

[٨] الباب الثامن :

الماء Water

[٨ - ١] أهمية الماء :

يتوفر الماء فى الطبيعة فى الصور الفيزيائية الثلاثة فهو يوجد فى الصورة الصلبة ويطلق عليه الثلج وفى الصورة السائلة ويطلق عليه الماء وفى الصورة الغازية ويطلق عليه بخار الماء Steam .

والماء هو أكثر المواد انتشاراً على سطح الأرض وتغطى البحار حوالى ٧٠٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية وأحياناً يصل عمق المياه إلى عدة كيلومترات ولا يتوفر الماء علمياً بصورة نقية تماماً فى الطبيعة .

وتقدر كتلة المياه بالبحار والمحيطات والأنهار وفى المياه الجوفية بحوالى $11,5 \times 10^{21}$ مليون طن ويوجد حوالى ٢,١٥٪ من هذه الكمية على شكل ثلوج بالمناطق الباردة .

وقد سبق وأن علمنا أن نسبة بخار الماء فى الجو حوالى ٠,٠٠١٪ وهذه النسبة (الضئيلة) ، تُعادل حوالى مليون مليار من الأطنان .

والماء يعتبر وحده من أهم المواد (المركبات) فى الطبيعة قاطبة . وهو ضرورى وأساسى ولا بديل عنه لكل أنواع وصور الحياة على وجه الأرض ويحتوى جسم الإنسان على حوالى ٦٥٪ من الماء ولا يستطيع الإنسان أن يعيش بدون ماء لأكثر من أربعة أيام وهناك بعض الأطعمة يكون الماء فيها أهم عنصر مثل الألبان .

وهناك بعض المواد مثل الورق والصابون ، تكون عديمة القيمة إذا لم يتم نزع الماء منها وتجفيفها (dehydrated) كما وأن الأغذية التى يتم إزالة الماء منها يجب غمرها فى الماء قبل أكلها .

ويستخدم الماء في الصناعة في عمليات كثيرة وفي التسخين وفي التبريد وككاشف reagent وكمذيب solvent .

ويتم إعادة تشغيل جزء من المياه الداخلة في عمليات التصنيع بنسبة حوالى ٢٥٪ إلا أن معظم الكمية تُطرد إلى الجو وإلى مياه البحار والأنهار بنسبة ٧٥٪ . وتمثل البحار المصب الأعظم لكل المياه سواء كان ملوثاً أم غير ملوث ومن البحار تبدأ دورة المياه حيث تسقط الأمطار على الأرض فتهب الحياة لكل من عليها .

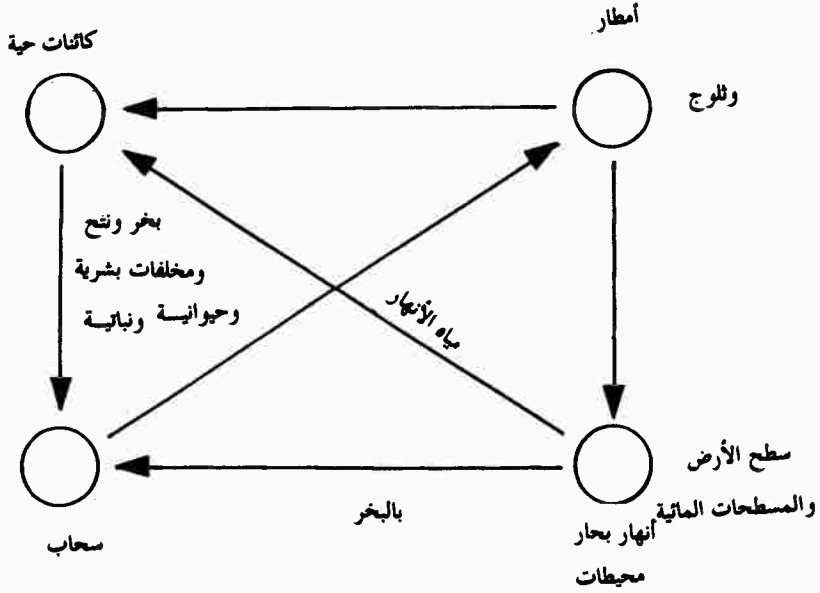
[٢ - ٨] مصادر الماء : sources of water

تعتبر دورة الماء فى الكون أو فى الطبيعة أحد أهم دورات المواد فى الطبيعة وتتم هذه الدورة بانتظام وبإحكام متقن منذ ملايين السنين ف سبحانه الله خالق كل شىء بإحكام .

