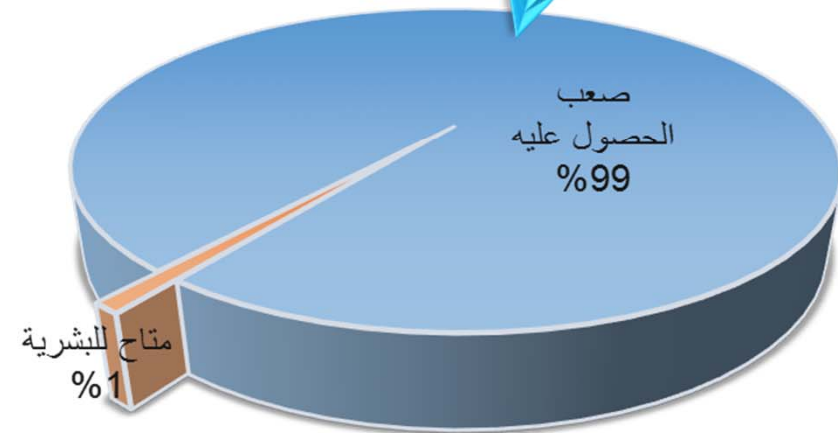
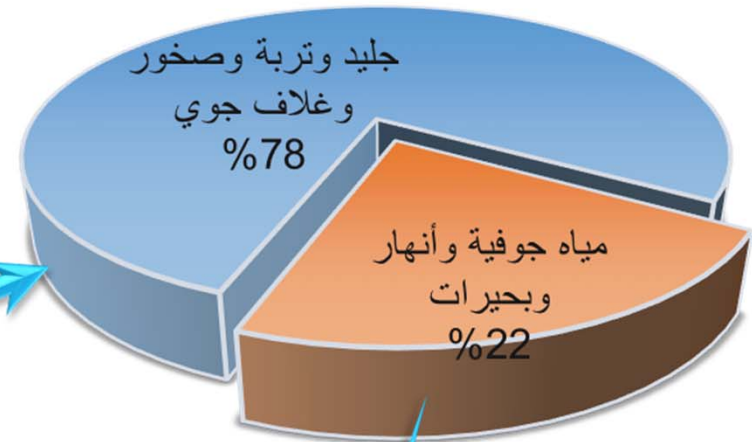
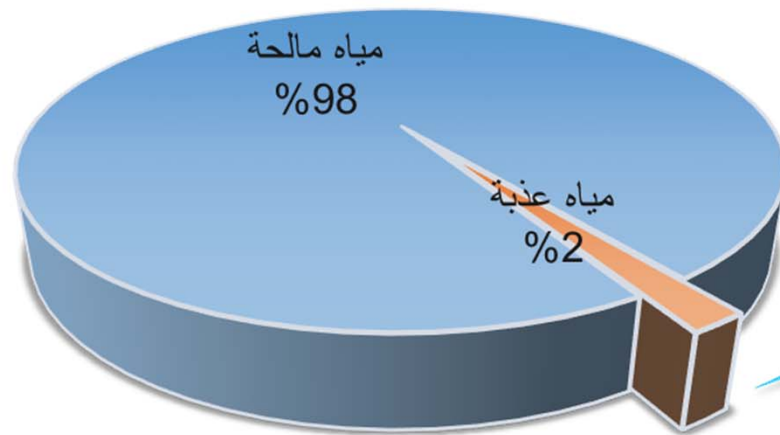


# المياه والتلوث

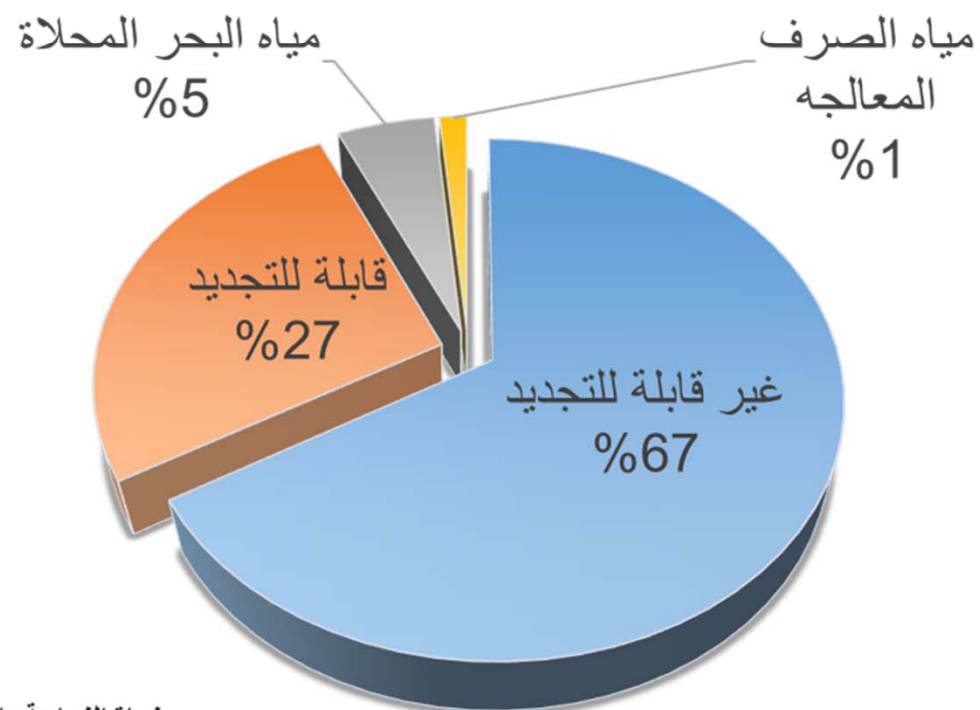
# Water and Pollution

111



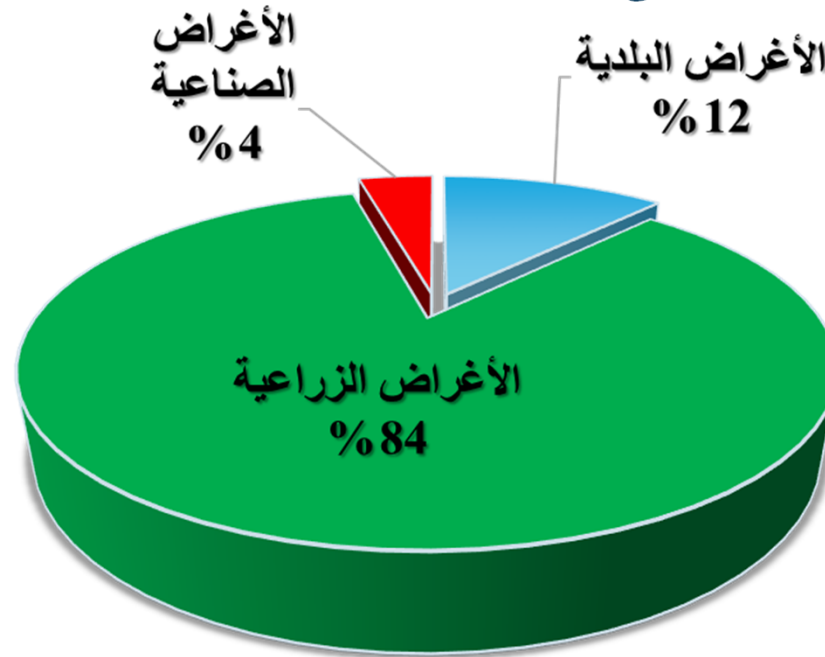
الكمية المتاحة تمثل  
%0.004 من إجمالي المياه

## إسهام مصادر المياه بالمملكة في تلبية الطلب على المياه عام 1430/1431 هـ



وزارة الزراعة والمياه 1431

## نسب الطلب على المياه حسب الأغراض المختلفة



وزارة المياه والكهرباء - التقرير السنوي 2014 - 1435/1436 هـ



# مصادر المياه

- المياه السطحية Surface Water
- المياه الجوفية Ground Water
- مياه البحر المحلاة Desalinated Sea Water
- مياه الصرف الصحي والزراعي المعالجة Treated Waste Water

# مصادر المياه

## المياه السطحية Surface Water

هي المياه الناتجة عن جريان الأودية والشعاب الناشئة من هطول الأمطار والتي تتجمع في بحيرات خلف السدود التي يتم إنشاؤها، ويمكن أن تتجمع في منخفضات طبيعية أو صناعية على سطح الأرض. وتستخدم المياه السطحية في الزراعة التقليدية، وللشرب في بعض التجمعات السكانية الصغيرة.

ويتفاوت معدل هطول الأمطار في المملكة وتفاوت كمية المياه السطحية المتحصل عليها من عام لآخر؛ تتراوح بين معدل هطول ضئيل للأمطار (5 ملم سنوياً) ومنخفض (400 ملم سنوياً)؛ قلة الأمطار يؤدي إلى انتشار ظاهرة الجفاف في معظم مناطق المملكة.

## بالأرقام

**(502)**

إجمالي عدد السدود بالمملكة بنهاية العام.

**(2) مليار م<sup>3</sup>**

إجمالي الطاقة التخزينية لسدود المملكة.

**(4%)**

معدل النمو السنوي في الطاقة

وزارة المياه والكهرباء - التقرير السنوي 2015م

# مصادر المياه

## المياه الجوفية Ground Water

وهي عبارة عن المياه التي جرى تسريبها عبر مسام الصخور الرسوبية إلى جوف الأرض وتنقسم إلى نوعان من المياه الجوفية:

- **مياه جوفية قابلة للتجديد (غير عميقة):**

وهي مياه الآبار التي يجري حفرها على أعماق 100 متر أو أقل. وهي مياه جوفية غير عميقة وقابلة للتجدد من مياه الأمطار.

- **مياه جوفية غير قابلة للتجديد (عميقة):**

وهي مياه تكوينات (طبقات) رسوبية ذات أعماق مختلفة تختزن الماء بين مساماتها.

ويجري في الوقت الحاضر استعمال الجانب الأكبر من المياه الجوفية القابلة للتجديد في الزراعة التقليدية وللأغراض المنزلية.



## بالأرقام

**(8,197)**

إجمالي عدد الآبار الحكومية

**(2%)**

نسبة الزيادة السنوية في عدد الآبار الحكومية

**(146,369)**

إجمالي عدد الآبار الأهلية

**(1%)**

نسبة الزيادة السنوية في عدد الآبار الأهلية

وزارة المياه والكهرباء - التقرير السنوي 2015م

# مصادر المياه

## Desalinated Sea Water المياه المحلاة

للمملكة سواحل طويلة محاذية للبحر الأحمر والخليج العربي ولقد ساعدت التكنولوجيا الحديثة على إمكانية الاستفادة من هذه المياه عن طريق محطات التحلية الحديثة حيث تغطي حوالي 4% من احتياجات المياه بالمملكة، حيث وصلت كمية المياه المنتجة من هذا المصدر ومن خلال 27 محطة تحلية نحو 2600 مليون م<sup>3</sup> عام 2015م.

وتعتبر هذه المياه **Desalinated Sea Water** حالياً من المصادر الرئيسية لمياه الشرب و الأغراض المنزلية والصناعية في المملكة. كما وتعد هذه البحار مصدراً ممتازاً للثروة السمكية وتعد من ضمن الإمكانيات الهائلة المتاحة في مجال تنمية الثروة السمكية.

