جامعة الأكاديميين العرب
Arab Academic University

الهندسة البيئية
Environmental Engineering

د/ عامر بن محسن الصبري

2024 – 2023م

Lecture No. 3

جودة المياه 1

Water Quality 1

جودة المياه (Water Quality)

لجودة المياه تعريف واسع تبعاً "للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمياه اللازمة لتعزيز استعمالها المستمر حسب الاستخدامات المطلوبة".

ولتحديد جودة الماء، يتم قياس تركيزات جمع مكوّنات الماء وتقييم نوعيته، ثم مقارنة نتائج هذه التركيزات مع الغرض الذي ستستعمل له هذه المياه، فعلى سبيل المثال، تعتبر المياه المقطّرة من أكثر أشكال المياه جودةً، إلا أنّها غير مناسبة لجميع الكائنات، ولهذا فمن غير الممكن قياس الجودة دون تحديد الأغراض المستخدمة، فالمياه التي تستخدم في المنازل للشرب وإعداد الطعام، تختلف عن تلك المستخدمة لتربية الأسماك، أو تلك المستعملة لري المزروعات.

معايير جودة المياه
(Water Quality Criteria)

أولاً: معايير الملاحظات النوعية

الملاحظات	الملوثات المحتملة
لون أسود	زيادة تركيز المنجنيز أو وجود نمو بكتيريّ
لون بنيٌّ أو أصفر أو مُحمَر	زيادة تركيز الحديد، أو وجود مادة التانين "أصباغ أوراق ولحاء الأشجار" أو صدأ الحديد الناتج عن تآكل المواسير
لون أخضر مزرق	زيادة أيون النحاس أو الرصاص
ترسبات بيضاء	زيادة تركيز الماغنسيوم والكالسيوم أو زيادة "TDS"
رائحة سمك أو سبخة أو تراب	وجود بكتريا، موادّ عضوية، طحالب أو بكتريا الحديد
رائحة الكبريت أو البيض الفاسد	وجود كبريتيد الهيدروجين الذي قد يكون مصدره معادن طبيعية أو ناتج من بعض أنواع البكتريا.
رائحة الكلور	الكلور الحر المتبقي من عملية تعقيم المياه
الطعم المر أو المعدني	ارتفاع (pH) أو زيادة تركيز النحاس أو الزنك أو المنجنيز
الطعم المالح	زيادة تركيز الصوديوم أو الماغنسيوم أو البوتاسيوم

ثانياً: المعايير الفيزيائية

1. الحرارة (Temperature)

تعتمد درجة حرارة المياه الجوفية على عمق خزان الماء، وعلى وجود أجسام بركانية قريبة من سطح الأرض. يؤدّي ارتفاع درجة الحرارة إلى:

- زيادة كمية الأكسجين المطلوبة للبكتريا لأكسدة المواد العضوية في المياه العادمة (Biochemical oxygen demand, BOD).
- انخفاض كمية الأكسجين المذاب في المياه.
- زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة وتسريع تكاثرها.
- زيادة سرعة ذوبان العناصر المعدنية.

2. العكارة (Turbidity)

يعتبر الماء شفاف، غير أن وجود المواد العالقة، كالطين والغرين، والكائنات الحية (مثل الطحالب، والبكتريا) وجزئيات المواد العضوية الناتجة من تحلل الكائنات الحية تتسبب في تقليل مرور ضوء الشمس في الماء وتؤدي إلى تعكيره.

تشكل المواد العالقة درعاً يحمي البكتريا والفيروسات مما يقلل من فاعلية مواد التعقيم في قتلها، ولذلك يم زيادة جرع مواد التعقيم للقضاء عليها أو ترشيح المياه للتخلص من العكارة.

المواصفات القياسية اليمنية: 5 نفلوميتر لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

3. الطعم (Taste)

يكون الماء الصالح للشرب عديم اللون والطعم والرائحة. وعند احتواء الماء على كمية معينة من المركبات يتغير مذاقه فمثلاً يصبح مالحاً عند احتوائه على 50-60 ملجم/لتر من الكلوريدات و 400-450 ملجم/لتر من الكبريتات، ويتميز بمذاق حلو عند احتوائه على كمية كبيرة من المركبات النيتروجينية ذات المنشأ العضوي.

وغالباً ما نصادف مياه حمضية المذاق في مناطق المكامن الكبريتيدية، كما أن استخدام الكلور في تعقيم المياه يتسبب في طعم غير مقبول.

4. الرائحة (Odor)

إن احتواء الماء على بعض المواد الصلبة الذائبة تعطيه رائحة مميزة فالمياه الحاوية على كبريتيد الهيدروجين لها رائحة البيض الفاسد (rotten egg odor) ويجعل الماء آكال (corrosion) ويتسبب في تهالك الأدوات المنزلية وترك بقع صفراء أو سوداء على أدوات المطبخ والحمام. وتكون مياه المستنقعات الغنية بالحوامض ذات رائحة مستنقعية. كما أن وجود الكائنات الحية مثل الطحالب والأوليات والفطريات وبعض البكتيريا في الماء تسبب رائحة السمك أو اللحم المتفسخ، بالإضافة إلى أن عمليات تنقية المياه نفسها قد تؤدى إلى ظهور رائحة، ومثال ذلك التعقيم باستخدام مركبات الكلور التي تظهر الرائحة المميزة للكلور نتيجة زيادة جرعة التعقيم.

5. اللون (Color)

يشير تلون المياه إلى احتوائها على نوع الشوائب (مواد عالقة و/أو مواد ذائبة)، ففي حالة المواد العالقة مثل الطين والغبار يتلون الماء باللون البني والأصفر، أما في حالة المواد الذائبة مثل الحديد يتلون الماء باللون الأحمر، أما المياه الحاوية على كبريتيد الهيدروجين فتكون ذات لون أزرق، والمياه الحاوية على المنجنيز ذات لون أسود، والمياه الحاوية على نحاس ذات لون أزرق، وإذا احتوت المياه على طحالب فإن المياه تكون ذات لون أخضر.

عند قياس لون الماء، يتوجب إزالة المواد العالقة عن طريق الترشيح.