فعند سقوط الأمطار تتحلل بعض الغازات مثل ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وثانى أكسيد النيتروجين وتصبح أحماضاً وتمتزج مياه الأمطار مع المياه المالحة قرب البحار ، ويختلط بالماء كذلك الأتربة والمواد المشعة . وتعتبر مياه الأمطار جيدة جداً لأغراض الغسيل ولكنه ينقصها أملاح الكالسيوم والتي تعتبر مادة حيوية لصحتنا ولذلك فهى ليست صالحة تماماً لأغراض الشرب .

وقد تسقط مياه الأمطار أو تمر بعد سقوطها على صخور أو تربة محتوية على كبريتات الكالسيوم [جبس أو جص أو كبريتات الكالسيوم المائية إذا كانت منزوعة المياه « جافة — hydrated » أو بكبريتات الكالسيوم اللامائية — أنهيدريت . anhydrite.] .

وتصبح مياه الأمطار حمضية حيث يمكنها أن تُحلل الصخور المحتوية على كربونات الكالسيوم (طباشيرية ، وحجر الجير الرخام ،...) وبذلك يتكون محلول الكالسيوم الكاربوهيدروجين . وكل من هذه المواد تتحلل وتجعل الماء عُسراً .



شكل (٨ - ١)
دورة الماء في الكون The Water Cycle

انظرب الرسم شكل [٨ - ١] وهو يوضح دورة مختصرة للماء في الطبيعة .

وعند استخدام المياه بغرض الشرب للإنسان فإنه يجب تحليلها لمعرفة إن كان بها بكتيريا أو ميكروبات لمعالجتها أولاً وكذلك يجب ضمان نقائها من مخلفات مياه الصرف للزراعة ومياه المجارى .

ويجب أن يكون ماء الشرب عديم الرائحة وصافياً وليس له لون أى عديم اللون وعادة يكون عديم الطعم .

وأفضل مياه للشرب هى التى تكون نسبة مركبات الكالسيوم بها لا تتعدى (٥٠ - ١٢٠) جزء فى المليون ، من كربونات الكالسيوم وفى خزانات المياه يجب إضافة نسب صغيرة من كبريتات النحاس copper sulphate وذلك للإقلال من نمو الطحالب algae .

وفي محطات المياه ، فإن الماء يترك في الخزانات لفترة لحين ترسب الشوائب الكبيرة وتضاف بعض المواد مثل كبريتات الألومنيوم Aluminium sulphate ، أحياناً للمساعدة في عمليات الترسيب .

وتتم تنقية المياه بإمرارها على طبقات من الرمل والحصى لإزالة البكتريا والجزيئات الصغيرة وخلافة .

ويتم تعقيم المياه بإمرار الكلور بنسبة تزيد عن ١٠ في المليون لمدة ساعة وذلك لمنع الأمراض مثل التيفود . وفيما يلي موجز لدورة المياه في الكون .

تسقط الأمطار والثلوج فوق سطح الأرض من اليابس وفوق المسطحات المائية من الأنهار والبحار والمحيطات .

