاري المنفصلة (ج- د) على التوالي

يحتوي الجزء المركزي لحجيرات وحدات المعالجة على شبكة من البلاستيك تعمل مثل الممر الملتو

## ٧- الاقطاب:

تستخدم العديد من المواد لصناعة الاقطاب وتتلف الاقطاب الموجبة بمعدل اسرع من الاقطاب السالبة نتيجة للتآكل بالأوكسجين والكلوريد

تستخدم اقطاب مغلفة بالبلاتين وهي ذات مقاومة عالية وذات تكاليف مرتفعة وان هذا التغليف لازم لحماية القطب الموجب والقطب السالب وذلك لأنه في كثير من الوحدات يتم عكس اتجاه التيار للتغلب على تأثيرات الاستقطاب وإزالة القشور المترسبة

## ٨- الاستقطاب وتشكل القشور:

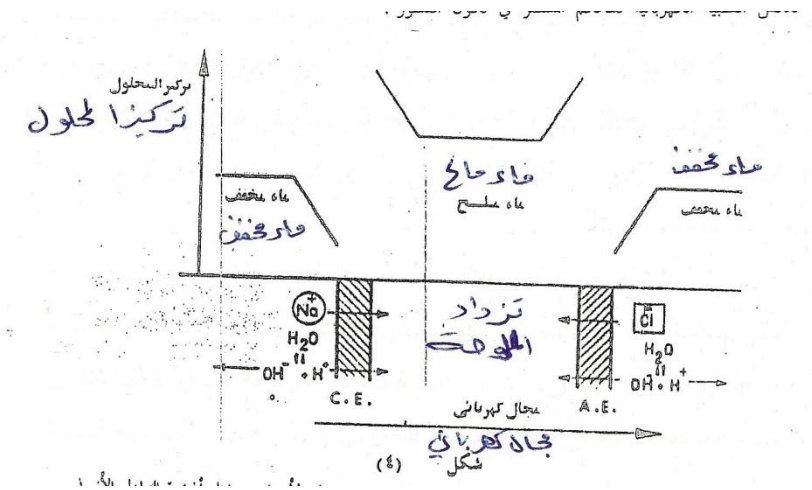
**يعرف الاستقطاب** على انه التأثيرات الناتجة عن زيادة ونقص تركيز الملح بالقرب من اسطح الاغشية نتيجة مرور التيار وتحدث أيضا بسبب تفاعلات الأقطاب

- يعتمد الحد الأقصى لكثافة التيار في وحدات الديلزة على :

١- تركيز الماء المستخدم بالوحدة

٢- سرعة الجريان

٣- تصميم الفواصل




**الشكل ظاهرة الاستقطاب**

يرتفع التركيز الايوني بالقرب من اسطح الاغشية في اتجاه حجيرات الماء المالح بينما ينخفض تركيز الايونات على الاسطح المناظرة لحجيرات الماء العذب وبناء على ذلك يختلف تركيز الملح بالقرب من الاغشية عن التركيز في حجيرات الماء العذب والمالح وينتج عن هذه التأثيرات :

١- زيادة مقاومة الحزمة مما يسبب فقد في القدرة

٢- تكون القشور على الاغشية

٣- تغيرات ملحوظة في قيمة الاس الهيدروجيني في الماء المالح والعذب

- ✓ تسبب زيادة تركيز الملح بالقرب من سطح الغشاء المواجه للماء المالح ترسب القشور اذا ما تعدى التركيز حدود الانحلالية
- ✓ ان تغير قيمة الاس الهيدروجيني ينتج عن انتقال ايونات الهيدروجين الهيدروكسيل خلال أغشية التبادل الايوني
- ✓ يسب تشكل القشور الصلبة زيادة المقاومة الكهربائية ومقاومة الجريان مما يسبب تلف الغشاء ميكانيكيا
- ✓ يظهر تكون القشور عند الكثافات المرتفعة للتيار وعند الكثافات المنخفضة ايضا
- ✓ لمنع تكون كربونات يضاف حمض قوي الى الماء المالح وتعتمد كمية الحمض المضافة على قلوية الماء الخام

**اهم عيوب الحقن بالحمض:**

١- ضرورة استخدام معدات غير قابلة للصدأ

٢- الخطورة في استعماله

**الحلول المقترحة لإزالة القشور بدلا من الحمض:**

العكس الدوري لقطبية القطبين يؤدي الى ذوبان القشور ولكن تصبح حجيرات الماء المالح حجيرات الماء العذب بالعكس لذا يلزم التغيير الالي لتوصيل الجريان اذا ما انعكس التيار

يجب معالجة المياه التي تحوي مواد صلبة غروا نية وخشنة أوليا بالترشيح او بالتخثير قبل دخولها الى النظام

## ٩- مصدر القدرة الكهربائية:

- لا يتم تامين التيار المستمر لوحدة الديلزة عن طريق استخدام محول للتيار المتناوب الى المستمر وبكفاءة تحويل جواي (٩٠%).