المواصفات القياسية اليمنية: أقل من 15 وحدة لون حقيقي لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

ثالثاً: المعايير الكيميائية

1. إجمالي المواد الصلبة الذائبة (Total Dissolved Solid)

التعريف: تعرف إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) بأنها الوزن الكلي من الأملاح، والمعادن، والمواد العضوية الذائبة في الماء. يعتقد البعض أن إجمالي المواد الصلبة الذائبة هي الملوحة (Salinity)، غير أن الملوحة تمثل الوزن الكلي من الأملاح الذائبة فقط، وفي المياه النظيفة يمكن أن تتساوى الملوحة مع إجمالي المواد الصلبة الذائبة، أما في حالة المياه الملوثة أو العادمة فإن المواد الصلبة الذائبة تزيد عن الأملاح.

المواصفات القياسية اليمنية: 100 - 600 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة، 100 - 1000 ملجم/لتر في مياه الشرب غير المعبأة.

يؤدي انخفاض إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) في المياه إلى الطعم المر بسبب نقص بعض الأملاح وخصوصاً ذات الوزن الجزيئي الكبير مثل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ويؤدي إلى عدم توازن واستقرار في الشحنات للمواد المنحلة في الماء، ويصبح ماء غير متوازن، ولإعادة هذا التوازن ومعالجة الطعم يتوجب إعادة بعض الأملاح والمركبات، حيث أن الأملاح الذائبة هي المسؤولة عن ضبط طعم المياه.

كما أن هذه الأملاح ضرورية لسد حاجة جسم الإنسان اليومية من هذه الأملاح، ومن أكثر العناصر الموجودة في مياه الشرب تركيزاً هي الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، والتي توجد على هيئة أملاح متحدة مع الكربونات والكبريتات أو الكلورايد.

What is the Ideal TDS Level of Drinking Water?

TDS Level (mg/l)	Quality
Less than 300	Excellent
300 - 600	Good
600-900	Fair
900-1200	Poor
Above 1200	Unacceptable

TDS = 0.65 * EC

EC = Electricity Conductivity in milliSiemens "mS"

2. العسر الكلي (Total Hardness)

التعريف: العسر الكلي (قساوة الماء) تعبير يستخدم لوصف حالة الماء عندما تكون نسبة ايونات الكالسيوم والماغنسيوم فيه عالية.

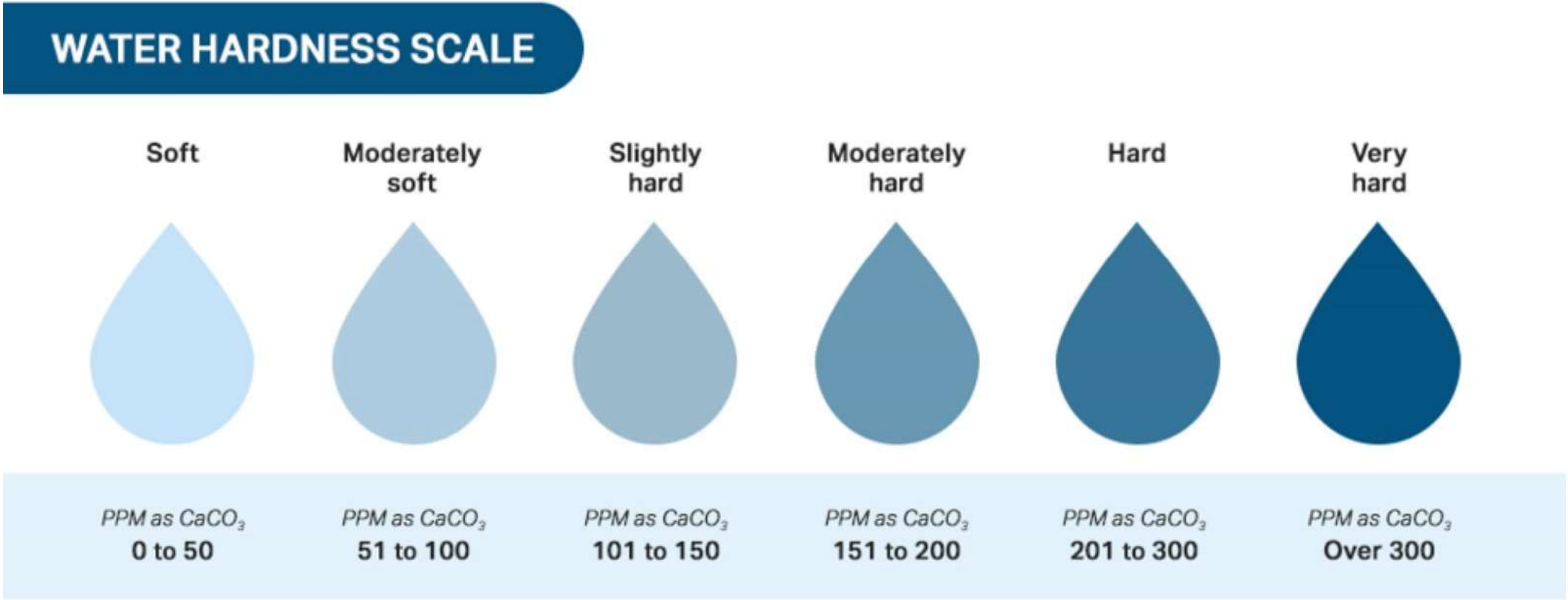
المصدر: الصخور الرسوبية (الحجر الجيري، الدولومايت والماجنيزايت).

التأثيرات الصحية: لا توجد.

يتسبب ارتفاع العسر في عدم مقدرته المياه على تشكيل رغوة مع الصابون، ويمكن تفسير هذه الظاهرة بحدوث إحلال (Mg^{++} & Ca^{++}) الموجودة في الماء محل (Na^{+}) الموجود في الصابون لأن حالة التأكسد ثنائي (++) أعلى من حالة التأكسد الأحادي(+) للصوديوم فيفقد الصابون فاعليته في التنظيف.

