

جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة الصحية والبيئية

الدكتور المهندس بسام العجي

السنة الرابعة

هندسة الإمداد بالمياه

قسم تنقية المياه

9-10- 2021

المصادر المائية

مواصفات المياه

Water resources

Water Characterization

## وجود المياه على كوكب الأرض:

تملك المياه مكاناً مهماً وسط الغنى الطبيعي للأرض. وقد قال العالم الروسي كارينسكي " لا يوجد ثروة باطنية في الأرض أعلى من المياه التي لا يمكن الحياة بدونها ". يقدر الحجم المائي على الأرض بحوالي 1400 مليون كم<sup>3</sup> تشكل المياه العذبة منها فقط 2.5%، أي حوالي 35 مليون كم<sup>3</sup>. يتوزع الجزء الأكبر من احتياطي المياه العذبة في الجليد المتراكم في القطبين وفي الجبال الجليدية وفي المناسيب العميقة الحاملة للمياه الجوفية. المصادر الأساسية للمياه المستخدمة من قبل الإنسان هي البحيرات والنهار ورطوبة الترب والمياه الجوفية ذات التوضع غير العميق. يقدر الجزء الاستثماري من هذه المصادر حوالي 200 ألف كم<sup>3</sup> ، أي أقل من 1% من الاحتياطي الكلي للمياه العذبة ، وحوالي 0.01% فقط من مجمل المياه على الأرض، ويتواجد الجزء الأكبر من هذه النسبة بعيداً عن التجمعات السكانية مما يعقد من مشكلة الإمداد المائي.

يرتبط احتياطي المياه العذبة على كوكب الأرض بعوامل كثيرة أهمها التبخر من سطح المحيطات، حيث يتبخر سنوياً من هذه السطوح حوالي 505 ألف كم<sup>3</sup> ، أي ما يعادل طبقة مائية بسماكة 1.4 م. ويتبخر سنوياً من السطح الجاف للأرض حوالي 72 ألف كم<sup>3</sup> من المياه. إن حوالي 80% من جميع الهطولات، أي حوالي 458 ألف كم<sup>3</sup> سنوياً من المياه يسقط على سطح المحيطات، بينما يسقط سنوياً فقط 119 ألف كم<sup>3</sup> على السطح الجاف للأرض. إن الفرق بين كمية الهطولات التي تسقط على المنطقة الجافة للأرض والتبخر من هذه المنطقة يقدر بحوالي 119-72=47 ألف كم<sup>3</sup> ينزل سنوياً على شكل مسيلات مطرية تغذي المصادر السطحية والجوفية للمياه، وتجدر الإشارة إلى أنه يمكننا استخدام ما قيمته 13 ألف كم<sup>3</sup> فقط من المياه الجوفية، كما أن أكثر من نصف الهطولات المطرية تحدث في مناطق محددة هي جزء من آسيا وأمريكا الجنوبية، وتسقط النسبة الأكبر من هذه الحصة على منطقة المازون تحديداً، كما ينتقل أكثر من 6000 كم<sup>3</sup> من المياه سنوياً عبر هذه المنطقة.

تستخدم البشرية في الوقت الحالي ما يقارب من 3.8 ألف كم<sup>3</sup> من المياه سنوياً، ويمكن استخدام الاحتياطي المتوفر والذي يبلغ تقريباً حوالي 12 ألف كم<sup>3</sup> ، أي يمكن القول بأن هذا الاحتياطي يكفي للـ 25-30 سنة القادمة، إلا أن الضخ الجائر لهذه المياه يقود إلى خلق أزمات متعددة أبسطها هبوط الترب والأبنية كما يحدث في المكسيك وبنكوك ، كما يقود إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية لعشرات الأمتار كما يحدث في مانيلا.

TABLE 1 World water distribution

| Form of Water                            | Area Covered (km <sup>2</sup> ) | Volume (km <sup>3</sup> ) | Share of World Reserves (%) |                         |
|--|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  |                                 |                           | of Total Water Reserves     | of Fresh Water Reserves |
| World ocean                              | 361,300,000                     | 1,338,000,000             | 96.5                        | —                       |
| Groundwater                              | 134,800,000                     | 23,400,000                | 1.7                         | —                       |
| Predominantly fresh groundwater          | 134,800,000                     | 10,530,000                | 0.76                        | 30.1                    |
| Soil moisture                            | 82,000,000                      | 16,500                    | 0.001                       | 0.05                    |
| Glaciers and permanent snow cover        | 16,227,500                      | 24,064,100                | 1.74                        | 68.7                    |
| Antarctica                               | 13,980,000                      | 21,600,000                | 1.56                        | 61.7                    |
| Greenland                                | 1,802,400                       | 2,340,000                 | 0.17                        | 6.68                    |
| Arctic islands                           | 226,100                         | 83,500                    | 0.006                       | 0.24                    |
| Mountain areas                           | 224,000                         | 40,600                    | 0.003                       | 0.12                    |
| Ground ice in zones of permafrost strata | 21,000,000                      | 300,000                   | 0.022                       | 0.86                    |
| Water reserves in lakes                  | 2,058,700                       | 176,400                   | 0.013                       | —                       |
| Freshwater                               | 1,236,400                       | 91,000                    | 0.007                       | 0.26                    |
| Saltwater                                | 822,300                         | 85,400                    | 0.006                       | —                       |
| Marsh water                              | 2,682,600                       | 11,470                    | 0.0008                      | 0.03                    |
| Water in rivers                          | 148,800,000                     | 2,120                     | 0.0002                      | 0.006                   |
| Biological water                         | 510,000,000                     | 1,120                     | 0.0001                      | 0.003                   |
| Atmospheric water                        | 510,000,000                     | 12,900                    | 0.001                       | 0.04                    |
| Total water                              | 510,000,000                     | 1,385,984, 610            | 100                         | —                       |
| Total freshwater                         | 148,800,000                     | 35,029,210                | 2.53                        | 100                     |

## المصادر المائية :

تقسم المصادر المائية إلى مصادر سطحية وأخرى جوفية.

**المصادر السطحية:** أنهار وجداول وبحيرات وبحار ومحيطات.

• **الأنهار:** تتصف مياه الأنهار بالمواصفات الآتية:

التذبذب الكبير لنوعية مياهها ولتصاريفها خلال فصول السنة ولذلك لا بد من دراسة إمكانية تأمين الكمية المطلوبة من المياه في فترات التصريف الدنيا للتيار النهري أي في فترة العطاء الأصغري للنهر. التركيز العالي للمواد العضوية والبكتريا، وكثيراً ما تملك درجة لون مرتفعة وعاكسة عالية نسبياً وتزداد في فترة الفيضانات عكارة المياه ودرجة تلوثها البكتريولوجي وتكثر تراكيز السميات الكيميائية المختلفة كالمبيدات والاتحادات النتروجينية... الخ.

تراكيز الأملاح في مياه الأنهار منخفضة غالباً وخصوصاً شتاءً، حيث تقل نسبة التغذية الجوفية له

القساوة غير الكبيرة لمياه الأنهار باستثناء مياه أنهار المناطق الحارة.

للتكوين الشائبي لمياه الأنهار علاقة كبيرة بنسبة التغذية السطحية والجوفية له.

• **البحيرات:**

**1-البحيرات الطبيعية:** وتشمل بحيرات راكدة ، وبحيرات جارية. وتشكل مصادر التعويض المائية السنوية للبحيرات الراكدة نسباً منخفضة من مياه المصدر المائي % 0.3-1.5 ، لذلك فان انخفاض المنسوب المائي فيها عند استخدامها كمصدر للإمداد المائي يمكن أن يقود إلى تغير ايكولوجي غير عكوس نظراً للتبادل المائي البطيء لهذه المصادر .

يتأثر التركيب الهيدروكيميائي لمياه البحيرات بمجموعة من العوامل: كحجم البحيرة وعمقها والتبادل المائي والشكل العام للبحيرة وتسارع العمليات البيولوجية والتركيب الغازي للمياه وتركيز المواد الحيوية ودرجة الخلط... الخ. ويتأثر التركيب الكيميائي لمياه البحيرات بالتركيب الكيميائي لمياه الأنهار والمسائل السطحية الرافدة وللمياه المصادر الجوفية المغذية.

تتميز مياه البحيرات غالباً بالتراكيز المنخفضة للمواد العالقة وبدرجات تمعدن متفاوتة، وتزداد درجة لونها بشكل كبير في فترة الفيضانات، وتكون تراكيز الأملاح في مياه بحيرات المناطق الجافة أكبر منها في مياه بحيرات المناطق ذات الهطولات المطرية الكبيرة.

2- البحيرات الاصطناعية: تتشكل خلف السدود المقامة على الأنهار، وتزيد البحيرات الاصطناعية الاحتياطي الساكن للمياه ولكنها بنفس الوقت تخفض بشدة التبادل المائي في النظام النهري مما يؤثر سلباً على نوعية المياه وتشكل البحيرات الاصطناعية خطراً كبيراً على النظام الهيدرولوجي وعلى الأنظمة البيئية المائية.

#### • مياه البحار والمحيطات:

تتصف بالتركيب الكيميائي الثابت نسبياً وتحتوي هذه المياه على تراكيز عالية للأملاح فيها، إلا أنها تملك قساوةً كربوناتيّةً غير كبيرة نسبياً لذلك يكثر استخدام البحار والمحيطات كمصادر لإمداد المنشآت الصناعية الضخمة بمياه التبريد. وقد تمكن الإنسان بفضل التكنولوجيا الحديثة المتطورة لطرق التناضح العكسي Reverse Osmosis (RO) والتبادل الغشائي الكهربائي Electrodialysis والنظم الحرارية المختلفة ..الخ، من الحصول على مياه شرب من هذه المصادر مما جعلها منافسة من الناحية الاقتصادية لبعض المصادر المائية الأخرى المخصصة لأغراض الإمداد المائي.

#### المصادر الجوفية: ينابيع وآبار

تستخدم مؤشرات عدة للتقييم الكمي للمياه الجوفية وهي:

1- الاحتياطي الطبيعي الساكن (الاحتياطي الدائم): وهو عبارة عن حجم مياه الثقالة المتواجدة في مسامات وشقوق الصخور المحيطة.

2- الاحتياطي الطبيعي الديناميكي (مصادر التغذية): ويعبر هذا المؤشر عن قيمة التغذية للطبقات الحاملة والذي لا يتأثر باستثمار المياه الجوفية.

3- الاحتياطي الاستثماري (المصادر الاستثمارية): ويعبر هذا المؤشر عن كمية المياه الجوفية التي يمكن الحصول عليها بشكل عقلائي بدون الإساءة إلى نوعية المياه خلال كامل الفترة الحسابية للاستهلاك المائي وذلك من وجهة النظر التقنية الاقتصادية.

#### تصنيف المياه الجوفية بحسب عمق توضعها كما يلي:

1- مياه منطقة التبادل المائي النشط (مياه الطبقات العليا): تتسم مياه هذه المنطقة غالباً بالاستمرارية وبالتوضع غير المحدد وبعدم الأمان الصحي نتيجة تراكم الملوثات العضوية واللاعضوية والسميات الكيميائية المختلفة كالنترات والنترات والمبيدات ..الخ. عند ضرورة استخدام مياه هذه المنطقة لأغراض الإمداد المائي لا بد من معرفة طبيعة توضع هذه المياه في الطبقات الحاملة لها من خلال مراقبة المنسوب الحر للمياه.