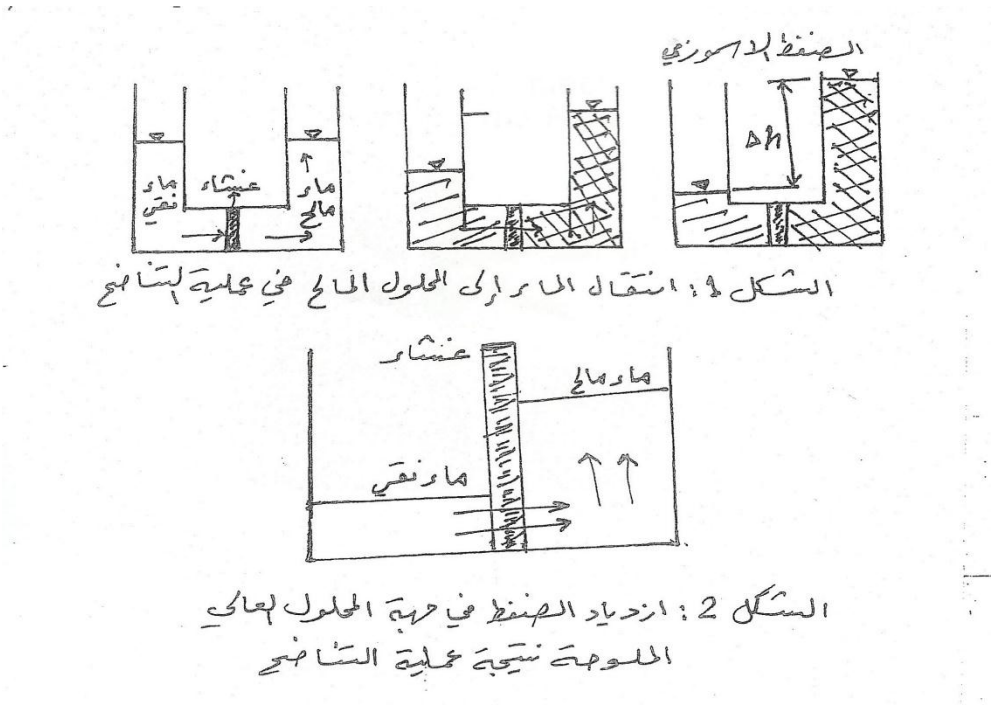
- ✓ في الوحدات التي لا تحتوي على دوران للماء المخفف يلزم المحافظة على ثبات التيار حتى يمكن تثبيت معدل نقل الملح أما في أنظمة استرجاع المحلول المخفف فلا يلزم تثبيت التيار
- ✓ ينخفض كل من التيار ومعدل نقل الملح حتى يتم تغذية دفعة جديدة من الماء الخام
- ✓ إن طريقة الديلزة الكهربائية لم تثبت بعد اقتصاديتها لإنتاج الماء العذب من المياه المالحة

## رابعاً: التحلية بالتناضح العكسي

**تعريفها:** هي عملية فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء نصف نفوذ ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الحالة الفيزيائية للماء

### ١- مبدا التناضح:

- ✓ ان اغشية التناضح نفوذة تجاه الماء النقي لكنها تكون حاجزا لا يمكن عبوره من قبل الاجسام المنحلة او الجسيمات الغر وانية لهذا السبب تعتبر الاغشية نصف نفوذة
- يوضع الماء المراد تحليته ضمن وعاء مقسوم بواسطة غشاء نصف نفوذ الى حجرتين مفتوحتين وفي حال حوت احدى الحجرتين ماء نقي والاخرى ماء مالح نلاحظ ان النقي يعبر الغشاء الى المحلول الملحي وان الضغط في جهة المحلول المركز يزداد وعندما يصل هذا الضغط الى قيمة معينة (يدعى بالضغط الاسموزي) يتوقف تدفق الماء النقي العابر للغشاء




الشكل 1: انتقال الماء الى المحلول المالح في عملية التناضح

الشكل 2: ازدياد الضغط في جهة المحلول العالي الملوحة نتيجة عملية التناضح

**الشكل ازدياد الضغط في جهة المحلول العالي**

- اذا طبقنا على المحلول المالح ضغطا اعلى من الضغط الاسموزي فان الماء النقي ينتقل باتجاه معاكس عبر الغشاء اي من حجرة الماء المالح الى حجرة الماء العذب
- نصمم جريان مستمر من الماء المالح تحت ضغط مناسب امام الغشاء ويسمح بإنتاج مستمر لماء نقي عبر الغشاء
- وبعدها يتم التخلص من المحلول مركز الملوحة الناتج عن المعالجة
- يعتمد تفسير ظاهرة التناضح العكسي على اعتبار وجود الانتشار للماء عبر المسامات الدقيقة وهناك نظرية اخرى يتم مرور الماء وفقها عبر الغشاء بواسطة الانحلالية

