المعهد التقاني الهندسي
دمشق

كيمياء المياه

إعداد الدكتورة: رشا بنيان

السنة الثانية

تتفاوت مجموعة كبيرة من العلوم بهدف دراسة المياه والحفاظ على الصحة العامة، منها علم كيمياء المياه، وتنطوي مجموعة هذه العلوم تحت عنوان كبير هو: **الهندسة الصحية**.

- **تقسم مصادر المياه التي يمكن استعمالها لإمداد التجمعات السكانية إلى:**

1. المياه الجوية أو مياه الأمطار
2. المياه الجوفية ((الآبار والينابيع))
3. المياه السطحية ((الأنهار والبحيرات))

- **تنقسم المياه حسب صلاحيتها للاستعمال إلى:**

1. مياه نقية: حيث تكون خالية من الجراثيم والمواد المعدنية الذائبة التي تكسبها طعماً أو لوناً أو تجعلها مسببة للأمراض.
2. مياه غير نقية: وهي التي تحمل مواد غريبة أو عالقة إلا أنها لا تسبب أمراض.
3. مياه غير صالحة: وهي التي تحتوي على البكتريا الضارة أو المواد الكيميائية الممرضة أو السامة مما يؤكد عدم صلاحيتها.

➢ استعمالات المياه:

1) الاستعمالات المنزلية: وتشمل كل ما يستهلكه الإنسان في الأغراض المنزلية مثل (الشرب والطهي والغسيل والتنظيف والاستحمام ....)
وكذلك المياه المستخدمة في التدفئة والتكييف ورش الحدائق الخاصة في البيوت ....
2) الاستعمالات الصناعية: وتشمل المياه المستعملة في المعامل والمصانع على اختلاف أنواعا وتختلف كمية المياه المستهلكة حسب نوع الصناعات (أغذية، أدوية، منسوجات) كذلك تدخل في هذا المجال المياه المستخدمة في التبريد ومعامل المياه الغازية وغيرها من الأغراض الصناعية..

3) الاستعمالات العامة: وتشمل المياه المستخدمة في المباني العامة (مدارس، مشافي، فنادق) ورش الشوارع وسقاية الحدائق العامة ومكافحة الحرائق وغسيل شبكة الصرف الصحي وغيرها.
4) الضياعات العامة: وتشمل الضياعات في أنابيب الشبكات العامة نتيجة اهترائها، وعدم كتامة وصلاتها وتختلف كميتها حسب أنواع الشبكات وإمكان صيانتها بشكل جيد.

- يزداد استهلاك المياه تبعاً للحاجات الشخصية يوماً بعد يوم، إذ تشير الدراسات إلى أن الاستهلاك اليومي للفرد الواحد وسطياً يتراوح من 100←600 ل/ للشخص في اليوم، وذلك تبعاً لمستوى المعيشة في الدول المختلفة، ولدرجة رفاهية المجتمعات فيها، وقد ينخفض استهلاك الفرد في البلدان النامية إلى 60 ل /للشخص في اليوم، وأياً كان مصدر الماء فإنه لا يتواجد في الطبيعة نقياً نقاءً كاملاً.

كيمياء المياه

الرابطة الكيميائية: تخضع جزيئات المياه للرابطة الهدروجينية والتي تتكون من اتحاد الهيدروجين مع العناصر الكهرسلبية مثل الهالوجينات، هذه الروابط ذات كهر سلبية عالية بسبب الفرق الكبير في الكهرسلبية بين ذرة الهيدروجين والذرة الأخرى فيتشكل لدينا قطب موجب وقطب سالب.

ففي جزيء الماء لدينا ذرتي هدروجين وذرة أوكسجين في الماء كل ذرة بحاجة إلى إشباع مدارها الخارجي للوصول إلى حالة الاستقرار لذلك يتم الارتباط بالشكل الجانبي وتكون الروابط تشاركية فيحصل توزع للشحنات على كامل الجزيء، ويصبح كأنه لدينا مغناطيس القسم الأول موجب الشحنات يمثل ذرات الهدروجين والقسم الثاني سالب الشحنة يمثل ذرة الأوكسجين.

- **الحرارة النوعية**: هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1kgمن المادة درجة مئوية واحدة واحدتها جول / كغ. د°.

وتكون درجة الحرارة النوعية للماء تساوي 4180 جول /كغ. د°
كلما زاد الارتباط بين الذرات قلت الحرارة النوعية.

- **الحرارة الكامنة للانصهار**: هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير حال 1kgمن المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة دون تغيير في درجة حرارة المادة مثل الجليد ويقاس بـ جول /كغ.

- **تمدد الماء عند تصلبه**:

الكثافة $P = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{M}{V}$

عند انخفاض درجة حرارة المادة يتقلص حجمها أي ينخفض وبالتالي تزداد الكثافة وتزداد الكتلة ويحدث ذلك في جميع السوائل ما عدا الماء.

في الجليد عندما تزداد درجة الحرارة من (0 إلى 4°) فإن الحجم يتناقص وبعد هذه الدرجة يبدأ الجليد بالتمدد خلافاً للسوائل المعروفة فلذلك تتشكل طبقات الجليد على سطح البحيرة في المناطق الباردة، يستمر التمدد حتى تصبح درجة الحرارة لأبرد طبقة بالجليد صفر وبالتالي حتى لو كانت درجة حرارة الوسط المحيط أقل من الصفر فإن الماء يحافظ على حرارته

- **الناقلية الحرارية للماء**: تكون ضعيفة لأن قوى الارتباط بين مكونات السائل تكون ضعيفة

- **التوتر السطحي**:

هي القوة المؤثرة على واحدة الطول لسطح الماء واحدتها نيوتن على متر N/m

- إن جزيئات السائل ترتبط مع بعضها بقوى تماسك جزيئية وهي قوى شبه ضعيفة لذلك أغلب السوائل تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه
- إذا فرضنا أن هذا السائل المائي يتكون من جزيئات ماء سطحية وجزيئات ماء في أسفل الوعاء حيث أن جزيئات الماء في الأسفل ترتبط مع بعضها بقوى تجاذب مما يجعلها متّزنة لذلك إن محصلة هذه القوى معدومة

➢ بالنسبة لجزيئات الماء السطحية فهي خاضعة لقوتين:

1. قوى تلاصق مع الهواء
2. قوى تجاذب مع جزيئات الماء في الأسفل (نحو الأسفل)

ولكن بما أن كثافة الماء أكبر من الهواء فتكون قوى التلاصق مع الهواء ضعيفة وتكون محصلة القوى لجزيئات الماء في أعلى السطح باتجاه قوى التجاذب في الأسفل أي أن كل جزء من السائل عند السطح يكون متأثراً بقوى جذب للداخل مما يؤدي إلى تقليص سطح السائل ليشغل أصغر مساحة ممكنة

- **خاصة التشرد**: من الخواص المميزة للماء أنه يحتوي بالإضافة إلى جزيئات الماء يحتوي على شوارد ناتجة عن عملية التشرد الذاتي والتي تحدث تحت تأثير القوى بين الجزيئات

$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$$

أي أن كل جزيئة ماء تعطي شاردة هيدروجين وشاردة هيدروكسيل

- تتأثر ثوابت التشرد بدرجات الحرارة ارتفاعاً وانخفاضاً وبعوامل أخرى مختلفة كالكثافة والحركة وتصادم الذرات وغير ذلك من القوى الأخرى

يتم التعبير عن حموضة الماء

$$\mathbf{P_H} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{log}[\boldsymbol{H^+}]} = -\log [H^+]$$

$$\mathbf{P_{OH}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{log}[\boldsymbol{OH^-}]} = -\log [OH^-]$$

- في الحالة العادية الطبيعية للماء يكون التعادل الشاردي هو السائد أي أن تركيز شاردة الهيدروجين مساوياً لتركيز شاردة الهيدروكسيل، أي

في الوسط المعتدل: $P_H = -\log [H^+] = P_{OH} = -\log [OH^-] = -\log (10^{-7}) = -(-7) = 7$

في الوسط الحامضي $PH<7$

في الوسط القلوي $PH>7$

إن قلوية المياه الطبيعية تكون ناتجة عن انحلال الأسس القوية والضعيفة إضافة لوجود شوارد الكربونات والبيكربونات.

❖ **الأنواع المختلفة لقلوية المياه :**

1) القلوية الهيدراتية :هي قلوية ناتجة عن وجود جذر OH^{-1}
2) قلوية الكربونات :هي القلوية الناتجة عن وجود شوارد الكربونات في الماء صيغتها CO_3^{-2}
3) قلوية البيكربونات :سببها وجود شوارد البيكربوناتHCO_3^{-1} في الماء
4) وهناك قلوية ناتجة عن مركبات السليسيوم Si والفوسفات PO_4^{-3} .

- **خاصة الإذابة للماء**: يعتبر الماء مذيب جيد فهو يذيب الأملاح اللاعضوية نتيجة لاستقطاب جزيئاته ولدرجة الحرارة أهمية كبيرة في قدرة الماء على إذابة الأملاح حيث تزداد انحلالية بعض المواد وتنخفض حسب درجة الحرارة كما يذيب الماء عدد من الغازات ويشكل معهم مركبات كيميائية مثل غاز(NH_3 - CO_2 - H_2S) وبسبب هذه الظاهرة لا نجد ماءً نقياً في الطبيعة.
- ملاحظة: أغلب الأملاح تزداد انحلاليتها في الماء بازدياد درجة الحرارة
- يمكن للشوائب أن تكون عضوية أو لا عضوية أو أن تكون أحياء دقيقة
- إن تركيز الشوائب في الماء يؤثر على استعماله بحسب نوع الاستعمال (منزلي - صناعي- زراعي ...)