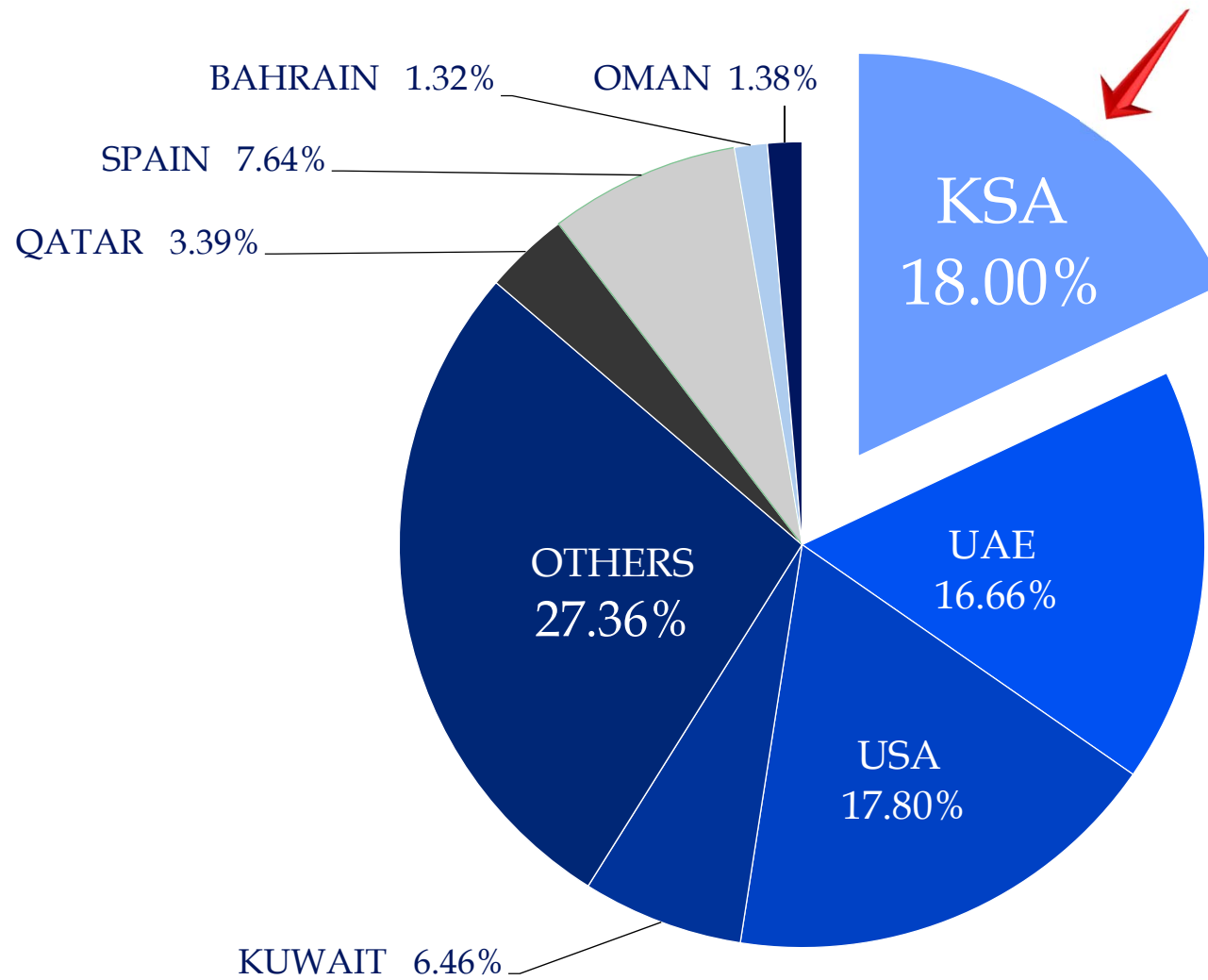
كمية المياه المحلاة المصدرة من محطات المؤسسة العامة لتحلية المياه خلال عام (2015م)



وزارة المياه والكهرباء - التقرير السنوي 2015م

المحطات	كمية المياه المحلاة المصدرة (مليون م <sup>3</sup> )
الجبيل (٣ محطات)	359.9
الخبر (محطتان)	127.2
الخفجي	7.5
رأس الخير	191.7
الشعيبة (محطتان)	180.1
جدة (٤ محطات)	193.8
ينبع (٤ محطات)	132.2
الشقيق	30.5
المحطات الصغيرة (٩ محطات)	25
الإجمالي	1247.9

## Global desalination and KSA share: 18% of global output





# مصادر المياه

## مياه الصرف الصحي المعالجة Treated Waste Water

(يمكن استعمالها في مجالات متعددة ضمن مقاييس جودة معينة لضمان سلامة الصحة العامة والبيئة)

إلى العام 2014 م يتم معالجة ما نسبته 51% من كمية المياه للأغراض البلدية.

وتبلغ نسبة المياه المعاد استخدامها من مياه الصرف الصحي 15% من إجمالي كمية المياه المعالجة.

# منظومة مياه الصرف الصحي



وزارة المياه والكهرباء - التقرير السنوي 2015 م

# مصادر المياه والتلوث

## المياه السطحية Surface Water

كمياه الأنهار والبحيرات والعيون (عرضة للتلوث بجميع أنواعه)

## المياه الجوفية Ground Water

أقل عرضة للتلوث من المياه السطحية ولكن من الصعب إعادتها إلى حالتها الأولى في حالة تلوثها

## مياه البحر المحلاة Desalinated Sea Water

المياه الملوثة التي تلفظها محطة التحلية بكميات كبيرة، تكاد تصل إلى حجم المياه المنتجة، وهي مياه مركزة بالأملاح وملينة بنفايات مركبات كيميائية وعضوية من عمليات التحلية ومراحل معالجة الماء وبعد التحلية.

## مياه الصرف الصحي المعالجة Treated Waste Water

يمكن استعمالها في مجالات متعددة ضمن **مقاييس جودة** معينة لضمان سلامة الصحة العامة والبيئة.



# معايير جودة المياه

## المعايير الطبيعية:

1. اللون (Color)
2. الطعم والرائحة (Taste and Odor)
3. درجة الحرارة (Temperature)
4. المواد الصلبة العالقة (Suspended Solids)
5. العكارة (Turbidity)

## المعايير الكيميائية:

1. المواد الذائبة (Total Dissolved Solids, TDS)
2. العسر (Hardness)
3. الرقم الهيدروجيني (pH)
4. القلوية (Alkalinity)
5. العناصر الغذائية (Nutrients)
6. المواد العضوية (Organic matter)

## المعايير البيولوجية

# معايير جودة المياه

## المعايير الطبيعية:

### 1. اللون (Color)

يتلون الماء نتيجة تلوثه ببعض المركبات العضوية الناتجة من تحلل النباتات والكائنات الأخرى؛  
أو المركبات غير العضوية (أكاسيد الحديد تعطي الماء لونا ضاربا إلى الحمرة وأكاسيد المنجنيز تعطي الماء لونا ضارب إلى السواد أو البني)

لون ظاهري: وجود مواد عالقة

لون حقيقي: وجود مواد ذائبة

**وحدة قياس اللون:** وحدة لون (تعتمد على مقارنة لون الماء  
بمحاليل عيارية من محلول البلاطين والكوبلت)

## 2. الطعم والرائحة (Taste and Odor)

المواد التي تسبب تغير رائحة الماء قد تسبب تغير في طعمه (كالمواد العضوية) **والعكس ليس صحيحا** (المركبات غير العضوية كالمواد القلوية تغير طعم الماء دون تغير رائحته)

- الماء المتغير الطعم والرائحة غير مقبول للاستخدام
- بعض المواد المسببة لتغير الطعم والرائحة قد تكون مضرّة

**القياس:** حاسة الذوق والشم

### 3. درجة الحرارة (Temperature)

ارتفاع درجة حرارة المسطحات المائية

(التلوث الحراري Thermal pollution نتيجة صرف المياه الحارة من عمليات تبريد مفاعلات محطات الطاقة الكهربائية ومصافي البترول)

## ماهي تأثيرات التلوث الحراري على المسطحات المائية؟

- نقص كمية الأكسجين الذائب في الماء مما يؤثر سلبا على الكائنات المائية

- ازدياد نشاط بعض الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والطحالب

- نمو نباتات جديدة أكثر ملائمة مع درجة الحرارة المرتفعة والتي قد تنافس النباتات الطبيعية

- هجرة بعض الكائنات الحيوانية المائية إلى مكان آخر أكثر ملائمة

#### 4. المواد الصلبة العالقة (Suspended Solids)

العوالق العضوية وغير العضوية التي يزيد قطرها عن 2 ميكرون

القياس:

ترشيح عينة ماء معلومة الحجم باستخدام أقراص ترشيح معلومة الوزن من نوع الألياف الزجاجية ومن ثم تجفيف قرص الترشيح عند درجة حرارة 103 °م لمدة 24 ساعة تقريبا ثم تعيين الفرق في وزن القرص.

## التأثيرات:

- الاجسام العالقة في الماء تشكل مركزا لتراكم المواد الكيميائية والبيولوجية
- البكتريا وغيرها من الكائنات الدقيقة تكون جراثيم ناقلة للأمراض
- المواد العالقة العضوية تكون قابلة للتحلل الحيوي بواسطة البكتريا وغيرها وينتج عن ذلك بعض المواد والروائح الكريهة



## 5. العكارة (Turbidity)

يتعكر الماء نتيجة وجود مواد عالقة دقيقة جداً لا تترسب بسرعة كالغبار والطيني والطحالب والبكتيريا والسوائل غير قابلة للامتزاج كالزيوت

### القياس:

جهاز قياس العكارة الذي يعمل على مبدأ قياس كمية الضوء المار خلال عينة الماء.

**وحدة القياس:** وحدة عكارة نفلومترية

**NTU**

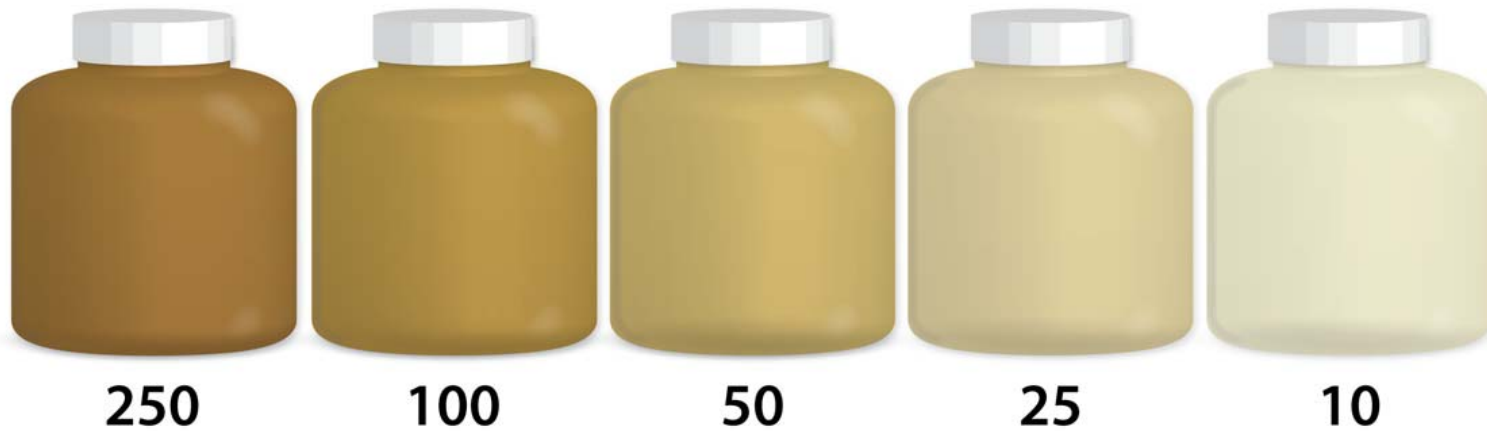
(Nephelometric Turbidity Units)



Nephelometer

# Turbidity (NTU)

*Water Samples:*



## التأثيرات

- الماء العكر غير مرغوب فيه
- الماء العكر يقلل من كمية الضوء المار خلاله مما يؤثر سلبا على فاعلية عملية البناء الضوئي في المسطحات المائية
- صعوبة تطهير الماء العكر حيث أن الشوائب تمتص الكلور أو قد تكون عائقا لتعرض الجراثيم للمادة المطهرة
- المواد المسببة للعكارة تكون مركزا وسطحا لتجمع المواد الكيميائية والجراثيم

# معايير جودة المياه

## المعايير الكيميائية:

### 1. المواد الذائبة (Total Dissolved Solids, TDS)

الجسيمات التي يكون قطرها أصغر من حوالي 0,001 ميكرون، وهي تمثل المواد المتبقية في الماء بعد ترشيحه

القياس: تجفيف الماء بعد ترشيحه  
وحدة القياس: ملجرام/لتر (جزء في المليون)

## 2. العسر (Hardness)

خاصية للماء تسبب عدم قدرة الماء على إحداث رغوة مع الصابون وتسبب حدوث ترسبات في الغلايات وسخانات الماء نتيجة وجود تركيزات مرتفعة لبعض الأيونات الموجبة الثنائية الشحنة مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والمنجنيز

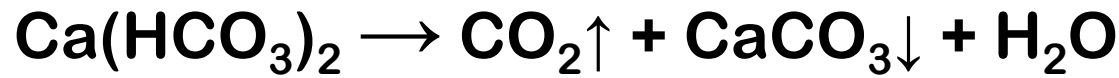


أهم أملاح العسر: بيكربونات وكبريتات  
وكلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم

## عسر مؤقت

### بسبب وجود بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم

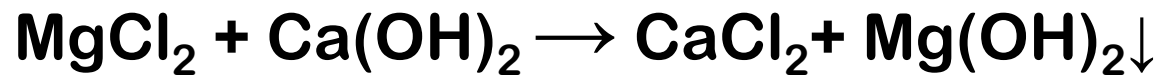
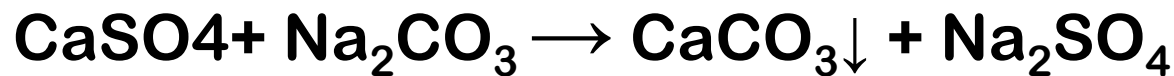
- يمكن إزالته بالتسخين، حيث يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ويطرسب الكالسيوم على هيئة كربونات والماغنسيوم على شكل هيدروكسيدات



## عسر دائم

### بسبب وجود كبريتات وكلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم

- لا يمكن إزالته بالتسخين
- يزال بإضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) أو الجير ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) أو عن طريق التبادل الأيوني.