✓ يزداد الضغط الاسموزي لمحلول مع زيادة تركيز الملوحة

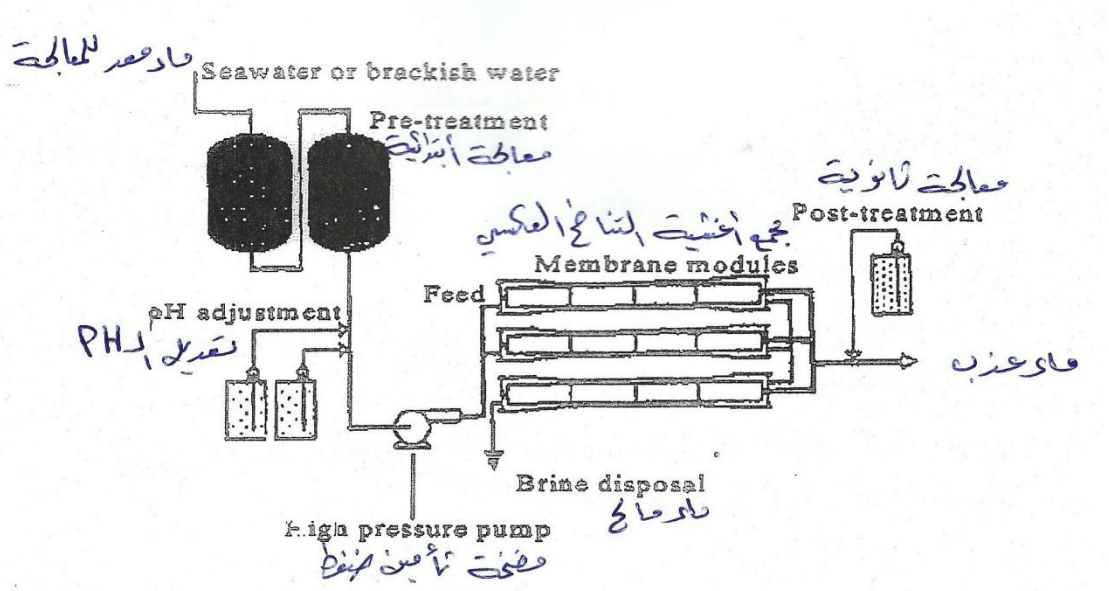
## ٢- مكونات نظام التناضح العكسي:

١- **معالجة اولية:** مهمتها ازالة الجسيمات المعلقة لمنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الاغشية وتشمل هذه المعالجة (تصفية-تعديل الحموضة-منع الترسيب)

٢- **مضخة ذات ضغط عالي**: مهمتها تامين ضغط الازم لعبور الماء خلال الاغشية وحجز الاملاح وهذا الضغط يتراوح (17-27bar) للمياه المسوس و(45-70bar)لمياه البحار

٣- **مجمع الاغشية :** يتألف من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه حيث الاغشية المستخدمة نصف نفوذة قابلة للتكسر وتختلف بمقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الاملاح

٤- **المعالجة النهائية:** مهمتها المحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع وتشمل هذه المعالجة (ازالة الغازات - تعديل القلوية)




الشكل 4: المكونات الأساسية لنظام التناضح العكسي.

- **العوامل المساعدة على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي:**

**١-** تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة

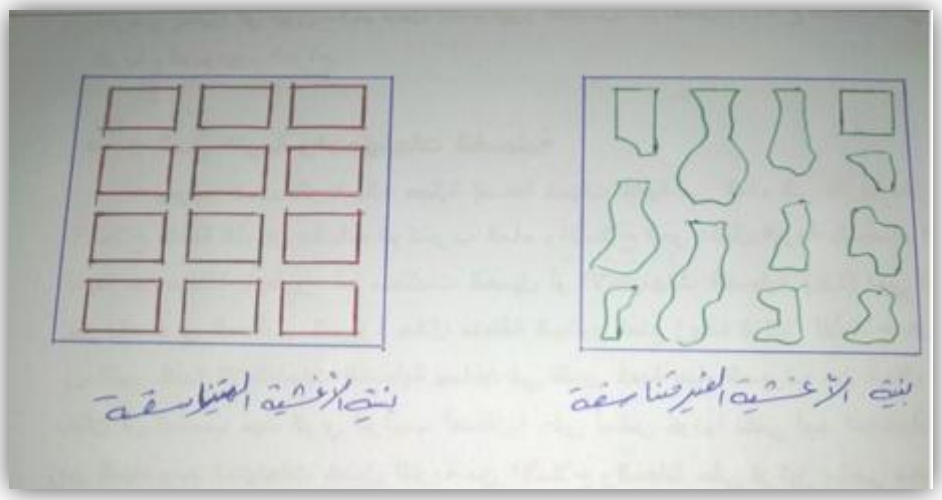
**٢-** استخدام وسائل استرجاع الطاقة

✓ يفقد الماء اثناء تدفقه المركز (1-4bar) من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي

✓ يمكن استرجاع الطاقة ميكانيكيا عبر عنفات من النوع الذي بوسعه تحويل فارق الضغط الى طاقة كهربائية

## ٣- اغشية التناضح العكسى:

- استخدمت اولا أغشية حيوانية ثم سيللوزية أو صفائح رقيقة من بعض البوليميرات وتطورت عملية التصنيع لأغشية التناضح العكسي حيث استخدمت مركبات اسيتات السيللوز غير المتماثلة ،وأطلق على الغشاء صفة غير متناسقة بسبب وجود قشرة حدية على السطح كثافتها اعلى بكثير من بدن الغشاء المسامي