2- مياه منطقة التبادل المائي العسير (مياه الطبقات المتوسطة): تملك هذه المياه تأثيراً ضعيفاً بسطح الأرض وتتميز بشفافيتها العالية أي بانخفاض تراكيز المواد العالقة فيها، وحرارتها الثابتة نسبياً  $5-12^{\circ}\text{C}$  وباحتوائها على تراكيز منخفضة جداً من المواد العضوية، إلا أنه يغلب عليها في كثير من الأحيان التمعدين العالي (ازدياد تراكيز أملاح القساوة وتراكيز الحديد والفلور... الخ)، وتتبع درجة تمعدن المياه الجوفية نوعية صخور الطبقات الحاملة للمياه والطبقات المحيطة بها. تعتبر مياه هذه المناطق آمنة صحياً بسبب غياب الضوء والأوكسجين في هذه المياه وبطء جريان العمليات البيولوجية فيها، إلا أنه في نفس الوقت تتشكل الظروف المناسبة للعمليات اللاهوائية فيها.

3- مياه منطقة التبادل المائي الخامل (مياه الطبقات العميقة): هذه المياه معزولة تماماً عن سطح الأرض، وتملك في الغالب تمعدناً عالياً جداً بتركيب كيميائي معقد..

وتتميز المياه الارتوازية بالتراكيز غير العالية للشوائب العضوية والعالقة والتركيب الكيميائي الثابت والحرارة الثابتة والتمعدن الكبير - التركيز العالي للحديد والمنغنيز، وتواجد الغازات المنحلة والقساوة العالية نسبياً. إن ضعف التبادل الغازي لهذه المياه مع الغلاف الجوي يصعب عملية نزع حمض الكربون مما يقود إلى إشباع هذه المياه بالهيدروكربونات الناجمة عن الانحلال الشديد للصخور الكربوناتيّة بحمض الكربون.

## تحديد نوعية المياه

من أجل تحديد نوعية المياه لابد من إجراء تحاليل فيزيائية كيميائية بكتريولوجية وبيولوجية في أكثر الفترات المميزة لمصدر الإمداد المائي بما لا يقل عن 3 عينات في كل فترة.

بالنسبة للمجمعات المائية المفتوحة ينبغي أخذ العينات في نفس مكان إنشاء المآخذ المائي وعلى نفس العمق. بالنسبة للبحيرات ينبغي أخذ عينات إضافية بعد الاضطرابات الطويلة.

بالنسبة للآبار الارتوازية تؤخذ العينات بعد ضخ مستمر لا يقل عن 12 ساعة، ويجب ألا يقل تصريف المياه المضخوخة من البئر عن 30% من العطاء الاستثماري المقترح للبئر. ينصح بأخذ تسعة عينات في فصول مختلفة لمياه المصادر الجوفية غير المضغوطة، أما بالنسبة للمياه الارتوازية المضغوطة فيكفي تحليل عینتين مأخوذتين في أي فترة خلال السنة، إحداهما بعد الأخرى بفترة لا تقل عن 24 ساعة، وذلك نظراً للحماية الكبيرة لهذه المياه من الملوثات.

بغرض التحليل الكامل للمياه يؤخذ حجم العينة بحيث لا يقل عن 5 ل و يفضل تحديد تركيز حمض الكربون وأول أوكسيد الحديد وأوكسيد الحديد وكذلك pH المياه في مكان المصدر المائي مباشرة بعد أخذ العينة، أما التحاليل الأخرى في يوم أخذ العينة قدر الإمكان، وعند عدم إمكانية ذلك ينصح بحفظ العينة في البراد على

ألا تتجاوز الفترة الزمنية 48 ساعة للعينات غير الملوثة، أما للعينات الملوثة فيجب ألا تتجاوز هذه الفترة 72 ساعة.

## مصادر تلوث المياه Sources of water pollution:

تحتوي المجاري المائية الطبيعية عادةً على الكائنات الحيّة الدقيقة التي تساعد هذه المجمعات المائية على إجراء عمليات التنقية الذاتية. يمكن لبعض الملوثات أن تحسن من عمليات التنقية الذاتية، فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون طرح كميات صغيرة من مياه الصرف الصحي المنزلي إلى المجمعات المائية الطبيعية كالأنهار مفيداً لعمليات التنقية الذاتية self-purification ، نظراً لكون مياه الصرف الصحي المنزلي مصدراً جيداً للمواد العضوية، بينما تشكل الكميات الكبيرة من هذه المياه تهديداً كبيراً للنظام البيئي في المجمعات المائية نظراً لاستهلاكها للأوكسجين المنحل الضروري لحياة النباتات، والحيوانات التي تعيش في هذه المياه، ولإنتاجها للروائح الكريهة. ويمكن للنفايات الصناعية ذات الطبيعة العضوية التي تطرح إلى المجمعات المائية الطبيعية أن تكون سامة إذا كانت كمياتها كبيرة كفاية لتسبب استنزاف الأوكسجين oxygen depletion.

تعتبر البحيرات من أكثر المجمعات المائية عرضةً للتلوث بسبب طبيعتها المغلقة، بعكس الأنهار التي هي عبارة عن أجسام مائية متحركة ، والتي يمكنها أن تتخلص من جزء من ملوثاتها خلال انتقالها باتجاه المصب أي إلى البحر، بينما سيبقى خطر الملوثات لفترة طويلة في البحيرات، بسبب غياب إمكانية انتقال الملوثات خارج البحيرات وانخفاض الحجم المائي المتوفر فيها والمطلوب للتخفيف الفعال لهذه الملوثات. تعتمد البحيرات في المقام الأول على الكائنات الحية التي تعيش فيها من أجل القيام بعمليات التنقية الذاتية لمياهها. البحيرات عرضة لظاهرة الإثراء الغذائي eutrophication ، حيث تساعد المواد المغذية الموجودة في مياه التغذية ومياه الأمطار المنقولة إلى البحيرة على النمو المفرط للطحالب. عندما تموت الطحالب، فإن تفسخها اللاحق سيستهلك الأوكسجين المنحل مسبباً ضرر الأحياء الأخرى الموجودة في البحيرة.

إن تواجد كاتيونات المعادن الثقيلة في المياه سيقود إلى تسمم الكائنات الحيّة بشكل مباشر. إن سمية المعادن الثقيلة الملوثة الشائعة تكون وفق الشدة السمية الآتية:

الزئبق < النحاس < الكاديوم = التوتياء < القصدير < الألمنيوم = النيكل < الحديد < المنغنيز

يمكن أن تسبب بعض الأنيونات اللاعضوية الرئيسية تأثيرات سامة أيضاً في حال تواجدها بكميات كافية مثل: الأمونيوم، والسيانيد، والفلورايد، والنترات ، والكبريتيد، والكبريتات . يصل أيون الأمونيوم إلى المياه في أغلب الأحيان عن طريق الرشاحة المتسربة من مواقع الردم الصحي landfill leachate، أما أيونات الفلورايد والنترات فتصل إلى المياه عن طريق الأسمدة الفوسفاتية، وتصل أيونات الكبريتيد والكبريتات من مياه المناجم.

يمكن للمركبات العضوية في المياه أن تكون طبيعية أو صناعية، حيث أن المركبات العضوية الطبيعية قد تنتج من عمليات التنقيب عن النفط وعن عمليات نقله وتصفيته، أما المركبات العضوية الصناعية فتتضمن المنظفات **detergents** والمبيدات **pesticides**. سبب استخدام المنظفات كبديل عن الصابون لغسيل الملابس والمنسوجات، في أواخر خمسينات وأوائل ستينات القرن الماضي، ظهور الرغوة بكثافة في مياه الأنهار، وقد نتجت الرغوة الكثيفة كنتيجة لاستبدال أجزاء من السلسلة الهيدروكربونية المتشعبة بسلسلة هيدروكربونية متصلة أكبر طولاً، والتي تعتبر أكثر ميلاً للتفكك في المياه من السابق، مما حفّض قابلية تشكل الرغوة لدى استخدامها.

## مواصفات المياه الطبيعية

تعتبر المياه الطبيعية جملاً ديناميكيةً معقدةً كثيرة العناصر يدخل في تركيبها الأملاح على شكل أيونات وجزيئات واتحادات مختلفة والمواد العضوية على شكل اتحادات جزيئية واتحادات غروية، وغازات على شكل اتحادات مائية وغازات بالشكل الجزيئي، إضافة إلى الشوائب المشتملة والبكتريا والفيروسات والأحياء المائية المختلفة. فتتواجد المواد الطفلية والرملية والجبسية والجبيرية في المياه الطبيعية بالحالة العالقة، بينما تتواجد المواد ذات الأصول العضوية وأحماض السيليكون وهيدروكسيدات الحديد الثلاثي.... الخ في الحالة الغروية، وتتواجد الأملاح المعدنية التي تغني المياه بالأيونات على شكل محاليل حقيقية.

إن المياه الطبيعية عبارة عن تركيب كيميائي معقد للمواد المعدنية والعضوية بمختلف أشكالها الأيونية والجزيئية والغروية.

ويصنف هذا التركيب بحسب **Alkin** إلى خمسة مجموعات:

- 1- الأيونات الأساسية المتواجدة في المياه الطبيعية.
- 2- غازات منحلة وتضم  $N_2$   $O_2$   $CO_2$   $H_2S$ ... الخ.
- 3- عناصر بيوجينية وتضم اتحادات الفوسفور والنتروجين والسيليكون.
- 4- العناصر الدقيقة وتضم اتحادات بقية العناصر الكيميائية.
- 5- المواد العضوية.

## مؤشرات نوعية المياه

1- المؤشرات الفيزيائية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد الخواص المؤثرة على استساغة المياه مثل درجة الحرارة والطعم والرائحة واللون والعكارة والناقلية الكهربائية... الخ.

2- المؤشرات الكيميائية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد المواصفات الكيميائية للمياه مثل الكمية الكلية للمواد المنحلة (الراسب الجاف) ، الراسب الصلدي ، pH ، درجة الحموضة، درجة القلوية، تركيز الغازات المنحلة، تركيز الاتحادات الأروتية وتركيز الأيونات الشائعة و بعض أيونات العناصر السامة والعناصر السامة...الخ.

3- المؤشرات البكتريولوجية: تتضمن هذه المؤشرات تحديد التلوث البكتيري الكلي وعدد الكوليفورم (عدد عصيات كولي)

4- المؤشرات البيولوجية: تشير هذه المؤشرات إلى تواجد الأحياء المائية المختلفة.

### الملوثات في المياه الطبيعية:

يعرّف تلوث الماء بأنه أي تغيير في الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه يسبب تغيير حالتها بشكل مباشر أو غير مباشر، بحيث تصبح أقل صلاحية للاستخدامات المختلفة المخصصة لها كالشرب، أو الاستخدامات المنزلية أو الزراعية أو الصناعية.

تملك المياه القدرة على إذابة تشكيلة واسعة من المواد، لذلك فإن المياه في حالتها الطبيعية (جداول، أنهار، بحيرات ومصادر جوفية) لا توجد بالحالة النقية. فالمياه تحتوي دوماً تشكيلة واسعة من المركبات العضوية واللاعضوية المنحلة، إضافةً إلى كميات كبيرة من المواد الغير منحلة المتواجدة بالشكل العالق. تتفاوت كميات وأنواع الشوائب في المياه الطبيعية بشكل كبير تبعاً لمكان تواجدها وكذلك تبعاً للفترة من السنة. تحدد هذه الشوائب مواصفات المياه. سترسب المواد الصلبة المعلقة في جسم مائي متحرك مثل نهر في نقاط مختلفة أو تحمل لمسافات طويلة ، استناداً إلى حجم هذه المواد وسرعة تدفق المياه. ستتواجد كمية أكبر من المواد المعلقة في نهر ما في فترة الشتاء بسبب الأمطار وذوبان الثلوج الأكبر التي تحدث عادةً في شهور الشتاء، والتي تقود إلى حجم أكبر من المسيلات المائية على سطح الأرض.