## تأثيرات الماء العسر

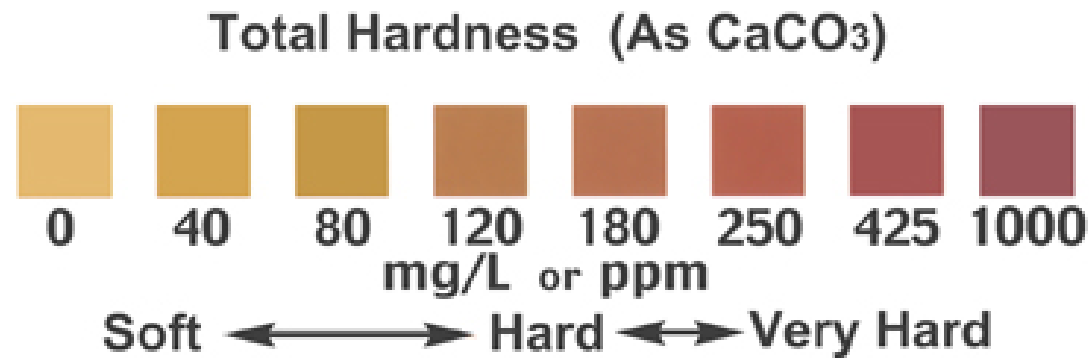
- إنسداد سخانات المياه ونقص كفاءة التسخين، وتآكلها وصدأها بسبب ترسب أملاح العسر
- ترسب أملاح العسر في الأنابيب والتركيبات الصحية
- صعوبة الحصول على رغوة عند استعمال الصابون والمنظفات (إستهلاك كمية كبيرة من الصابون والمنظفات، وانخفاض كفاءة التنظيف)
- تأثير جودة المنتجات الصناعية

القياس:

حساب تركيز الأيونات المسببة للعسر كالكالسيوم والماغنسيوم

وحدة القياس:

ملجرام/لتر ككربونات الكالسيوم





### 3. الرقم الهيدروجيني (pH) تركيز أيونات الهيدروجين في الماء



$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad \text{عند درجة حرارة 25 درجة مئوية (مول/لتر)}$$

$$10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

$$[-\log (10^{-7})] + [-\log (10^{-7})] = -\log (10^{-14})$$

$$(7) + (7) = 14$$

$$-\log [\text{H}^+] = \text{pH} \quad -\log [\text{OH}^-] = \text{pOH}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

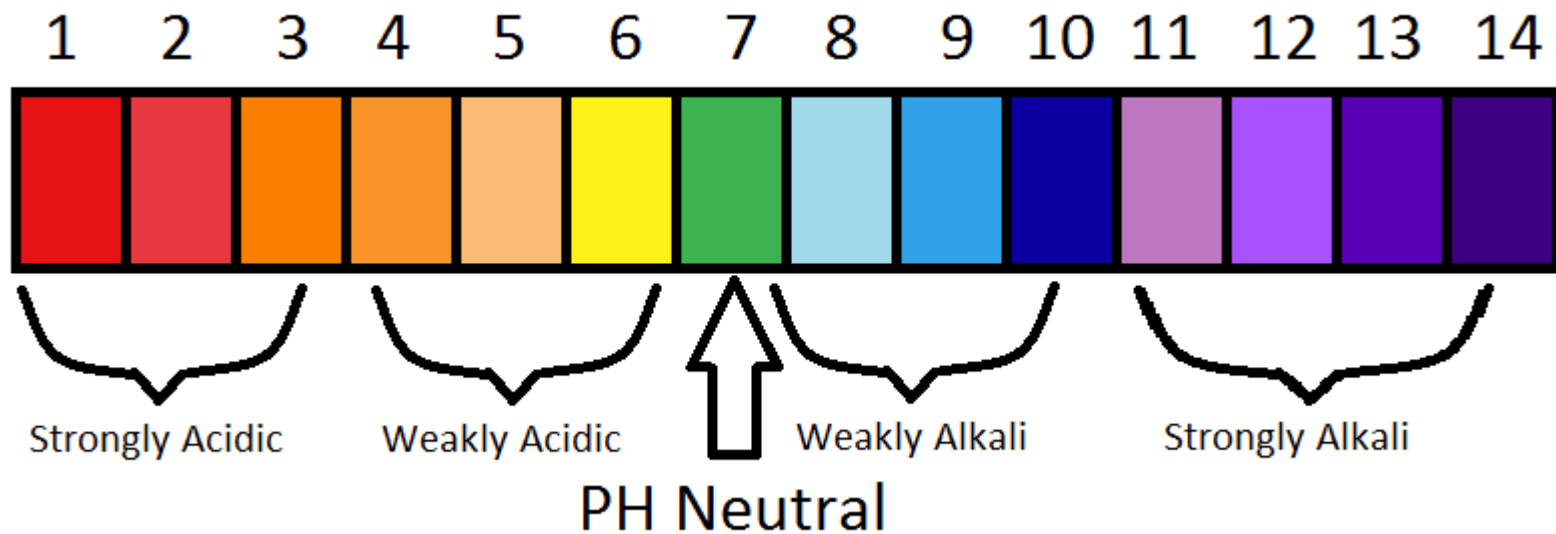
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

الرقم الهيدروجيني: سالب لو غار يتم تركيز أيونات الهيدروجين

$$[\text{H}^+] = 10^{-4} \rightarrow \text{pH} = 4$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-7} \rightarrow \text{pH} = 7$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-9} \rightarrow \text{pH} = 9$$



الرقم الهيدروجيني أقل من 6,5 --- يصبح الماء حامضي ويعمل على تآكل الأنابيب (تحرر بعض المعادن).

الرقم الهيدروجيني أكبر من 8,5 --- يصبح الماء عسر وتتكون بعض الرواسب أو القشور في الأنابيب وتقل كفاءة التطهير بالكلور.

استهلاك المياه الحمضية أو القلوية بشكل مفرط ضار، كما تحذر وكالة حماية البيئة.

يجب أن تكون قيمة الرقم الهيدروجيني لمياه الشرب بين 6,5-8,5 (ضمن معايير وكالة حماية البيئة (EPA)).



القياس: مقياس الرقم الهيدروجيني  
وحدة القياس: لا يوجد



pH meter

## 4. القلوية (Alkalinity)

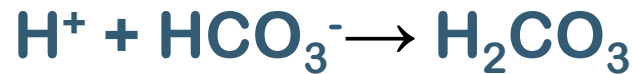
قدرة الماء على مقاومة التغير في الرقم الهيدروجيني عند إضافة حمض إلى الماء.

وتعد أملاح الكربونات  $\text{CO}_3^{2-}$  والبيكربونات  $\text{HCO}_3^-$  والفوسفات  $\text{PO}_4^{3-}$  والهيدروكسيدات  $\text{OH}^-$  من أهم المواد التي ترفع من قلوية الماء (هذه الأملاح موجودة في التربة والصخور)

وتنتج القلوية أيضا من تفاعل  $\text{CO}_2$  (من التحلل الحيوي للمواد العضوية ومن الهواء) مع الماء



في المياه الطبيعية (الرقم الهيدروجيني 7 أو أكبر)، معظم القلوية تكون على شكل بيكربونات  $\text{HCO}_3^-$



القلوية قد تؤدي إلى ارتفاع الرقم الهيدروجيني مع مرور الوقت، خصوصاً في الأوساط الصغيرة.

القلوية "تتحكم" في الرقم الهيدروجيني؛ لذلك يجب أن معرفة القلوية لتعديل الرقم الهيدروجيني من خلال المعايرة باستخدام حمض معروف التركيز وبوجود مؤشر الأس الهيدروجيني.

وحدة القياس: ملجرام/لتر ككربونات الكالسيوم

## أهمية القلوية

- التحكم في درجة حموضة المسطحات المائية؛ وهذه العملية تحدث طبيعياً نتيجة لعمليات التمثيل الضوئي (استهلاك  $\text{CO}_2$  يعمل على رفع الرقم الهيدروجيني)

- الكربونات والبيكربونات (من المواد التي ترفع من قلوية الماء) تتحد مع المعادن الثقيلة مكونة مركبات معقدة مما يؤدي إلى التقليل من سميتها

- زيادة قلوية الماء مناسب للاستخدامات الصناعية لأن القلوية تقلل من تآكل المعادن

## 5. العناصر الغذائية (Nutrients)

العناصر الغذائية أو المغذيات هي العناصر الضرورية لنمو وتكاثر النبات والحيوان ومن أهمها النيتروجين والفوسفور والكربون والبوتاسيوم

### النيتروجين

نيتروجين عضوي: بروتين

نيتروجين غير عضوي: أمونيا  $\text{NH}_3$  والنيتريت  $\text{NO}_2^-$  والنترات  $\text{NO}_3^-$



وجود النتروجين والفوسفور بنسب عالية في المسطحات المائية يسبب النمو المتزايد للنباتات المائية والطحالب (Eutrophication)

- موت هذه الكائنات يسبب نقص كمية الأكسجين الذائب في الماء نتيجة تفككها وتحللها بواسطة البكتيريا الهوائية.
- ونقص الأكسجين الذائب في الماء يسهم في موت الكائنات المائية كالأسماك.
- ويسهم كذلك في نشاط البكتيريا اللاهوائية التي تعمل على تحلل المواد العضوية وما ينتج عن ذلك من روائح كريهة وتغير لطعم ولون الماء.

شرب المياه المحتوية على النترات  $\text{NO}_3^-$  بنسب عالية يسبب  
مرض ازرقاق للأجنة والأطفال لعمر ستة أشهر  
**Methemoglobinemia (MetHb)**

يرتبط وجود كميات زائدة من النترات في مياه الشرب بحدوث  
متلازمة الطفل الأزرق لا سيما الرضع، والتي تؤدي إلى  
أكسدة الهيموجلوبين في خلايا الدم الحمراء، مما يؤدي إلى  
نقص الأوكسجين في الدم وعوزة الشديد في المخ. وقد يؤدي  
ذلك إلى تلف دائم في المخ، أو الوفاة في بعض الحالات.

- النيتريت  $\text{NO}_2^-$  يتحد مع بعض الأمينات في الجهاز الهضمي مكونا مركبات النيتروزامينات (Nitrosamines) وبعض هذه المركبات تعد مسرطنة.

- لذلك فان مواصفات مياه الشرب تحد بأن لا يزيد تركيز النيتريت عن 10 ملجرام/لتر كنترولجين (أو 45 ملجرام/لتر كنيتريت)

من فوائد النيتريت؛ يستخدم في حفظ بعض الأطعمة كاللحوم للحد من النمو البكتيري.

## 6. المواد العضوية (Organic matter)

مركبات تحتوي على الكربون والهيدروجين بالإضافة إلى عناصر أخرى كالأكسجين والنتروجين وغيرها.

أنواعها:

- **مواد عضوية قابلة للتحلل الحيوي** (بواسطة الكائنات الدقيقة) مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والشحوم.

- **مواد عضوية غير قابلة للتحلل الحيوي أو تتحلل ببطء** كالفينول والهيدروكربونات الكلورية والسليلوز ومعظم المواد الموجودة في البترول ونواتج تكريره، والمبيدات الحشرية.

## التأثيرات

تصريف المياه المحتوية على مواد عضوية قابلة للتحلل الحيوي في المسطحات المائية يؤدي إلى نقص كمية الأكسجين الذائب في الماء مما يؤثر سلبا على الكائنات المائية.

عند نقص تركيز الأكسجين أو انعدامه، تنشط البكتيريا اللاهوائية وتحلل المواد العضوية لا هوائيا منتجة أحماض وورائح كريهة.

تصريف المياه المحتوية على مواد عضوية بطيئة التحلل أو غير قابلة للتحلل الحيوي:

- تأثر على الكائنات المائية (تشوهات أو موت).
- إنتقالها إلى الانسان والحيوان من خلال السلاسل الغذائية وتراكمها في الأنسجة الدهنية مما يؤثر على صحة وسلامة الكائنات.