الشكل اغشية التناضح المتناسقة والغير متناسقة

- انتشر استخدام هذه الاغشية بسبب قدرتها العلية على تمرير الماء وحفظ الاملاح
- يتكون الغشاء الغير متماثل من قشرة سطحية سمكها(0.25µm) وهذه الطبقة تكون كثافتها البوليميرية عالية جدا بسبب الفقدان السريع للمذيب بعد صب الغشاء
- يتبع القشرة السطحية طبقة مسامية اسفنجية يتراوح سمكها (50-100µm) ويوجد بين هاتين الطبقتين طبقة متوسطة السمك تعرف بالطبقة الانتقالية

تفسير طبيعة عمل الغشاء (الجريان النفاذ الانتقائي) بالخاصة الشعرية كما يلي:

١- ان التركيب الكيميائي لسطح الغشاء له طبيعة انتقائية تسمح بنفاذ الماء ورفض الاملاح

٢- يحوي سطح الغشاء على مسامات ذات ابعاد مناسبة تسمح باستمرار سحب طبقة ماء بينية منقاة للمرور بالغشاء وموجودة بصفة دائمة على سطح الغشاء ووجد ان القطر القياسي للمسام يساوي الى ضعف الطبقة البينية للماء النقي على سطح الغشاء

٣- يلزم وجود اكبر عدد ممكن من المسامات ذات المقاس المناسب حيث تكون متصلة بمسامات اكبر ببدن الغشاء وذلك لتقليل المقومة لتدفق الماء الراشح

- **انماط اغشية التناضح العكسي:**

١- اللوح الحلزوني

٢- الالياف او الشعيرات الدقيقة المجوفة

✓ يمكن الحصول على أغشية ديناميكية ذات دعامة مسامية ونفوذية عالية عن طريق اضافة بعض المركبات الى المياه المالحة

✓ هذه المركبات ذات تركيز(1mg/l) هي(مشتتات غروا نية لأكاسيد مميهة – ريزينات تبادل شاردي- عناصر طبيعية مثل بانتونايت- أحماض دبالية)

✓ كمثال على الدعامات المسامية المضافة نذكر الفضة المسامية – السيراميك- ال (pvc)

## ٤- تدفق الماء الراشح عبر الاغشية:

- يعطى الضغط الفعال من العلاقة :

$$P = Pf - \Delta\pi$$

حيث:$\Delta\pi$ :فرق الضغط الاسموزي بين المحلول المركز والمحلول الفقير بالملوحة

Pf:ضغط التشغيل

- يصبح تدفق الماء العابر للغشاء

$$Q = K*S*P$$

العامل K:يتبع لنوع الغشاء

S:سطح الغشاء ($m^2$)

P:الضغط الفعال

✓ يزداد تدفق الرشاحة مع انخفاض ملوحة الماء الخام ومع ارتفاع درجة الحرارة

## ٥- استهلاك الطاقة:

- يتعلق استهلاك الطاقة ب

١- معدل التحويل(Y وهو نسبة تدفق الماء الراشح الى تدفق الماء الداخل)

٢- ضغط التشغيل(P)

٣- مردود المضخات المستخدمة لتامين الضغط(ɳ)

$$W = P/36.7*Y*ɳ$$

- ✓ يمكن تخفيف ضغط الماء عند الضغط العالي عبر عنفة
- ✓ ان نقل مصدر الطاقة الميكانيكية الازمة لإدارة المضخات يعتبر سهلا