- **قابلية الأكسدة**: وهي عبارة عن كمية الأوكسجين اللازم لأكسدة الشوائب العضوية الموجودة في حجم معين من الماء

تظهر القيمة المرتفعة لقابلية الأكسدة في المياه الملوثة مدى وكمية التلوث، وهذا شيء مهم بالنسبة لصفات مياه الشرب حيث تكون الصحة العامة هي المطلوبة

نقول إن قيمة الأكسدة منخفضة إذا كان عدد الوحدات يقدر بين (2 إلى 5) ميلي غرام أوكسجين في لتر الماء، ومتوسطة من (5 إلى 8) ميلي غرام أوكسجين في لتر الماء ، ومرتفعة إذا كانت من (8 إلى 60) ميلي غرام أوكسجين في لتر الماء.

هذه الظاهرة نستفيد منها في معرفة طرق معالجة المياه وتعقيمها إذ أن المركبات العضوية هي العنصر الملوث المطلوب التخلص منه

- **نتيجة البحوث العلمية المتكررة** ومعرفة التركيب الجزئي والذري للماء أصبحت صيغة الماء المعروفة هي H_2O أي ذرتين هيدروجين مع ذرة أوكسجين، ومع استمرار البحوث تم اكتشاف النظائر وتشكل أنواع من المياه ثم استخدامها في مواضيع متعددة، مثلاً للأوكسجين نظائر منها (O_{18} - O_{17} - O_{16}) وللهيدروجين نظائر (H_1 - H_2 - H_3)

وهذه النظائر تعطي مركبات كيميائية مائية منها ما هو مستقر ومنها ما هو غير مستقر

نظير العنصر الكيميائي يختلف عن العنصر الاساسي بعد النيوترونات فقط

مثلاً عند اكتشاف نظير الهيدروجين (الديتريوم D) أصبح لدينا نوعين من الماء:

الماء العادي H_2O	الماء الثقيل D_2O
نواة ذرة الهدروجين في الماء تحوي بروتون واحد فقط	نواة ذرة الهيدروجين في الماء الثقيل تحوي على بروتون ونيوترون
كتلة الهيدروجين بالماء العادي قليلة	كتلة الهيدروجين في الماء الثقيل ضعف كتلة الماء العادي
يستخدم في المجالات الحياتية وكافة المجالات	يستخدم في المجالات النووية

كذلك يختلفان في الخواص الفيزيائية مثل: درجة الغليان - التجمد - الكثافة .....

الصفات النوعية للمياه

يمكن إيجاز الصفات النوعية للمياه بما يلي:

1. عند ذوبان الجليد وتحوله من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة فإن الحجم ينقص ولا يزيد بعكس السوائل الأخرى
2. تزداد كثافة الماء عند التسخين من الدرجة 0 إلى الدرجة 4 ثم تبدأ الكثافة بالتناقص مع ازدياد درجة الحرارة حتى الوصول إلى الحالة البخارية وتعتبر الكثافة العظمى للماء هي (1kg/l) وهو أدنى حجم نوعي
3. الناقلية الحرارية للماء أقل من غيرها من السوائل والمواد الأخرى
4. تنخفض درجة حرارة الماء بازدياد الضغط بينما ترتفع درجة حرارة الغليان بازدياد الضغط أيضاً
5. تنخفض اللزوجة بارتفاع الضغط على عكس السوائل الأخرى
6. قيمة التوتر السطحي للماء عالية بالمقارنة مع بقية السوائل باستثناء الزئبق

- تنتج الصفات والخواص الكيميائية للماء عن وجود عدد كبير من الجزيئات المائية المتأثرة فيما بينها بقوى معينة إضافة إلى الشروط الخارجية وبذلك يتحدد شكل الماء بثلاث حالات رئيسية (الصلبة، السائل، الغاز)

تقسيم المياه حسب شحنة المواد الموجودة فيها:

أ- أجسام موجبة الشحنة كالحديد والمنغنيز.

ب- أجسام سالبة الشحنة كالمركبات الكبريتية والكلورية.

ت- أجسام معتدلة ساكنة كمركبات الآزوت والمواد الدقيقة.

تقسيم المياه حسب نسبة الأملاح المعدنية الموجودة فيها:

أ- مياه معدنية ضعيفة :تكون نسبة الأملاح فيها من g/l (1-3)

ب- مياه معدنية متوسطة :تكون نسبة الأملاح فيها من g/l (3-10)

ت- مياه معدنية قوية :تكون نسبة الأملاح فيها من g/l (10-50)

ث- مياه معدنية خالصة :تكون نسبة الأملاح فيها أكثر من g/l (50)

ملاحظة: إذا كانت نسبة الأملاح المعدنية في الماء عالية أصبحت أكثر ملاءمة للعلاج الفيزيائي فلا تكون عندها صالحة للشرب (كالبحيرات والينابيع المعدنية).

بعض أنواع المياه :

1. المياه الفحمية :تحوي عنصر الفحم أو الكربون كمادة أساسية
2. المياه الكبريتية :تحوي عنصر الكبريت وتكون رائحتها واخزة
3. المياه الكلورية :يشكل منها عنصر الكلور النسبة الأساسية ولا يحتاج إلى تعقيم
4. المياه الكلسية :تحوي كلس وتكون نسبته
5. المياه المنغنيزية :تحوي المنغنيزيوم

مواصفات مياه الشرب

خواص المياه: تقسم إلى:

1. خواص فيزيائية
2. خواص كيميائية
3. خواص جرثومية
4. خواص بيولوجية

الخواص الفيزيائية

- درجة الحرارة
- اللون
- الطعم والرائحة
- العكارة
- الشفافية
- الناقلية الكهربائية
- الخلاصة الجافة

الخواص الكيميائية

- الرقم الهيدروجيني PH
- القساوة الكلية ((العسارة))
- أملاح المعادن
- الكلوريدات
- الفلوريدات
- الكبريتات
- المركبات الآزوتية
- الغازات المنحلة
- المواد الكميائية السامة

⬅أولاً: الخواص الفيزيائية لمياه الشرب:

1) **درجة الحرارة:** تختلف درجة حرارة المياه حسب مصدرها فالمياه الجوفية ذات حرارة ثابتة نوعاً ما تتراوح من 8← 12 درجة مئوية، بينما المياه السطحية حرارتها متغيرة حسب الطقس من الصيف إلى الشتاء وتتراوح من 1 ← 30 درجة مئوية

إن تحديد درجة حرارة المياه لا أهمية له من الناحية الصحية، إلا أنه يفضل أن تكون مائلة للبرودة

حيث تتراوح درجة حرارة مياه الشرب 7 ← 12 درجة مئوية

2) **اللون:** المياه النقية لا لون لها على عمق مترين وتصبح بلون أزرق سماوي على عمق 3 م، أما المياه غير النقية فيكون لها لون حسب مصدر عكارتها والمواد العالقة فيها.

- **ويعود تلون المياه إلى:**

1. وجود بعض المواد العضوية المنحلة فيها
2. وجود بعض الشوائب المعلقة
3. وجود مخلفات المصانع
4. مياه المجاري
5. مركبات الحديد
6. نمو بعض الطحالب أو وجودها والتفاعلات التي تنتج عنها
7. وجود بعض الشوائب المعدنية

- يجب إزالة اللون من المياه لأنه يؤدي إلى عدم استساغة المياه للشرب، بالإضافة إلى ما قد يسببه من التأثير السيء على نوعية الإنتاج في مجال الصناعة

مثلاً: وجود نسبة عالية من الحديد في المياه قد يؤثر في الصناعات النسيجية إذ يترك بقعاً صفراء تغير جودة الإنتاج.

من هنا كان لابد من تحديد درجة تلون المياه المسموح بها سواء كان في مجال الشرب أو الصناعة ويتم ذلك باستعمال محلول قياسي خاص يحتوي على $K_2Pt\ Cl_2$ كلور بلاتينات البوتاسيوم يخفف بماء مقطر للحصول على وحدات قياسية ثم يقارن لون العينة المراد فحصها بالألوان القياسية.

تحدد درجة تلون المياه المستعملة للشرب بنحو 20 درجة كحد أقصى، أما القيمة المعتمدة عادةً فهي 5 درجات

3) **الطعم والرائحة:** يتواجد الطعم والرائحة في المياه نتيجة عوامل كثيرة أهمها:

أ- عوامل طبيعية:

1. وجود مواد عضوية حيوانية أو نباتية متحللة
2. غياب الأوكسجين من المياه (طعم بشع) وتواجد غاز ثنائي كبريت الهدروجين H_2S (رائحة مزعجة)
3. تكاثر الطحالب والتفاعلات التي تنتج عنها خاصة بعد موتها (تحللها)

ب- عوامل اصطناعية:

1. إضافة المواد الكيميائية للمياه في عمليات التنقية مثل (إضافة الكلور لتعقيم مياه الشرب)
2. وجود بعض المخلفات في المياه
3. إلقاء مياه المجاري في المستودعات المائية دون معالجتها

- قد تكتسب المياه طعماً معيناً نتيجة انحلال بعض المركبات الكيميائية بتراكيز عالية
- يحدد كل من الطعم والرائحة بمقاييس معينة وهو ما يعرف بـ (البال)

البال: هو وحدة خاصة لتقدير وحدة الطعم والرائحة.

- إن القيمة المسموح بها بمياه الشرب يجب ألا تزيد لكل من الطعم والرائحة على 2 بال.