## قياس تركيز المواد العضوية في المياه

**Biochemical oxygen demand (BOD)** متطلب الأكسجين الحيوكيميائي كمية الأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة 20 °م، وهو مقياس غير مباشر لتركيز المواد العضوية.

**Chemical oxygen demand (COD)** متطلب الأكسجين الكيميائي كمية الأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية بواسطة مادة كيميائية مؤكسدة (ثاني كرومات البوتاسيوم) حيث يتم حساب كمية المادة المؤكسدة المستهلكة ومن ثم حساب كمية الأكسجين المكافئة لهذه الكمية.

**Total organic carbon (TOC)** الكربون العضوي الكلي كمية الكربون المرتبط بالمواد العضوية باستخدام جهاز تقدير الكربون العضوي الكلي.

# المعايير البيولوجية

## الجراثيم أو الكائنات الدقيقة الممرضة (Pathogens)

تشمل الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض المعوية المعدية كـ بعض أنواع البكتيريا والبروتوزوا (أوليات) والفيروسات والديدان معظم الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه (هي أمراض معوية أي أن مصدرها مخلفات الإنسان والحيوان).

## انتقال الجراثيم عن طريق:

- شرب الماء.
- استعمال الماء في غسيل الفم والوجه.
- ملامسة الماء الملوث للجلد.

بعض أهم الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه:

- **أمراض بكتيرية:**

الكوليرا – التيفوئيد

- **أمراض فيروسية:**

شلل الأطفال – التهاب الكبد الوبائي-أ

- **أمراض تسببها الأوليات:**

الدوسنتاريا الأميبية – القارديسييس

- **أمراض تسببها الديدان:**

البلهارسيا والإصابة بديدان الاسكارس والديدان الخطافية



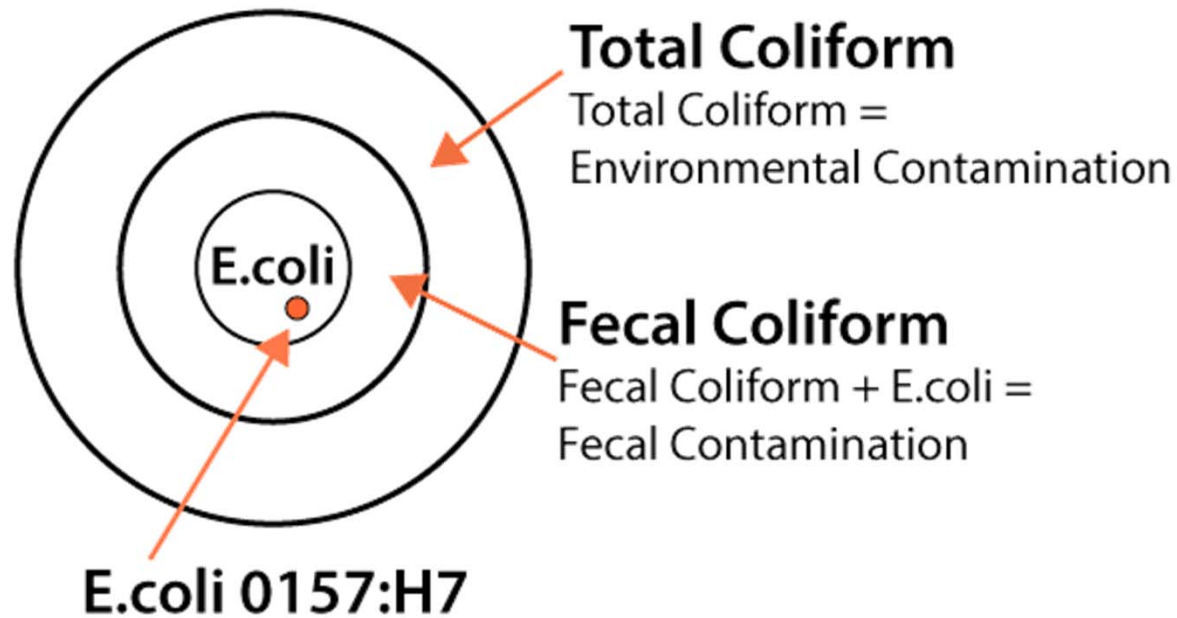
أهم المقاييس المستخدمة في معرفة درجة تلوث المياه بالجراثيم  
المرضة

- بكتريا الكوليفورم (Total Coliform)

- بكتريا الكوليفورم البرازية (Fecal Coliform)

- بكتريا القولون (*Escherichia coli* (*E. coli*))

## Total Coliform, Fecal Coliform and E.coli



## مواصفات مياه الشرب

تحدد تركيز بعض مكونات الماء والعناصر والمواد الممكن وجودها في الماء بحيث يكون الماء غير ضار بالصحة ولا يسبب أضرار اقتصادية.

توضع المواصفات بناءً على:

- التأثيرات المعروفة لهذه المكونات على صحة الإنسان
- التجارب المكتسبة من حوادث واقعية
- دراسات معملية على بعض الحيوانات
- بناءً على الآثار الاقتصادية الناجمة من زيادة أو نقص مكونات المياه

# معالجة/تنقية مياه الشرب

**معالجة المياه Water treatment** هي أي عملية تجعل المياه صالحة للاستخدام لغرض معين. يتضمن هذا استخدامها كمياه للشرب، وكذلك في المجالات الصناعية، الطبية، والاستخدامات الأخرى.

**تنقية المياه Water purification** هي عملية إزالة المواد الكيميائية غير المرغوب فيها، والملوثات البيولوجية، والمواد الصلبة العالقة والغازات من المياه الملوثة للحصول على مياه صالحة لغرض معين. يتم تطهير معظم المياه للاستهلاك البشري (مياه الشرب)، ولكن يمكن أيضا أن تكون مصممة لتنقية المياه لمجموعة متنوعة من الأغراض الأخرى، بما في ذلك تلبية حاجة التطبيقات الصناعية، الطبية، الدوائية والكيميائية.

يعتمد اختيار طرق المعالجة على حسب نوعية مصدر المياه وكذلك نوعية المياه المطلوب الحصول عليها.

تختلف نوعية ونسبة الشوائب الموجودة في المياه حسب المصدر.

المياه تتطلب تنقية أو معالجة لإزالة هذه الشوائب أو تقليل تركيزها إلى درجة تجعل الماء غير ضار بصحة المستهلك وتجعله صالحا للاستخدام البشري.

المعالجة قد تتضمن أيضا إضافة مواد كيميائية لجعله مفيدا للصحة كإضافة الفلورايد لتقليل احتمالية تسوس أسنان الأطفال.

# طرق معالجة/تنقية مياه الشرب

## إزالة المواد العالقة

- . الترسيب Sedimentation
- . الترشيح Filtration

## إزالة المواد الذائبة

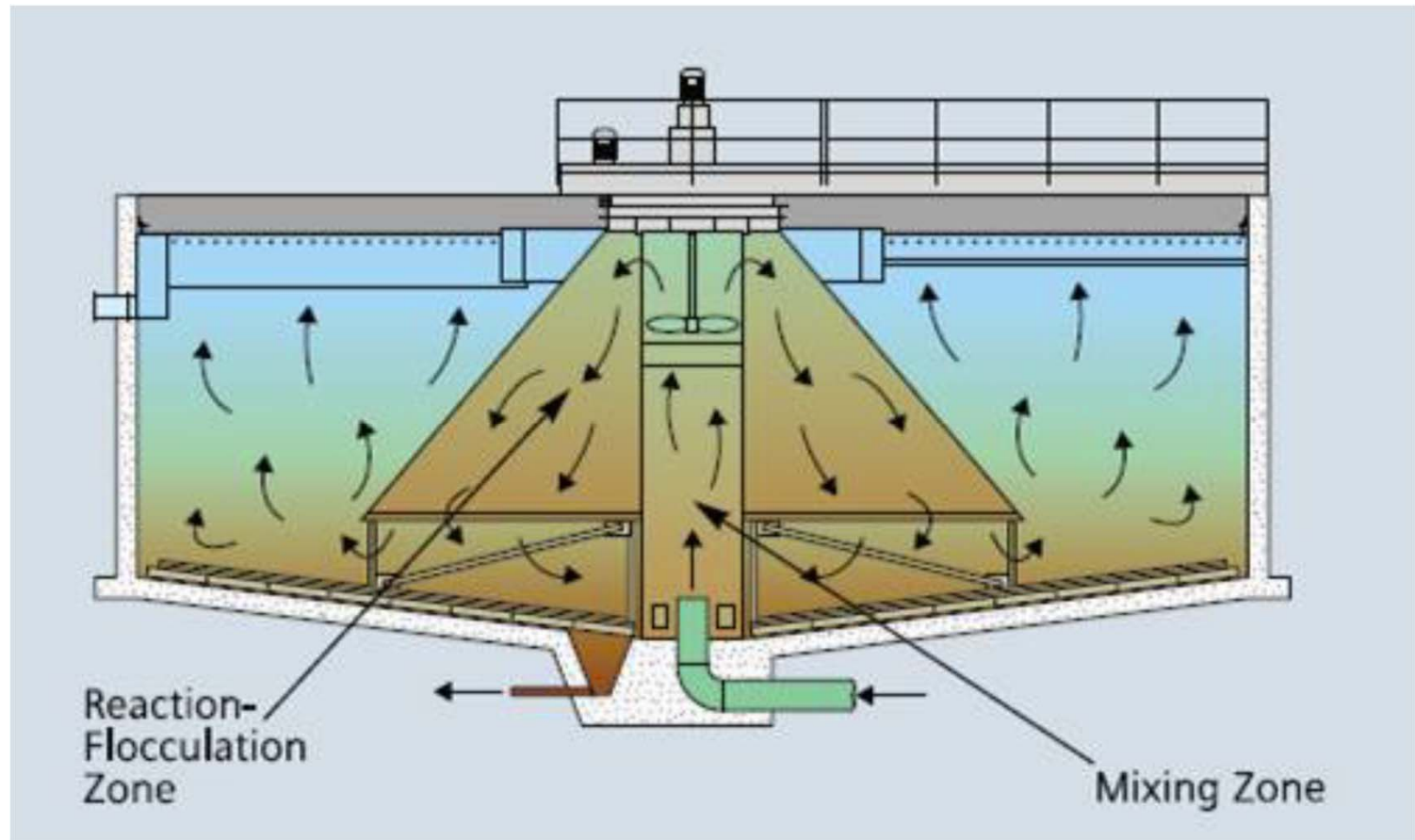
- . التهوية Aeration
- . إزالة العسر (التيسير) Softening
- . التناضح العكسي Reverse Osmosis
- . الإدمصاص Adsorption

## إزالة الجراثيم الممرضة والتحكم بها (تطهير المياه)

- . الكلورة (المعالجة بالكلور) Chlorination
- . الأوزنة (المعالجة بالأوزون  $O_3$ ) Ozonation
- . المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation

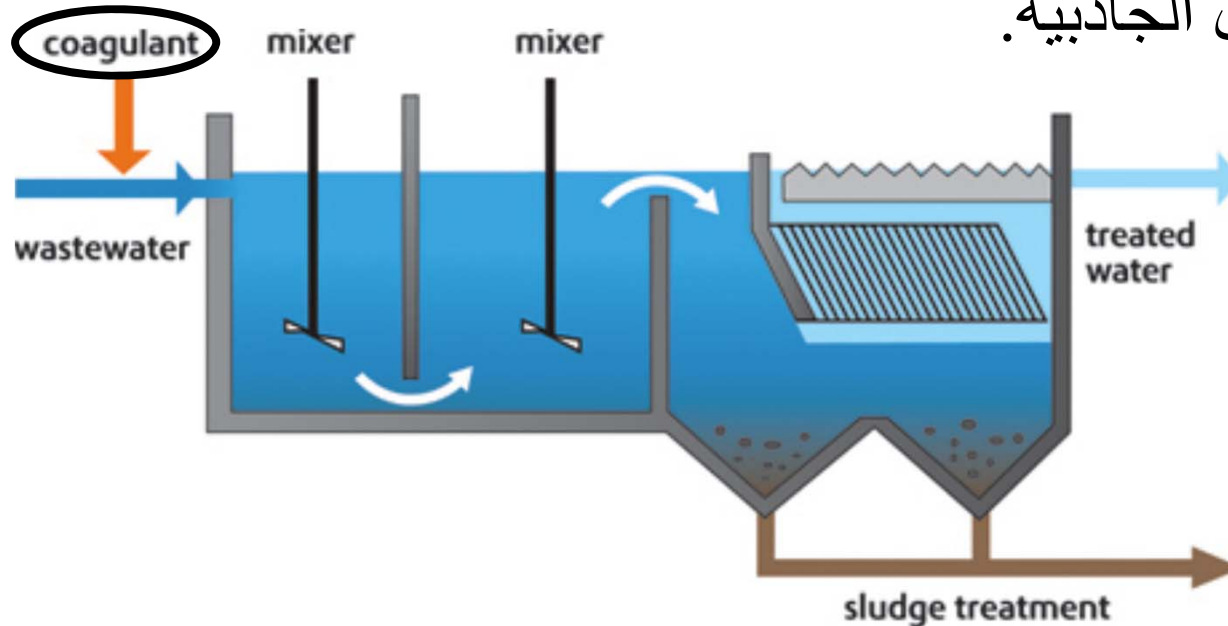
## . الترسيب Sedimentation

لازالة المواد العالقة القابلة للترسب بفعل وزنها



المواد العالقة القابلة للترسب بفعل وزنها يمكن ازالتها في أحواض ترسيب.