- **ميزات منشات التناضح العكسي:**

١- متراصة لا تشغل مساحة كبيرة

٢- مشاكل التآكل والتخريش ضعيفة

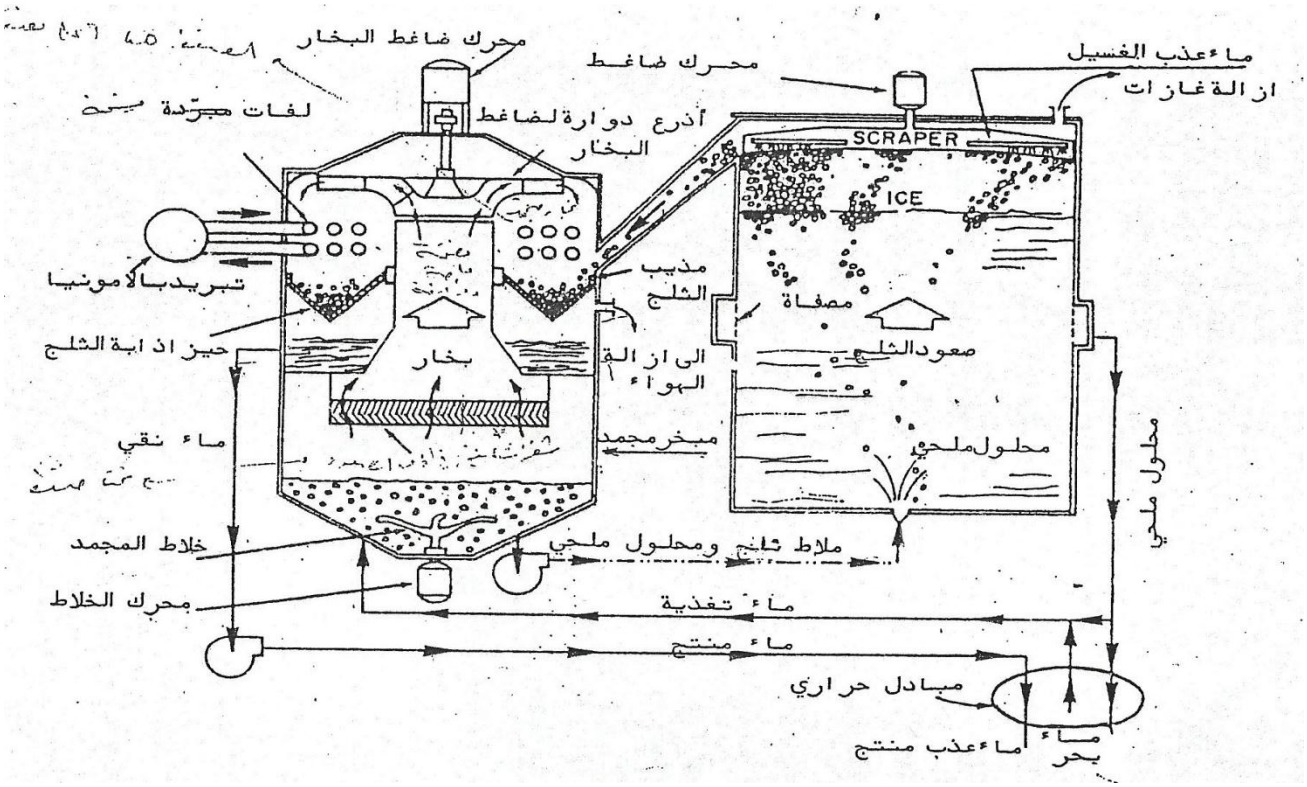
٣- تعمل دون الحاجة لزيادة درجة حرارة الماء المعاد للتحلية

## خامسا: تحلية مياه البحر بطريقة التجمد:

### طريقة زارش كولت:

وفيها يكون البخار المائي هو نفسه المبرد مع ان الحجم النوعي للبخار عند نقطة التجمد حوالي(150مرة) من الحجم النوعي له في درجة الغليان

- يدخل ماء البحر بشكل مسبق إلى الوعاء الأيسر (المبخر- المجمد)المحفوظ عند ضغط البخار من الجليد
- يفصل الرذاذ عن ابخرة الماء المتشكلة والتي تضغط بضاغط ذو ريشة مروحة مرنة الى اعلى من ضغط بخار الجليد بتوازن مع الماء العذب
- تصل بلورات الجليد الى حجم (1mm) وتمر الى وعاء الثلج في الطرف الايمن حيث ترتفع هذه البلورات الى الاعلى حيث يوجد كاشط ذو مرشات لإزالة الغشاء الملحي من فوق الجليد
- يدفع هذا القاشط الجليد الى ميزاب ينقل الجليد الى صينية مثقبة في حيز البخار المضغوط فوق حيز التجميد
- ان تكاثف ابخرة الماء وذوبان الجليد يعطي ماء نقي متجمعا اسفل الصينية
- واخيرا يمر اماء العذب الناتج على مبادل حراري هو والمحلول الملحي ليبرد نفس الكمية من الماء الداخل




## محاسن هذه الطريقة:

١- الحرارة الكامنة اللازمة للانصهار اقل منها في حالة الحرارة الكامنة للتبخر

٢- ضياعات الحرارة اقل بسبب العمل بدرجة حرارة قريبة من الجو الخارجي

٣- تآكل الفولاذ في درجة التجمد اقل منه في درجة الغليان

٤- لا تتشكل قشور من الشوائب الاعتيادية

٥- استخدام مواد ارخص للإنشاء

## مساوئ هذه الطريقة:

١- الوقت الازم للتحول من الحالة (السائلة الى الصلبة) اكبر بكثير من التحول من الحالة (السائلة الى الغازية)

٢- ان معاملة بلورات الجليد اكثر صعوبة من معاملة الموائع في عمليات التبخر

٣- ان مرحلة فصل الماء النقي صعبة الى حد كبير

٤- ان ازالة الطاقة الحرارية اكثر كلفة بكثير من اضافة طاقة حرارية

٥- يحدث التجمد عمليا عند نقطة التجمد لمحلول ولا يمكن تنفيذ مراحل متعددة لإعادة استعمال الحرارة الكامنة لمرحلة التحول

## سادساً: تحلية الماء بطريقة الاستخلاص:

- ان المذيبات العضوية تستخلص الماء النقي من الماء المالح عند درجات حرارة معينة وتعطي هذا الماء عند مدى اخر من درجات الحرارة
- ان معظم الماء المستخلص سوف يترسب كطبقة منفصلة يمكن سحبها
- اختلاف قابلية انحلال المذيبات في الماء عند درجات حرارة مختلفة تساعد في عملية الاستخلاص حيث تستخلص المياه عند درجة الانحلال العظمى للمذيب ،و بتحول درجة الحرارة بحيث تقابل قابلية الانحلال الصغرى يندفع الماء