تسبب العوالق الصلبة عكارة أو شفافية المياه، فتؤثر العوالق الصلبة على كمية الضوء الداخل إلى الجسم المائي وبالتالي على كمية التركيب الضوئي ومقدار نمو النباتات. إذا ترسبت الجزيئات الصغيرة على القاع بكميات كبيرة فإنها قد تمنع بعض الكائنات الحية من العيش هناك وقد تمنع النباتات الخضراء من عملية التركيب الضوئي.

تؤثر سرعة حركة الجسم المائي على درجة خلط المياه وكمية الأوكسجين المحمول وبالتالي فإن الجداول السريعة سوف تكون مشبعة بالأوكسجين وتحمل مواد مغذية مختلطة بشكل جيد تحملها معها في النهاية إلى النهر. الجداول المتدفقة بسرعة تشبع صغيرة سوف لن تكون مشبعة بالأوكسجين بشكل جيد. تملك الأنهار

البطيئة عادةً ما يسمى بالبقع الساخنة hot spots الحاوية على مواد مختلطة مريضة وسيكون محتوى الأوكسجين فيه أخفض بكثير من حدود الإشباع.

تؤثر درجة حرارة المياه الطبيعية بشكل كبير على كمية الأوكسجين المنحل في هذه المياه، حيث تحتوي المياه الساخنة على أوكسجين منحل أقل من المياه الباردة.

تقوم مياه الأمطار والتلوج خلال عمليات التكاثف والهطول بحل ثاني أكسيد الكربون والمواد الكيميائية الأخرى الموجودة في الجو، وتعتمد كمية المواد الكيميائية المنحلة على قابلية الانحلال النسبية لهذه المواد، وعلى درجة الحرارة السائدة للجو وعلى عوامل أخرى. تقوم المياه خلال حركتها على سطح الأرض وخلال الترب بحل المعادن التي تتواجد في التربة والصخور والتفاعل معها. المواد الكيميائية المنحلة الرئيسة المشتقة من هذه المعادن في المياه الجوفية والمياه السطحية هي: كلوريدات، هيدروكربونات، وكبريتات الصوديوم والبوتاسيوم، مع هيدروكسيد الكالسيوم والمغنيزيوم. تحتوي أغلب الإمدادات الطبيعية من المياه على الفلوريد بتركيز متفاوتة .

تحتوي مياه البحر على العديد من المركبات المنحلة بالإضافة إلى تركيز عالي من كلوريد الصوديوم. تنتقل المركبات المنحلة عن طريق الجداول والأنهار الملوثة التي تغذي المحيطات بشكل ثابت. وفي نفس الوقت، تفقد هذه السطوح المائية الضخمة المياه النقية بشكل مستمر من سطحها عن طريق التبخر. وهكذا تزايد المواد المنحلة بشكل مستمر مما يسبب تزايد الطبيعة الملحية للبحار والمحيطات. نورد في الجدول التالي تركيز بعض الأيونات التي تتواجد في مياه البحار، والأنهار والأمطار.

تركيز بعض الأيونات التي تتواجد في مياه البحار، والأنهار والأمطار بالمغ/ل:

| الأيون           | مياه الأمطار | مياه الأنهار | مياه البحار |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| Na <sup>+</sup>  | 2.0          | 6.3          | 10.540      |
| K <sup>+</sup>   | 3.0          | 2.3          | 380         |
| Ca <sup>2+</sup> | 0.1          | 15.0         | 400         |
| Mg <sup>2+</sup> | 0.3          | 4.1          | 1270        |
| Fe <sup>2+</sup> | -            | 0.7          | -           |
| Cl <sup>-</sup>  | 3.8          | 7.8          | 18980       |

|      |      |     |                               |
|------|------|-----|-------------------------------|
| 60   | -    | -   | Br <sup>-</sup>               |
| 2460 | 11.2 | 0.6 | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |
| 140  | 58.4 | 0.1 | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |

## راجع مواصفات مياه الشرب في الملحق

### بعض مؤشرات نوعية المياه الطبيعية:

### الغازات المنحلة في المياه:

تحدد الشوائب المنفصلة في المياه خواص هذه المياه أي نوعيتها، ويتم تمييز عدة مؤشرات لنوعية المياه. إن أكثر ما يمكن مصادفته في المياه الطبيعية هي الكلوريدات والهيدروكربونات وكبريتات المعادن القلوية وقلوية الترابية، وأقل ما يمكن مصادفته هي نترات و نترتيت وسيليكات وكلوريدات وفوسفات هذه المعادن. إن المصدر الأساسي للمواد العضوية في المياه الطبيعية هي مواد الذبال الترابي ومنتجات النشاط المعيشي، ومنتجات تفكك وتحلل الأحياء النباتية والحيوانية ومياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية. إن تواجد المواد العالقة في المياه يدل على تلوثها بالشوائب الصلبة غير المنحلة كجزئيات الرمل والطين والصلصال والأحياء النباتية المختلفة والمواد الأخرى ذات الأصول العضوية والنباتية. إن تلوث المياه بالأحياء الدقيقة مرتبط بأصل وخواص المصدر، وتعتبر المياه الارتوازية أكثر المصادر المائية نقاءً من الناحية الميكروبيولوجية ، إلا أنها يمكن أن تتلوث خلال نقلها ضمن الأنابيب وكذلك نتيجة احتمالات خرق النظام الصحي في مكان المأخذ. وتعتبر المياه السطحية أكثر المصادر المائية تعرضاً للتلوث بالأحياء الدقيقة، لذلك فإن استخدامها بدون تنقية يعتبر دائماً خطراً نظراً لإمكانية ظهور وانتشار أمراض العدوى. من **الغازات المنحلة** في المياه الطبيعية والمؤثرة على خواص المياه: أوكسيد الكربون، الأوكسجين، كبريت الهيدروجين، الميثان، الآزوت. إن تركيز هذه الغازات في المياه يتحدد بحسب الضغط الطبيعي والجزئي للغاز وكذلك بحسب الحرارة وتركيب الوسط المائي. تخضع انحلالية الغازات في المياه الطبيعية لقانون هنري، حيث تتناسب كمية الغاز القادر على الانحلال طرداً مع عامل الانحلالية (  $\alpha$  ) لكل غاز وتركيز الغاز في الطور الغازي ( C ) والضغط العام ( P ) للطور الغازي

أعلى المياه وبالتالي فإن حجم الغاز المنحل يعطى بالعلاقة التالية:  $V = \alpha.C.P$

إن عامل انحلالية الأنهيدرات **Anhydrides** للغازات التالية ( HCl . CO<sub>2</sub> . SO<sub>2</sub> ) مرتفع جداً بالنسبة لباقي الغازات وذلك لأن هذه الغازات تدخل في تفاعل مع الماء عند انحلالها فيه.

وسندرس فيما يلي التأثير المفصل للغازات والشوائب الأخرى على خواص المياه:

-إن غازات الأوكسجين وأوكسيد الكربون وكبريت الهيدروجين تعطي المياه في ظروف محددة خواصاً صدادية مؤثرة على المعادن والبيتون. ويصل الأوكسجين إلى المياه عند تماس هذه المياه مع الهواء الخارجي، لذا يختفي الأوكسجين في المياه الارتوازية. ويقل تركيز الأوكسجين في المياه السطحية عن القيم النظرية لهذا التركيز نظراً لاستخدامه من قبل الأحياء المختلفة، ويعتبر انخفاض تركيز الأوكسجين في المياه دليلاً على تلوث هذه المياه.

يتواجد الأوكسجين المنحل في المياه الطبيعية على شكل جزيء  $O_2$ . يتأثر تواجد الأوكسجين في المياه بمجموعتين من العوامل:

-زيادة امتصاص الماء للأوكسجين من الهواء الخارجي وإطلاق الأوكسجين في عملية التمثيل الضوئي للنباتات ووصول مياه الأمطار ومياه ذوبانات الثلوج الغنية بالأوكسجين إلى المجمعات المائية يزيد من تركيز الأوكسجين ضمن المياه، ونظراً لغياب هذه العوامل في ظروف المياه الارتوازية يغيث الأوكسجين عن مياهها.

-يقود استهلاك الأوكسجين من قبل الأحياء المائية المختلفة وتفسخ الرواسب العضوية المتواجدة في المياه وتفاعلات الأكسدة في المياه إلى تخفيض تركيز الأوكسجين ضمن المياه، وهذا ما يجعل التركيز النظري للأوكسجين في المياه السطحية أقل من تركيزه الفعلي في هذه المياه.

يعبر عن التركيز النسبي للأوكسجين كنسبة من تركيزه الطبيعي ويسمى بدرجة الإشباع بالأوكسجين. يرتبط هذا البارامتر بدرجة حرارة المياه وبالضغط الجوي وبمستوى التمدن

ويعطى التركيز الطبيعي للأوكسجين بالنسبة للحرارة والضغط المعطيين، وهي واردة في الجدول التالي:

| درجة الحرارة، °C |     |     |     |     |     |     |      |      | انحلالية<br>الأوكسجين |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----------------------|
| 100              | 80  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10   | 0    |                       |
| 0.0              | 2.9 | 4.8 | 5.6 | 6.5 | 7.5 | 9.1 | 11.3 | 14.6 | mgO <sub>2</sub> /l   |

يمكن باستخدام تركيز الأوكسجين تقييم نوعية المياه السطحية التي يمكن تصنيفها وفق ذلك إلى الأصناف

التالية:

| تركيز الأوكسجين المنحل |             |             | مستوى تلوث المياه وتصنيف نوعيته |
|------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|
| درجة الإشباع، %        | شتاءً، mg/l | صيفاً، mg/l |                                 |
| 95                     | 14-13       | 9           | نقية جداً، النوع I              |
| 80                     | 11-12       | 8           | نقية ، النوع II                 |
| 70                     | 9-10        | 6-7         | قليلة التلوث، النوع III         |
| 60                     | 4-5         | 4-5         | ملوثة، النوع IV                 |
| 30                     | 1-5         | 2-3         | قذرة ، النوع V                  |
| 0                      | 0           | 0           | قذرة جداً، النوع VI             |

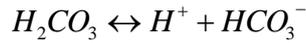
لا توجد أية حدود لتأثير قيمة الأوكسجين المنحل في المياه على صحة مستهلك هذه المياه لأغراض الشرب، إلا أن انخفاض هذا التركيز يشير إلى تلوث هذه المياه الكيميائي أو البيولوجي أو كليهما. يساعد غياب الأوكسجين المنحل في أنظمة الإمداد المائي على الإرجاع الميكروبيولوجي للنترات إلى النتريت وللسولفات إلى سولفيت مما يقود إلى ظهور الرائحة في المياه، كما يقود انخفاض الأوكسجين المنحل في المياه إلى رفع تركيز الحديد ثنائي التكافؤ مما يعقد عملية إزالته من المياه. ويقود ارتفاع تركيز الأوكسجين ضمن ظروف محددة في المياه إلى إكساب المياه خواصاً صدئية للمياه على البيتون والمعادن. يفوق مستوى الإشباع الطبيعي للمياه السطحية 75% .

-يصل الآزوت إلى المياه الطبيعية من الهواء ومن تحلل البقايا العضوية وكذلك عند إرجاع اتحادات الآزوت (إزالة النترة بواسطة البكتريا). إن انحلال الآزوت في الماء أقل من انحلال الأوكسجين، إلا أن تواجده في المياه الطبيعية أكثر من تواجد الأوكسجين نتيجة لضغطه الجزئي الكبير في الهواء. يبدي الأمونياك تأثيراً كبيراً على تكنولوجيا كلورة المياه، والذي يتشكل في المياه نتيجة عمليات التعفن النباتي الجارية فيه.

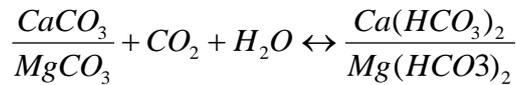
-يتواجد الميثان في المياه الطبيعية المستخدمة لأغراض الإمداد المركزي بكميات قليلة جداً، إلا أن تركيزه قد يصل حتى 50 mg/l في المياه الجوفية للمناطق الغنية بالنفط وفي مياه المستنقعات.