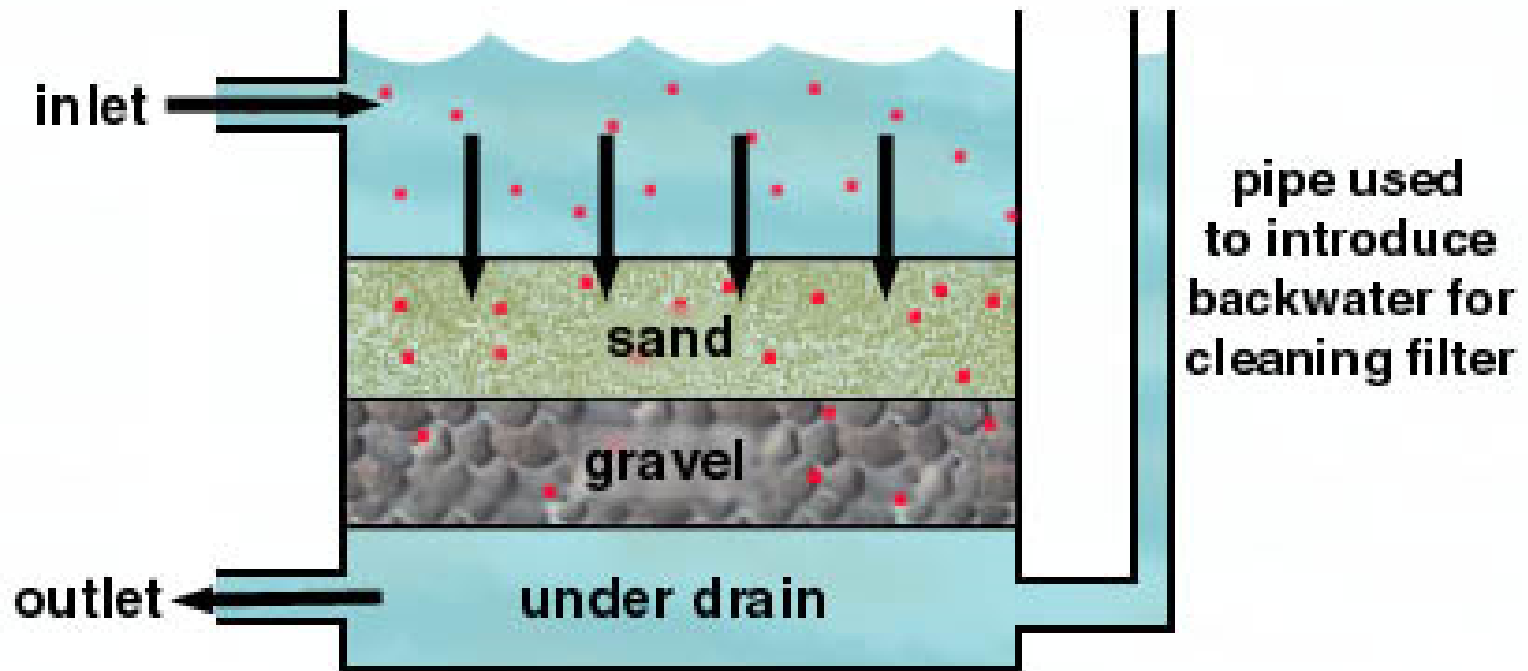
أما **المواد العالقة الدقيقة** التي لا تترسب بسرعة لصغر حجمها وقلة كثافتها (**مواد غروية: حبيبات الغرين أو الطين**) فيمكن ازالتها بالترسيب بعد **تخثير المياه وترويبها (coagulation and flocculation)** وذلك بإضافة مواد كيميائية مخثرة (مثل كبريتات الألومنيوم) وخلطها ببطء (ترويب) لتجميع المواد الدقيقة في شكل جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة بفعل الجاذبية.



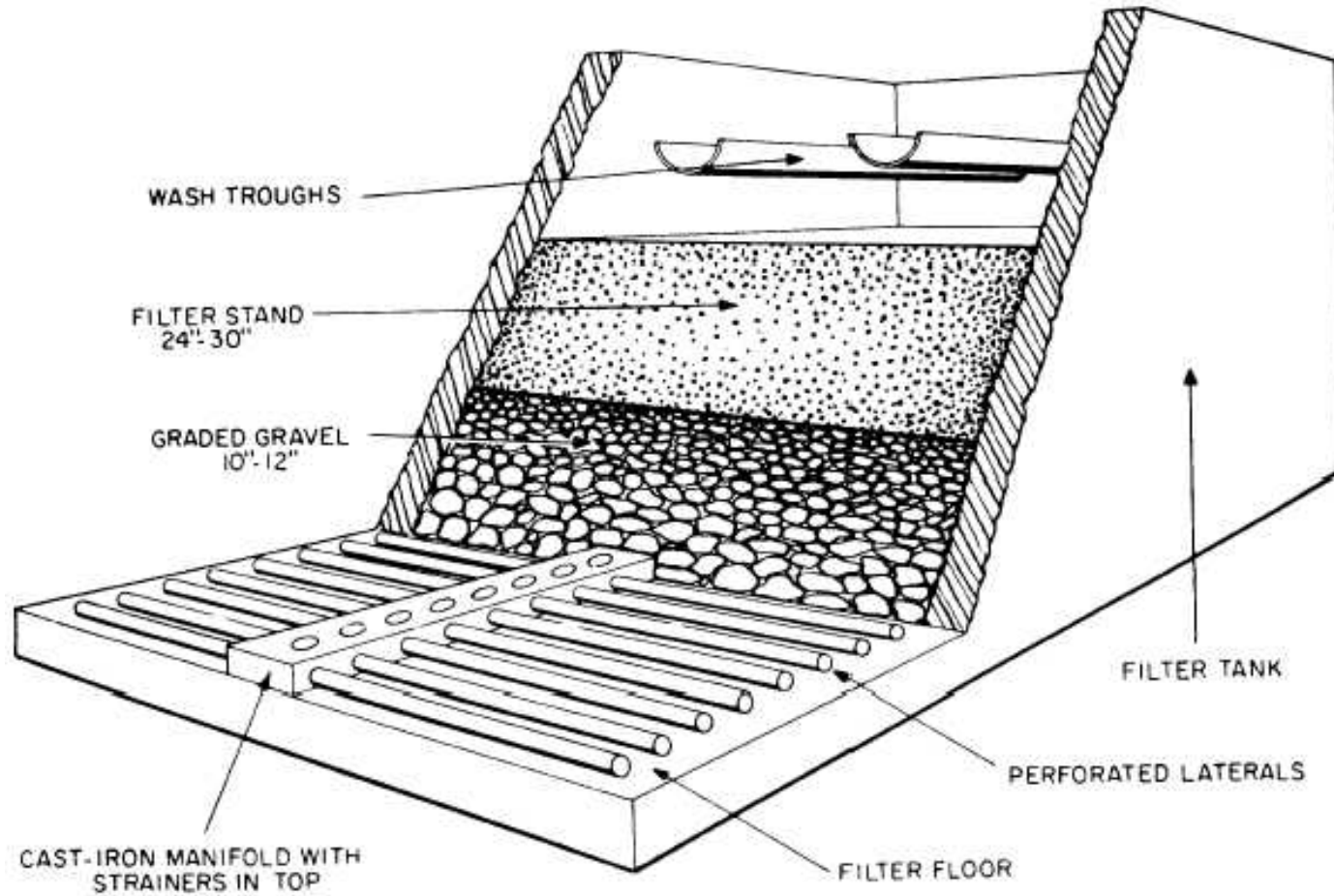


## Filtration . الترشيح

إمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل أو فحم الانثراسايت لإزالة المواد العالقة التي لا يمكن إزالتها بالترسيب الطبيعي



- الترشيح عادة يلي الترسيب لإزالة ما تبقى من المواد العالقة التي لم تزال في أحواض الترسيب.
- وسائط الترشيح: رمل السيليكا وفحم الأنثراسايت.



# طرق معالجة/تنقية مياه الشرب

## إزالة المواد العالقة

. الترسيب Sedimentation

. الترشيح Filtration

## إزالة المواد الذائبة

. التهوية Aeration

. إزالة العسر (التيسير) Softening

. التناضح العكسي Reverse Osmosis

. الإدمصاص Adsorption

## إزالة الجراثيم الممرضة والتحكم بها (تطهير المياه)

. الكلورة (المعالجة بالكلور) Chlorination

. الأوزنة (المعالجة بالأوزون  $O_3$ ) Ozonation

. المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation

## . التهوية Aeration

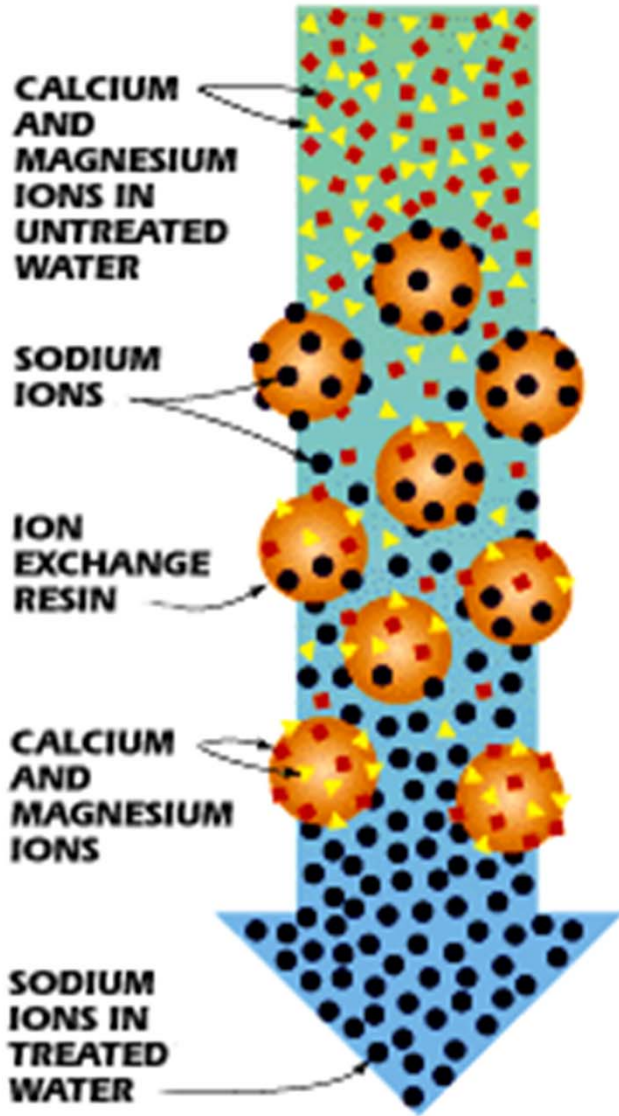
تهدف هذه العملية إلى:

- تبريد المياه (المياه الجوفية تتراوح درجة حرارتها ما بين 30 إلى أكثر من 60°م).
- إزالة الحديد والمنجنيز (عن طريق أكسدتها بالأكسجين).
- إزالة الغازات (مثل؛ كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون).
- إزالة المواد العضوية المتطايرة.

تهوية المياه تتم عن طريق شلالات التهوية أو ضخ الهواء في المياه.



التهوية وسيلة فعالة لمراقبة البكتيريا. وهذا يضمن حسن الاتصال بين الهواء والماء لـ "تنقية" من الغازات غير المرغوب فيها من الماء.