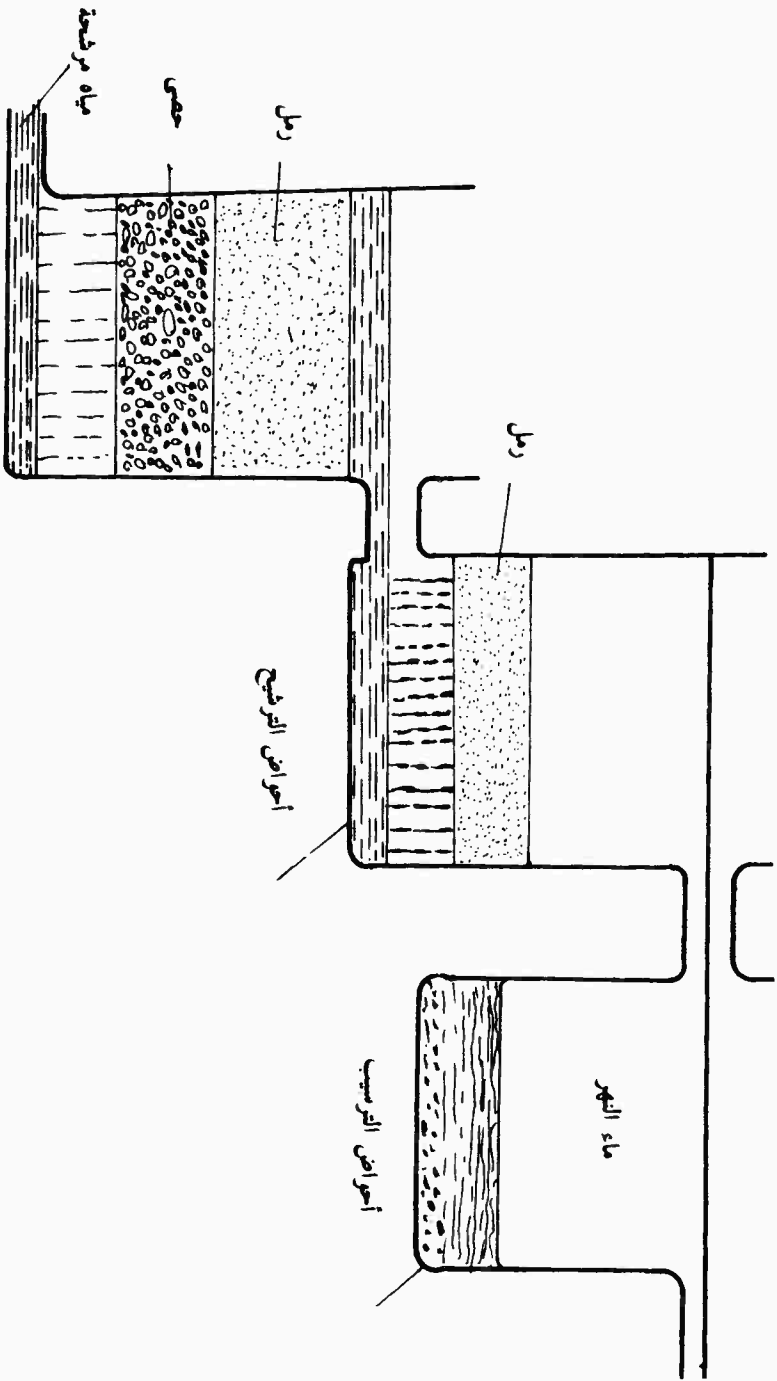
ويقوم الإنسان والحيوان على حد سواء بشرب واستخدام المياه من الموارد المائية المتوافرة لأداء الوظائف الحيوية لكل منهما ولتختلف مظاهر الحياة للإنسان ويخرج الماء الزائد سواء من الإنسان واستخداماته أو من الحيوان في صورة صرف صحي ومخلفات صناعية وزراعية وعرق وبول وغيره تتبخر .

ويقوم النبات كذلك بعملية امتصاص للمياه الموجودة بالتربة ويخرج الماء الزائد عن حاجة النبات في عملية التنح .

وتتبخر المياه في مسطحات الماء على اليابسة تحت تأثير أشعة الشمس والرياح حيث تصعد كبخار ماء يتكاثف بفعل برودة الجو مكوناً الضباب والسحب .