-يتواجد ثاني أكسيد الكربون في جميع المياه الطبيعية بتراكيز تتراوح من عدة ميلي غرامات في اللتر الواحد (مياه سطحية) وحتى عدة مئات من الملي غرامات في اللتر الواحد (مياه جوفية ومياه المناجم). إن الخواص البوفرنية للمياه تتعلق بتراكيز أكسيد الكربون والهيدروكربونات في هذه المياه.

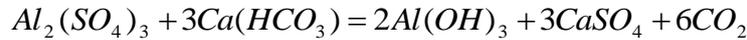
يتحلّمه ثاني أكسيد الكربون في المياه مشكلاً حمض الكربون الضعيف. يتواجد حمض الكربون في المياه على شكل جزيئات  $H_2CO_3$  غير متشردة وأيونات الهيدروكربونات  $HCO_3^-$  وأيونات الكربونات  $CO_3^{2-}$ . إن تواجد حمض الكربون في المياه على شكل هيدروكربونات ناتج عن تشرده في المستوى الأول:



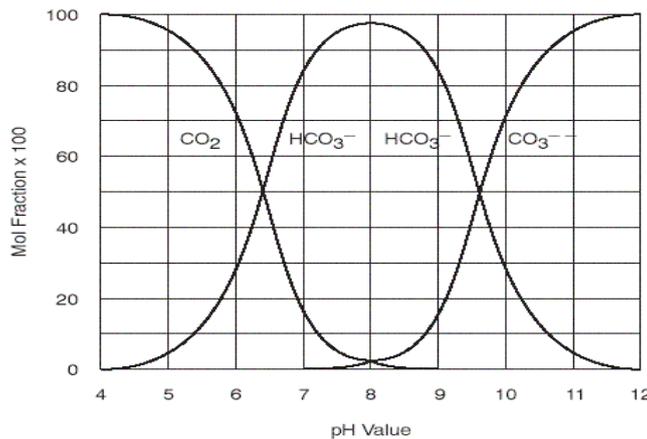
وكذلك نتيجة انحلال الصخور الكربوناتيّة بتأثير حمض الكربون:



إن تركيز  $CO_2$  في مياه المصادر السطحية لا يزيد عن 20-30 mg/l، بينما قد يصل في مياه المصادر الجوفية حتى 90 mg/l. يظهر  $CO_2$  في المياه الجوفية نتيجة عمليات تحلل الاتحادات العضوية وكذلك نتيجة العمليات البيوكيميائية. يلاحظ ارتفاع تركيز حمض الكربون الحر في المياه الطبيعية عند معالجتها بالمخثرات، حيث أن إدخال مليغرام واحد من  $Al_2(SO_4)_3$  أو  $FeCl_3$  اللامائية يترافق مع إطلاق 0.8 مع من  $CO_2$  وفق المعادلة التالية:

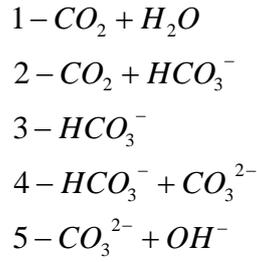


إن الصيغ المختلفة لحمض الكربون في المحاليل المائية مرتبط بما يسمى التوازن الديناميكي لحمض الكربون.



علاقة تواجد حمض الكربون في المياه بقيمة الـ pH

لا يمكن أن تتواجد جميع صيغ حمض الكربون مع بعضها البعض في المياه وأكثر الجمل ثباتاً هي:



أما بقية الجمل فتعتبر غير متوازنة وتتحول إلى إحدى الجمل السابقة.

إن احتمال تواجد حمض الكربون العدائي في مياه المجمعات المائية المفتوحة نادر جداً نتيجة التراكيز المنخفضة لهذا الحمض في الهواء الخارجي، وبعكس المياه الجوفية التي قد يصل تركيزه فيها أحياناً إلى قيم كبيرة جداً. إن احتمال تواجد حمض الكربون العدائي في المياه الطرية أكثر منه في المياه القاسية، وذلك لأن تركيز حمض الكربون التوازني يزداد بشدة في المياه بزيادة تركيز هيدروكربونات الكالسيوم فيها. إن ازدياد مستوى تمعدن المياه يقود إلى خفض كمية حمض الكربون الضرورية لتثبيت التوازن الكربوني الحامضي فيها وهذا يسبب العدائية الكبيرة للمياه الحاوية على الكثير من الأملاح عند تركيز مساو لحمض الكربون الحر.

تشرح الخواص العدائية للمياه بقدره حمض الكربون المتواجد فيها على خفض قيمة pH المياه، مما يسرع عمليات الصدأ الالكتروكيميائي للمعادن كالحديد مثلاً، وكذلك بقدرته على التأثير في الصخور الكربوناتيية محولاً إياها إلى هيدروكربونات منحلة في الماء.

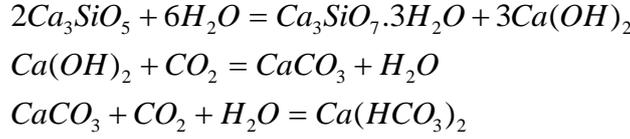
تتواجد هيدروكربونات الكالسيوم في المحاليل المائية بحالة غير ثابتة، وتملك نزعة نحو فقدان ثاني أكسيد الكربون (ديوكسيد الكربون) وتشكيل كربونات الكالسيوم الراسبة:



ويبين المخطط التالي توزع حمض الكربون في المياه:

| حمض الكربون الكلي            |                      |  |   |
|------------------------------|----------------------|--|---|
| حمض الكربون الحر             |                      | حمض الكربون نصف المرتبط (هيدروكربونات الكالسيوم) | حمض الكربون المرتبط (كربونات الكالسيوم) |
| حمض الكربون الفائض (العدائي) | حمض الكربون التوازني |  |   |

تبدو عدائية حمض الكربون على البيتون في قدرته على حل كربونات الكالسيوم المتشكلة عند تصلب الأسمنت ونقلها على شكل هيدروكربونات منحلة في الماء. إن انحلال كربونات الكالسيوم يؤدي إلى تحلل مكونات الأسمنت الأخرى وبالتالي إلى تخریب البيتون. كما هو موضح في المعادلات التالية:



ويؤثر حمض الكربون بشكل مشابه على الأنابيب المعدنية حيث تتحلل الكربونات التي تعتبر الجزء الأساسي للترسبات الكربوناتيّة الصدئيّة في شبكة التوزيع المائي ، وبعد ذلك تخضع مادة الأنبوب للصدأ الإلكترونيكيميائي مع تشكيل ترسبات جديدة. يعبر عن تركيز حمض الكربون بالعلاقة:

$$\lg[CO_2] = pK_1 - pK_2 + pS_{CaCO_3} + 2\lg[HCO_3^-] + \lg[Ca^{2+}] - 3\sqrt{\mu} - 5.96$$

ولدى التعبير عن كل من تراكيز حمض الكربون والكالسيوم (mg/l) وعن تركيز القلوية (meg/l) نحصل على العلاقة التالية:

$$\lg[CO_2] = pK_1 - pK_2 + pS_{CaCO_3} + 2\lg[HCO_3^-] + \lg[Ca^{2+}] - 3\sqrt{\mu}$$

اقترح لانغليبر طريقة بسيطة لتقييم استقرار المياه تعتمد على مقارنة pH المياه الأولية مع pHs المعبر عن الإشباع التوازني للمياه بكربونات الكالسيوم.

$$[CO_3^{2-}] = 0.5[ALK] - 0.5[HCO_3^-]$$

$$pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg[Ca^{2+}] - \lg[ALK] + 2.5\sqrt{\mu}$$

وعند التعبير عن قيمة القلوية بالمغ مكافئ /ل ستأخذ العلاقة السابقة الشكل التالي:

$$pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg[Ca^{2+}] - \lg[ALK] + 2.5\sqrt{\mu} + 7.6$$

حيث  $pK_2$  - اللوغاريتم السالب لثابت تشرد حمض الكربون بالمستوى الثاني.

$pS$  - اللوغاريتم السالب لجداء انحلالية كربونات الكالسيوم.

[Ca] - تركيز الكالسيوم في المياه ، mg/l.

[ALK] - قلوية المياه ، meg/l.

$\mu$  - القوة الأيونية للمحلول المائي.

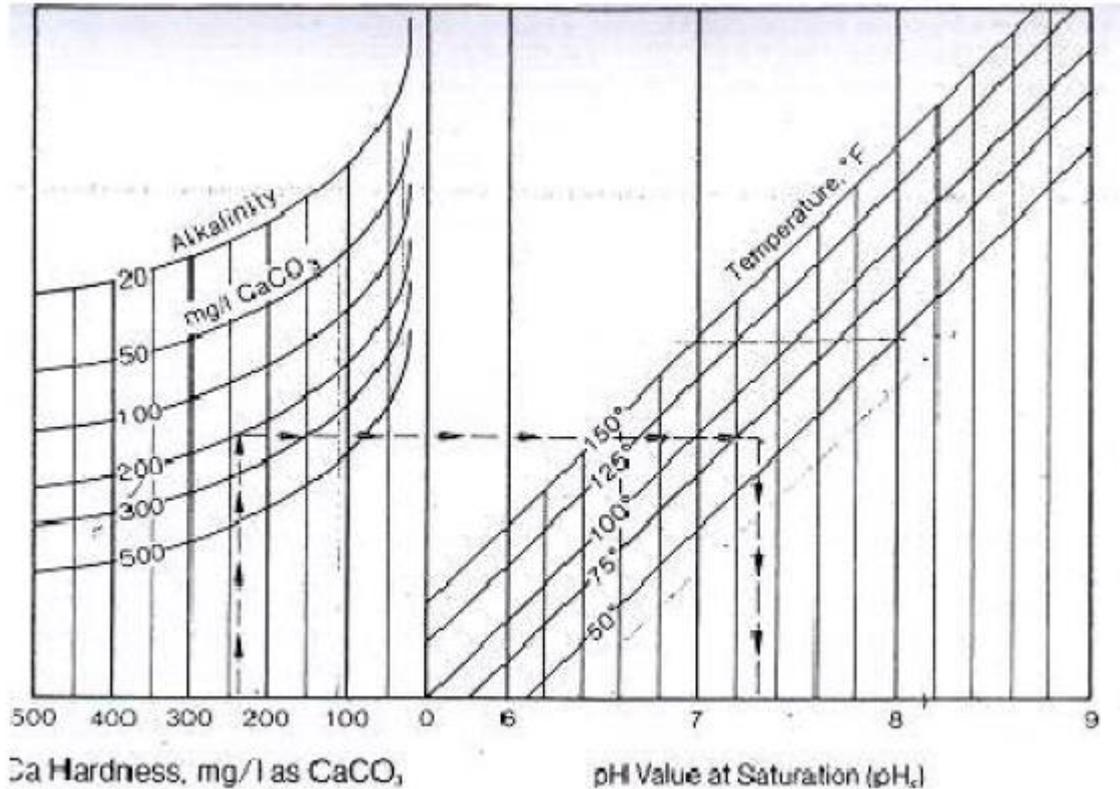
ويمكن كتابة العلاقات السابقة بالشكل التالي:

$$pH_s = \phi_1(t) - \phi_2(Ca^{2+}) - \phi_3(ALK) + \phi_4(p)$$

اقترح لانغليز التمييز بين خواص المياه استناداً لمعيار الإشباع أو ما يسمى بمعيار لانغليز والذي يمكن إيجاده من العلاقة التالية:

$$I = pH - pH_s$$

فإذا كانت قيمة المعيار سالبة فهذا يعني أن المياه صدمية، أما إذا كانت قيمة المعيار موجبة فهذا يعني أن المياه مشكلة للقشور، وإذا كانت قيمة المعيار مساوية للصفر فهذا يعني أن المياه مستقرة. ويمكن تحديد معيار الإشباع السابق بشكل تجريبي كما هو وارد في المواصفات بعنوان " تحديد استقرار المياه ". ويمكن تحديد قيمة  $pH_s$  لأية حالة عملية وذلك تبعاً لدرجة حرارة المياه والتركيز النهائي للكاتيون المزال والتركيز الملحي الكلي للمياه والعوامل الأخرى المؤثرة.