المواصفات القياسية اليمنية: أقل من **200** ملجم/لتر لمياه الشرب المعبأة.

مقياس العسر الكلي

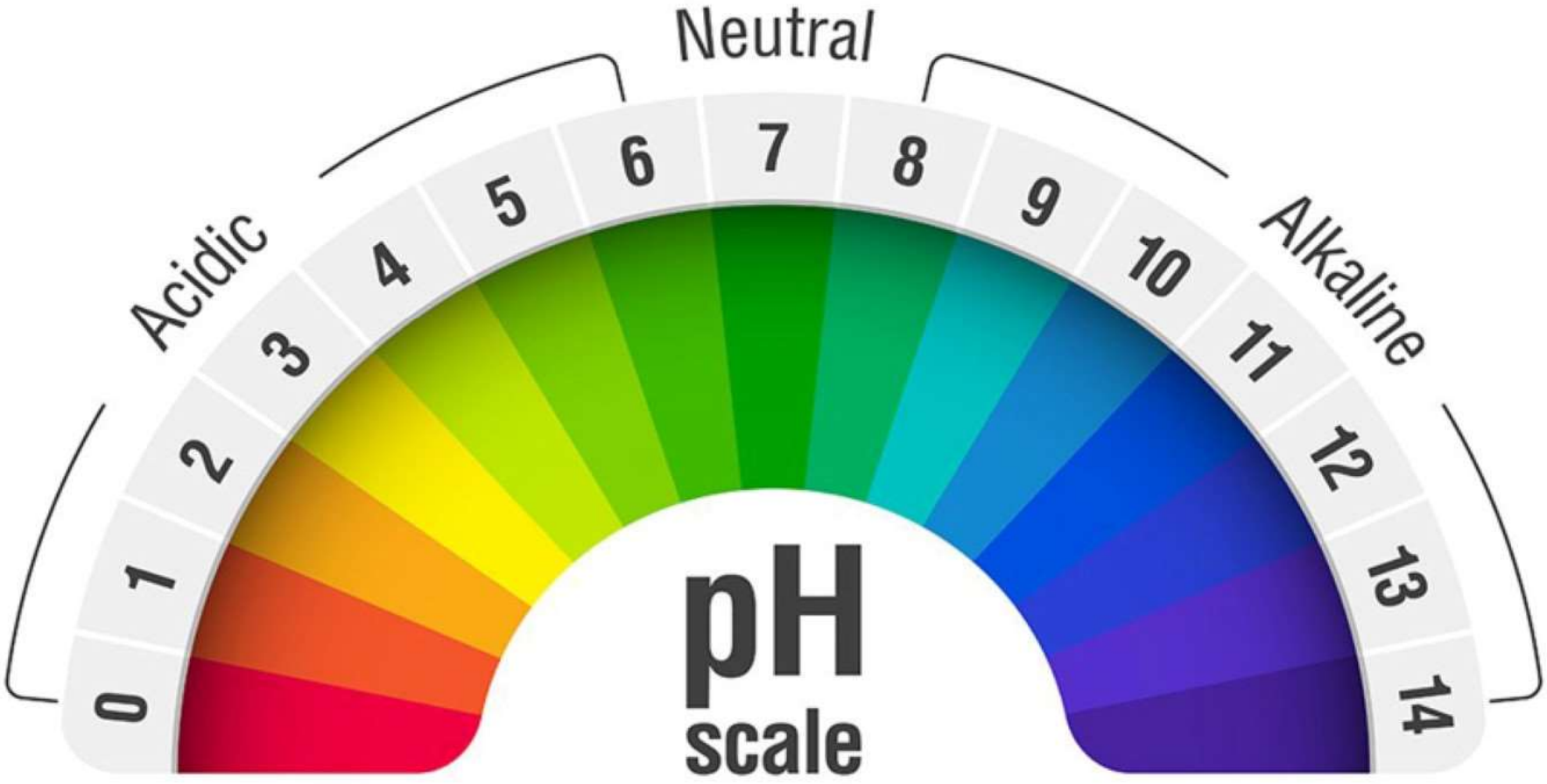


3. الرقم الهيدروجيني (Power of Hydrogen "pH")

التعريف: الرقم الهيدروجيني هو اللوغاريتم العشري السالب لتركيز أيون الهيدروجين ويعبر عنها بالأرقام من صفر الي 14، وتكون المياه متعادلة إذا كانت قيمة الرقم الهيدروجيني تساوي7 أي أن الماء يحتوي على عدد متساوٍ من أيونات الهيدروجين (H^+) وأيونات الهيدروكسيد (OH^-)، وتكون المياه قلوية (Alkaline Water) إذا كانت قيمة الرقم الهيدروجيني أكبر من 7 أي زيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل، ومياه حمضية (Acidic Water) إذا كانت قيمة الرقم الهيدروجيني أصغر من 7 أي زيادة في تركيز أيون الهيدروجين. يقاس الرقم الهيدروجيني عند درجة 25 م°، وهو مهم في السيطرة على طعم الماء.

المواصفات القياسية اليمنية: 6.5 - 8 لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

مقياس الرقم الهيدروجيني



ضبط الرقم الهيدروجيني
(pH Adjustment)

أ) عند ارتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني

تصبح المياه قلوية (Water Alkaline) وطعم الماء مر، ويتسبب في ترسب للأملاح (Scaling) على الممبرينات مما يؤثر في كفاءتها، وفيما يلي الأملاح التي تسبب القلوية:

- البيكربونات: تتكون عند pH أقل من 8.3.
- الكربونات: تتكون عند pH أكبر من 8.3.
- الهيدروكسيدات: تتكون عند pH أكبر من 11.3.

ويتم معالجة القلوية عن طريق حقن الماء بحمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك، ونتيجة لذلك ينتج غاز ثاني أكسيد كربون (CO_2) فتقل قيمة الرقم الهيدروجيني pH ويصبح طعم الماء لاذع.