مواد عضوية + O_2 ⟵ $H_2O + CO_2$

4) **العكارة:** وهي تدل على إعاقة المواد العالقة لمرور الضوء خلال المياه؛ وتتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوع ودقة حبيباتها

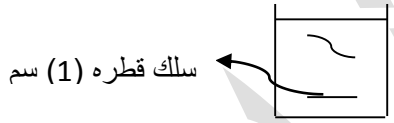
تعد درجة العكارة المسموح بها في مياه الشرب بمقدار من 3←5 ملغ /ل.

5) **الشفافية:** كلما زادت عكارة المياه نقصت شفافيتها

- **تقاس الشفافية بطرق كثيرة منها:**

طريق السلك البلاتيني:

حيث يتكون الجهاز اللازم لهذا الاختبار من أنبوب زجاجي قطره 6سم يوجد في قاعه سلك بلاتيني قطره 1 سم، يصب الماء حتى يبدأ السلك بالاختفاء ويقاس ارتفاع الماء الذي يعبر عن شفافية المياه بالسنتيمترات



6) **الناقلية الكهربائية:**

تعبر عن قدرة المياه على إمرار التيار الكهربائي وتتناسب مع تركيز المواد (الشوارد) الموجودة في المياه، وتقاس بـ $\mu s/cm$ ، وتتعلق بـ :

1-درجة حرارة المياه

2-وسرعة حركة الشوارد فيها

7) **الخلاصة الجافة:** هي المواد الصلبة وتشمل:

المواد العالقة والغروية والمنحلة في المياه (العضوية وغير العضوية)

ثانياً: الخواص الكيميائية لمياه الشرب:

1) الرقم الهيدروجيني PH:

يعرف بأنه log مقلوب تركيز شوارد الهيدروجين $PH = \log \frac{1}{[H^+]}$

ويدل PH على أن المياه قلوية أو حامضية

❖ ويبين الجدول التالي نوعية المياه حسب تغيرات PH:

نوعية المياه	→	قيمة PH
حامضية	→	1→3
متوسطة الحموضة	→	4→6
معتدلة	→	7
متوسطة القلوية	→	8→10
قلوية	→	11→14

- ليس لدرجة القلوية تأثير ضار على الصحة ولكن تعيين قيمتها ضروري لتحديد كمية المواد الكيميائية ونوعيتها المضافة إلى المياه في عملية الترسيب الكيميائي.
- تقاس درجة قلوية المياه بواسطة جهاز خاص يعرف بجهاز PH

2) القساوة الكلية (العسارة):

تحدد القساوة الكلية: بتركيز أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم الموجودة في الماء ولاسيما كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وكربونات المغنيزيوم $MgCO_3$، وأحياناً أملاح الزنك والحديد والألمنيوم والقصدير.

تتألف القساوة الكلية: من مجموع القساوة المؤقتة (الكربونية) والدائمة (غير الكربونية)

أ- القساوة المؤقتة (الكربونية): تنتج عن وجود كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم في الماء ويمكن إزالتها بسهولة وذلك بغلي الماء بفترة من الزمن.

ب- القساوة الدائمة (غير الكربونية): وهي تساوي القساوة الكلية مطروحاً منها المؤقتة وتنتج بشكل أساسي من وجود سلفات (كبريتات) وكلوريدات الكالسيوم والمغنيزيوم وأحياناً من وجود نترات وسيليكات الكالسيوم والمغنيزيوم

- ويمكن إزالة القساوة الدائمة: بوسائط كيميائية مثل التناضح العكسي RO

* تعد المياه العسرة غير صالحة للشرب إذا سببت هذه الأملاح طعماً للمياه أو اضطرابات معوية عند استعمالها

كما أن هذه الأملاح تشكل: مركبات غير منحلة مع المواد العضوية الموجودة في الصابون والخضار وبالتالي استخدامها غير مرغوب فيه للاستخدامات المنزلية وفي مجال الصناعة لأن المياه العسرة تضر بالأقمشة ونوعيتها.

القساوة المسموح بها في مياه الشرب يجب ألا تزيد عن 70 ملغ /ل وفي حالات خاصة يسمح بـ 250 ملغ /ل

3) أملاح المعادن:

تحتوي المياه على كميات متفاوتة من أملاح المعادن المنحلة والتي تختلف في تركيزها من مصدر إلى آخر.

- وإن وجود الأملاح بكميات كبيرة في المياه تكسبها طعماً غير مستساغ ولو أنها محدودة التأثير الفيزيولوجي.
- كما قد يتعرض بعض الأشخاص وبخاصة ذوي الحساسية إلى بعض الاضطرابات المعوية.

- **من أهم هذه المعادن:**

a) الحديد والمنغنيز (Fe، Mn) :

إن متوسط ما يأخذ الشخص البالغ يومياً من الحديد 12 ملغ ومن المنغنيز 4 ملغ ومصدرها الأساسي هو الغذاء، لذلك يمكن عد أن 1,5 ملغ /ل من الحديد والمنغنيز معاً كحد أقصى ليس له تأثير ضار على الصحة

ولكن نظراً لما يسببه هذان العنصران من تغير في طعم المياه ولونها وعكارتها وبقع على ملابس، لذا يفضل ألا يزيد الحديد في المياه على 0,3 ملغ /ل

والمنغنيز 0,1 ملغ /ل

حيث انه عندما يزيد تركيزهما عن 0,5 ملغ /ل يظهر الطعم المعدني.

b) المغنيزيوم Mg:

يوجد بكميات متفاوتة في الآبار ومن المعلوم أن وجوده بكميات كبيرة قد يسبب اضطرابات هضمية، كما أنه يكسب المياه طعماً غير مستساغ قبل أن يصل إلى التركيز الذي يسبب أضراراً فيزيولوجية لذلك يمكن السماح بوجود المغنيزيوم بمياه الشرب حتى50 ملغ /ل ويجب ألا يزيد عن 150 ملغ /ل

c) الكالسيوم Ca:

يوجد في المياه بتراكيز أكبر من المغنيزيوم وليس له أي ضرر فيزيولوجي إلا أن وجوده مع المغنيزيوم يزيد من عسارة المياه لذلك يفضل ألا يزيد الكالسيوم على 75 ملغ /ل

d) النحاس Cu:

هو من المواد الكيميائية التي لا توجد بصفة طبيعية في المياه ولكنه يصل إليها نتيجة تآكل في الأنابيب النحاسية أو بإضافته على هيئة كبريتات النحاس لعلاج المياه من الطحالب

النحاس يدخل في تركيب الدم، ولا يحمل أي تأثير سام تراكمي مثل الرصاص والزئبق، إلا أنه يجب ألا يزيد على 0,5 ملغ /ل

إذا وجد بتركيز يزيد على 1,5 ملغ /ل قد يسبب طعماً معدنياً ، وإذا زاد على 1 ملغ /ل أصبحت المياه غير مستساغة

e) الزنك Zn (التوتياء):

لا يوجد بصفة طبيعية في المياه لكنه يصل إليها من التأثير التآكلي في أنابيب المياه والخزانات المغلفنة أو من مخلفات المصانع

ليس له تأثير فيزيولوجي ضار ولكن: قد تسبب أملاحه القابلة للذوبان طعماً قابضاً غير مستساغ، 30 ملغ /ل تكسب المياه لوناً بنياً

ومن 25 ←40 ملغ /ل يعطي المياه طعماً معدنياً

و5 ملغ /ل يشكل طبقة شحمية زيتية عائمة على سطح المياه

لذا يفضل ألا يزيد تركيز الزنك في المياه الصالحة للاستعمال على 5 ملغ /ل ويجب ألا يزيد على 15 ملغ /ل

4) **الكلوريدات:** توجد بنسب متفاوتة في المياه، يعد وجودها عديم التأثير الفيزيولوجي فيتوقف التركيز المسموح به على طباع السكان واحتواء الماء على أملاح أخرى نظراً لأن أكثر الكلوريدات المتواجدة في المياه هي NaCl ولا تنص المواصفات على الحد من أملاح الكلوريدات لأسباب صحية ولكن تحد منها بسبب تركيز الطعم في المياه لذلك يسمح بوجود الكلوريدات حتى 200 ملغ /ل، ويجب ألا يزيد على 600 ملغ /ل

5) **الفلوريدات:** توجد بصورة طبيعية في أغلب مصادر مياه الشرب إلا أن وجودها بكميات كبيرة قد يؤدي إلى التسمم بالفلور عند الأطفال وإذا وجدت بتراكيز عالية جداً قد يؤدي إلى تسمم تراكمي.

- تعد الفلوريدات عنصراً أساسياً في مياه الشرب وتتراوح تراكيزها المحسوبة كعنصر الفلور من (0,5 ← 1 ملغ /ل)

6) **الكبريتات:** توجد في مياه الآبار بكميات متفاوتة يفضل ألا تزيد نسبتها على 200 ملغ /ل ويجب ألا تزيد على 400 ملغ /ل

7) **المركبات الآزوتية:**

هي المواد التي تدل على التلوث مثل: النشادر NH_3 والنتريت NO_2 والنترات NO_3 ولكل من هذه المركبات أهميتها في الاستدلال على مدى التلوث

مواد عضوية ← HN_4^+ ← NH_3 ← NO_2^{-2} ← NO_3^-

أ- النشادر NH_3: يدل على تلوث حديث للمياه بمواد عضوية حيوانية أو مياه صرف صحي حديثة

ب- النتريت :NO_2 يدل على نشاط بكتيري؛ إذ بوجود البكتريا والأكسجين يتأكسد النشادر ويتحول إلى نتريت، ويدل على أن التلوث حديث إلا أنه انقطع وتوقف لأن النتريت سريع التأكسد إلى نترات

ت- النترات NO_3: وهي الخطوة الأخيرة لتأكسد النشادر بفعل البكتريا، ويدل وجود أملاح النترات على أن التلوث قديم.