مونوغراما لانغليز

مثال : المطلوب ايجاد معيار لانغليز لمياه تركيز القساوة فيها 240 مع/ل ، القلوية 190 مع/ل ،  $pH=6.8$  ، درجة الحرارة  $70^\circ F$  .

من المخطط نجد  $\text{Langlier Index} = 6.8 - 7.3 = -0.5$  فالمياه صدمية (أكالة)

طور ريزنار علاقة لانغليير بالشكل التالي:

$$\text{Stability Index (SI)} = 2\text{pHs} - \text{pH}$$

SI < 6      Scaling water  
SI > 6      Corrosive Water  
pH = pHs    Corrosive Water

طور ستيف وديفيس Stiff & Davis علاقة لانغليير بالشكل التالي:

$$\text{Stiff \& Davis Index (SDI)} = \text{pH} - \text{pCa} - \text{pAlk.} - K$$

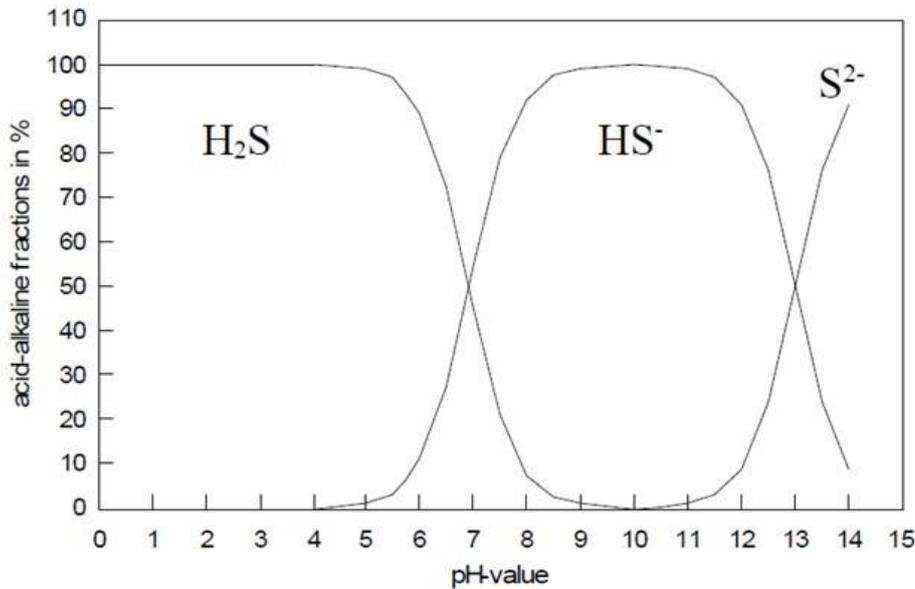
$$\text{SDI} = \text{pH} - (\text{pCa} + \text{pAlk.} + K)$$

$$\text{SDI} = \text{pH} - (\log 1/[\text{Ca}^{+}] + \log 1/[\text{Alk}] + K)$$

حيث K القوة الأيونية للمياه.

يلاحظ كبريت الهيدروجين بشكل أساسي في مياه المصادر الجوفية نتيجة عمليات الإرجاع والتحلل

لبعض الأملاح المعدنية (الجبس، بيريت الكبريت... الخ) ، بينما لا يلاحظ كبريت الهيدروجين في مياه المصادر السطحية نظراً لتأكسده بسهولة، وبدل ظهوره في مياه المصادر السطحية على حدوث العمليات التعفنية أو على تلوث هذه المياه بمياه الصرف الصحي غير المعالجة بشكل كاف. يتعلق شكل تواجد صيغ كبريت الهيدروجين في المياه الطبيعية بقيمة pH هذه المياه.



إن تواجد كبريت الهيدروجين في المياه يعطيها رائحة غريبة يجري الإحساس بها حتى ضمن التراكيز المنخفضة لكبريت الهيدروجين 0.5 mg/L . وتشتد عمليات صدأ الأنابيب وتعشيبها بتواجد كبريت الهيدروجين في المياه وذلك بسبب نمو بكتريا الكبريت.

## المواد العالقة - عكارة المياه:

تصل المواد العالقة إلى المياه نتيجة حت الجزيئات الصلبة المكونة للغطاء السطحي للتربة (كالغضار والمواد الطفلية الأخرى) بواسطة الأمطار ومياه الفيضانات والذوبانات الثلجية وكذلك نتيجة حت ضفاف الأنهار بواسطة التيار المائي. تملك المواد العالقة تراكيب حبيبية مختلفة وبالتالي درجات تشتت مختلفة، والتي يمكن التعبير عنها بما يسمى بالضخامة الهيدروليكية وهي عبارة عن سرعة ترسيب الجزيئات في مياه غير متحركة ذات درجة حرارة  $10^{\circ}\text{C}$ .

يجري التعبير عن عكارة المياه باستخدام المؤشرين (Formazine Turbidity Unit) FTU، أو (Formazine Nephelometric Unit) (Nephelometric Turbidity Unit). وهي مؤشرات متشابهة.

خواص المواد العالقة بكافة أشكالها.

| المادة العالقة     | الأبعاد ، مم               | الضخامة الهيدروليكية مم/ثا | فترة ترسيب الجريئة على عمق 1 مم |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| جزيئات غروية       | $1.10^{-6}$ - $2.10^{-4}$  | $7.10^{-6}$                | 4 سنوات                         |
| جزيئات طفلية دقيقة | $5.10^{-4}$ - $1.10^{-3}$  | $7.10^{-6}$ - $17.10^{-5}$ | 0.5-2 شهر                       |
| جزيئات طفلية       | $27.10^{-4}$               | $5.10^{-3}$                | 2 يوم                           |
| جزيئات غرينية      | $27.10^{-3}$ - $5.10^{-2}$ | 1.7-0.5                    | 10-30 دقيقة                     |
| رمل ناعم           | 0.1                        | 7                          | 2.5 دقيقة                       |
| رمل متوسط الخشونة  | 0.5                        | 50                         | 20 ثانية                        |
| رمل خشن            | 1.0                        | 100                        | 10 ثانية                        |

## رائحة وطعم المياه:

تظهر رائحة وطعم المياه تبعاً للأسباب التالية:

1-النباتات المتعفنة: تعطي الأحياء والنباتات المائية خلال تعفنها رائحة السمك أو العشب أو العفن.

2-الفطور: تقود هذه الأحياء إلى ظهور رائحة وطعم عفني أو ترابي...الخ.

3-بكتريا الحديد والكبريت: تعطي منتجات النشاط الحياتي لهذه البكتريا روائح كريهة.

4-الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك: تعطي منتجات صدأ هذه المعادن طعماً حاداً مميزاً.

5-ملح الطعام: يعطي ملح الطعام للمياه طعماً محدداً قد يكون مقبولاً من قبل بعض المستهلكين خلال تراكيزه المنخفضة، إلا أن تراكيزه المرتفعة تعطي المياه طعماً مالحاً غير مقبول.

6-النفايات الصناعية: تعطي النفايات الصناعية المتواجدة في مياه الصرف الصناعي أثناء انتقالها إلى المياه الطبيعية رائحة كيميائية أو صيدلانية قوية لهذه المياه. مثل مركبات الكلوروفينول.

7-كلورة المياه: ويشير ظهور الرائحة والطعم للمياه بعد الكلورة إلى زيادة الجرعة المطلوبة من الكلور.

إن تواجد **رائحة وطعم المياه** دليل على تواجد الغازات المنحلة والأملاح المعدنية المختلفة إضافة إلى تواجد المواد العضوية والأجسام الميكروبية. تملك المياه الطبيعية أنواعاً مختلفة من **الطعم**: المالح والمر والحلو والحامض. يسبب تواجد كبريتات المغنيزيوم الطعم المر للمياه، بينما يسبب التركيز العالي لحمض الكربون المنحل في المياه المعدنية الطعم الحامض لهذه المياه، ويسبب كلور الصوديوم الطعم المالح للمياه، ويسبب تواجد زاكيس الحديد والمنغنيز الطعم الحديدي أو الحبري، بينما تسبب أملاح كبريتات الكالسيوم الطعم القابض للمياه. يمكن **لرائحة** المياه أن تكون ذات أصول طبيعية أو صناعية. تسبب البقايا النباتية المتعفنة وبعض أشكال التركيب الكيميائي لشوائب المياه والمتعضيات المتواجدة في المياه خلال عمليات نشاطها وبعد موتها، إضافة إلى بعض الاتحادات العضوية الخاصة بالرائحة ذات الأصول الطبيعية للمياه. ويتم تمييز روائح مختلفة ذات أصول طبيعية للمياه: الرائحة العطرية، رائحة المستنقعات، رائحة الخشب، رائحة التربة، رائحة السمك، رائحة غير محددة... الخ. تسبب بعض شوائب مياه الصرف الصحي الصناعي الرائحة ذات الأصول الصناعية للمياه الطبيعية. ويتم تمييز روائح مختلفة ذات أصول صناعية للمياه: الرائحة الفينولية، الكلوروفينولية، النفطية، الراتنجية... الخ.

يستخدم المؤشر خماسي الدرجة لتقييم رائحة وطعم المياه وفق ما يلي:

- الدرجة 0 : مياه بدون طعم أو رائحة .
- الدرجة 1 : مياه ذات طعم و رائحة ضعيفة جداً يتم اكتشافها فقط بالتجارب المخبرية.
- الدرجة 2 : مياه ذات طعم و رائحة ضعيفة يتم اكتشافها بسهولة من قبل المستهلك.
- الدرجة 3 : مياه ذات طعم و رائحة ملحوظة يتم اكتشافها بسهولة وتلقى اعتراضاً من قبل المستهلكين.
- الدرجة 4 : مياه ذات طعم و رائحة قوية غير مستساغة تجعل المستهلك يشمئز منها.
- الدرجة 5 : مياه ذات طعم و رائحة قوية جداً تجعل المياه غير ملائمة أبداً للشرب.

لا بد أثناء تحديد لون المياه الحاوية على المواد العالقة من إزالة هذه المواد من العينة قبلاً بحيث لا تقوم خلال ذلك بإزالة المواد المسببة للون المياه .

يجري تحديد لون المياه بالدرجات على مقياس الكوبالت البلاطيني (مقياس Hazen) عن طريق مقارنة الماء المدروس مع العينات الحاوية على ألوان نموذجية يجري تحضيرها تجريبياً. وتشكل مياه الصرف الصحي الخطر الأكبر لتلوث المجمعات المائية لما تحتويه من بروتينات ودهون وكربوهيدرات وأحماض عضوية وأثير وكحول وفينول ومنتجات نفطية... الخ. تملك مياه المصادر السطحية المتواجدة في مناطق المستنقعات التورفية والغابات ألواناً شديدة مقارنة مع مياه المصادر السطحية المتواجدة في مناطق السهول حيث تصدر النباتات الأرضية و كذلك النباتات المائية الراقية والبلاكتونات مواداً ملونة ذات رائحة يتحول قسم منها إلى اتحادات ذبالية. تعطي المواد العضوية روائحاً مختلفة للمياه كرائحة السمك ورائحة المستنقعات والروائح النفطية والروائح الأرضية والروائح الكلوروفينولية... الخ، إضافة إلى تأثيرها على لون المياه وتواجد المواد الغروية فيها.