ملاحظة:

- غاز ثاني أكسيد كربون (CO_2) الناتج من المعالجة غاز أكال (Corrosive Gas) ويتسبب في تآكل الأجزاء المعدنية في المصنع أو المحطة، ولذلك يتوجب تركيب محابس تنفيس هواء (Air Vents) بعد نقطة حقن الأحماض للتخلص من هذا الغاز.
- زيادة جرعة حمض الكبريتيك تزيد من تركيز أيون الكبريتات في الماء، وزيادة جرعة حمض الهيدروكلوريك تزيد من تركيز أيونات الكلوريدات بالماء، والتي قد تتسبب في حدوث ترسيب (Scaling) على الأغشية (Membranes) مما يؤثر في كفاءتها.

ب) عند انخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني

عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني أقل من 7 تصبح المياه حمضية (Acidic Water) فيحدث تآكل لأنابيب منظومة معالجة المياه، ولمعالجة الحموضة يتم حقن الماء بمصدر قلوي مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

4. المكونات الكيميائية

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

الصوديوم (Na^{+})

المصدر: الصخور الرسوبية (الملح الصخري)، وفي طبقات الطين، والتربة، بالإضافة إلى الصخور النارية والمتحولة ضمن معادن الفلدسبار الصودي، وخاصة تلك التي تعرضت للتجوية مثل البازلت.

التأثيرات الصحية: بصورة عامة ليس للصوديوم أضرار على صحة الإنسان، غير أن زيادة تركيزه يمثل خطورة على مرضى ضغط الدم المرتفع، و المصابين بأمراض القلب والكلى.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

الكالسيوم (Ca^{+2})

المصدر: يوجد الكالسيوم في الصخور الرسوبية ضمن الحجر الجيري والدولومايت، والماجنيزايت، والجبس والأنهيدرايت، وفي الصخور النارية والمتحولة ضمن معادن الكالسيت، والفلورايت، الألبايت والأنورثايت، والبيروكسين والأمفيبول.

التأثيرات الصحية: ليس له أضرار على صحة الإنسان، وتعمل زيادة نسبة الكالسيوم في الماء على تغيير مذاق الماء وتقلل من قابليته على إذابة الصابون.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

الماغنسيوم (Mg^{+2})

المصدر: يوجد الماغنسيوم في الصخور الرسوبية ضمن معادن الماجنيزايت والدولومايت، وفي الصخور النارية والمتحولة: ضمن معادن الأوليفين والبيروكسين والميكا، ومعادن الماجنيزايت، والدولومايت، والكلورايت والسربنتين.

التأثيرات الصحية: يؤدي نقص كمية المغنسيوم في الماء إلى الإصابة بأمراض القلب، والأوعية الدموية والصداع النصفي.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

البيكربونات (HCO_3^{-})

المصدر: الصخور الكربونية (الحجر الجيري، الدولومايت، الماجنيزايت والرخام) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) الجوي، ويعتمد مقدار البيكربونات على مقدار ثاني أكسيد الكربون وعلى قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) في الماء، فعندما يكون الرقم الهيدروجيني بين 6.5 - 8.5 يكون نوع الكربون غير العضوي السائد في المياه الجوفية هو البيكربونات، أما عندما يكون الرقم الهيدروجيني أكبر من 9، فإن نوع الكربون غير العضوي يكون الكربونات.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: لا يوجد

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

الكبريتات (SO_4^{-2})

المصدر: الصخور الرسوبية (الجبس، الأنهيدرايت والألونايت)، والصخور النارية ضمن معادن البيرايت والبيروتايت. وفي مناطق البركانيات الغنية بالأبخرة الكبريتية.

التأثيرات الصحية: تؤدي زيادة كمية الكبريتات في الماء إلى طعم ملحوظ ؛ وتآكل في أنظمة التوزيع.

المواصفات القياسية اليمنية: 250 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة.

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

الكلورايد (Cl^{-})

المصدر: يوجد الكلورايد ضمن معادن الهالايت في صخور المتبخرات (الملح الصخري)، بالإضافة إلى معادن السيلفاين والكارنالايت (كلوريد البوتاسيوم) المصاحبة لرواسب المتبخرات. ويوجد في المياه الجوفية المجاورة لمياه البحر، أو مياه الصرف الصحي، أو بالقرب من الأراضي الزراعية التي تستخدم أسمدة زراعية مثل كلوريد البوتاسيوم.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

1.4 المكونات الكيميائية الأساسية (Each > 5 mg/l)

Na^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, HCO_3^{-}, SO_4^{-2}, Cl^{-} and Si^{-2}

السيليكا (Si^{-2})

المصدر: تنتشر السيليكا على نطاق واسع في مختلف أنواع الصخور ضمن معادن الكوارتز والأوبال والشرت والفلدسبار، ويوجد في الماء في الحالات المذابة والمعلقة والغروية. عادة ما تختلف نسب السيليكا في مياه الأنهار والبحيرات في حدود 1- 30 مجم/ لتر، وتكون أعلى في المياه الجوفية ومياه العيون الحارة.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الحديد (Fe^{+2})

المصدر: يوجد الحديد في كافة أنواع الصخور ضمن معادن الليمونايت، الهيمتايت، والمجنيتايت، البيروكسين، الامفيبول، البيوتايت، الأوليفين البيرايت. يكون الحديد الثنائي أو الحديدوز (Fe^{+2}) ذائب في المياه، وعندما يتعرض للهواء فإنه يتأكسد ويتحول إلى الحديد الثلاثي أو الحديديك (Fe^{+3}) الذي لا يذوب بل يترسب على هيئة أكاسيد حديدية معطياً الماء لون أسمر.

التأثيرات الصحية: لا توجد، ويتسبب فقط بجعل طعم الماء مر قابض في حال ارتفاع نسبة الحديد في الماء عن 0.3 ملجم/لتر.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.3 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الحديد (Fe^{+2})

بكتريا الحديد (Iron Bacteria)

مجموعة من البكتيريا التي تستخدم الحديد كمصدر للطاقة والغذاء في بيئات غنية بالحديد. تنمو هذه البكتيريا عادة في المياه العذبة أو المياه الجوفية التي تحتوي على تركيزات عالية من الحديد. تتسبب بكتريا الحديد في تكوين الرواسب الحديدية التي تتراكم على الأسطح الداخلية للأنابيب والمواسير، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه وانسداد الأنابيب.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الألمونيوم (Al^{+3})

المصدر: يتوزع الألمونيوم على نطاق واسع في مختلف أنواع الصخور، وقد ينشأ من خلال تلوث المياه بالنفايات الصناعية واستخدام كبريتات الألمونيوم (الشب) كمخثر أثناء معالجة المياه.