8) الغازات المنحلة:

أهم هذه الغازات: الأوكسجين O_2 _ ثاني أوكسيد الكربونCO_2 _ ثاني كبريت الهدروجين H_2S

أ- **الأكسجين:** وجوده في المياه دليل على صلاحيتها للاستعمال إذ أن تلوث المياه بالمواد العضوية يعني أن أنواعاً خاصة من البكتريا تستهلك الأكسجين المذاب في الماء لأكسدة المواد العضوية ولذلك تنخفض كمية الأكسجين، إذاً الفقر الكبير بالأكسجين دليل على تلوث المياه.

يتراوح تركيزه من 0 ← 14,6 ملغ /ل ، وذلك حسب درجة الحرارة والضغط الجوي النظامي

ب- **ثاني أوكسيد الكربون:** يتواجد في المياه بتراكيز مختلفة وذلك نتيجة تحلل المواد العضوية أو نشاط الكائنات الحية الموجودة في المياه وتنفسها، يتواجد في الماء بشكل غاز حر CO_2 أو بشكل شوارد بيكربونات HCO_3^- أو شوارد كربونات CO_3^{-2} وذلك حسب قيم pH للمياه ودرجة حرارتها

CO_2	←	$4 > pH$
HCO_3^-	←	$8.4 = pH$
CO_3^{-2}	←	$12 < pH$

ت- **ثاني كبريت الهدروجين:** يتواجد نتيجة تحلل المواد العضوية يجب ألا يزيد على 1 ملغ /ل نظراً لرائحته الكريهة إضافة إلى أنه يؤدي إلى تآكل الأنابيب المعدنية الإسمنتية إذا يتفاعل مع الحديد والإسمنت، لذا لابد من إزالته من المياه المستعملة للشرب والصناعة

9) **المواد الكيميائية السامة ☢ :**

تصل هذه المواد إلى المياه عن طريق: المخلفات الصناعية ومياه المجاري واستعمال مبيدات الآفات، أهم هذه المواد:

أ- الرصاص: لا يوجد عادةً في المياه الطبيعية، لكن الماء الحاوي على نسبة عالية من ثاني أوكسيد الكربون، يذيب بعض الرصاص عند مروره في الأنابيب الرصاصية. وتكمن خطورته في أن جسم الإنسان يميل لاختزانه بدلاً من التخلص منه، وقد أثبت التجارب أن استعمال مياه الشرب الحاوية على نسبة من الرصاص تتراوح من (0.05 ← 0.1) ملغ /ل لا تشكل أيّ خطر على الإنسان
ب- الزرنيخ: يوجد في المياه نتيجة تلوثها بمخلفات المصانع، يفضل أن تكون في المياه عند أقل حد ممكن ولا يزيد على 0.05 ملغ /ل
ج- الكروم سداسي التكافؤ: Cr يسبب تآكلاً في الأمعاء والجلد، وإذا زادت نسبته عن 1.5 ملغ /ل في مياه الشرب أدى ذلك إلى تراكمه في الكبد، لذا فالحد المسموح به هو 0.05 ملغ /ل
د- الكادميوم Cd: يجب ألا تزيد نسبته على 0.01 ملغ /ل، لأن زيادته تؤثر في الأوعية الدموية وتسبب التسمم الكلوي
س- السيانيد: النسبة المسموح بها 0.05 ملغ /ل
و- الزئبق Hg: مادة تراكمية سامة، لذا فإن النسبة المسموح بها في مياه الشرب هي 0.001 ملغ /ل

10) المواد المشعة:

- يجب ألا تحتوي مياه الشرب على المواد المشعة، لذا يمنع إلقاء المخلفات الذرية في المصادر المائية التي تستعمل للشرب

- تم اعتماد القيم التالية المسموح بها في مياه الشرب:

النشاط الإشعاعي من فئة ألفا 3 α ميكرو كوري/ل

النشاط الإشعاعي من فئة بيتا 30β ميكرو كوري/ل

ثالثاً: الخواص الجرثومية (البكتريولوجية) لمياه الشرب:

- تقسم البكتريا (الجراثيم) حسب تأثيرها الفيزيولوجي إلى:

1. بكتريا غير ضارة أو مفيدة: تعمل على أكسدة المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة ويستفاد منها في معالجة مياه الصرف الصحي
2. بكتريا ضارة: تسبب الكثير من الأمراض كالحمى التيفية والكوليرا
3. بكتريا تدل على التلوث: توجد في المياه وتصل إليها نتيجة تلوثها بالمخلفات البشرية، وهي لا تسبب أي مرض للإنسان إنما وجودها يستخدم كدليل على تلوث المياه، تعد مجموعة الكولونيات (بكتريا الكولون) وأهمها إيشيرشيا كولي (E. Coli)

من أكثر الدلائل استخداماً للكشف عن تلوث المياه، وتعرف أيضاً باسم الكوليفورم Coliform لهذا يجب ألا تحتوي المياه الصالحة للاستعمال على هذا النوع من البكتريا.

الفحوص الجرثومية (البكتريولوجية):

¤العدد الكلي للبكتريا :

- ويعطي فكرة عن عدد البكتريا العادية التي يمكن أن توجد في العينة وهي غالباً غير ممرضة
- ويجب ألايزيد العدد الكلي للبكتريا في المياه الصالحة للاستعمال على ٥٠ باللتر الواحد .

¤عدد بكتريا الكولون (الكوليفورم):

- يعد عدد بكتريا الكولون أو مجموعة الكوليفورم المعيار البكتريولوجي للمياه
- يجب ألا يزيد عدد بكتريا الكولون على ١ في عينة ١٠٠ مل ويمكن السماح بـ ٥ لكل ليتر

رابعاً: الخواص البيولوجية لمياه الشرب: (العضويات الكاشفة لنوعية المياه)

يتطلب الاختبار الإحيائي لمصدر مائي معرفة العضويات (الأحياء) الموجودة فيه، حيث يوجد عدد محدد من العضويات التي تنتمي طبيعياً إلى المصدر المائي حسب نوعه (بحر، نهر)

وعندما لا تتمكن هذه العضويات من تحقيق عملية التنقية الذاتية في المصدر أو الجسم المائي يتحول هذا المصدر إلى مصدر ملوث، فعند تصريف مياه المجاري إلى جسم مائي ما نلاحظ انه تحت نقطة التصريف تموت كمية كبيرة من العضويات مشكلة الوحل النشط (الحي)

الحاوي على عضويات غير مرغوب فيها ثم يبدأ الماء بإعادة الحياة بعد انحلال كميات من الأوكسجين فيها.

حينئذٍ تظهر (تنتعش) كميات من العضويات تتمثل بالبكتريات التي تتغذى على المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري؛ وفي الوحل النشط المتشكل

مما يؤدي إلى نمو هذه البكتريات وتكاثرها وبالتالي زيادة عملها.

وعند نفاذ غذائها (المواد العضوية) تموت هذه البكتريا وتصبح غذاء للبروتوزوا ومن ثم تموت البروتوزوا لتصبح غذاءً للديدان والقشريات، وهذا ما يشير على أن المياه في طريقها إلى صحتها وعافيتها؛ أي إن نوع العضويات الموجودة في المياه يكشف لنا نوعية المياه ومدى نقاوتها،

ويمكن تلخيص ما سبق بما يلي:

وحل نشط (عضويات غير مرغوب بها) ← بكتريا (بوجود الاكسجين) ← بروتوزوا (بوجود الاكسجين ونفاذ المواد العضوية)

القشريات ← (بوجود الاكسجين)

إن وجود الأسماك يتطلب وجود الأوكسجين المنحل بنسبة (6-5) ملغ / ل، وجود هذه النسبة يدل على عدم تلوث هذا الجسم المائي (حالة متطورة عن المراحل السابقة).

الكائنات المشاركة في المعالجة البيولوجية :			
البكتريا	وحيدات الخلية الحيوانية أو البروتوزوا	وحيدات الخلية النباتية	كائنات متعددة الخلايا

أولاً: البكتريا وتقسم إلى:

1-هوائية: حيث تقوم بهدم المواد العضوية وتحويلها إلى NH_4، H_2O، CO_2 ، وذلك بوجود الأكسجين المنحل DO.

$$\text{مواد عضوية} + O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا هوائية}} H_2O + CO_2 + \ldots\ldots$$

2-لا هوائية: تعيش بغياب الأكسجين (المنحل) حيث تقوم بهدم المواد العضوية وتحويلها إلى حموض وكحول ثمينة بالطاقة ومن ثم تتحول إلى، CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2O وذلك باستخدام الأكسجين المركب.

$$\text{حموض وكحول} \xrightarrow{\text{بكتريا لاهوائية}} \text{اوكسجين مركب + مواد عضوية} \rightarrow CO_2+H_2S+CH_4+H_2O$$

3-اختيارية أو متقلبة: تعيش بوجود الأكسجين المنحل (O_2)أو بغيابه هذه البكتريا لا تقوم بالأكسدة الكاملة للمواد العضوية وإنما جزئياً حيث تحولها إلى حموض وكحول.

- كما أن هناك أنواع من البكتريا تقوم بتأمين الطاقة عن طريق أكسدة المواد اللاعضوية مثل: بكتريا النترجة وبكتريا الكبريت

$$NO_3 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2 \quad \text{بكتريا النترجة}$$

ثانياً: وحيدات الخلية الحيوانية أو البروتوزوا: مثل الباراميسيوم أو ذات الأسواط وذات الأذرع.