✓ قابلية الانحلال تكون اكبر سواء في درجات حرارة عالية او منخفضة

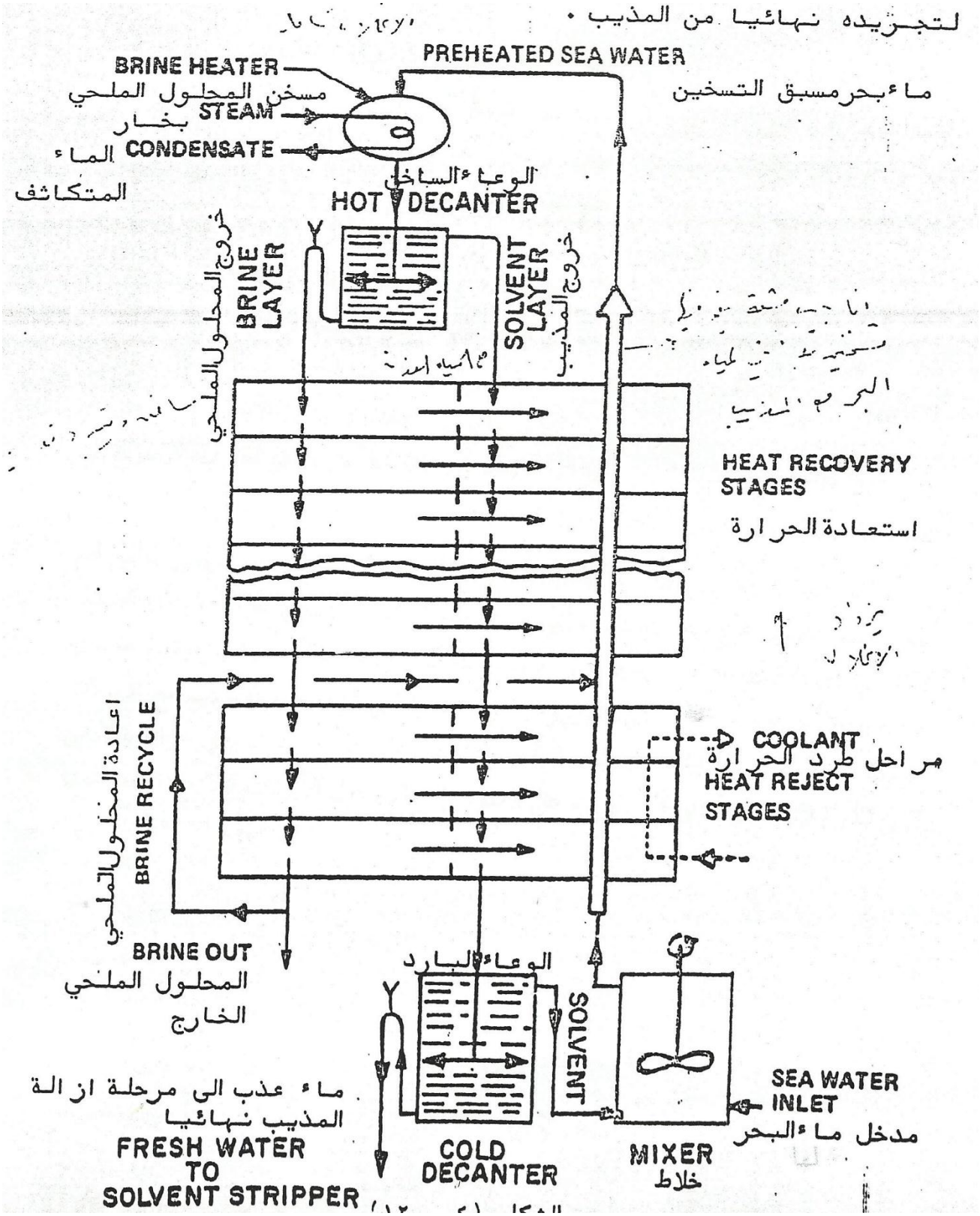
✓ هذه العملية اقل كفاءة من طريقتي التبخير او التجميد

✓ عمليات الاستخلاص للماء لا تعتمد على علاقات قابلية الانحلال لمذيب معين في درجات حرارة عادية لكن تعتمد ايضا على تغير هذه العلاقات حسب تغير درجات الحرارة

### طريقة دمج عمليتي الاستخلاص والتبخير الومضي متعدد المراحل:

- يمزج ماء البحر البارد مع مذيب ذو قابلية انحلال اعظم عندما يكون ساخنا
- يمر المزيج خلال الانابيب المسخنة لمراحل المبخر الومضي ثم خلال مسخن المحلول الملحي
- يستخلص المذيب كمية ماء عند درجة مرتفعة من الحرارة
- يمرر المزيج عبر وعاء ساخن فيصب المذيب المشبع بالماء من الاعلى ويخرج المحلول الملحي من الاسفل عبر مخرج المحلول الملحي
- يتضمن ناتج التكاثف مذيبا يفصل عنه في الوعاء البارد الموجود اسفل المبخر الومضي ليعاد هذا المذيب ليخلط مرة ثانية مع ماء البحر الداخل
- أما الماء العذب يؤخذ من أسفل الوعاء البارد الى مرحلة معالجة لتجريده من المذيب