التأثيرات الصحية: توجد احتمالية للإصابة بالأمراض المرتبطة بالدماغ مثل الزهايمر في حالة التعرض لجرعة زائدة من الألمونيوم.

المواصفات القياسية اليمنية: أقل من 0.1 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

البوتاسيوم (K^{+})

المصدر: توجد مصادر متعددة للبوتاسيوم الموجود في المياه الجوفية، فقد يكون مصدره الصخور النارية الحامضية ضمن معادن الفلدسبار البوتاسي مثل الاورثوكليز والميكروكلين، أوفي المحاليل المائية الحارة، بالإضافة إلى معادن السيلفاين والكارنالايت (كلوريد البوتاسيوم) المصاحبة لرواسب المتبخرات. وقد يكون مصدر البوتاسيوم في المياه نتيجة لاستخدام أسمدة زراعية.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الكربونات (CO_3^{-2})

المصـــدر: الصـــخور الكربونيـــة (الحجـــر الجيـــري، الـــدولومايت، الماجنيزايت والرخام) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) الجوي، ويعتمد مقدار البيكربونات على مقدار ثاني أكسيد الكربون وعلى قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) في الماء، فعندما يكون الرقم الهيدروجيني أكبر من 9، فإن نوع الكربون غير العضوي يكون الكربونات، وعندما يكون الرقم الهيدروجيني بين 6.5 - 8.5 يكون نوع الكربون غير العضوي السائد في المياه الجوفية هو البيكربونات.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: لا توجد.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

البورون (B^{-})

المصدر: معدن الساسولايت (Sassolite) وهو الشكل المعدني من حمض البوريك (H_3BO_3) المصاحب للكبريت في المقذوفات البركانية، ومعدن البوراكس ($Na_2B_4O_710H_2O$) في مناطق البحيرات والصحاري الجافة، وقد يوجد في المياه العادمة والنفايات الصناعية.

التأثيرات الصحية: لا توجد.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.5 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

النترات (NO_3^{-})

المصدر: مياه الصرف الصحي، والأسمدة الزراعية المحتوية على النتروجين. ويمكن للبكتريا في التربة تحويل النيتروجين إلى نترات.

التأثيرات الصحية: تؤدّي زيادة النترات في مياه الشرب إلى اتصالها مع مادة الهيموغلوبين الموجودة في كريات الدم الحمراء وإعاقة نقل الأكسجين في الجسم والإصابة بمرض الإزرقاق عند الأطفال.

المواصفات القياسية اليمنية: 50 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الفلورايد (F^{-})

المصدر: في معادن الفلورايت، الأبتايت، الأمفيبول والكريولايت ضمن صخور الجرانيت، السيانيت والبجمتايت، الريولايت، الداسايت، والحجر الجيري، كما يوجد حول الينابيع المائية الحارة.

التأثيرات الصحية: يؤدي زيادة تركيز الفلور في مياه الشرب إلى حدوث تسمم الأسنان (Fluorosis) حيث تظهر بقعاً بنية أو صفراء أو سوداء على الأسنان، وحدوث الكساح (Rickets) أو لين العظام. وقد يحدث تسوس الأسنان نتيجة نقص الفلور في مياه الشرب.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.8 - 1.5 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة و 1.5 ملجم/لتر في مياه الشرب غير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

السيلينيوم (Se^{-2})

المصدر: في الصخور الكبريتيدية، ونادر في التربة، وخاصة الترب التي تكونت من صخور الشست والطين البحري أو في بعض أنوع الفحم الحجري (peats).

التأثيرات الصحية: يمكن أن يؤدي التعرض لمستويات عالية من السيلينيوم لفترة طويلة في مياه الشرب إلى تساقط الشعر وتقصف الأظافر ومشاكل عصبية.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.01 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

2.4 المكونات الكيميائية الثانوية (Each 0.1 - 5 mg/l)

Fe^{+2}, Al^{+3}, K^{+}, CO_3^{-2}, B^{-}, NO_3^{-}, F^{-}, Se^{-2} and NH_3^{-}

الأمونيا (NH_3^{-})

المصدر: الأمونيا نوعين الأول متأين (NH_4^{+}) والثاني غير متأين (NH_3^{-}). الأمونيا في الماء مؤشر محتمل على التلوث بمياه الصرف الصحي والمخلفات الحيوانية. وقد تنشأ الأمونيا من العمليات الأيضية والزراعية والصناعية ومن التعقيم بالكلور.

التأثيرات الصحية: لوحظ حدوث تأثيرات سمية عند التعرض لجرعة تزيد عن 200 مجم/كجم من وزن الجسم.

المواصفات القياسية اليمنية: أقل من 1.5 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

الزرنيخ (As^{+5})

المصدر: في معدن الأرزينوبيرايت في الصخور النارية مصاحباً لمعادن الذهب، والنحاس، والكوبالت، والنيكل، وفي معدن الريالجار على هيئة ترسبات في العيون المائية الحارة، وقد يكون مصدره المبيدات الحشرية والمواد الحافظة للخشب.

التأثيرات الصحية: حدوث تسمم حاد ومزمن، تلف الكبد والكلى، ويقلل من الهيموجلوبين في الدم، وقروح في الجلد. ويعتبر أحد مسببات السرطان، خصوصاً الزرنيخ غير العضوي.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.01 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

الكادميوم (Cd^{+2})

المصدر: يعد معدن الجرينوسكايت (Greenockite) المكون من كبريتات الكادميوم (CdS) المصدر الرئيسي للكادميوم، وغالباً ما يصل إلى المياه بسبب الصرف الصناعي أو تآكل مواسير المياه المجلفنة. وتحتوي أسمدة الفوسفات على الكادميوم.