ثالثاً: وحيدات الخلية النباتية: مثل الطحالب.

رابعاً: كائنات متعددة الخلايا: - حيوانية: مثل الديدان الخيطية والقشريات والديدان بشكل عام.

- نباتية: مثل الفطور والخمائر.

خصائص مياه الصرف الصحي

properties of waste water

تجرى عادة لتحديد خصائص مياه الصرف الصحي تحليل مخبريّة وذلك على عينات مأخوذة عبر فصول مختلفة وأيام مختلفة وحتى خلال ساعات مختلفة، ذلك لأن هناك عوامل متعددة تؤثر في تركيب المياه وخصائصها أهم هذه العوامل ما يلي:

1. عمر مياه الصرف الصحي:

ويقصد بذلك الوقت الذي مضى منذ صب المياه في شبكة الصرف الصحي إلى وقت أخذ العينة.

فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف الصحي تكون ذات لون مائل للرمادي مع وجود مخلفات بشرية وزيوت وشحوم ومواد أخرى طافية على السطح، بينما تكون رائحتها غير مزعجة.

وبمضي الوقت ونتيجة لجريان هذه المياه في شبكة الصرف الصحي تتفتت المواد العالقة والطافية وتندمج مع بعضها مكونة سائلاً متجانساً ذات عكارة عالية ولون أشد تركيزاً، بينما تتصاعد روائح ضارة ومزعجة نتيجة تحلل المواد العضوية.

2. زمن جمع العينة:

لمّا كانت كمية المياه المستعملة تتغير من وقت لآخر فمن البديهي أن يتغير تركيز المواد الصلبة في المياه من وقت لآخر أيضاً فنجد أن أكثر العينات تركيزً هي التي تؤخذ في الساعات الأولى من الصباح بينما نجد أن أقل العينات تركيزاً هي التي تؤخذ في الساعات المتأخرة من الليل.

3. تعرض مياه الصرف الصحي للهواء:

تحتوي المياه المصروفة في بداية جريانها في الشبكة على كمية من الأكسجين المنحل الذي سرعان ما يستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إن لم يتجدد الأكسجين وعندها تنشط البكتريا اللاهوائية ويحدث التحلل اللاهوائي للمواد العضوية الأمر الذي يكسب المياه لوناً داكناً ورائحة مزعجة وعلى العكس من ذلك إذا توافر التواصل بين المياه والهواء وتوافر الأكسجين اللازم لنشاط البكتريا الهوائية.

4. **درجة حرارة مياه الصرف الصحي:**

يظهر تأثير درجة الحرارة في زيادة نشاط البكتريا سواء هوائية أو لاهوائية إذ كلما ازدادت درجة الحرارة إلى حد معيّن زاد نشاط البكتريا.

5. **عوامل ميكانيكية:**

مثل مرور المياه على هدارات أو منحدرات ومحطات الضخ إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتيت المواد العالقة كبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً.

6. **كمية المياه المستهلكة ومياه الأمطار ومياه الرشح:**

تؤثر كمية المياه المستهلكة ومياه الأمطار في تركيز المواد الصلبة العالقة أما المياه الراشحة إلى شبكة الصرف الصحي فتؤثر في تركيز المواد النحلة لما من أملاح دائبة فيها.

.....

التحاليل الفيزيائية (physical analysis)

يتم خلال التحاليل الفيزيائية تحديد كل مما يلي:

1. **درجة الحرارة:**

يفيد تحديد درجة حرارة مياه الصرف الصحي في معرفة (حديثة أم قديمة) وأثرها في النشاط البيولوجي وقابلية انحلال الغازات وأثر اللزوجة في الترسيب.

إن حرارة مياه الصرف المنزلية أعلى بقليل من حرارة مياه المصدر المائي بسبب الحرارة المضافة عند استخدام المياه أما الحرارة الزائدة (فوق الطبيعية) فتدل على وجود مخلفات صناعية ذات حرارة مرتفعة.

يزداد النشاط البيولوجي أيّ نشاط البكتريا في أكسدة المواد العضوية بازدياد درجة الحرارة (50 - 55) درجة مئوية بينما يتناقص تدريجياً مع انخفاض درجة الحرارة بحيث يتوقف عند الدرجة 9 مئوية.

يتناقص انحلال الأكسجين في المياه بارتفاع درجة حرارتها كما تتناقص لزوجتها مما يزيد فعالية الترسيب.

2. **اللون:**

تكون المياه الحديثة رمادية اللون وتصبح ذات لون أسود عاتم بعد تعفن المواد العضوية الموجودة فيها أما الألوان الأخرى فتدل على وجود مخلفات صناعية وبالتالي فتحديد اللون يفيد في التعرف على المياه وعمرها.

3. **الرائحة:**

المياه الحديثة لا رائحة لها وتكتسب المياه الرائحة غير المقبولة نتيجة تعفن المياه العضوية أما المخلفات الصناعية فقد تعطي المياه روائح مختلفة حسب مصدرها ونوعيتها.

4. **العكارة:**

مياه الصرف الصحي عادةً تكون عكرة وكلما ازداد تركيز مياه الصرف ازدادت عكارته ونادراً ما يشار إلى هذه الخاصة الفيزيائية.

5. **المواد الصلبة:**

a. **المواد الصلبة الكلية:**

وهي مؤشر على درجة تلوث المخلفات السائلة وتشكل الجزء الرئيسي في تركيبها ويفيد معرفتها في تحديد درجة المعالجة اللازمة كما تدل على فاعلية عمل منشآت المعالجة إذ تحدد كمية المواد الصلبة في المياه الداخلة إلى محطة المعالجة والمياه الخارجة منها تشمل المواد الصلبة الكلية جميع المواد العالقة والذائبة العضوية وغير العضوية.

يمكن تحديدها بأخذ عينة من المياه معروفة الحجم ولتكن لتراً واحداً يبخر المياه ويجفف ما تبقى بعد التبخر ويوزن وهذا يدل على المواد الصلبة الكلية ملغ/ل.

b. **المواد الصلبة العضوية وغير العضوية (الطيارة والثابتة):**

تمثل المواد العضوية المواد الطيارة نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية حتى 600 درجة مئوية.

بينما تمثل المواد غير العضوية المواد الثابتة نظراً لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية.

إذا تعرضت المواد الصلبة الكلية التي تم تحديدها أعلاه إلى درجة حرارة أعلى من 600 درجة مئوية فإن المواد العضوية ستحترق ووزن ما تبقى من مواد بعد الحرق يدل على المواد الثابتة غير العضوية ملغ/ل. بينما يدل الفرق بالوزنين على المواد العضوية ملغ/ل.

c. المواد الصلبة العالقة والمنحلة:

تؤخذ عينة من المياه معروفة الحجم ولتكن لتراً واحداً ترشح المياه على مرشح من الأسبستوس ثم تبخر المياه الراشح ويجفف ما تبقى بعد التبخير ويوزن فيدل ذلك على المواد الصلبة المنحلة أما الفرق بين وزن المواد الصلبة الكلية المحددة أعلاه والمواد الصلبة المنحلة فيعطي المواد الصلبة العالقة.

d. المواد الصلبة العالقة سهلة الترسيب:

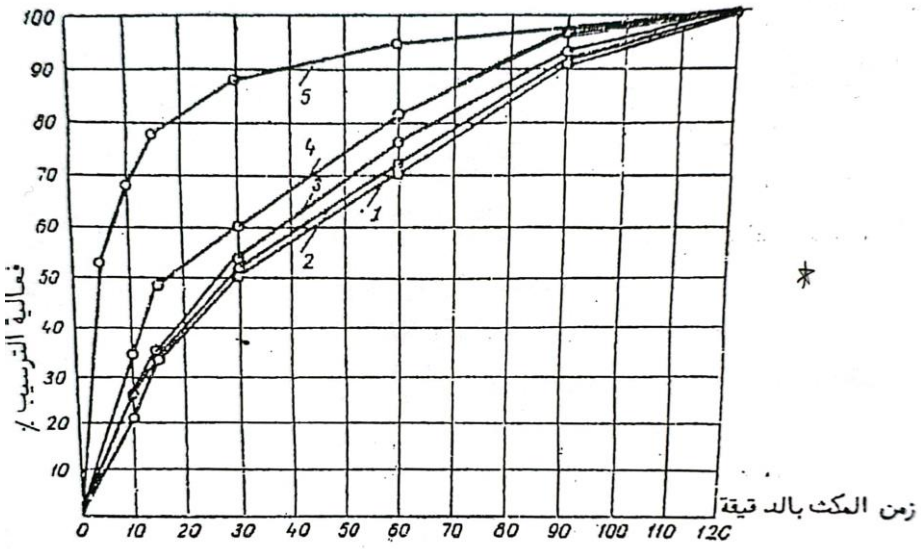
يتم تحديد كمية المواد الصلبة العالقة والتي يسهل ترسيبها طبيعياً خلال فترة زمنية معينة باستعمال زجاجة أمهوف ذات السعة لتراً واحداً وهي مدرجة بحيث يمكن قراءة حجم المواد الصلبة المترسبة مباشرةً على الزجاجة بعد فترة زمنية معينة ويعبر عن ذلك الحجم ب ملليتر/لتر. أو توزن بعد تجفيفها بدرجة حرارة (105) درجة مئوية ويعبر عندها ب ملغ/لتر.

وقد اتفق على عد المواد سهلة الترسيب هي التي ترسب خلال ساعتين من بدء الترسيب في ظروف المخبر أما ما لم يترسب خلال هذه المدة الزمنية فيسمى المواد الصلبة العالقة صعبة الترسيب.