وتسقط السحب على هيئة أمطار (في البلاد الدافئة) وعلى هيئة جليد (في البلاد الباردة) ، حيث تتكرر الدورة بانتظام وأى خلل بها يؤدي إلى اختلال توازن البيئة مما يؤدي إلى موت الكائنات الحية ويكون الخلل عادة من صنع الإنسان بعلم أو بجهل ونادراً ما يكون بفعل الطبيعة كالكوارث وغيرها .

ويوضح الرسم شكل (٨ - ٢) ، رسم تخطيطي لعملية معالجة مياه أخذ الأنهار بغرض الشرب .



شكل (٨ - ٢)
تنقية مياه النهر للشرب

[٨ - ٣] الماء العُسر والماء اليُسر

hard and soft water.

الماء العُسر هو الماء الذى لا يُرغى سريعاً مع الصابون ، والمياه كلها يمكنها أن تُرغى مع الصابون إذا استخدمنا كميات وفيرة من الصابون وهناك فرق كبير بين المياه النقية (المقطرة) والتي تحتاج إلى بضعة قطرات فقط من محلول الصابون لإعطاء رغوة دائمة (فقاعات صابونية كثيرة على راحة اليد) ، وبين الماء العسر الذى يحتاج إلى مزيد من الصابون لإظهار رغوة وفيرة .

ويطلق على الماء النقي بالماء اليُسر "Pure Water = Soft Water" والصابون هو ملح الصوديوم لحامض عضوى (حامض الاستياريك $C_{17}H_{35}$ COONa - stearic acid) .

فعند إضافة الصابون إلى الماء العسر فإنه تتكون أملاح الكالسيوم لهذا الحامض والتي لا تذوب فى الماء ، حيث يتكون ريم "scum" - والذى يعتبر فاقد فى مادة الصابون ذاتها ويترك علامات على الملابس عند غسيلها .

وهناك نوعان من أنواع عُسر الماء :

١ - عسر مؤقت ينشأ من وجود الكالسيوم الكربوهيدروجينى وكلمة مؤقت هنا بسبب أن عملية الغليان لهذا الماء تؤدي إلى تحول الكالسيوم الكربوهيدروجينى إلى كربونات الكالسيوم والتي تترسب أثناء الغلي (ترسب) وبذلك يتم معالجة هذا العُسر المؤقت .

٢ - عُسر دائم لوجود كبريتات الكالسيوم Calcium Sulphate وهو عُسر دائم لأنه لا يتغير بعملية الغليان لهذا الماء .

وهناك مميزات عديدة للماء العُسر ، فمن وجهة النظر الصحية ، فإن هذا الماء يوفر مركبات الكالسيوم التى يحتاجها الإنسان لبناء العظام والأسنان بالإضافة إلى أنه تبين أن أولئك الذين يعيشون فى مناطق بها ماء عسر يعانون أقل من غيرهم من نوبات القلب . ويستخدم الماء العُسر فى عمليات تخمير « البيرة » .

ويؤدى الماء اليُسر (النقى) إلى تحلل أنابيب المياه الرصاصية وهناك فى بعض الدول المتقدمة بعض الجمعيات شكلت من أجل المطالبة بالإقلال من استخدام

الأنابيب الرصاصية في نقل مياه الشرب إلا أن هنالك عيوب للماء العسر ، وكما ذكر من قبل فهو يؤدي إلى زيادة الاستهلاك في المواد المنظفة (الصابون) .

وهنالك عيب آخر للماء العسر « المؤقت » ألا وهو ترسب كربونات الكالسيوم عند تسخينه مما يؤدي إلى تكون طبقة كلسية على جدران أوعية غلى الماء بالإضافة إلى قشور على الجدران الداخلية للمواسير وعند إعادة استخدام أوعية غلى الماء فإن عملية الغلى تطول زمنياً لطول مسار الحرارة عبر معدن الوعاء وعبر الطبقة الكلسية حتى تصل إلى الماء المراد غليه .

بالإضافة إلى أن زيادة الرواسب الكلسية والقشور على المواسير يؤدي إلى إعاقة سريان المياه واحتمال انسدادها .