التأثيرات الصحية: حدوث تسمم مزمن يؤدى إلى الإصابة بأمراض الكلى والسكر البولي، وزيادة إفراز الفوسفات في البول، ويسبب في امتصاص الكالسيوم من العظام والتسبب بمرض هشاشه العظام.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.003 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

الرصاص (Pb^{+2})

المصدر: في معادن الجالينا و السيروسيت ضمن الصخور الجيرية والدولوميتية، وفي الصخور النارية الحامضية، وبنسبة أقل في الصخور المتحولة (النايس)، بالإضافة إلى مصادر صناعية مثل صناعة البطاريات، والسبائك، وتغليف الكابلات، وصناعة مواسير المياه.

التأثيرات الصحية: يتسبب في ضعف العضلات وأعراض الجهاز الهضمي والجهاز العصبي الطرفي، والجهاز البولي وارتفاع ضغط الدم وإضرابات الأنزيمات، وفقر الدم.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.01 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

الباريوم (Ba^{+2})

المصدر: معدن البارايت ضمن الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة، وفي بعض الترب، ومخلفات أنشطة حفر الآبار .

التأثيرات الصحية: يكون لزيادة جرعة الباريوم مفعولاً قوياً على جميع العضلات بما في ذلك عضلات القلب والمعدة والأمعاء، كما يوجد ارتباط بين الأمراض القلبية الوعائية وارتفاع مستويات الباريوم في مياه الشرب حتى 10 ملجم/لتر.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.7 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

الكروم (Cr)

المصدر: الصخور النارية القاعدية والفوق قاعدية مثل الجابرو، والدونايت والبريدوتيت والسربنتينايت، ويوجد ضمن النفايات الصناعية الناتجة من صناعة السبائك والسيراميك، ودبغ الجلود، والألوان والطلاء. وفي بعض المبيدات الفطرية.

التأثيرات الصحية: تسمم مزمن يؤدي إلى تلف الكبد والكلى ونزيف داخلي وتلف في الجهاز التنفسي والتهاب الجلد، كما أن امتصاص الكالسيوم من العظام يسبب مرض هشاشه العظام.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.05 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr, Cu^{+2} and Mn^{+2}

النحاس (Cu^{+2})

المصدر: الصخور النارية القاعدية مثل البازلت والجابرو، ويمكن أن يوجد ضمن الصخور الجرانيتية. ووقد يكون مصدر النحاس في الماء ناتج عن تآكل شبكات التوزيع ومواسير المياه المنزلية.

التأثيرات الصحية: لا توجد، غير أن تناول جرعات مفرطة قد يؤدي إلى الغثيان والقيء والإسهال، وآلام البطن والعضلات، وفي الحالات الشديدة يؤدي إلى فقر الدم وتسمم الكبد والفشل الكلوي.

المواصفات القياسية اليمنية: 1 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

4. المكونات الكيميائية

2.4 المكونات الكيميائية النادرة (Each < 0.01mg/l)

As^{+5}, Cd^{+2}, Pb^{+2}, Ba^{+2}, Cr^{3+}, Cu^{+2} and Mn^{+2}

المنجنيز (Mn^{+2})

المصدر: معادن البيرولوسيت (MnO_2) والرودوكوزيت ($MnCO_3$) ضمن الصخور النارية والرسوبية، وفي التربة.

التأثيرات الصحية: لا توجد، غير أن تناول جرعات مفرطة قد يؤدي إلى فشل كلوي وتلف للكبد وتهيج للجهاز العصبي المركزي، ويمكن أن يحدث تهيج معوي ومعدي حاد.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.1 ملجم/لتر في مياه الشرب المعبأة، 0.4 ملجم/لتر في مياه الشرب غير المعبأة.

3.4 إشعاعات ألفا (α)، بيتا (β)

المصدر: الصخور المحتوية على بعض العناصر المشعة، أو عن طريق المخلفات الصناعية غير المعالجة. ونتيجة للتحلل الإشعاعي تنبعث ثلاثة أنواع من الأشعة هي ألفا (α)، بيتا (β).

التأثيرات الصحية: احتواء الماء على بعض العناصر المشعة يعتبر أمراً خطيراً للغاية، نظرا لما تشكله مثل هذه العناصر من مخاطر هائلة على صحة الإنسان وحياته، فقد تؤدي إلى حدوث أورام خبيثة.

المواصفات القياسية اليمنية: 0.5 بيكريل/ لتر من أشعة ألفا (α)، 1 بيكريل/ لتر من أشعة بيتا (β) في مياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

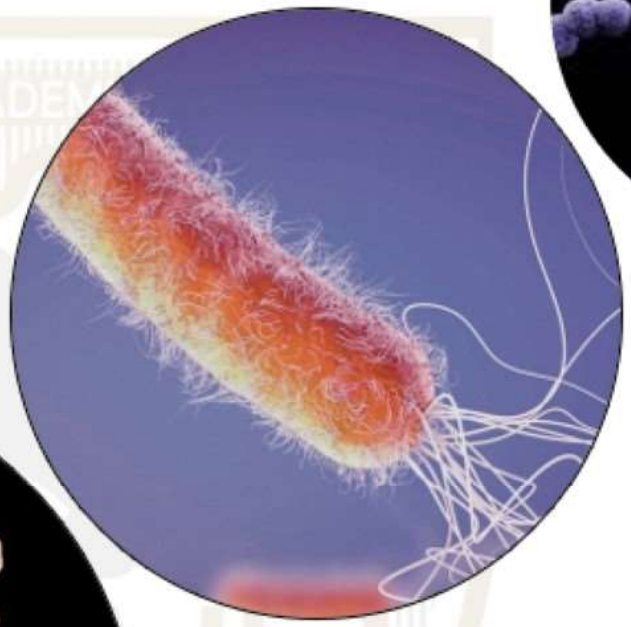
رابعاً: المعايير البيولوجية

يشترط أن تكون مياه الشرب في عينة 100 مل مياه شرب غير معبأة، وعينة 250 مل مياه شرب معبأة خالية تماماً من:

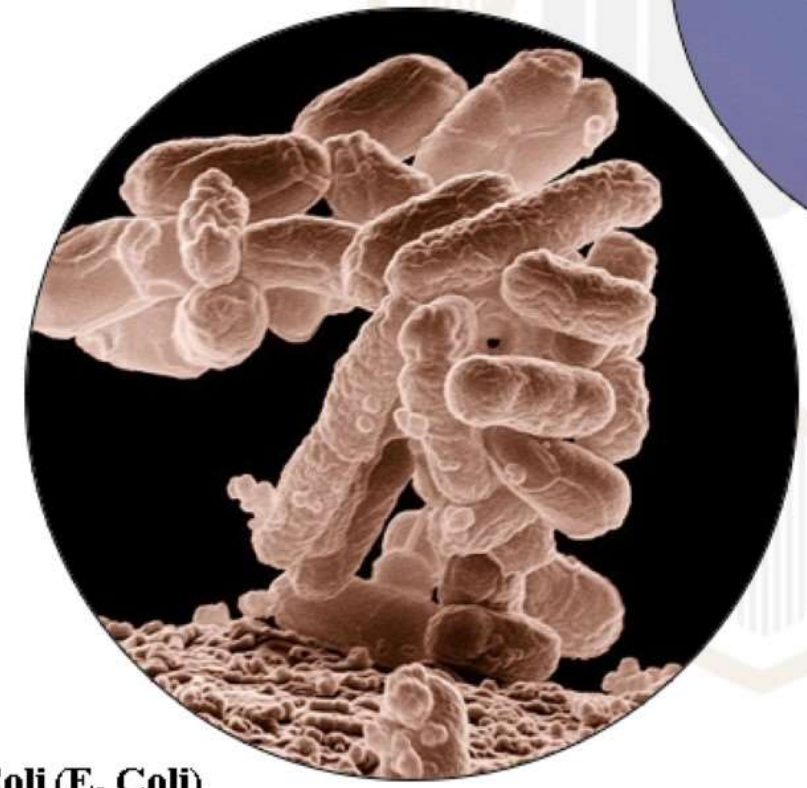
- **بكتريا القولون الكلية (Total coliform)**
- **بكتيريا القولون البرازية (Fecal coliform) بما في ذلك الاشريكية القولونية (Escherichia Coli)**
- **بكتريا السيدومناس (Pseudomonas).**
- **بكتريا ستربتوكوكاي (Streptococcus).**
- **البكتريا اللاهوائية المتحوصلة والمختزلة للكبريت.**
- **الميكروبات والفيروسات الضارة.**
- **الكائنات الأولية والطحالب والفطريات.**

ملحوظة: ظهور البكتيريا بعد الـ RO يدل على حدوث تسريب في الـ O-Rings أو نتيجة توسع مسامات الأغشية مع الزمن، أو تسرب من الريجيكت إلى البيرميت أو تهريب من التمديدات.

Streptococcus



Pseudomonas aeruginosa



Escherichia Coli (E. Coli)

المواصفات القياسية للمياه
(Water Standards)

تُقدّم منظمة الصحة العالميّة (WHO) معايير دوليّة تتعلّق بجودة المياه وصحة الإنسان تُستخدم كمرجع أساسيّ يُعتمد عليه عند وضع معايير مياه الشرب على مستوى دول العالم؛ ويتم تحديث هذه المعايير بشكل دوري نتيجة لتطور العلوم واكتشاف طرق قياس أكثر دقة.

وفي اليمن تم إعداد المواصفات القياسية لمياه الشرب العامة في العام 1999م من قبل الهيئة العامة للموارد المائي. وفي العام 2012 م تم اعتماد المواصفات القياسية لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة من قبل هيئة التقييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية 2012م.

وانطلاقا من أهمية مراقبة نوعية وجودة المياه لضمان سلامتها ومطابقتها للمواصفات القياسية لمختلف الاستخدامات، فقد عملت الهيئة على تنفيذ هذه الدراسة لتحديث المواصفات القياسية لمياه الشرب المعبأة وغير المعبأة.

المواصفات القياسية للمياه
(Water Standards)

مقارنة المواصفات القياسية لمياه الشرب غير المعبأة في اليمن مع دليل منظمة الصحة العالمية وبعض دول العالم