### الدرجة الكلية للمعدن:

إن الدرجة الكلية للمعدن هي عبارة عن مؤشر كمي لمجموع المواد المنحلة في المياه. يمكن تسمية هذا المؤشر بتركيز المواد الصلبة المنحلة (TDS) أو بالتركيز الملحي الكلي، حيث تتواجد المواد المنحلة في المياه على شكل أملاح. إن أغلب هذه الأملاح عبارة عن أملاح لاعضوية (أملاح الهيدروكربونات والكلوريدات والسلفات الكالسيومية والمغنيزيومية والصوديومية) وكميات غير كبيرة من المواد العضوية المنحلة في المياه.

يعبر الراسب الجاف عن الأملاح المعدنية والاتحادات العضوية غير الطيارة

يعبر الراسب الصلدي عن تركيز الأملاح المنحلة في المياه.

تشير الناقلية الكهربائية إلى قدرة المحاليل المائية على تمرير التيار الكهربائي. وتستخدم الكثير من تجهيزات قياس درجة الملوحة الكلية (TDS) هذا المبدأ في القياس.

### اتحادات النتروجين

تتواجد اتحادات النتروجين في المياه الطبيعية على شكل أيونات النترات والنترت والأمونيوم وهذا مرتبط بتفكك المواد العضوية المعقدة ذات الأصول النباتية والحيوانية وكذلك بتفكك المواد البروتينية التي تصل إلى المجمعات المائية مع مياه الصرف المنزلية. يقود تواجد اتحادات النتروجين بتراكيز عالية في المياه الطبيعية إلى تعشب المجمعات المائية. يعتبر الأمونياك المنتج النهائي لتحلل المواد البروتينية. وتعتبر المياه الحاوية على الأمونياك الناتج عن تحلل بروتين مياه الصرف الصحي غير ملائمة لأغراض الإمداد المنزلي.

أهم الأسباب المؤدية إلى ازدياد التلوث بالاتحادات النتروجينية في المياه الطبيعية هي:

- 1-المبالغة في استخدام الأسمدة المعدنية بكميات تفوق احتياج النباتات ، إضافة إلى عدم مراعاة الفترة المثالية للتسميد .
- 2- خرق التوازن بين عدد الحيوانات الأليفة وبين مساحة الأراضي التي تجري عليها تربية هذه الحيوانات والانتفاع بالذبال .
- 3- حراثة المراعي وتسريع العمليات الهوائية المؤدية إلى تمعدن أزوت الاتحادات العضوية .
- 4- تسريع عمليات النترتة في المياه الطبيعية نتيجة بناء المصارف ( الدر يناج ) ورفع تركيز الأوكسجين.
- 5- زيادة عملية نضح النترات من المنطقة الجذرية للتربة والنتاج عن الإرواء الزائد للأراضي .
- 6- اختفاء أنظمة الصرف الصحي في بعض المناطق مما يؤدي إلى وصول النترات مع مياه الصرف الصحي إلى المياه الجوفية

### المؤشر الهيدروجيني للمياه (قيمة pH)

يعبر المؤشر الهيدروجيني للمياه (قيمة pH) عن تركيز أيونات الهيدروجين الحرة في المياه وفق العلاقة التالية: ، أي بشكل آخر تعبر قيمة pH المياه عن النسبة الكتلية لأيونات الهيدروجين والهيدروكسيل المتشكلة خلال تشتت المياه. قيمة pH المياه هي مؤشر شدة وليست مؤشر كمية شبيه بمفهوم درجة الحرارة التي تعبر عن درجة التسخين وليس كمية الحرارة

### حمضية المياه الطبيعية

الحامضية هي عبارة عن تواجد المواد القادرة على الدخول في تفاعل مع أيونات الهيدروكسيد في المياه. ترتبط حامضية المياه في المياه الطبيعية في الغالب بتركيز ديوكسيد الكربون الحر، وتشكل الأحماض العضوية الذبالية والأحماض الضعيفة الأخرى وكاتيونات القواعد الضعيفة (أيونات الألومنيوم والحديد والأمونيوم والقواعد العضوية) الجزء الأساسي من حامضية المياه.

### قلوية المياه الطبيعية

يشير تعبير قلوية المياه الطبيعية إلى قدرة بعض العناصر على ربط كمية مكافئة من الأحماض القوية ويسمى هذا البارامتر بالسعة البوفيرنية للمياه، أي قدرة المياه على تعديل التأثير الصدئي للأحماض. يشير مفهوم القلوية الكلية إلى مجموع أيونات الهيدروكسيد وأيونات الأحماض الضعيفة (الكربونات، السيليكات، البورات،

السولفيدات، السولفيتات، الهيدروسولفيتات، الهيدروسولفيدات، أنيونات الأحماض الذبالية، الفوسفات) المتواجدة في المياه والتي تتحلل بدورها مشكلةً أيونات الهيدروكسيد.

القلوية الكلية للمياه هي مجموع القلوية الهيدراتية والهيدروكربوناتية بشكل أساسي ويحدد هذا المؤشر البوفرنية للمياه الطبيعية كما يملك أهميةً كبيرةً في تكنولوجيا تنقية المياه. والقلوية عبارة عن مجموع تراكيز أنيونات الهيدروكسيد وأنيونات الأحماض الضعيفة وتقدر قلوية المياه بكمية الحمض اللازم لمعادلة حجم معين من الماء وتعرف بالقلوية الكلية أو قلوية المعايرة ويرمز لها بـ (TA) أو بـ  $ALK_{tot}$  ويتم التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$ALK_{tot} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] + [BO_2^-] + [HPO_4^-] + 2[HPO_4^{2-}] + [HS^-] + [HSiO_3^-] + [humanus] - [H^+]$$

$$ALK_a = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}]$$

### أيونات العناصر السامة

تصل الكثير من أيونات العناصر السامة مثل  $AS^{2+}$  ,  $AS^{3+}$  ,  $Se^{6+}$  ,  $Pb^{2+}$  إلى المياه الطبيعية نتيجة طرح مياه الصرف الصناعية دون معالجة كافية إلى المجمعات المائية، وتتواجد هذه الأيونات عادةً في المياه الطبيعية بتراكيز غير كبيرة. وتبدي العناصر السامة مثل  $AS$  ,  $Be$  ,  $Cu$  ,  $MO$  ,  $Pb$  ,  $Se$  ,  $Sr$  ,  $Zn$  تأثيراً ساماً على صحة الإنسان والحيوان عند تواجدها في المياه المخصصة لأغراض الشرب ، وكذلك فإن هذه العناصر كما بعض المواد العضوية تبدي تأثيراً قاتلاً على الأسماك وعلى مصادر تغذيتها كذلك فإنها توقف عمليات التنقية الذاتية للمجمعات المائية.

إن تواجد الحديد والمنغنيز بتراكيز عالية في المياه يسيء إلى طعمها و يعطيها لوناً أسوداً أو بنياً محمراً ، الترسبات والتعشبات في أنابيب الإمداد. وتتميز المياه الحاوية على تركيز عال من المنغنيز بالطعم القابض، كما أنها تبدي تأثيرات سمية مختلفة على الجسم البشري. ويسبب الاستهلاك البشري الطويل للمياه الحاوية على الحديد أمراض الكبد كما يؤثر سلباً على وظيفة الجسم الحي في إعادة تشكيل الغذاء ، كما يرفع فائض الحديد في الجسم الحي من خطر انسداد الأوعية الإكليلية للقلب

يسبب تواجد التراكيز العالية للبورون في مياه الشرب أمراض الكبد والأمراض المعوية المختلفة ويسيء إلى تبادل المواد ضمن الجسم الحي.

يقود تواجد الفلور بتراكيز أقل من  $0.75 \text{ mg/l}$  إلى تسوس الأسنان ، وعندما يتواجد بتراكيز أعلى من  $0.75 \text{ mg/l}$  سيقود إلى اصفرار الأسنان ، ويتبع التركيز المسموح للفلور للمنطقة المناخية .

إن زيادة تركيز البروم في مياه الشرب عن الحدود المسموحة يؤثر سلباً على جريان السيالة العصبية وعلى وظائف الكلى والكبد مسبباً انخفاض تركيز البوتاسيوم في الدم وزيادة تركيز النتروجين في البولة. يؤدي تواجد السترونسيوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة إلى هشاشة العظام والكساح... الخ.

يؤدي تواجد الكاديوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة إلى مرض إيتاي إيتاي. يؤثر تواجد الزنك في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة سلباً على عمليات الأكسدة في الجسم الحي مسبباً الأنيميا (فقر الدم). يسبب تواجد الزئبق في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة مرض مينا ماتا. يسبب تواجد النحاس في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة أمراض الكلى والكبد وفقر الدم. يسبب تواجد المولبيديوم في مياه الشرب بتركيز أعلى من الحدود المسموحة مرض النقرس وأمراضاً أخرى.

### المياه والكائنات الحية : Water and living organisms

تتواجد الكائنات الحية في المياه الطبيعية بتواجد المواد العضوية المنحلة أو المعلقة. يمكن أن تستخدم هذه المواد العضوية من قبل الكائنات الحية إذا كانت قابلة للتفكك، أي يمكن للكائنات الحية الدقيقة أن تحللها إلى المواد لاعضوية أبسط. تعتبر النباتات القادرة على عملية التمثيل الضوئي والطحالب في الجسم المائي أساس السلسلة الغذائية. هناك شكلاً من أشكال التوازن بين كمية المواد الحية المنتجة وبين كمية المواد العضوية المتحللة المنتجة. في حال غياب هذا التوازن سيغص الوسط المائي بالكائنات الحية أو الميتة. إن موقع الجسم المائي والشروط الجيولوجية سيملي على النظام البيئي عدد ونوع الكائنات الحية المتوفرة. يعتمد استقرار التوازن على عدد الكائنات الحية المتواجدة وعلى طرائق ترابط السلاسل الغذائية. يعتبر الإمداد بالأوكسجين شرطاً للمحافظة على الحياة المائية. يحتل الأوكسجين المنحل في المياه الطبيعية أهمية في تحلل المواد العضوية من قبل البكتريا اللاهوائية ، وهو ضروري لتنفس جميع النباتات والحيوانات.

يتم الحصول على الأوكسجين المنحل من مصدرين رئيسيين - هواء الغلاف الجوي، وعملية التركيب الضوئي. تعتمد قابلية انحلال الأوكسجين في المياه على درجة الحرارة، والضغط والمنحلات الأخرى المتواجدة في المياه. يصطلح على تسمية هذه الكمية القصوى من الأوكسجين بتركيز الإشباع saturation concentration.

تملك الكائنات الحية المائية قدرات مختلفة في مقاومة إختلافات درجة الحرارة في المياه التي تعيش فيها. عند زيادة درجة حرارة الجسم المائي تنقص كمية الأوكسجين المنحل. بالإضافة لذلك فإن درجة الحرارة الأعلى تزيد من أيض الكائنات الحية. وهكذا فالطلب على الأوكسجين يرتفع في نفس وقت انخفاض إمكانية توفره. تستطيع بعض الأسماك مثل سمك perch وسمك chub أن تعيش في مياه ذات درجة حرارة أعلى من 30 °C ومستوى أوكسجين منحل فقط 3mg/L ، بينما يموت سمك السلمون salmon أو التراوت trout في مستوى للأوكسجين المنحل أقل من 5mg/L ، أو خلال درجة حرارة للمياه خارج المجال 5-20 °C .