[٨ - ٤] طرق معالجة الماء العسر إلى ماء يُسر :

تنحصر عملية معالجة الماء العسر لتحويله إلى ماء يُسر ، في إزالة مركبات الكالسيوم منه . إلا أنه لا يتم هذا كلية بإزالة مركبات الكالسيوم كلية ، وذلك لأن الماء اليُسر يكون عديم الطعم insipid وغير صحي مائة بالمائة كما سبق وأن ذكرنا في مميزات الماء العسر .

ويمكن إزالة العسر المؤقت بغلى الماء ثم ترشيحه للتخلص من كربونات الكالسيوم العالقة .

وهناك طريقة بديلة تستخدم أحياناً للكميات الكبيرة وذلك بإضافة هيدوركسيد الكالسيوم [طريقة كلارك Clark's method] إلا أنه يلزم أن تتم عمليات الإضافة بأناة ودقة حيث أن الزيادة في الماء المضافة تؤدي إلى رجوع الماء إلى عُسرهِ .

وهناك عدة طرق لمعالجة كل من نوعي الماء العسر « عُسر مؤقت وعسر دائم » فعملية التقطير distillation للمياه عملية مكلفة خاصة للكميات الضخمة منها . وفي بعض الأماكن من العالم ، لا يوجد أى بديل لعملية التقطير وماء البحر ، ماء عُسر والسبب الرئيسى الذى يؤدي لعدم وجود رغبة عند استخدامه مع الصابون ، هو وجود كلوريد الصوديوم والذى يعتبر أحد مركبات الصوديوم الأكثر ذوباناً عن الصابون ذاته وهنالك طريقة لإزالة كلا من نوعي عُسر الماء

وذلك بإضافة صودا الغسيل — كربونات الصوديوم — ١٠ — washing soda
ويستخدم بعض الناس والمعاهد أجهزة لمعالجة عُسر المياه .

[٨ - ٥] الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء :

حيث أن الماء هو المادة الوحيدة تقريباً الشائعة الاستخدام والمتوفرة في كل مكان ، لذلك تؤخذ الخواص الفيزيائية للماء كمقياس standard وفيما يلي بعض الخواص الفيزيائية الهامة للماء والتي يمكن الاسترشاد بها عند التفريق بين الماء النقي والمحاليل والسوائل النقية الأخرى .

فالماء الخالص يتجمد عند صفروم وكذلك ينصهر الثلج عند صفروم فإذا كانت هنالك شوائب بالماء ولتكن كلوريد الصوديوم مثلاً وذائبة به فإن درجة تجمد الماء تنخفض إلى ما تحت الصفر .

ولهذا يوضع ملح الطعام على الطرق المغطاة بالثلوج للمساعدة على إذابته وعدم تجمده مرة ثانية .

وعادة يكون سطح الثلج مغطى بطبقة رقيقة من المياه وتؤدي الحرارة المتولدة من الأقدام أثناء السير ومن إطارات السيارات على سطح الثلج إلى إذابة المزيد من المياه .

وتؤدي هذه المياه المنصهرة إلى إذابة الأملاح وينشأ محلول من ملح الطعام والماء ، لا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة جداً وكلما زادت كمية ملح الطعام المذابة كلما إنخفضت درجة تجمد المحلول .

وهناك تطبيق آخر لهذا المبدأ وهو استعمال سوائل منع التجمد Anti-freeze solutions ، تمنع تجمد مياه دورة تبريد المحركات بالردياتير . وتستخدم كذلك في محركات الطائرات والمادة الأساسية به هو جليكول الإثيلين ethylene glycol .

والخاصية الفيزيائية الثانية للماء هي غليانه عند درجة ١٠٠م عندما يكون موضوعاً تحت الضغط الجوي العادي .

ويحدث تبخر الماء ، من بركة مياه مثلاً عند أى درجة حرارة . وكلما زادت درجة الحرارة كلما زاد احتمال حدوث البخر . ويغلي الماء عندما يكون ضغط بخاره مساوياً للضغط الخارجى .