نجري التجربة مخبرياً حيث يتم تحديد الرواسب خلال [5 / 10 / 15 / 30 / 60 / 90 / 120] دقيقة من المكوث في أنبوب أمهوف.

ويعبَّر عن حجم المواد المترسبة خلال الأوقات المبينة كنسبة مئوية من حجم الرواسب الكلي الناتج عن زمن الترسيب والمقدر بساعتين.

وتعبر هذه النسب عن فعالية الترسيب. يبين الشكل التالي نماذج لترسيب المواد العالقة في المخلفات السائلة بالنسبة لتركيزها.



المنحني (1) من أجل تركيز المواد الصلبة العالقة وسهلة الترسيب 0.5_1.5 ملم / لتر

المنحني (2) من أجل تركيز المواد الصلبة العالقة وسهلة الترسيب 1.6_2.5 ملم / لتر

المنحني (3) من أجل تركيز المواد الصلبة العالقة وسهلة الترسيب 2.6_3.4 ملم / لتر

المنحني (4) من أجل تركيز المواد الصلبة العالقة وسهلة الترسيب 3.5_4.7 ملم / لتر

المنحني (5) من أجل تركيز المواد الصلبة العالقة وسهلة الترسيب 3.4_16.3 ملم / لتر

تقدر كمية المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف المنزلي نحو (65)غ/اليوم/ للشخص، منها نحو (35-50) غ/اليوم/للشخص يمكن أن يترسب بشكل طبيعي وعملياً يؤخذ (40) غ/اليوم/للشخص.

(25 غ من أصل 65 غ لا تترسب خلال ساعتين) وذلك حسب النظام الروسي والبلغاري، كما حدد هذا النظام نسبة المواد العضوية وغير العضوية والمواد المنحلة وغير المنحلة في مياه الصرف المنزلية حسب ما يلي:

مواد منحلة 50%	عضوية 20%
	معدنية 30%
مواد عالقة غروية 10%	عضوية 8%
	معدنية 2%
مواد عالقة يمكن ترسيبها 20%	عضوية 15%
	معدنية 5%
مواد عالقة يصعب ترسيبها 20%	عضوية 15%
	معدنية 5%

أما العالم الألماني امهوف (imhofl) فيقدر ما يطرحه الفرد في اليوم من مواد عضوية وغير عضوية، منحلة وغير منحلة، سهلة الترسيب أو صعبة الترسيب كما يلي:

نوع المادة	معدنية	عضوية
مواد صلبة معلقة سهلة الترسيب	20غ	40غ
مواد صلبة معلقة صعبة الترسيب	10غ	20غ
مواد صلبة منحلة	50غ	50غ

وحسب النظام الأوروبي فيقدر ما يطرحه الفرد من مواد بأنواعها وأشكالها المختلفة كما يلي:

نوع المادة	معدنية	عضوية	المجموع
مواد صلبة معلقة	25غ	60غ	90غ
مواد صلبة معلقة سهلة الترسيب	15غ	40غ	55غ
مواد صلبة معلقة صعبة الترسيب	10غ	25غ	35غ
مواد صلبة منحلة	80غ	80غ	160غ

يحدد تركيز المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف المنزلية بالعلاقة:

$$c = \frac{a * 1000}{q}$$

حيث:

c: تركيز المواد العالقة ملغ/ل

a: كمية المواد العالقة غ/اليوم /للشخص

q: معدل صرف الفرد الواحد ل/اليوم

فإذا فرضنا وسطياً أن كمية المواد العالقة الناتجة عن الشخص الواحد باليوم (65)غ ومعدل الصرف 100 ل/اليوم فنجد:

$$c = \frac{65 * 1000}{100} = 650\ mg\ /\ l$$

وإذا فرضنا أن كمية المواد العالقة سهلة الترسيب الناتجة عن الشخص الواحد (40)غ/اليوم فإن تركيز هذه المواد يساوي:

$$c' = \frac{40 * 1000}{100} = 400\ mg\ /\ l$$

من الملاحظ أن تركيز المواد العالقة في المخلفات السائلة المنزلية وكذلك تركيز المواد العالقة سهلة الترسيب يتغيران حسب معدل الصرف للفرد الواحد كما هو مبين بالجدول التالي:

معدل الصرف ل/اليوم/للشخص	100	200	250	300
تركيز المواد العالقة ملغ/ل	650	325	260	200
تركيز المواد سهلة الترسيب ملغ/ل	500-350	250-175	200-140	أقل من 165

عادة يكون التركيز أعظمياً في ساعات الصباح والمساء وأدنى في ساعات الليل، كما يلاحظ أن التركيز في فصل الشتاء أكبر منه في فصل الصيف وذلك لأن معدل استهلاك الفرد للمياه شتاء أقل منه صيفاً.

إن المواد العالقة والمترسبة خلال ساعتين تكون ذات رطوبة عالية تقدر بنحو (97.5%) مع تكثيف هذه الرواسب تنخفض رطوبتها لتصل إلى (93-95) % بينما تزداد كمية المواد الصلبة الجافة في واحدة الحجم من هذه الرواسب بنسبة تتراوح من (2.5-7) %

وبشكل عام فالرواسب ذات الرطوبة العالية (أكبر من 80%) تكون كثافتها مساوية تقريبا كثافة المياه، لذلك يمكن عد أن حجم الرواسب وكتلتها يتغيران بالقيمة نفسها مع تغير رطوبتها، فإذا رمزنا بـ W_1 لحجم الرواسب برطوبة $P_1\%$ و W_2 حجم الرواسب برطوبة $P_2\%$

فإن:

$$W_2 = W_2(100 - P_2)/(100\,P_2)$$

يقدر حجم المواد المترسبة خلال ساعتين في أحواض الترسيب بـ (0.8) لتراً للشخص الواحد باليوم مع رطوبة (95) %.

يمكن تصنيف المياه حسب تركيز المواد الصلبة فيها إلى ثلاثة أنواع هي: مياه قوية أو مركزة، مياه متوسطة ومياه ضعيفة.

ويبين الجدول التالي التراكيز بالـ ملغ/ل:

المحتويات	مياه قوية	مياه متوسطة	مياه ضعيفة
المواد الصلبة الكلية	1000	500	200
المواد العضوية	700	350	120
المواد غير العضوية	300	150	80
المواد العالقة	500	300	100
المواد العضوية	400	250	70
المواد غير العضوية	100	50	30
المواد المنحلة	500	200	100
المواد العضوية	300	100	50
المواد غير العضوية	200	100	50

أما في شبكات الصرف الصحي المشتركة حيث تصرف مع المخلفات السائلة المنزلية مخلفات صناعية فإن تركيز المواد العالقة يتغير تغيرا كبيرا وذلك حسب نوعية الصناعة والمخلفات الناتجة عنها وهذا ما يلاحظ عادة في شبكات الصرف الصحي في المدن الكبيرة.

.....

التحاليل الكيميائية (chemical analysis)

يفيد تحديد الخواص الكيميائية للمخلفات السائلة في معرفة قوة هذه المياه ومرحلة التحليل التي وصلت إليها المواد العضوية الموجودة فيها.
كما يفيد أيضاً في اختيار طريقة المعالجة يتم ذلك بإجراء تحاليل مخبرية أهمها:

1. الرقم الهيدروجيني PH:

إن تحديد قيمته ضروري بشكل أساسي للتحكم بعمل محطات المعالجة وبخاصة في المعالجة الكيميائية أو المعالجة بالتحلل اللاهوائي للمخلفات السائلة.
ونجد ان الوسط الملائم للعمليات البيوكيميائية تتروح فيه قيم PH بين (7-8) وأن بكتيريا النتريت تنشط في وسط قيمة PH فيه من (4.8 -8.8) بينما بكتريا النترات فتنشط في وسط قيمة PH فيه (6.5 – 9.3).
المخلفات المنزلية غالباً ما تكون معتدلة وقيمة PH بحدود (7.2 – 7.6) بينما تختلف قيمة PH في المخلفات الصناعية اختلافاً كبيراً وذلك حسب نوعية الصناعة.

ويعرف PH بأنه لوغارتم مقلوب تركيز شوارد الهيدروجين في الماء ومن المعروف إن جزيئات الماء دوماً في حالة انشطار وينتج عن هذا الانشطار شوارد الهدروجين الموجبة H^+ وشوارد الهيدروكسيل السالبة OH^-

$$H_20 \rightarrow H^+ + oH^-$$

وإذا كانت هناك زيادة في شوارد الهدروجين تكون المياه حامضية وأيّ نقص فيها يجعل المياه قلوية.

فإذا رمزنا لتركيز شوارد الهيدروجين بالرمز $[H^+]$ و لتركيز شوارد الهيدروكسيل بالرمز $[OH^-]$ فإن تركيز هذه الشوارد في المياه يبقى ثابتاً.

$$[H^+] \cdot [OH^-] = K_W$$

حيث:

K_W هي ثابت التشرد أو الجداء الشاردي و تتغير قيمته حسب درجة الحرارة على الشكل التالي:

درجة الحرارة	قيمة K_w
0	$0.11 * 10^{-14}$
25	$1 * 10^{-14}$
50	$4.47 * 10^{-14}$
100	$59 * 10^{-14}$

وقد اعتمدت درجة الحرارة العادية مساوية 25 درجة مئوية وبالتالي K_W تساوي 10-14.

نلاحظ أنه في المياه المعتدلة تكون تركيز شوارد الهيدروجين مساوياً لتركيز شوارد الهيدروكسيل أي أن:

$$[H^+] = [0H^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

ومنه:

$$PH = lg\frac{1}{10^{-7}} = 7$$

ويدل تغيير الرقم PH على ما إذا كانت المياه قلوية أو حامضية ويبين الجدول التالي نوعية المياه حسب تغيرات PH.