• إزالة العسر (التيسير) Softening  
• بإضافة مواد كيميائية:

- الجير (CaO)

- كربونات الصوديوم (رماد الصودا)  
( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

• بالتبادل الأيوني:

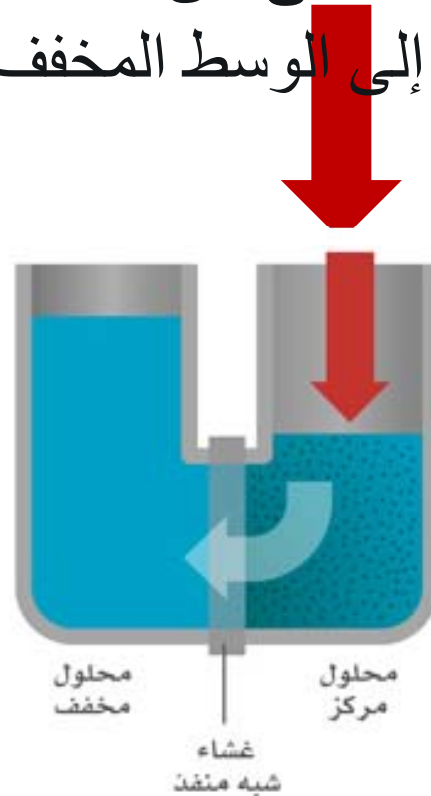
عن طريق إمرار المياه العسرة خلال وسط  
(مادة راتنجية Resin) يعمل على مبادلة  
أيونات الصوديوم بأيونات الكالسيوم  
والماغنسيوم من الماء.



. التناضح العكسي (الانتشار الغشائي العكسي) Reverse Osmosis  
**التناضح الطبيعي (Osmosis)** هو انتقال الماء (المذيب) من محلول  
ملحي مخفف إلى محلول أكثر تركيزاً خلال غشاء نصف نفاذ (مثل أغشية  
السيلولوز).

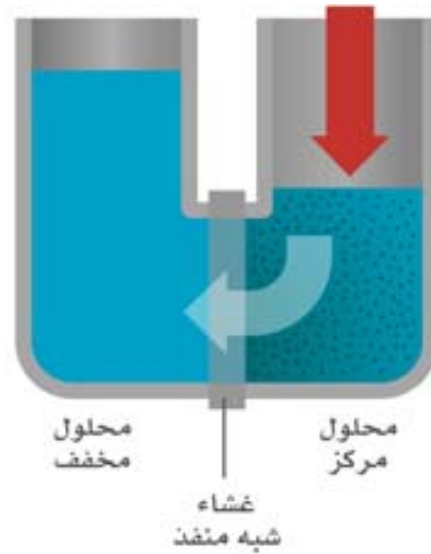
يمكن عكس هذه العملية باستخدام ضغط أعلى من الضغط الغشائي مما  
يعمل على انتقال الماء من الوسط المركز إلى الوسط المخفف.

التناضح الطبيعي  
Osmosis



التناضح العكسي  
Reverse Osmosis

**التناضح العكسي (Reverse Osmosis)** هو انتقال الماء (المذيب) من محلول ملحي مركز إلى محلول أقل تركيزاً خلال غشاء نصف نفاذ باستخدام ضغط أعلى من الضغط التناضحي



التناضح العكسي  
Reverse Osmosis

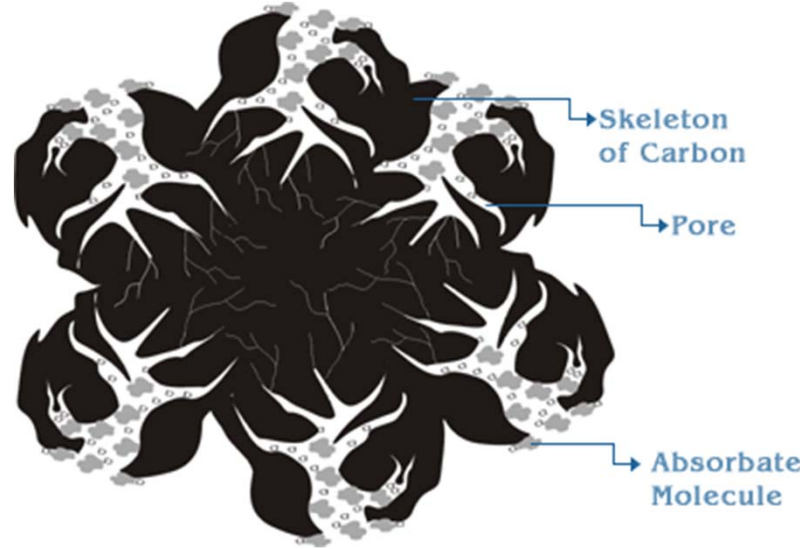
تستخدم هذه الطريقة أساساً لإزالة الأملاح من المياه، ولكنها تساهم على إزالة الفيروسات والبكتيريا وبعض المواد العضوية الذائبة.



## . الإدمصاص Adsorption

الإدمصاص خاصية تتميز بها بعض المواد المسامية (الكربون المنشط Activated carbon) وهي قدرتها على اجتذاب أو إدمصاص بعض المواد الذائبة وجعلها تلتصق على أو تتجمع على سطحها.

هو نوع من أنواع الكربون يتم تصنيعه من مواد ذات أصول كربونية وتنشيطه بطرق خاصة للحصول على مساحة سطحية كبيرة (500-1500) غم/م<sup>2</sup> وتركيب مسامي ووسط نشط ومتفاعل



تستخدم هذه الطريقة لإزالة المواد العضوية الذائبة والمسببة لتغير رائحة وطعم الماء.



# طرق معالجة/تنقية مياه الشرب

## إزالة المواد العالقة

. الترسيب Sedimentation

. الترشيح Filtration

## إزالة المواد الذائبة

. التهوية Aeration

. إزالة العسر (التيسير) Softening

. التناضح العكسي (الانتشار الغشائي العكسي) Reverse Osmosis

. الإدمصاص Adsorption

## إزالة الجراثيم الممرضة والتحكم بها (تطهير المياه)

. الكلورة (المعالجة بالكلور) Chlorination

. الأوزونة (المعالجة بالأوزون  $O_3$ ) Ozonation

. المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation

## . الكلورة (المعالجة بالكلور) Chlorination

- . يستعمل الكلور كغاز مسيل (  $Cl_2$  ) في اسطوانات يتم ضخه في الماء.
- . أو كمسحوق (هيبوكلورايت الكالسيوم أو الصوديوم).
- . يضاف الكلور بجرعات محددة تضمن بقاء جزء من الكلور في الماء يضمن استمرار التحكم في تلوث الماء بالجراثيم خلال توزيعه ونقله.
- . تتميز هذه الطريقة بأنها سهلة وغير مكلفة.

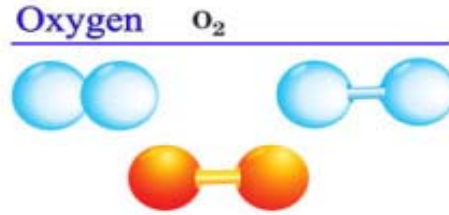
### عيوب التطهير بالكلور

- . الكلور غاز سام.
- . قد يتحد الكلور مع بعض المواد العضوية الطبيعية في حالة وجودها في الماء مكونا مركبات مسرطنة (مركبات الترايهاالوميثان Trihalomethanes).

كما انه يغير طعم ورائحة الماء في حالة زيادة الجرعة.

## • الأوزنة (المعالجة بالأوزون $O_3$ ) Ozonation

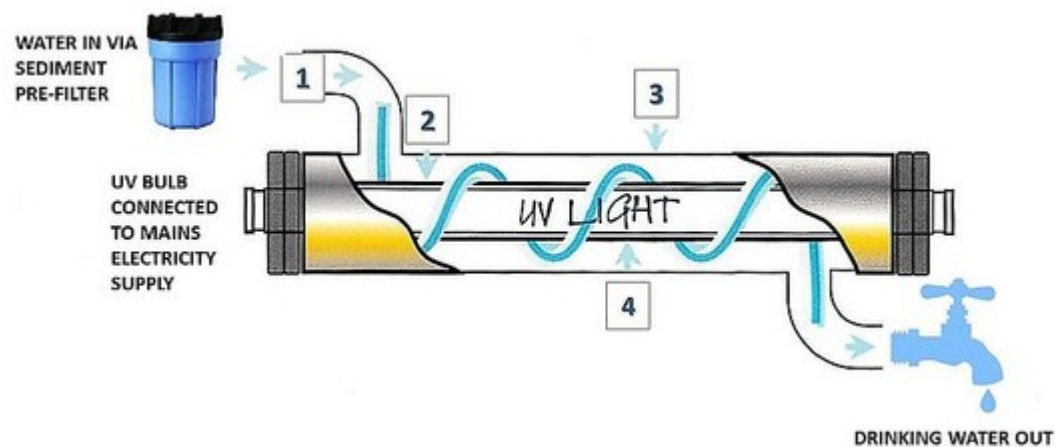
- الأوزون أشد فاعلية على الميكروبات من الكلور ولا يغير طعم ورائحة الماء.



## عيوب التطهير بالأوزون

- الأوزون غاز سام جدا ويتفاعل مع البروميدات مكونا مركبات ضارة بالصحة.
- طريقة مكلفة ويختفي من الماء بعد إضافته إلى الماء وبالتالي لا يوجد ما يمنع تلوث المياه بالجراثيم أثناء توزيعه ونقله.

## المعالجة بالاشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation



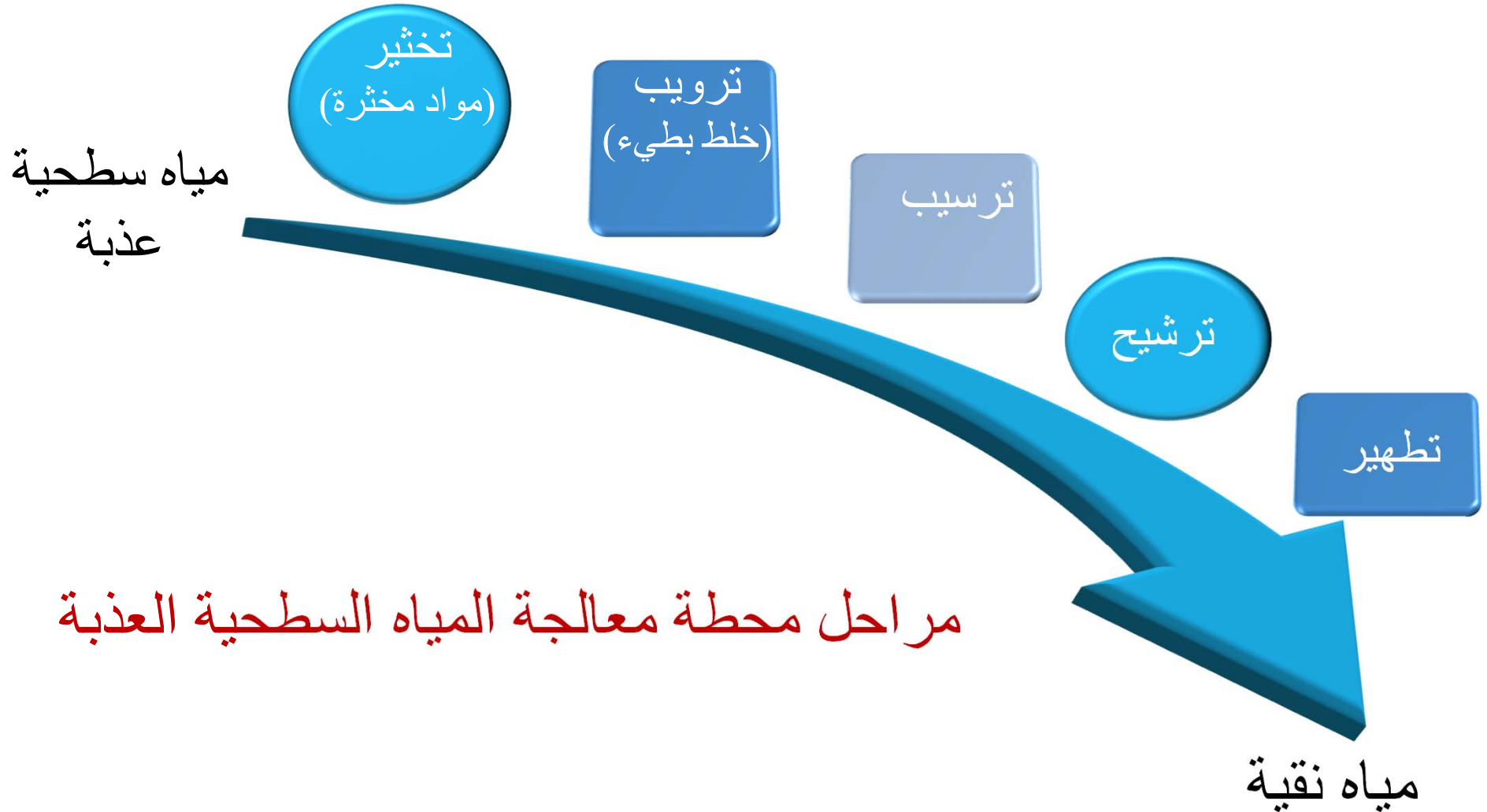
## مزايا التطهير بالأشعة فوق البنفسجية:

- الأشعة فوق بنفسجية فاعلة جدا على الجراثيم
- لا تكون مركبات ضارة في الماء
- لا تسبب تغير طعم ورائحة الماء
- لا تكون مركبات سامة

## العيوب :

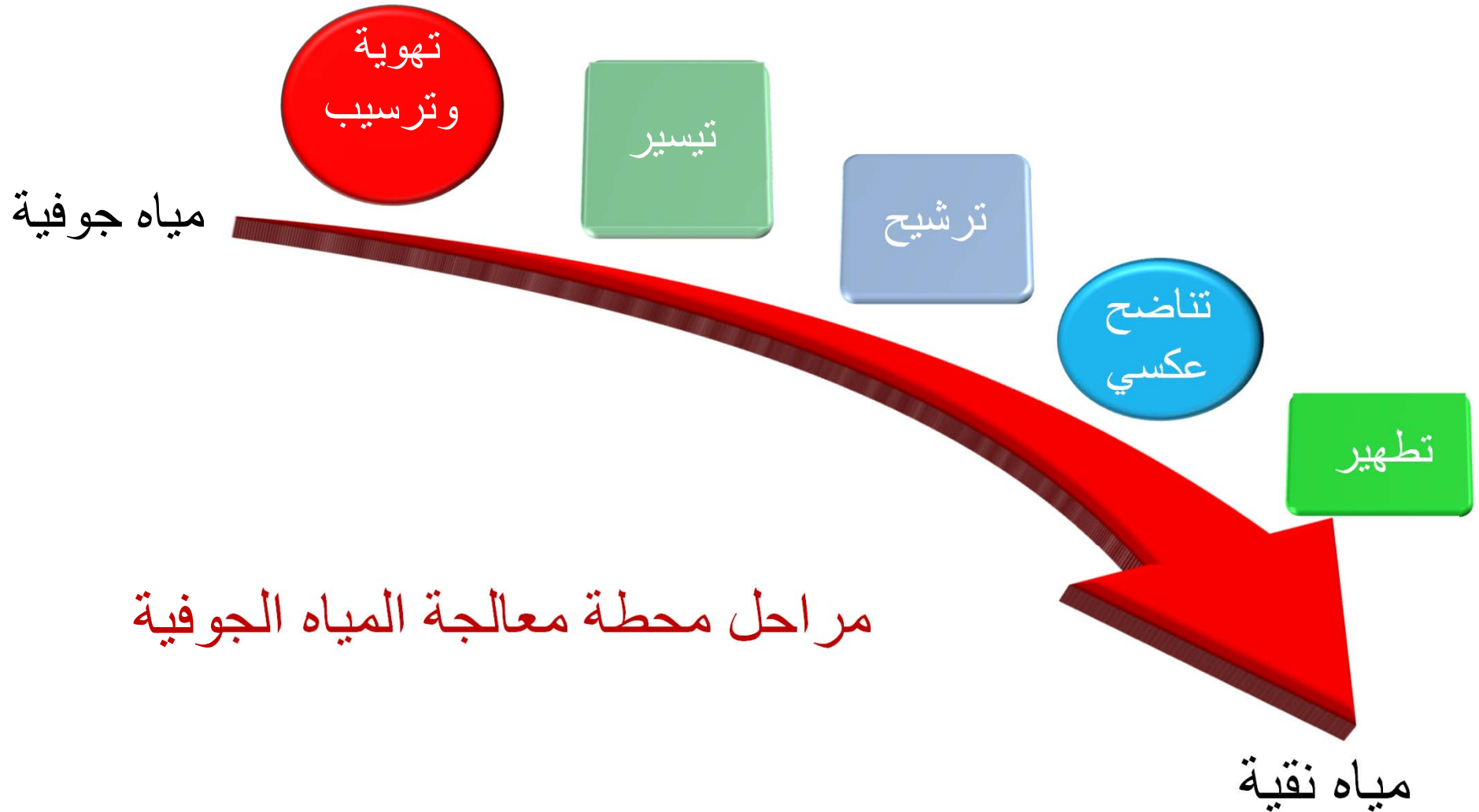
- لا يوجد ما يضمن عدم تلوث الماء بالجراثيم بعد تطهيره بالأشعة.
- يجب أن يكون الماء خاليا من أي شوائب عالقة لضمان فاعلية التطهير.

# معالجة المياه السطحية العذبة





# معالجة المياه الجوفية



# مياه الصرف ومعالجتها

مياه الصرف (wastewater) هي المياه الملوثة الناتجة عن استخدام المياه في شتى نواحي الحياة إضافة إلى مياه الأمطار.

تُقسم مياه الصرف إلى أربعة أنواع:

- مياه الصرف الصحي
- مياه الصرف الصناعي
- مياه الصرف الزراعي
- مياه صرف الأمطار

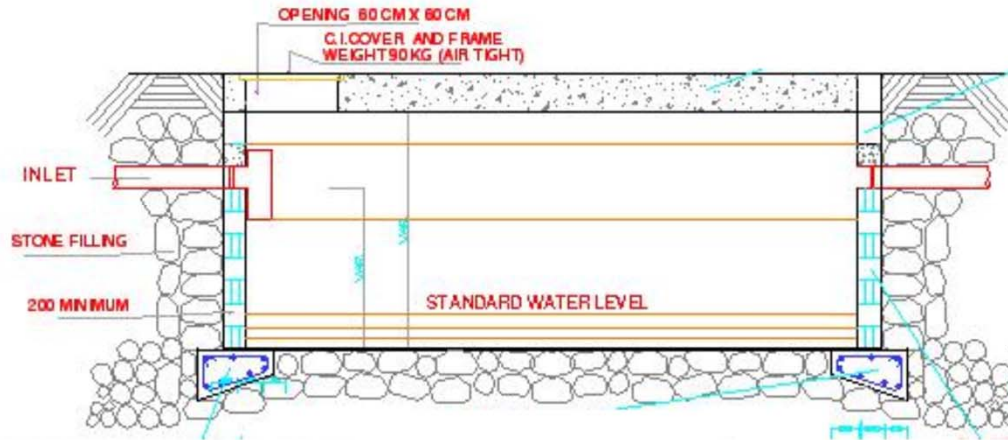
## (1) مياه الصرف الصحي (Sanitary Wastewater)

- . مياه الصرف الصحي هي المياه المستعملة في المنازل والمؤسسات والمطاعم والفنادق والمباني العامة والإدارات وما شابهها في أغراض النظافة والاحتياجات اليومية الأخرى.
- . تجمع هذه المياه من مصادرها بواسطة شبكة خاصة للصرف الصحي وتنقل إلى محطة معالجة لمعالجتها والتخلص أو الاستفادة منها.



. في المناطق التي لا تتوفر فيها خدمة الصرف الصحي يتم التخلص من مياه الصرف بواسطة **بيارات الصرف Septic tank**.

. **البيارة** عبارة عن خزان أرضي يستقبل مياه الصرف الصحي المتدفقة من مختلف المصادر حيث تتحلل و تتخمر ثم تترسب المواد الصلبة في قاع الخزان، وترشح المياه من جدران بيارة الصرف إلى التربة المحيطة عبر جدرانها المسامية.



## مكونات مياه الصرف الصحي:

تتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستعملة بما فيها من عناصر موجودة قبل الاستعمال مضافا إليها المواد والشوائب الناتجة من الاستعمال، وتمثل المواد والعناصر والشوائب ما نسبته 0.1% وهو ما يطلق عليه اسم المواد الصلبة الكلية (ذائبة وعالقة). 40% - 70% من المواد الصلبة عبارة عن مواد عضوية.

## قائمة لبعض أهم مكونات مياه الصرف الصحي الخام

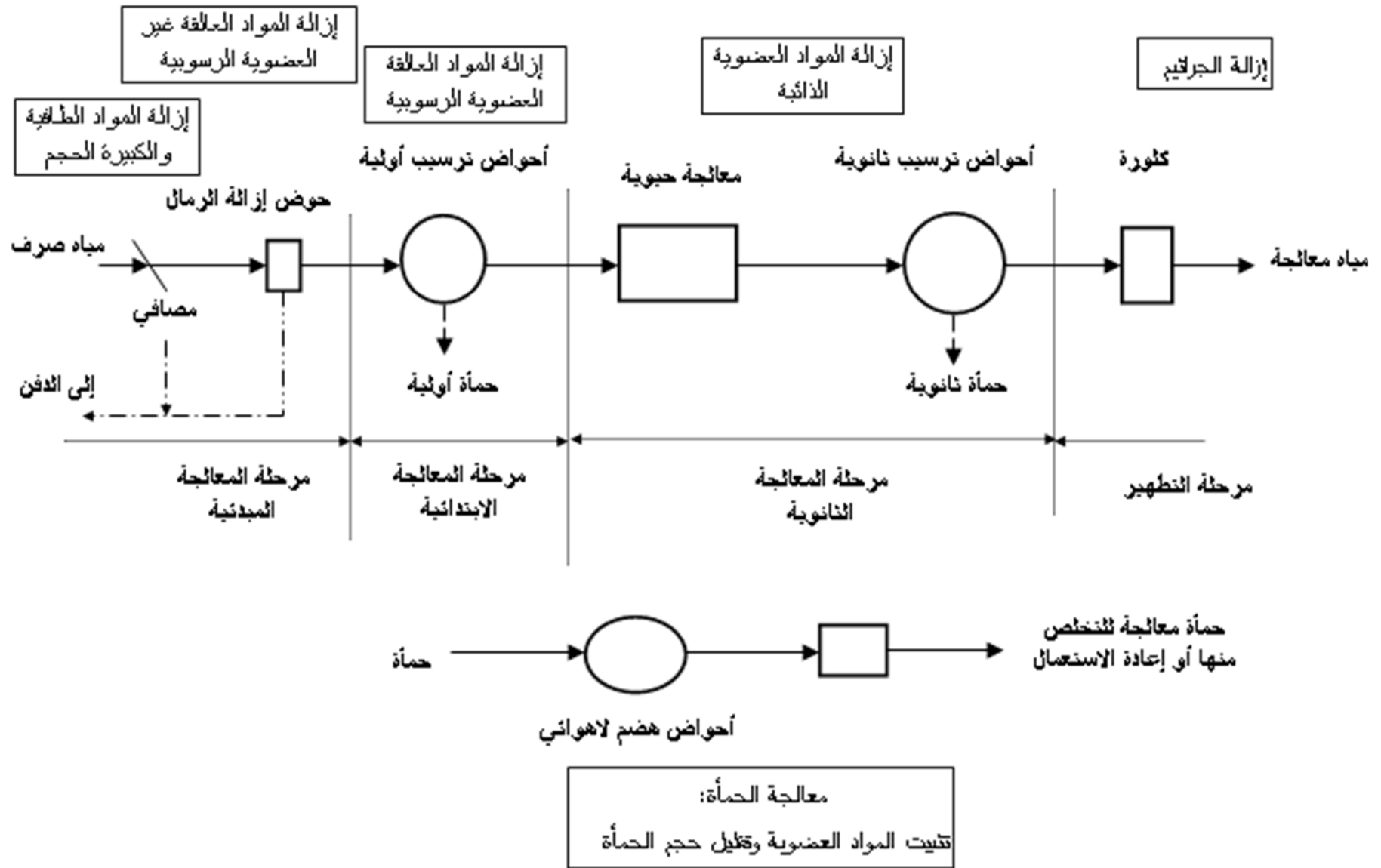
المكونات	التركيز (ملجرام/لتر إلا إذا نكر خلاف ذلك)
المواد الصلبة الكلية	1250 – 390
المواد الصلبة العالقة	400 – 120
المواد الصلبة الذائبة	860 – 270
متطلب الأكسجين الحيوكيميائي	350 – 110
متطلب الأكسجين الكيميائي	800 – 250
نتروجين كلي	70 – 20
فوسفور	12 – 4
كوليفورم (مستعمرة/100 ملل)	<sup>10</sup> 10 – <sup>6</sup> 10

## معالجة مياه الصرف الصحي

○ تُعالج مياه الصرف الصحي لإزالة معظم المواد العضوية والمواد العالقة والكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.

○ المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي تتضمن:

- مرحلة معالجة مبدئية (لإزالة المواد والأجسام الكبيرة والطافية والمواد العالقة غير العضوية)
- مرحلة معالجة ابتدائية (لإزالة المواد العضوية العالقة)
- مرحلة معالجة ثانوية أو معالجة حيوية (لإزالة المواد العضوية الذائبة)
- مرحلة التطهير بالكلور.



**الحمأة Sludge:** هي مزيج شبه صلب من المواد العضوية المحملة بالبكتيريا والفيروسات والمعادن السامة والمواد الكيميائية و المواد الصلبة المترسبة؛ والتي تمت إزالتها من مياه الصرف الصحي أو الصناعي أو محطات المعالجة.



## المعالجة المتقدمة لمياه الصرف الصحي:

- تستخدم المعالجة المتقدمة لإزالة الملوثات التي لم تزال بدرجة كافية أو التي لا يمكن إزالتها في مراحل المعالجة التقليدية وذلك بغرض الحد من التلوث أو لغرض استعمال المياه المعالجة في أغراض مختلفة.
- تختلف طرق المعالجة المتقدمة باختلاف نوعية المراد معالجتها وباختلاف جودة المياه المطلوب الحصول عليها.
- من الملوثات التي يمكن إزالتها بالمعالجة المتقدمة وطرق المعالجة:

- النتروجين : نزع النيتروجين (عكس النترجة)
- المواد العالقة الدقيقة المسببة للعكارة: الترشيح الرملي
- المواد العضوية: الادمصاص



## مجالات إعادة استعمال مياه الصرف الصحي

يمكن الاستفادة من مياه الصرف بعد معالجتها في عدد من الأغراض والاستعمالات إذا كانت جودتها تناسب الاستخدام المنشود

- ري المحاصيل الزراعية
- ري المسطحات والأحزمة الخضراء والحدائق والملاعب
- أغراض ترويحية: البحيرات الاصطناعية – النوافير والشلالات الجمالية
- تغذية مكامن المياه الجوفية ومجاري المياه الطبيعية (الأودية والأنهار)
- أغراض صناعية: التبريد – غلايات المياه – عمليات التصنيع
- أغراض أخرى داخل المباني: صناديق الطرد في دورات المياه – التكييف

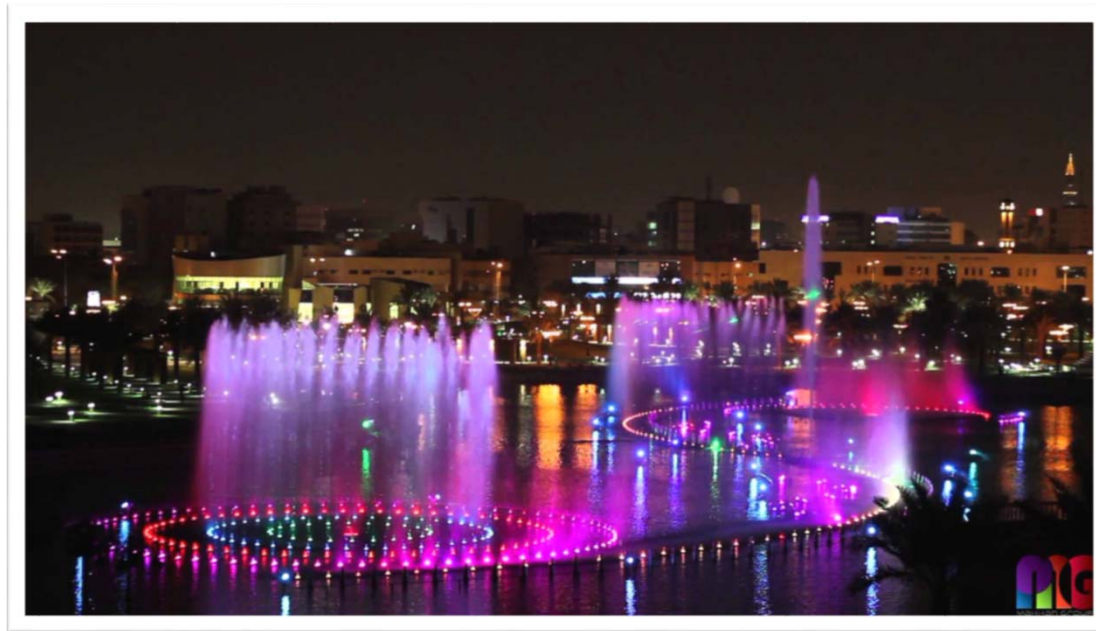
مثال: إعادة استخدام المياه المعالجة بالرياض  
كمية المياه المعالجة بمحطة منفوحة: حوالي 850 ألف م<sup>3</sup>/اليوم

1- ري المزارع على طول وادي حنيفة

200 ألف م<sup>3</sup>/اليوم لأغراض زراعية  
محطة ضخ لوزارة الزراعة بجانب محطة منفوحة



- 2- تنظيف خطوط الصرف الصحي
- 3- ري المسطحات الخضراء والمنتزهات
- 4- تشجير الطرق





## 5- حوالي 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم لأغراض صناعية (مصفاة الرياض): تبريد - تشغيل



## إعادة استخدام المياه المعالجة بالرياض

أكثر من 450 ألف م<sup>3</sup>/يوم تُصرف في وادي حنيفة



## تصريف المياه المعالجة في الوادي ساعد على:

- تعزيز الحياة الفطرية في الوادي





## • تحويل الوادي إلى مكان ترويحي للسكان



## • تغذية المياه الجوفية





## (2) مياه الصرف الصناعي (Industrial wastewater)

. مياه الصرف الصناعي هي المياه الملوثة الناتجة من استخدام المياه في عمليات التصنيع المختلفة

. مكونات مياه الصرف الصناعي

تختلف مكونات مياه الصرف الصناعي ونوعيتها حسب نوعية الصناعة وكمية المياه المستعملة في الصناعة والمواد الداخلة في التصنيع.

■ **صناعة الألبان ومنتجاتها:** تحتوي مياه الصرف على تركيزات عالية من المواد العضوية والبروتينات والدهون.

■ **تكرير البترول:** تحتوي مياه الصرف على عدد كبير من المواد الكيميائية العضوية من أحماض وكحولات ومواد هيدروكربونية ونسبة من الشحوم.

■ **صناعة طلاء المعادن:** تحتوي مياه الصرف على تركيزات عالية من المعادن الثقيلة كالكروم والنحاس والكاديوم والزنك والرصاص وغيرها.

## . معالجة مياه الصرف الصناعي

○ تعالج مياه الصرف الصناعي في موقع إنتاجها ويمكن صرفها في شبكة الصرف الصحي إذا كانت مطابقة لمقاييس الجودة ذات العلاقة.

○ في المدن الصناعية (مدينتا الجبيل وينبع) تجمع المياه الناتجة من مختلف الصناعات بواسطة شبكة صرف صناعي وتعالج في محطة خاصة بالصرف الصناعي.

### (3) مياه الصرف الزراعي (Agricultural drainage water)

- . مياه الصرف الزراعي هي المياه الفائضة من ري المزروعات.
- . تحتوي على أوراق الأشجار والنباتات والبذور والثمار (مواد عضوية) وبقايا الأسمدة وما تحويه من مغذيات ومواد عضوية وبقايا مبيدات الآفات الزراعية وما تحويه من مواد كيميائية.
- . عادة ما يتم صرف فائض مياه الري في مجاري الطبيعية كالأودية والأنهار وغيرها من المسطحات المائية.

#### (4) مياه صرف الأمطار والسيول (Rain and stream drainage water)

- . مياه صرف الأمطار هي المياه الجارية على أسطح الطرق وغيرها من الأسطح بعد سقوط الأمطار.
- . يتم جمع مياه الأمطار الجارية بواسطة شبكة صرف الأمطار بواسطة فتحات تصريف خاصة في الشوارع والطرق.
- . مكونات مياه صرف الأمطار: تحتوي هذه المياه على أي مواد يمكن أن تحملها الأمطار أثناء سقوطها وسريانها على الأسطح وتشمل الأتربة والرمال وبعض المواد العضوية مثل أوراق الأشجار والنباتات وبعض المواد والمركبات الكيميائية الناتجة من عوادم السيارات ومداخل المصانع.
- . تصرف مياه الأمطار عادة إلى المسطحات المائية أو مجاري المياه الطبيعية بدون معالجة.

## تصريف مياه الصرف في المسطحات والمجاري المائية

. تتخلص بعض المدن من مخلفاتها السائلة، الصحية والصناعية وغيرها، في المسطحات والمجاري المائية.

. تعتمد هذه الطريقة على قدرة هذه المسطحات والمجاري على التنقية الذاتية التي تشمل عمليات طبيعية (ترسيب، تخفيف) وكيميائية (تفاعلات المواد) وحيوية (تحلل المواد العضوية).



. أسس التصريف الصحيح لتفادي المشاكل البيئية من تلوث وإضرار بكائنات البيئة المائية الحية:

- أن يكون التخفيف لمياه الصرف كافياً لمنع انتشار الروائح.
- أن لا تزيد كمية المواد العضوية في مياه الصرف عن الحد الذي يؤدي إلى استهلاك الأكسجين الذائب في المياه وتدنيه إلى مستوى أقل من 4 ملجرام/لتر.
- أن لا يؤدي التصريف إلى ارتفاع تركيز الجراثيم إلى مستوى يحد من استعمال المياه.
- التحكم في كمية العناصر الغذائية كالنيتروجين والفوسفور لمنع تكاثر الطحالب والأحياء الدقيقة الأخرى.
- التحكم في نسبة المواد السامة في مياه التصريف لما لها من ضرر على الكائنات المائية.

## تلوث البحار والمحيطات بالنفط

### . مسببات التلوث النفطي

- حوادث ناقلات النفط البحرية (حادثة ناقلة النفط اكسون فالديز 1989م في ألاسكا)
- انفجار الآبار البحرية وتآكل خطوط النفط (انفجار آبار النفط في بحر الشمال عام 1977م)
- تسرب النفط من آبار النفط البحرية أثناء التنقيب عن النفط وخلال الحروب.
- تصريف ماء التوازن في البحار: تُعبأ خزانات ناقلات النفط عادة بعد تفريغ حمولتها بمياه (حوالي 30% من حجم الخزانات) للمحافظة على توازن الناقلات أثناء رحلة العودة، وبالتالي تختلط المياه ببقايا النفط في الخزانات. ويتم تصريف ماء التوازن في الموانئ مما يؤدي إلى تلوث مياه البحر بالنفط.
- تصريف النفايات السائلة للصناعات البترولية في البحار.

## . تأثيرات التلوث النفطي

- تكون طبقة زيتية على سطح المياه مما يحد من وصول الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والضوء إلى الماء مما يؤدي لوقف عمليات التمثيل الضوئي للنباتات المائية.
- موت العوالق البحرية (الطافيات النباتية) التي تعيش على سطح الماء والتي تشكل غذاء أساسي لغالبية الأسماك والحيوانات البحرية.
- هلاك الكثير من الحيوانات المائية (أسماك ومحار وروبيان وغيرها) نتيجة تلوثها بالنفط لاحتوائه على مواد عطرية ومركبات أخرى سامة تؤدي إلى الإخلال بالوظائف الحياتية.
- هلاك الكثير من الطيور البحرية نتيجة تلوثها بالنفط.
- تلوث الشواطئ بالنفط مما يؤدي إلى هلاك الكائنات المائية في الشواطئ وفقد القيمة الترويحية والاقتصادية للشواطئ.
- إغلاق محطات تحلية المياه نظرا لما تشكله المياه الملوثة بالنفط من تأثيرات سلبية على أداؤها.



## . مكافحة التلوث النفطي:

○ طرق ميكانيكية

○ طرق كيميائية

○ طرق بيولوجية

## ○ طرق ميكانيكية

- استخدام الحواجز الطافية (Booms) لحجز النفط ومنع انتشاره لجمعه ومن ثم شفطه.
- استخدام مواد الماصة مثل الصوف الزجاجي ومن ثم جمعها لاستخلاص الزيت منها.
- استعمال القاشطات لقشط الطبقة الزيتية ومن ثم شفطها.



## ○ طرق كيميائية

- إضافة مواد كيميائية لتبديد وانتشار البقعة النفطية.
- إضافة مواد كيميائية تساعد على سرعة تأكسد المركبات الهيدروكربونية وتحللها.
- إضافة مواد كيميائية تساعد على سرعة التحلل الحيوي للنفط بواسطة الكائنات الدقيقة.



## ○ طرق بيولوجية

- استخدام كائنات دقيقة مثل بكتيريا *Alcanivorax borkumensis* وهي قادرة على تحليل وتفكيك النفط.