لتجزيده نهائيا من المذيب •

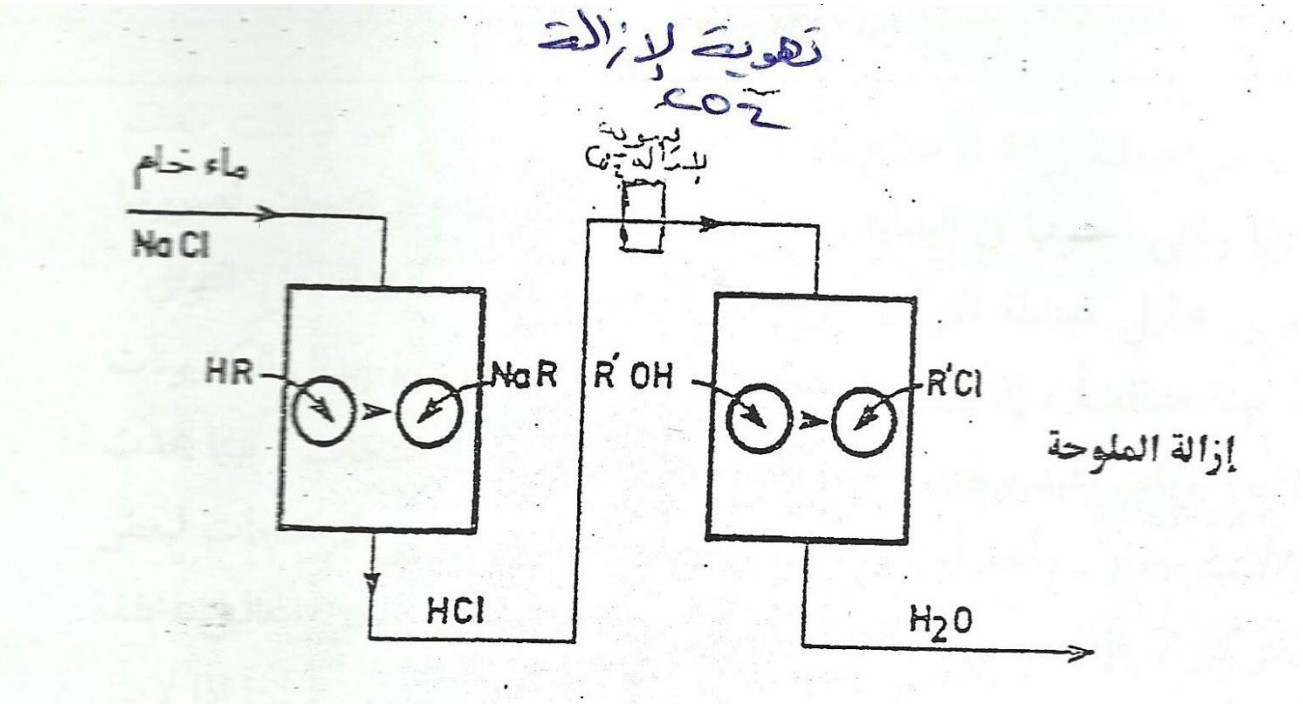


## سابعا:التحلية بالتبادل الأيوني:

- تعرف هذه الطريقة بإزالة أملاح المعادن نسبة إلى أنها تزيل المحاليل الكهربائية التي لها أصل معدني وتستخدم هذه الطريقة بشكلها المألوف مواد كيميائية تساوي تقريبا كمية الأملاح المزالة وطرق التبادل الأيوني لها أهمية في الحالات التي تحتاج إلى مياه ذات تركيز ضئيل جدا من الأملاح
- تستخدم هذه الطريقة للإزالة الكلية للأملاح من المياه.

### ***الفكرة الأساسية لإزالة الملوحة بالتبادل الأيوني***:

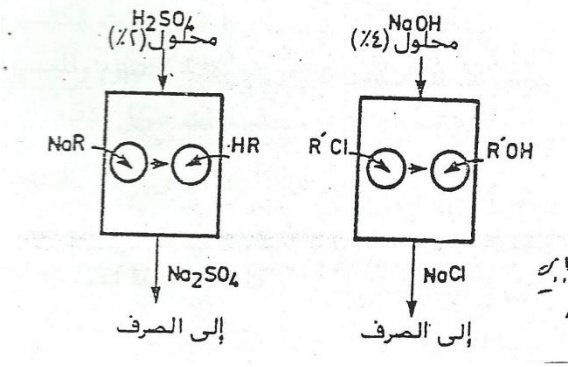
- يمرر الماء الخام على مبادل للايونات الموجبة الشحنة الذي يعرف بالمبادل الكاتيوني وهو في الصورة النشطة وهذا المبادل عبارة عن راتنج عضوي يحتوي على ايونات الهيدروجين وله القدرة على تبادل هذه الايونات مع الايونات الموجبة في الماء الخام
- عند مرور الماء على العمود فان الايونات الموجبة ستستبدل مع الطبقة العليا من الراتنج ثم بمرور الماء ببطء أسفل العمود يتبادل الماء الايونات الموجبة التي لم تنزع في الطبقة العليا مع باقي الطبقات النشطة وهكذا بمغادرة الماء للعمود الأول يكون قد تم استبدال جميع ايوناته الأصلية الموجبة بايونات الهيدروجين ويتحول إلى محلول حمضي
- يمرر الماء الحمضي بعد ذلك في عمود تبادل الايونات السالبة أو ما يعرف بعمود تبادل أنيوني الذي يحتوي على راتنج يحتوي ايونات الهيدروكسيل لتبادل جميع الايونات السالبة بايونات الهيدروكسيل
- وبذلك قد تم تبادل جميع الايونات الموجودة أصلا في الماء الخام بالايونات ($H^+$ - $OH^-$) والتي تتحد معا لتعطي ماء نقي