قيمة pH	3-1	6-4	7	10-8	14-11
نوعية المياه	حمضية	متوسطة الحموضة	معتدلة	متوسطة القلوية	قلوية

2. الكلوريدات:

الكلوريدات مواد غير عضوية توجد بشكل كبير في بول الإنسان والحيوان لذلك فوجودها في المياه يدل على تركيز المخلفات البشرية.

يمكن أن تتأثر كمية الكلوريدات ببعض المخلفات الصناعية مثل صناعة المثلجات وأعمال تمليح اللحوم وغيرها.

3. الكلوراين اللازم والكلوراين المتبقي:

تحتاج المواد العضوية غير الثابتة الموجودة في المخلفات السائلة إلى كمية من الكلوراين (غاز الكلور Cl_2) لإتمام عملية تثبيتها تدعى هذه الكمية بالكلوراين اللازم. من ناحية أخرى يجب المحافظة على كمية الكلوراين في الماء بحيث يكون المتبقي نحو (0.5 – 1) ملغ/لتر للتأكد من عملية التعقيم وتدعى هذه الكمية الأخيرة بالكلوراين المتبقي.

4. المركبات الآزوتية:

a. الآزوت العضوي وآزوت النشادر:

تتحول المواد البروتينية في الأجسام الحية (حيواناً أم نباتاً) إلى مركبات أبسط ويفرزها بشكل أزوت عضوي $Co(NH_2)_2$ ثم تتحول هذه المركبات بفعل البكتريا اللاهوائية الموجودة في المياه وبعملية التحلل اللاهوائي إلى أملاح الآزوت النشادري.

$$co(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow [NH_4]_2CO_3$$

تتفكك هذه الكربونات لتعطي الأزوت النشادري (النشادر الحر)

$$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

وهكذا فوجود نسبة عالية من الآزوت العضوي في المياه يدل على انها مازالت حديثة بينما وجود كمية كبيرة من الآزوت النشادري يدل على تفكك المواد العضوية منذ فترة وأن المياه قديمة.

يجب التمييز بين غاز النشادر المنحل في المياه وشوارد الأمونيا، إذ أن وجود غاز النشادر بتركيز أكبر من 4 ملغ/لتر يكون له تأثير سام في الكثير من أنواع الأسماك، بينما شوارد الامونيا غير سامة.

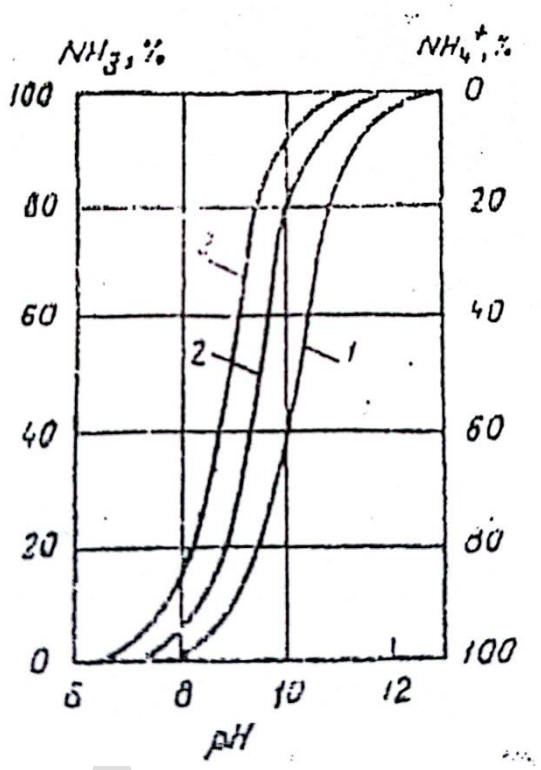
يمكن أن تتواجد شوارد الامونيا في المياه أو غاز النشادر أو الاثنين معا وذلك تبعا لدرجة حرارة المياه وقيمة PH

من أجل PH=7 يتواجد فقط شوارد الامونيا المنحلة

من أجل PH=12 يتواجد فقط غاز النشادر المنحل

من أجل 12>PH >7 يتواجد غاز النشادر و شوارد الامونيا معاً.

كما هو مبين بالشكل:



(1) من اجل درجة حرارة 00 درجة مئوية

(2) من أجل درجة حرارة 20 درجة مئوية

(3) من أجل درجة حرارة 40 درجة مئوية

تقدر كمية أملاح الآزوت النشادري للشخص الواحد باليوم ب (7-8) غ

فإذا كان تركيز أملاح الآزوت النشادري في عينة من المياه نتيجة تحليلها هو (25) ملغ\ل فإنه يمكن تقدير تصريف الفرد إذ يتراوح بين:

$$\frac{1000*7}{25} = 280 \text{ ل\اليوم}$$

$$\frac{1000*8}{25} = 320 \text{ ل\اليوم}$$

ومنه يمكن تقدير تصريف الفرد بنحو (300) ل\اليوم.

b. النتريت والنترات:

يتأكسد النشادر ويتحول إلى نتريت (No_2) وذلك حسب المعادلة:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$$

إن النتريت مركب غير مستقر ويتأكسد ليتحول إلى نترات (No3):

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$$

تعد النترات الشكل الأكثر استقرارا للمركبات الآزوتية في المخلفات السائلة لذا فوجودها يدل على استقرار التفاعلات في المياه، إلا أنها تساعد على نمو الطحالب والنباتات المجهرية.

لتشكيل النتريت وحسب المعادلة المبينة أعلاه فإن كل كتلتين آزوتا نقيا تحتاج لست كتل أوكسجينا نقيا بينما النترات تحتاج لثمان كتل من الأوكسجين أي أن الأكسدة حتى النترات تحتاج لـ 2 * 14 = 28 كتلة آزوتاً نقياً و8 * 16 = 128 كتلة أوكسجيناً نقياً.
أو أن لكل (1) ملغ آزوتا تحتاج لـ (4.57) ملغ أوكسجين.

عند إرجاع النتريت يتحرر جزء من كتل الأوكسجين، ويدخل قسم منه في تشكيل ثاني أكسيد الكربون والماء.

عند إرجاع النتريت (N_2O_3) فإن كل كتلتين من الآزوت يتحرر عنها ثلاث كتل من الأوكسجين. أي إن لكل (1) ملغ آزوتاً يتحرر عنه (1.71) ملغ أوكسجيناً بينما إرجاع النتريت (N_2O_5) فإن لكل (1) ملغ آزوتاً يتحرر عنه (2.85) ملغ أوكسجيناً.

5. مركبات الأوكسجين:

a. الأوكسجين المنحل:

يعد تركيز الأوكسجين المنحل في المخلفات السائلة مؤشراً على درجة تلوثها. فإذا كانت درجة التلوث عالية وكمية المواد العضوية كبيرة فيمكن أن ينعدم وجود الأوكسجين المنحل في هذه المياه، إذ تكون البكتريا قد استهلكته في أكسدة المواد العضوية. وغالباً ما يكون تركيز الأوكسجين المنحل في المخلفات السائلة صفرا ملغ\ل.

يمكن للأسماك والكائنات الحية المائية الأخرى أن تعيش في مياه ملوثة بالمخلفات السائلة على ألا يقل تركيز الأوكسجين المنحل على (4) ملغ\ل.

تتأثر قابلية انحلال الأوكسجين في المياه باضطراب السطح، درجة الحرارة، الضغط الجوي، النسبة المئوية للأوكسجين في الهواء، نقص الأوكسجين في المياه، المساحة المعرضة للهواء الجوي وعوامل أخرى غيرها. وقد ربط العالم هاتفيلد تغير انحلال الأوكسجين بأهم هذه العوامل بالعلاقة التالية:

$$D.O = \frac{0.678(p - p_v)(1 - s * 10^{-5})}{T + 35}$$

حيث :

D.O: كمية أوكسجين المنحل، ملغ\ل

P: الضغط الجوي، مم زئبقي

P_V: ضغط بخار الماء، مم زئبقي

S: تركيز الكلور في الماء، ملغ\ل

T: درجة الحرارة، درجة مئوية

إن قابلية انحلال الأوكسجين في الماء المالح أقل منها في الماء العذب كما إن قابلية انحلال الأوكسجين في المخلفات السائلة تساوي (95%) منها في الماء العذب.

b. الأوكسجين البيوكيميائي: (B.O.D)

ويعرف بأنه كمية الأوكسجين المستهلك من قبل البكتريا الهوائية لأكسدة المواد العضوية القابلة للتأكسد بواسطة البكتريا والموجودة في المخلفات السائلة ويرمز له (BOD) ويقاس بال ملغ\ل أو جزء بالمليون (P.P.M)

تلزم فترة طويلة لإتمام عملية تثبيت المواد العضوية بكاملها في مياه الصرف وليس عمليا الانتظار تلك الفترة الطويلة لمعرفة مقدار الأوكسجين اللازم. لذلك يعطي الرقم $(BOD)^{20}_{5}$ والذي يعبر عن كمية الأوكسجين المستهلك من قبل المواد العضوية خلال خمسة الايام الاولى وبدرجة حرارة (20) درجة مئوية وتمثل هذه الكمية تحو (68)% من الكمية الكلية لل BOD وكذلك تحدد قيمة $(BOD)^{20}_{20}$ وتمثل نحو (98)% من الـ BOD الكلية.

يتراوح تركيز ال BOD في المخلفات السائلة بين (500-100) ملغ\ل وهذا يتعلق بمقدار ما ينتج عن الفرد الواحد من الـ BOD يوميا وكذلك بمعدل الصرف اليومي للفرد الواحد.