وبزيادة الضغط فإن الماء يغلي عند درجات حرارة أعلى من 100°C وبذلك فإن الماء الموضوع في قدر الطهي الكاتمة (البريستو) يغلي عند درجة 120°C عندما يتعرض لضغط ناشئ من كتم البخار ، مقداره 2 جوى .

ويغلي الماء في ردياتير السيارة (عند وجود عيب فنى) عند هذه الدرجة تقريباً 121°C وذلك لوجود غطاء الردياتير المزود بصمام ضغط في حين أن الماء يغلي عند درجة حرارة أقل من 100°C عند الضغوط المنخفضة عن 1 جوى كما في المناطق الجبلية العالية .

فمثلاً يغلي الماء عند قمة جبل إفرست (8800 متر فوق سطح البحر) عند درجة حرارة حوالى 72°C .

ويؤدى وجود الشوائب في الماء إلى رفع درجة الغليان فوجود ملح الطعام بالماء يؤدى إلى رفع درجة الغليان فوق 100°C وكلما زادت كمية الملح كلما ارتفعت درجة الغليان ويتوقف هذا على مدى ذوبان الملح بالماء وتشبع الماء به ومعظم المواد تكون ذات كثافة أكبر عندما تكون في صورتها الفيزيائية الصلبة عن سوائها إلا أن الثلج وهو الصورة الصلبة للماء يكون أقل كثافة من الماء ولذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء وكذلك فإن كثافة السوائل تقل كلما ارتفعت درجة حرارتها عادة إلا أن كثافة الماء تزيد بارتفاع درجة حرارته (فوق درجة الانصهار بقليل) ثم تقل بعد ذلك .

وتبلغ كثافة الثلج 0.9 جم/سم³ عند درجة الصفر المئوى .

وتبلغ كثافة الماء النقى 1 جم/سم³ عند درجة حرارة 4°C .

وتتفاعل المواد المختلفة مع الماء في صورته المختلفة (ماء — بخار — رطوبة — ندى) بدرجات متفاوتة وبعضها بطيء التفاعل مثل الحديد والنحاس والرصاص وتستغل هذه الخاصية في أن مواسير المياه تصنع عادة من هذه المواد وخاصة الرصاص .

ويتفاعل الحديد مع الماء المحتوى على هواء مكوناً صدأ الحديد ويذوب الرصاص في الماء النقى ويصبح ساماً . وتؤدى هذه العيوب إلى تفضيل استخدام البوليثين Poly thene (نوع من أنواع البلاستيك) .

وفي الصناعة يُستغل تفاعل البخار مع الميثان في الحصول على الهيدروجين ويتفاعل الماء مع أكاسيد بعض المعادن حيث نحصل على هيدروكسيد هذه المعادن فمثلاً يتفاعل أكسيد الكالسيوم بشدة مع الماء حيث يعطى هيدروكسيد الكالسيوم .

ويُذيب الماء ثاني أكسيد الكربون ويُعرف المحلول الناتج بحامض الكربونيك Carbonic acid وهو أحد الأحماض الموجودة في المياه المعدنية .

[٨ - ٦] التحليل الكهربى للماء

The electrolysis of Water.

يُعتبر الماء النقى غير موصل للكهرباء أو محلول لا إلكترولى إلا أن وجود حامض الكبريتيك بالماء يؤدي إلى التحليل الكهربى للماء ويتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية ويقال حينئذ أنه تحلل كهربياً حيث ينشأ حجمان من الهيدروجين لكل حجم واحد من الأكسجين فإذا ما أضفنا هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم ، للماء وقمنا بتحليل الماء فإنه ينشأ لنا هيدروجين وأكسجين (مرة ثانية) .

وكما وأن إضافة أيأ من كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم (فى صورة بللورية وبكمية صغيرة) للماء تؤدي إلى تكون الهيدروجين والأكسجين كذلك .