الشكل عملية التبادل الأيوني

## عملية تنشيط الراتنجات:

- يلزم استرجاع الراتنجات لصورتها النشطة ويتم ذلك بتمرير محاليل معتدلة التركيز من حمض قوي وأساس قوي خلالها على التوالي
- **والمبدأ:** التفضيل النسبي للراتنجات لبعض الايونات يقل بزيادة التركيز فإذا لامس المبادل الكاتيوني مياها طبيعية أو بعض المحاليل المخففة فانه يفضل احتواء ايونات موجبة بدلا من الهيدروجين
- بينما إذا لامس المبادل الكاتيوني محلولا عالي التركيز من ايونات الهيدروجين فانه يطلق معظم الايونات الموجبة
- بعد عملية الاسترجاع يتم شطف الراتنجات فتصبح نشطة مرة أخرى
  - ✓ ريزينات التبادل الأنيوني ذات كتلة حجميه اقل
  - ✓ تستخدم ريزينات التبادل الأيوني في عمليتي إزالة العسرة وإزالة الملوحة
  - ✓ إزالة الملوحة تتطلب إزالة كل الآنيونات الكاتيونات بينما في العسرة تتطلب إزالة الكاتيونات فقط




## سعة الراتنج:

- يتميز التبادل الأيوني الجيد بسعة تبادل عالية أي بكمية كبيرة من الايونات المتبادلة لكل وحدة من الراتنج وتقدر السعة غالبا بوحدة (ميلي مكافئ من الايونات المتبادلة لكل غرام من الراتنج الجاف)
- تعطى السعة بدلالة (الكيلو حبة من كربونات الكالسيوم لكل قدم مكعب من سعة العمود ) وتمثل هذه الوحدة كمية الملح التي تخضع لتبادل الأيوني مع كمية الراتنج الموجودة في قدم مكعب للعمود
  - ✓ يحتاج كل كيلو غرام من الملح المزال إلى حوالي (1.5) كيلو غرام من كل من الحمض والقاعدة
  - ✓ راتنجات التبادل الأنيوني ضعيفة القاعدية
  - ✓ تعتبر طريقة التبادل الأيوني غير مجدية اقتصاديا لمعالجة مياه مرتفعة الملوحة

## علبة (kit) لتحلية مياه البحر:

- وهي علبة يستخدمها الطيارين الذين يضطرون للهبوط في البحر
- أهم مكونات هذه العلبة هي مادة للتبادل الكاتيوني تحتوي على ايونات الفضة التي تستبدل بجزء كبير من الكاتيونات في ماء البحر
- ايونات الفضة تترسب على صورة كلوريد الفضة غير قابل للذوبان وتضغط مادة التبادل الأيوني في قوالب تحوي على:

١- طينة قابلة للانتفاخ تعمل كمادة قابلة للتصدع لتشجيع عملية الكسر الميكانيكي السريع

٢- بعض من أكاسيد الفضة التي تتفاعل مع الأملاح في مياه البحر مكونا هيدروكسيد المغنيزيوم و كلوريد الفضة الغير قابلان للذوبان

٣- كربون منشط لتحسين المذاق

- الماء الناتج بهذه الطريقة يحتوي على عدة آلاف من أجزاء الملح في المليون
- لتوفير الكيماويات هناك إمكانية استبدال ايونات (الملح – الماء) بالهيدروجين و الهيدروكسيل يمكن تحويل الأملاح في المحلول إلى بيكربونات الامونيا في وسادة من خليط الراتنجات
- يتطلب الأمر وجود بخار للتسخين لتقطير البيكربونات و تستخدم طريقة سيروثروم راتنجات للتبادل الأيوني يمكن استرجاعها بالبخار أو الماء الساخن الذي يحتوي على تراكيز من الهيدروجين و الهيدروكسيل اكبر منه في الماء البارد
  - ✓ عند درجات الحرارة المنخفضة تمتص الراتنجات ايونات الملح بينما يتم الاسترجاع عند درجات الحرارة المرتفعة

# كلمة شكر

**كل الشكر والتقدير والامتنان إلى الدكتور مفيد شرحولي والدكتور عبد الحكيم بنود للمساهمة في إنجاح هذا العمل المتواضع**

**نرجو من الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في انجاز الملخص بما يرضي الزملاء الاكارم ونأمل منهم أن يلتمسو العذر لنا لأي خطأ إملائي أو نحوي في هذا العمل أو لتأخيره**

**نرجو منكم الدعاء من كل قلب صادق**

مع التمنيات بالتوفيق والنجاح

*أحمد خلف*

*عبد الباسط الحجان*

*الزملاء*