تختلف الكثير من هذه الأنواع التي تتواجد في الأجسام المائية الطبيعية بشكل كبير في حساسيتها للأنواع المختلفة من التلوث. إن المجموعات الرئيسية للكائنات الحية التي استخدمت كمؤشرات لنوعية المياه أو نوعية البيئة المائية هي: البكتيريا، والبروتوزوا (الأوالي) protozoa ، والطحالب، واللافقاريات والأسماك. تعتبر اللافقاريات الكبيرة السفلية الحية مناسبة بشكل جيد كمؤشرات بيئية، حيث أن موطنهم وقابلية حركتهم المنخفضة نسبياً تجعلهم يتأثروا بشكل مباشر بالمواد التي تدخل إلى بيئتهم.

تقسم البكتيريا حسب شكل الخلية إلى ثلاثة أقسام رئيسية ، وهي:

- أ - المكورات: وتكون دائرية الشكل أو بيضوية أو كروية ويتراوح قطرها من (3-0.5) ميكرون.
- ب - العصيات: وهي بشكل عصوي متطاوول أو مغزلي أو بشكل ضمات أبعادها صغيرة جداً.
- ج - الملتويات أو الحلزونية: وهي بشكل متطاوول حلزوني، أبعادها كبيرة نسبياً وقد تصل إلى خمسين ميكرون.

أما من حيث الوسط الذي تعيش فيه البكتيريا فتقسم إلى:

- أ - بكتيريا هوائية: تعيش في الوسط الخارجي من هواء وتراب وماء وهي بشكل عام بكتيريا غير ممرضة.
- ب - بكتيريا لا هوائية: تعيش في غياب الأكسجين.
- ج - بكتيريا متقلبة: تستطيع العيش والتلاؤم بوجود الأكسجين وغيابه والتي تقسم بدورها لأنواع مختلفة.

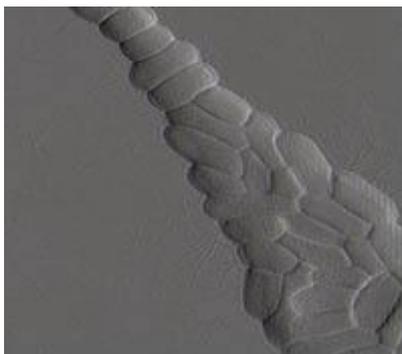
وتقسم حسب تأثيرها الفيزيولوجي إلى:

- أ - بكتيريا غير ضارة (مفيدة): تعمل على أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة، يستفاد منها في معالجة مياه الصرف.
- ب - بكتيريا ضارة (ممرضة): تسبب الكثير من الأمراض كالحمي التيفية والكوليرا وغيرها.
- ج - بكتيريا دالة على التلوث: توجد في المياه نتيجة تلوثها ولا تسبب أي مرض للإنسان إنما يستخدم وجودها كدليل على تلوث المياه مثل مجموعة القولونيات (بكتيريا القولون) والتي أهمها مجموعة الكوليفورم. وجميع عناصر مجموعة الكوليفورم ذات أصل برازي لأن جميع كائناتها غريبة عن الماء ويمكن عدها مؤشراً على التلوث.

### بكتيريا الكوليفورم Coliform :

تنتمي **بكتيريا الكوليفورم** إلى البكتيريا سالبة الغرام ذات الشكل العصوي. تصل هذه البكتيريا إلى المياه الطبيعية بشكل مباشر مع مياه الصرف الصحي، وتستطيع بكتيريا الكوليفورم العيش في المياه الطبيعية لعدة أسابيع. تستطيع بكتيريا الكوليفورم تخمير اللاكتوز بدرجة الحرارة °C 35-37 مشكلةً الأحماض والغازات والألدهيدات.

سميت **بكتريا E.Coli** باسم مكتشفها عام 1885 العالم T.Esherich. هذه البكتريا عبارة عن بكتريا على شكل عصية سالبة الغرام تنتمي إلى مجموعة Enterobacteriaceae. تتواجد E.Coli بشكل طبيعي في أمعاء الإنسان، لذلك غالباً ما يجري تسميتها بالعصية المعوية. تلعب E.Coli دوراً مفيداً بضغطها على البكتريا الممرضة وبانتاجها لبعض الفيتامينات. هناك بعض الأشكال من E.Coli قادرة على التسبب بأمراض معوية حادة للإنسان، ويجري حالياً تمييز حوالي 150 نموذجاً باثوجينياً لعصيات كولي مصنفة في أربعة مجموعات.

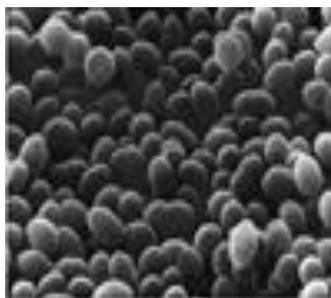


بكتريا Streptococcus :

تنتمي هذه البكتريا إلى صنف مجموعة *Enterococcus* التي تضم الأشكال التالية:

*E.avium, E.casseliflavus, E.cecorum, E.durans, E.faecalis, E.faecium, E.gallinarum, E.hirae, E.malodoratus, E.munditiuse E.solitarius...etc.*

هذه الأشكال من البكتريا ذات أصول برازية، ويمكن دراستها كمؤشر لتلوث المياه بالبراز البشري، وكذلك لكشف تلوث المياه الجوفية أو السطحية بالتيارات السطحية. تملك البكتريا البرازية ثباتاً عالياً للجفاف، مما يجعلها مفيدة لضبط عملية تطهير شبكات الأنابيب بعد عملية التمديد أو بعد الإصلاح.

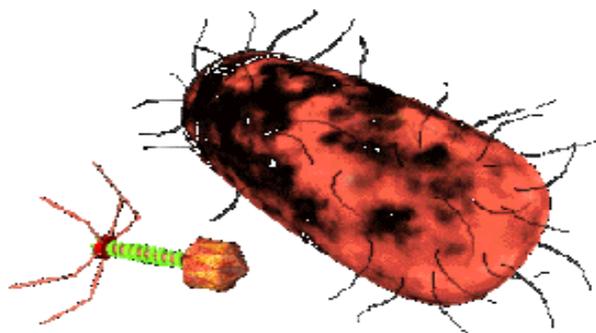


بكتريا Streptococcus

بكتريا الكولي فاغ:

عبارة عن مجموعة مختلفة من البكتريا والفيروسات تدخل الخلية البكتيرية وتتكاثر فيها، وتعود إلى موتها في كثير من الأحيان. غالباً ما تكون الخلية المضيفة (الضحية) هي بكتريا الكوليفورم. يستخدم الكشف

عن الكولي فاغ كمؤشر لنوعية المياه، نظراً لتواجدها مع الفيروسات المعوية (*enterovirus*) في مياه الصرف الصحي، ونتيجةً لبساطة اكتشافها في المياه. يعتبر تواجد الكولي فاغ أو عدم تواجدها في المياه مؤشراً إضافياً لفعالية حماية أو تنقية المياه الجوفية.



### بكتريا *enterovirus* :

يشير هذا المصطلح إلى عدد كبير من الفيروسات التي تتكاثر في الأمعاء، مما يجعل تسميتها في الكثير من المراجع بالفيروسات المعوية. الفيروسات السابقة عبارة عن فيروسات دقيقة قطرها حوالي 20-30 n.m. . تملك هذه الفيروسات حمضاً نووياً ريبياً RNA قادراً على الانقسام حتى في المياه المكلورة.

هنالك أكثر من 67 نموذج من هذه الفيروسات مقسمة على أربعة زمر:

-زمرة poliovirus: ومن أهم عناصرها polio I و polio II وهي التي تسبب مرض البوليميليت.

-زمرة فيروسات (Coxsackie A and B) المسماة باسم إحدى مدن ولاية نيويورك في الولايات المتحدة الأمريكية.

-زمرة فيروسات echovirus.

-زمرة فيروسات *enterovirus* الأخرى.

كما تنتمي إلى مجموعة *enterovirus* أيضاً فيروسات Picornaviridae . تشير اللاحقة Pico ذات الأصل الإيطالي إلى معنى دقيق، حيث تعتبر هذه الفيروسات أصغر أنواع مجموعة *enterovirus* ( 30 n.m.). كما تضم مجموعة *enterovirus* أصنافاً أخرى من الفيروسات نذكر منها: *rhinovirus* , *cardiovirus* , *hepatovirus* , *apthovirus* . تعتبر هذه الفيروسات أكثر الأنواع السابقة استقراراً في الأوساط الحامضية، حيث يمكن لهذه الفيروسات أن تتسبب بالعدوى خلال قيمة pH الوسط 3...10 .

إذا تواجدت العناصر السامة مجتمعةً في المياه، فيجب ألا يتجاوز مجموع نسب تراكيز المواد التي تحمل

نفس درجة السمية إلى التراكيز المسموحة لهذه العناصر القيمة 1، وذلك بالحساب استناداً للعلاقة التالية:

$$\frac{C_1}{Dc_1} + \frac{C_2}{Dc_2} + \frac{C_3}{Dc_3} + \dots + \frac{C_n}{Dc_n} \leq 1$$

ويجب أن يخلو 25 ل من الماء من كل أشكال العصيات المعوية الممرضة وبيوض وبرقات هيلمينت.

كما يجب أن تحافظ المياه على حدود معينة لمؤشرات خاصة مثل

$$n_2 = \frac{(Alk)(m.E.g/l)}{(CL + SO4)(m.E.g/l)} = 0.36$$

$$n_1 = \frac{Ca(m.E.g/l)}{CL(m.E.g/l)} = 0.45$$

#### أمراض تسببها الأولي

| المرض                | العامل المسبب  | مصادر الميكروب في المياه   | أعراض عامة  |
|----------------------|--|--|---|
| الدوزنتاريا الأميبية | إنتيميبا هيسيتوليتيكا<br><i>Entamoeba histolytica</i>            | صرف صحي، مياه الشرب غير المعالجة، حشرات طائرة  | اضطراب في البطن، إعياء، فقدان الوزن، إسهال، الانتفاخ، حمى   |
| داء خفيات الأبواغ    | خفيات الأبواغ (الكريبتوسبورديا)<br><i>Cryptosporidium parvum</i> | تتجمع على مرشحات المياه التي لا يتم تطهيرها، السماد العضوي، المياه الجارية الموسمية  | أعراض شبيهة بالإنفلونزا، الإسهال المائي، فقدان الشهية، فقدان كبير للوزن، الانتفاخ، زيادة الغازات، غثيان |
| داء حلقيات الأبواغ   | <i>Cyclospora cayetanensis</i>                                   | صرف صحي، مياه الشرب غير المعالجة   | شد عضلي، غثيان، تقيؤ، آلام في العضلات، الحمى، التعب   |
| داء الجيارديات       | جياردية معوية<br><i>Giardia lamblia</i>                          | المياه غير المعالجة، التطهير السيئ، فواصل الأنابيب، التسربات، [تلوث المياه الجوفية] أماكن يتشارك البشر والحيوانات البرية نفس مصدر المياه | الإسهال، آلام البطن، الانتفاخ، إطلاق الريح  |