Syria 2007	Ethiopia 2013	Jordan 2015	Egypt 2007	Oman 2012	GCC 2012	UK 2017	EU 2014	WHO 2017	Yemen		وحدة القياس	المكون
									2012	1999		
15	15	15	-	15	15	20	-	-	15	15	Co/Pt	اللون (Color)
5	5	5	1	5	5	4	-	-	5	5	NTU	العكارة (Turbidity)
8.5- 6.5	8.5- 6.5	8.5- 6.5	8.5- 6.5	9 - 6.5	8 - 6.5	9.5 – 6.5	9.5 – 6.5	-	8 - 6.5	9 – 6.5	-	الرقم الهيدروجيني (pH)
900	1000	1000	1000	1000 - 120	1000 - 100	-	-	-	1000 - 100	1500	mg/l	اجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)
500	300	500	500	200	-	-	-	-	-	500	mg/l	العسرة الكلية (TH)
250	250	500	250	250	-	250	250	-	-	400	mg/l	الكبريتات (SO_4)
200	200	200		200	-	200	200	-	-	400	mg/l	الصوديوم (Na)
250	250	500	250	250	-	250	250	-	-	600	mg/l	الكلورايد (Cl)
-	50	-	150	30 or 150*	-	-	-	-	-	150	mg/l	الماغنسيوم (Mg)
0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.05	0.05	-	0.4	0.2	mg/l	المنجنيز (Mn)
-	75	-	350	-	-	-	-	-	-	200	mg/l	الكالسيوم (Ca)
-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	12	mg/l	البوتاسيوم (K)
0.2	0.2	0.1	0.2	0.2-0.1	-	0.2	-	-	-	0.3	mg/l	الالومنيوم (Al)
0.3	0.3	1.0	0.3	1.0	-	0.2	0.2	-	-	1.0	mg/l	الحديد (Fe)
1.5	1.5	1.5	0.8	0.8- 0.6	1.5	1.5	1.5- 0.8	1.5	1.5	1.5 – 0.5	mg/l	الفلور (F)
50	50	50	45	50	50	50	50	50	50	50 – 10	mg/l	النيترات (NO_3)
0.2	3	3.0	-	3.0	0.2	0.5	0.5	3	0.2	2.0	mg/l	النيتريت (NO_2)
1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2	2	1.0	1.0	mg/l	النحاس (Cu)
3.0	5.0	4.0	3.0	3.0	-	-	-	-	-	15	mg/l	الزنك (Zn)
0.02	-	0.07	0.02	0.02	0.07	0.02	0.02	0.07	0.07	0.02	mg/l	النيكل (Ni)
0.07	-	0.09	0.07	0.07	0.07	-	-	-	0.07	-	mg/l	الموليبديوم (Mo)
0.5	* 1.5	0.2	0.5	1.5	-	-	-	-	-	-	mg/l	الأمونيا (NH_3)
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.025	0.01	0.01	0.01	0.05	mg/l	الرصاص (Pb)
0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	mg/l	السيلنيوم (Se)
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	mg/l	الزرنيخ (As)
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	mg/l	الكروم (Cr)
0.05	0.07	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	-	0.07	0.1	mg/l	السيانيد (CN)
0.003	0.003	0.003	0.003	0.03	0.003	0.005	0.005	0.003	0.003	0.005	mg/l	الكادميوم (Cd)
0.001	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.001	0.001	mg/l	الزئبق (Hg)
0.7	0.7	1.0	0.7	0.7	0.7	-	-	1.3	0.7	1.0	mg/l	الباريوم (Ba)
0.005	-	0.02	0.02	0.02	0.5	0.005	0.005	0.02	0.02	0.005	mg/l	الانتيمون (Sb)
1.0	0.3	2.4	0.5	0.5	0.5	1.0	1	2.4	0.5	0.3	mg/l	البورون (B)
0.5	0.1	0.5	0.1	-	0.5	0.1	-	0.5	0.5	0.1	Bq/l	النشاط الكلي لأشعة الفا
1.0	1.0	1.0	1.0	-	1.0	1	-	1.0	1.0	1.0	Bq/l	النشاط الكلي لأشعة بيتا
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CPU/250 ml	بكتريا القولون الكلية (Total coliform)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CPU/250 ml	بكتيريا القولون البرازية (Fecal coliform)

المواصفات القياسية للمياه
(Water Standards)

مقارنة المواصفات القياسية لمياه الشرب المعبأة في اليمن مع دليل منظمة الصحة العالمية وبعض دول العالم

Iraq 2001	Jordan 2018	Egypt 2005	Libya 2016	GCC 2012	IBWA 2015	WHO 2017	Yemen		وحدة القياس	المكون
							2012	1999		
10	5.0	5.0	5.0	15	5	-	15	-	Co/Pt	اللون (Color)
5.0	0.5	1.0	1.0	5.0	0.5	-	5.0	-	NTU	العكارة (Turbidity)
8.5 – 6.5	8.5 – 6.5	8.5 – 6.5	8.5- 6.5	8 - 6.5	7.0 - 5.0	-	8 - 6.5	8.5- 6.5	-	الرقم الهيدروجيني (pH)
1000	300	1000	500 - 100	600 - 100	500	-	600 - 100	1000	mg/l	اجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)
500	-	-	200	200	-	-	200	300	mg/l	العسرة الكلية (TH)
250	100	250	250	250	250	-	250	300	mg/l	الكبريتات (SO_4)
200	100	200	200	-	-	-	-	200	mg/l	الصوديوم (Na)
250	-	250	250	-	250	-	-	300	mg/l	الكلورايد (Cl)
	30	-	-	150	-	-	150	30	mg/l	الماغنسيوم (Mg)
0.1	-	0.1	0.05	0.1	0.05	-	0.1	0.1	mg/l	المنجنيز (Mn)
	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	-	0.1	0.2	mg/l	الألومنيوم (Al)
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-	0.3	0.7	mg/l	الحديد (Fe)
1	1.5	1.0	1.5	1.5- 0.8	3.0	1.5	1.5 – 0.8	1.0	mg/l	الفلور (F)
50	20	50	45	50	10	50	50	45	mg/l	النيترات (NO_3)
3	1	0.02	3.0	0.2	1.0	3	0.2	-	mg/l	النيتريت (NO_2)
1	1	2.0	1.0	1	1.0	2	1	0.7	mg/l	النحاس (Cu)
3	3	3.0	3.0	0.1	5.0	-	0.1	10	mg/l	الزنك (Zn)
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.1	0.07	0.02	0.01	mg/l	النيكل (Ni)
-	0.09	0.07	0.07	0.07	-	-	0.07	-	mg/l	الموليبديوم (Mo)
0.01	0.01	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.05	mg/l	الرصاص (Pb)
0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.002	mg/l	السيلنيوم (Se)
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	mg/l	الزرنيخ (As)
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	mg/l	الكروم (Cr)
0.02	0.07	0.07	0.05	0.07	0.1	0.07	0.07	0.1	mg/l	السيانيد (CN)
0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.003	0.003	0.005	mg/l	الكادميوم (Cd)
0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.001	0.005	mg/l	الزئبق (Hg)
	0.2	0.7	-	0.7	1.0	1.3	0.7	1.0	mg/l	الباريوم (Ba)
-	0.005	0.005	0.005	0.02	0.006	0.02	0.02	0.05	mg/l	الانتيمون (Sb)
							0.5	0.3	mg/l	البورون (B)
0.1	0.5	0.1	0.1	0.5	15 pCi/l	0.5	0.5	0.5	Bq/l	النشاط الكلي لأشعة ألفا
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	50 pCi/l	1.0	1.0	1.0	Bq/l	النشاط الكلي لأشعة بيتا
0	0	0	0	0	0	0	0	0	CPU/250 ml	بكتريا القولون الكلية (Total coliform)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	CPU/250 ml	بكتيريا القولون البرازية (Fecal coliform)

NEXT WEEK

LECTURE (4)

Water Quality 2