[٨ - ٧] استخدامات الماء :

كلما ارتفع مستوى معيشة الشعوب كلما زاد استهلاك الفرد فيها للمياه ، ويبلغ متوسط استهلاك الفرد فى الدول المتقدمة فى حدود ١٦٠ — ١٨٠ لتر مياه يومياً .

وفيما يلى مفردات استهلاك الفرد فى إنجلترا .



٥٧ لتر	الغسيل والاستحمام
٥٧ لتر	دورات المياه
١٦ لتر	ماكينات الغسيل (مغاسل)
١٦ لتر	غسيل أطباق
٧ لتر	حداثق
٥ لتر	طبخ وشرب
٣ لتر	غسيل سيارات

وفي بعض الدول يبلغ استهلاك محطات توليد الكهرباء أكثر من نصف كميات المياه المتاحة بغرض إدارة التوربينات البخارية وبغرض التبريد ويستخدم الماء بكميات كبيرة في الصناعة وفيما يلي جدول يبين إستهلاك المياه بالطن اللازم لإنتاج طن من الخامات المختلفة ، انظر جدول (٨ - ١) .

أكثر من ١١٠٠ طن	كيماويات
أكثر من ٧٠٠ طن	الرايون (حرير صناعي)
أكثر من ٦٠٠ طن	الصوف
أكثر من ٢٥٠ طن	الحرير
أكثر من ١٤٠ طن	ألياف صناعية
أكثر من ٩٠ - ٢٧٠ طن	صناعة الورق
أكثر من ٤٥ طن	إنتاج الصلب
أكثر من ١٨ طن	المكوك
أكثر من ١٠ طن	حفظ الخضروات
أكثر من ٨ طن	تكرير السكر
أكثر من ٥ طن	فحم حجري
أكثر من ٤ طن	صناعات ألبان
أكثر من ٤ طن	الأسمنت
أكثر من ٢ طن	البيرة
أكثر من ٤ طن	التغليف

جدول (٨ - ١)
استهلاك الماء بالطن لكل طن منتج

ويلزم ٤٥٠ طن مياه لإنتاج سيارة واحدة . وتستهلك شجرة (البلو ط القرو) ٠,٦٧ طن مياه يومياً في صورة بخار .

كما أن الكرب (الواحدة منه) يلزم لها ٠,١٥ طن مياه حتى تنمو وتصبح ناضجة تماماً .

وفي الصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية (أكل وشرب) فإنه يلزم كميات كبيرة من المياه داخلة في تركيب هذه الصناعات أو المنتجات بالإضافة لاستخدامه في أغراض التنظيف .

وفي صناعات تكرير سكر البنجر وصناعات الورق فإن الماء يستخدم في تحريك الخامات ذاتها .

ويلزم الماء المقطر للعديد من الاستخدامات مثل المعامل (للمحاليل) ولتزويد مياه البطاريات ولتبريد كابلات الكهرباء ولغسيل الترانزستورات ويتم تجهيز هذا الماء المقطر بالتقطير أو بأي طريقة أخرى مناسبة ويوضح جدول (٨ - ٢) نسب المواد الداخلة في تركيب مياه البحر بالوزن (سواء المادة ذاتها أو مركباتها) .

٨٥,٤ %	أوكسجين
١٠,٧ %	هيدورجين
١,٨٥ %	كلور
١,٠٣ %	صوديوم
٠,١٢٧ %	مغنسيوم
٠,٠٨٧ %	كبريت
٠,٠٤٠ %	كالسيوم
٠,٠٣٨ %	بوتاسيوم
٠,٠٠٦٥ %	برومين
٠,٠٠٢٧ %	كربون .
٠,٠٠١٦ %	نتروجين
٠,٠٠٠٧٩ %	سترونتيوم
٠,٠٠٠٤٣ %	بورون
٠,٠٠٠٢٨ %	سيكيلون
٠,٠٠٠١٣ %	فلورين

جدول (٨ - ٢)

نسب المواد الداخلة في تركيب مياه البحر وزنا