#### أمراض تسببها البكتريا

| المرض           | العامل المسبب  | مصادر الميكروب في المياه | أعراض عامة  |
|-----------------|--|--------------------------|---|
| داء العطائف     | عطيفة صائمية<br><i>Campylobacter jejuni</i>  | شرب ماء ملوث بالبراز     | زحار مصحوب بحمى. يستمر عادة من 2-10 أيام.   |
| الكوليرا        | ضمة الكوليرا<br><i>Vibrio cholera</i>  | شرب ماء ملوث بالبكتيريا  | يعد أحد أسرع الأمراض القاتلة المعروفة. وتشمل الأعراض الإسهال المائي الشديد، غثيان، شد عضلي، رعاف، النبض السريع، والتقيؤ، ونقص حجم الدم (في الحالات الشديدة) يمكن أن يحدث الموت في 12-18 ساعة. |
| إشريكية قولونية | سلالات معينة من إشريكية قولونية<br><i>Escherichia coli</i><br>EHEC, EIEC, ETEC, EPEC<br>EAEC | ماء ملوث بالبكتيريا      | إسهال، يمكن أن تسبب الموت لنقص المناعة. الأفراد الصغار جدا وكبار السن بسبب الجفاف من المرض لفترات طويلة.  |

|  |  |   |
|--|--|---|
| توجد بشكل طبيعي في الماء، ومعظم الحالات من حمامات السباحة وفي كثير من الأحيان بسبب أحواض السمك؛ عدوى نادرة لأنها تصيب في الغالب الأفراد المصابون بنقص المناعة.   | <i>Mycobacterium marinum</i>   | المتفطرة البحرية  |
| تشمل الأعراض تلف الأنسجة التي تقع عادة على المرفقين والركبتين والقدمين من حمامات السباحة (أو الآفات على اليدين من) حوض السمك. (قد تكون الآفات غير مؤلمة أو مؤلمة).   | تنتج عن عدد من الأجناس شغيلة وسالمونيلا وأكثرها شيوعا الشغيلة الزحارية                               | زحار بكتيري دوزنتاريا                                       |
| تكرار البراز مع الدم و/أو المخاط وفي بعض الحالات قيء دموي.   | توجد بكتيريا الليجونيلا بأعداد كبيرة في الماء الدافئ، ويسبب أمراض خطيرة عند استنشاقه                 | داء الفيالقة) شكليين متميزين: مرض Legionnaires وحمى Pontiac |
| حمى Pontiac تُحدث أعراضا تشبه الإنفلونزا الحادة بدون التهاب رئوي. مرض Legionnaires له أعراض حادة مثل الحمى و الرعشة، التهاب رئوي (مع كحة تُنتج أحيانا بلغم ) ترنج، فقدان الشهية، ألم بالعضلات، توعك وأحيانا إسهال وتقيؤ. | تسببها بكتيريا تنتمي إلى جنس فيلقية 90% من الحالات بسبب فيلقية مستروحة <i>Legionella pneumophila</i> |   |

|   |   |  |                                    |
|---|---|--|------------------------------------|
| تبدأ بأعراض شبيهة بالإنفلونزا ثم المرحلة الثانية التهاب السحايا، وتسبب تلف الكبد، يرقان، وقصور كلوي | ماء ملوث ببول الحيوانات الحاملة للبكتيريا (مثل الفئران)       | تسببها بكتيريا بريمية <i>Leptospira</i>                                | داء البريميات                      |
| تتضخم قناة الأذن، مما يسبب الألم  | السباحة في المياه الملوثة                                     | تنتج عن عدد من البكتيريا والفطريات. خاصة <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | التهاب الأذن الخارجية (أذن السباح) |
| الأعراض تشمل إسهال، حمى، تقيؤ وتشنجات البطن   | مياه الشرب الملوثة بالبكتيريا. أشهر الأمراض المنقولة بالغذاء. | تسببها العديد من البكتيريا من جنس سالمونيلا <i>Salmonella</i>          | داء سالمونيلا عدا التيفوئيد        |

### خطأ

|   |  |   |                               |
|---|--|---|-------------------------------|
| الحمى المستمرة حتى 40 درجة مئوية، تعرق غزير، يمكن حدوث إسهال. تتطور الأعراض إلى هذيان وقد يتضخم الطحال والكبد إذا لم تُعالج. في هذه الحالة يمكن أن تستمر لمدة تصل إلى أربعة أسابيع وتسبب الموت. بعض الأشخاص الذين يعانون من حمى التيفوئيد يظهر لديه طفح جلدي بشكل بقع حمراء صغيرة على البطن والصدر. | شرب الماء الملوث ببراز شخص مصاب  | <i>Salmonella Typhi</i>   | حمى التيفوئيد                 |
| أعراض تشمل البراز الدموي، قشعريرة، والارتباك، وصعوبة الانتباه (نقص الانتباه)، والهذيان، وتقلب المزاج، والهلوسة، ونزيف في الأنف، والتعب الحاد، السبات العميق.  | يمكن أن تدخل الجروح من الماء الملوث. كذلك بشرب الماء الملوث أو أكل المحار غير المطبوخ. | <i>Vibrio vulnificus</i><br><i>Vibrio alginolyticus</i><br><i>Vibrio parahaemolyticus</i> | بكتيريا الضمة من غير الكوليرا |

### أمراض تسببها الفيروسات

| المرض                  | العامل المسبب  | مصادر الميكروب في المياه                                       | أعراض عامة  |
|------------------------|--|--|---|
| إسهال فيروسي           | Adenovirus, Astrovirus, rotavirus, norovirus and other caliciviruses | تلوث مياه الشرب أو السباحة ببراز المصابين بأي من هذه الفيروسات | إسهال قد يصاحبه الام في البطن وجفاف   |
| التهاب السحايا         | coxsackieviruses   | تلوث مياه الشرب او السباحة ببراز المصابين                      | الحُمى، الطفح الجلدي، التهاب الحلق، ألم المفاصل والصداع وقد تتطور لتحدث أعراض التهاب السحايا المعروفة |
| التهاب الكبد الوبائي أ | فيروس الكبد الوبائي (HAV) Hepatitis A and E viruses                  | تظهر في الماء والغذاء  | إعياء، حمى، ألم في البطن، الغثيان، الإسهال، وفقدان الوزن، يرقان واكتئاب (حالة نفسية).                 |

## حرم المصادر المائية:

تتعرض المصادر المائية للتلوث السطحية منها والجوفية، حيث يكون هذا التلوث إما طبيعي أو بشري أو صناعي أو الزراعي.

### التلوث الطبيعي:

- الفيضانات وما تسببه من تدمير لمواطن الكائنات الحية وجرف التربة في الحوض الصباب وتحريك لحماة القاع.
- النشاط البركاني.
- الرياح.
- الحت.
- مخلفات الحيوانات والطيور في المصادر المائية.
- تلوث المياه الجوفية بالأملاح المعدنية والغازات المنحلة.
- تلوث مياه الأمطار بالغبار، هباب الفحم، رمال، كائنات دقيقة، غازات منحلة.
- موت الكائنات الحيوانية والنباتية المساهمة في التنقية الذاتية.
- حماة القاع.
- تساقط أوراق الأشجار فوق سطح مياه المصادر المائية.

### التلوث البشري:

- صرف مياه مجاري منزلية.
- إلقاء قمامة.
- تلوث ناتج عن حركة المرور.
- التلوث الصناعي:
- صرف مياه ساخنة ناتجة عن تبريد المحركات وغيرها.
- صرف غازات مضرّة بالصحة.
- صرف مواد كيميائية سامة.
- المواد المشعة.

## التلوث الزراعي:

- الأسمدة الكيميائية والطبيعية ووصولها إلى المياه السطحية والجوفية.
- تربية حيوانات على ضفاف المصادر المائية.
- مواد سامة مثل المبيدات المضادة للفطور والأعشاب الضارة والحشرات الزراعية التي تتراكم في جسم الكائنات الحية.

ولأن الوقاية خير من قنطار علاج يجب حماية المصادر المائية المخصصة لأغراض الشرب السطحية منها والجوفية من مختلف أشكال التلوث وذلك بتخصيص مناطق حماية بيئية حولها وذلك من أجل:

- المحافظة على نوعية المياه.
- تخفيف كلفة التنقية.

### منطقة الحماية الأولى:

#### الغاية الأساسية:

هي الحماية المباشرة والمشددة لمنشأة المآخذ المائي.

#### شمولية المنطقة:

- تحيط هذه المنطقة بالمآخذ المائي مباشرة.
- تشمل شريطاً حول ضفاف البحيرة بعرض 10-20m اعتباراً من منسوب الماء الأعظمي
- تشمل دائرة حول البئر بقطر يصل إلى 20m إعتباراً من المحيط الخارجي لمنشأة البئر.
- تضم المناطق المعرضة للغمر خلال الفيضان.
- تضم المناطق التي يحدث فيها جريانات سطحية نتيجة الهطولات المطرية والتي تصب مباشرة في منطقة المآخذ المائي.

#### الإجراءات والتوصيات الواجب اتخاذها في هذه المنطقة:

- إحاطة المنطقة بسور لمنع دخول الإنسان والحيوانات الأليفة والبرية ووسائل النقل المختلفة.
- تشجير المنطقة بأشجار حراجية في حالة مآخذ المياه السطحية .
- زراعة المنطقة بالأعشاب وتحويلها إلى مروج في حالة مآخذ مياه جوفية.
- وضع لائحة على السور تشير إلى منطقة المآخذ المائي.

- يقتصر إذن الدخول على الموظفين وعمال الإشراف على عمل وصيانة المآخذ المائي والعناية بالنباتات الموجودة.

### الممنوعات:

- فلاحه الأرض وزراعتها.
- تخزين المواد المختلفة.
- تمديد كابلات نقل الطاقة والاتصالات وخطوط نقل وصرف المياه.
- إقامة مباني أو منشآت هندسية بمختلف أنواعها.
- حفر آبار فيما إذا كان المصدر المائي نبع.
- ممنوعات مناطق الحماية الأقل تشدداً.

### المسموحات:

- بناء منشآت هندسية خاصة بالمصدر المائي.

### منطقة الحماية الثانية:

### الغاية الأساسية:

حماية منشأة المآخذ المائي ضد التلوث البكتريولوجي.

### شمولية المنطقة:

- تحيط هذه المنطقة بمنطقة الحماية الأولى.
- تشمل الروافد المائية للبحيرة مع الضفاف المحيطة بها.
- تشمل مناطق الجريان الجوفي الذي مدته 50 يوماً حتى المآخذ المائي.
- العرض الأصغري لهذه المنطقة 100m.

### الممنوعات:

- استخدام الأسمدة بمختلف أنواعها الكيميائية والطبيعية.
- استخدام المبيدات الحشرية المختلفة.
- تربية الحيوان من دواجن ومواشي.

- إنشاء أو توسيع أو تعديل المنشآت القائمة بمختلف أنواعها (شبكة صرف صحي, محطة معالجة، مواقف سيارات، مغاسل سيارات، مخيمات سياحية، مناطق استجمام، شوارع وطرق).  
 • أعمال الحفريات بمختلف أنواعها.  
 • التفجيرات بمختلف أنواعها وشدتها.  
 • مقالع مواد البناء.  
 • ممنوعات مناطق الحماية الأعلى ترتيباً.  
 • ممنوعات مناطق الحماية الأقل تشدداً.

#### المسموحات:

- الزراعة بشرط الري بمياه نظيفة.

#### منطقة الحماية الثالثة:

#### الغاية الأساسية:

حماية منشأة المأخذ المائي ضد التلوث من:

- الزيوت العضوية والمعدنية.
- المركبات الكيميائية.
- المواد المشعة.
- المواد السامة.

#### شمولية المنطقة:

- تحيط هذه المنطقة بمنطقة الحماية الثانية.
- في حال أن الحوض الصباب المحلي أطول من 2km تقسم المنطقة إلى:
  - منطقة A حتى 2km .
  - منطقة B أكبر من 2km وحتى محيط الحوض الصباب المحلية: عرض المنطقة B يساوي على الأقل ضعف عرض المنطقة A.

#### الممنوعات:

- بناء معامل ، مصانع ، مصافي بترول.

- تمديد أنابيب مشتقات البترول بمختلف أنواعها.
- بناء محطات معالجة مياه الصرف الصحي.
- تخزين مواد كيميائية بمختلف أنواعها.
- بناء منشآت الطاقة الذرية.
- إنشاء محطات وقود.
- إقامة مكبات قمامة.

### المسموحات:

- بناء شبكات الصرف الصحي بشرط تحقيق شروط الكتامة.
- تثبيت حدود هذه المنطقة بعد أخذ الواقع على الأرض بعين الاعتبار بحيث تتوافق مع:
- حدود ملكية الأراضي الخاصة.
- أطراف الطرقات والممرات.