يقدر ما ينتج عن الفرد الواحد من الـ BOD يومياً بنحو (55-50) غ ويبين الجدول التالي تغير تركيز ال BOD في المخلفات المنزلية مع تغير تصريف الفرد اليومي.

	100	125	150	170	200	250	300	350
تركيز ال$(BOD)_{20}$	500	400	333	295	250	200	167	143
ملغ/ل	550	440	367	325	275	220	183	157

في شبكات الصرف المشتركة حيث تدخل مياه الأمطار في التصريف فترتفع قيمة الـ BOD الـ (77)غ\للشخص\اليوم، أي بزيادة 40% على المخلفات المنزلية.

أما في الحالات التي تستخدم فيها المطاحن التي تركب في المطابخ بهدف طحن النفايات الصلبة الناتجة يوميا وصرفها مع شبكة الصرف المنزلية فترتفع عندها قيمة الـ BOD إلى (73)غ\للشخص \لليوم.

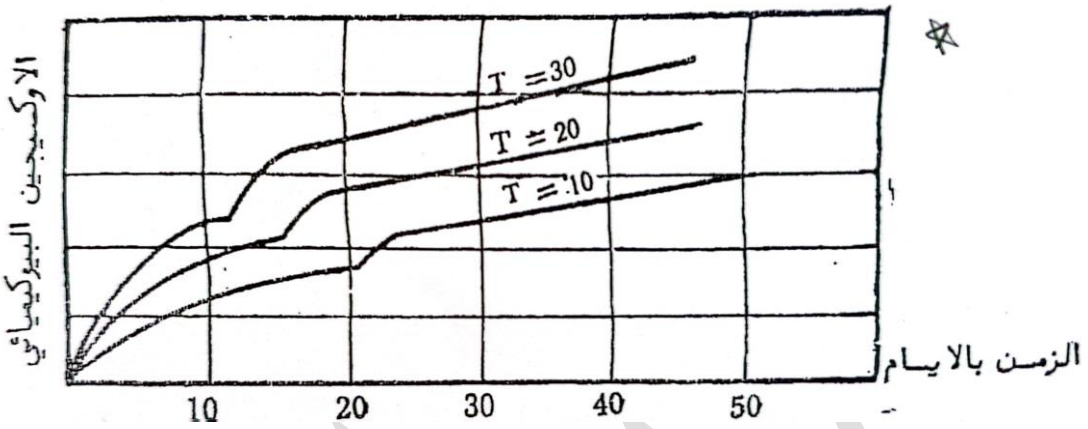
في المباني العامة التي لا تعمل طوال اليوم مثل المباني الإدارية والمدارس وغيرها فتقدر كمية الـ BOD فيها نحو (27) غ\للشخص \لليوم.

تتوقف قيمة الـ BOD على العوامل التالية:

1. تركيز المواد العضوية في المياه: فكلما زاد التركيز زاد الأوكسجين المستخدم أي زادت قيمة BOD.
2. درجة الحرارة أثناء فترة حفظ العينة: إذ كلما زادت درجة الحرارة – إلى حد معين – زاد نشاط البكترايا في أكسدة المواد العضوية.

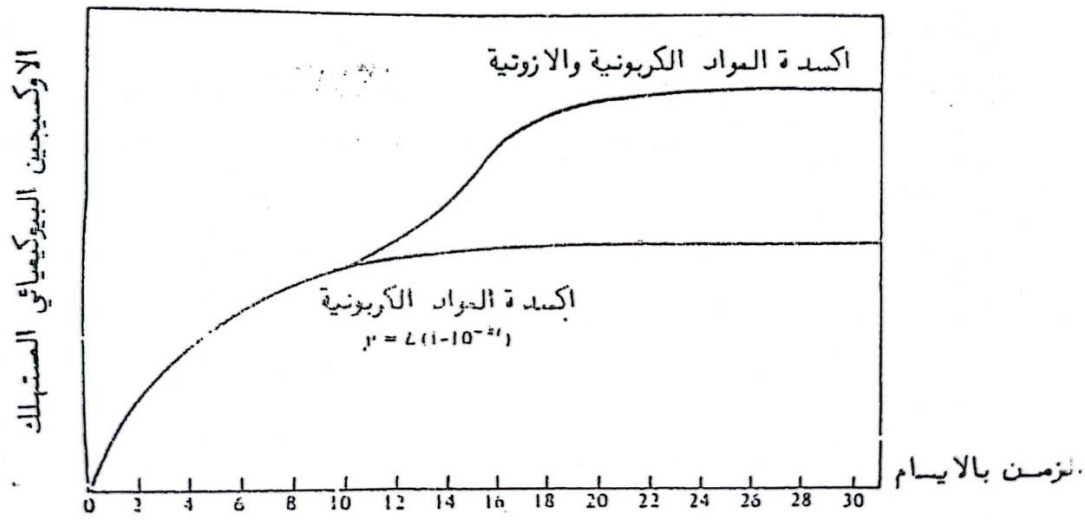
3.زمن حفظ العينة: (خمسة أيام، عشرين يوما، شهراً ....) فكلما زاد زمن الحفظ زادت كمية BOD.

ويمكن مقترنة النتائج لتحاليل متعددة على عينات مختلفة في أماكن أخذها وأوقات حفظها، اتفق على أن تبقى درجة حرارة الحفظ 20 درجة مئوية ومدة الحفظ 5 أيام ويبين الشكل التالي المنحنيات الموضحة للعلاقة بين المتغيرات الثلاث: الـ BOD، زمن الحفظ، درجة الحرارة.



ويمكن تقسيم أيّ منحني من هذه المنحنيات إلى مرحلتين:

1. المرحلة الأولى: وتستمر من (15-10 يوماً) وفيها تتأكسد المواد العضوية كربونية الأصل ويتميز هذا الجزء من المنحني بأن معدل استهلاك الأكسجين. يتناسب مع كمية المواد العضوية التي لم تتأكسد بعد.
2. المرحلة الثانية: ويتم خلالها أكسدة المواد العضوية آزوتية الأصل وتتميز بأن معدل استهلاك الأكسجين يكاد يكون ثابتاً وتستمر هذه المرحلة حتى يتم أكسدة جميع المواد العضوية القابلة للأكسدة بواسطة البكتريا وقد يستغرق فترة طويلة كما هو مبين في الشكل:



c. الأكسجين الكيميائي: (COD)

لا تعبر قيمة BOD عن جميع المواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة، نظراً لكون بعض هذه المواد لا تتأكسد بواسطة البكتريا، لذلك لا بد من تحديد ما يسمى الأكسجين الكيميائي المستهلك في أكسدة المواد العضوية ويرمز له ب COD.

تقد ال BOD في المخلفات المنزلية نحو 86% من ال COD بينما تزيد قيمة الـ COD على BOD بمقدار 50% وأكثر في المخلفات الصناعية.

6. الغازات المنطلقة:

نتيجة التحلل اللاهوائي للمواد العضوية بواسطة بكتريا لاهوائية تنطلق بعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريت الهيدروجين والميتان وكلها غازات خطيرة لا بد من صرفها بشكل سليم.

7. الزيوت والشحوم:

نادراً ما تتواجد الزيوت والشحوم في المخلفات المنزلية وأكثر تواجداً في المخلفات الصناعية وتطفو على السطح وتعيق عملية المعالجة لذلك لابد من تحديد كميتها لمعرفة كيفية معالجتها والتخلص منها.

تبعاً لنتائج التحاليل السابقة وتحديد تركيز كل من العناصر الداخلية في تركيب المخلفات السائلة يمكن معرفة درجة قوة هذه المياه كما هو موضح بالجدول:

التركيب	الوحدة	مياه قوية	مياه متوسطة	مياه ضعيفة
المواد الصلبة الكلية	ملغ/ل	1000	500	200
الأوكسجين البيوكيميائي		300	200	100
الأوكسجين المنحل		0	0	0
الأزوت الكلي		85	50	25
الأزوت العضوي		35	20	10
النشادر الحر		50	30	15
النتريت		0.1	0.05	0
النترات		0.4	0.2	0.1
الزيوت والشحوم		40	20	0
الكلوريدات		175	1000	15

التحاليل البكتريولوجية

يجري عادةً في هذه التحاليل تحديد عدد البكتريا الكلي وعدد البكتريا الدالة على التلوث (بكتريا الكولون) إلا أنه لا ضرورة لإجراء مثل هذه التحاليل بالنسبة لمياه الصرف الصحي إذ من البدهي أن تحتوي على أعداد هائلة من البكتريا الممرضة وغير الممرضة.

وتلعب البكتريا غير الممرضة أو المفيدة دوراً هاماً في معالجة مياه الصرف الصحي إذ تقوم بتحليل المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية.

تقسم هذه البكتريا حسب الوسط الذي تعيش فيه إلى ثلاثة أنواع:

1. بكتريا هوائية:

تقوم بعملية التحلل الهوائي للمواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة وتستخدم الأكسجين المنحل في المياه لأكسدتها وتحرير الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها وذلك وفق ما يلي:

المواد العضوية + أوكسجين ← (بكتيريا هوائية) طاقة + ماء + ثاني أكسيد الكربون

ويمكن للبكتريا الهوائية في حال نفاذ المواد العضوية أن تحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة أملاح الأمونيوم الناتجة عن تحلل البروتينات وتسمى العملية عندئذ بالنترجة والتي تنتهي بتشكل النترات وهو مركب مفيد.

تقوم بالعملية بكتريا خاصة تعرف ب النتروسوموناز والنتروباكتر.

النشادر + أوكسجين ← (بكتريا هوائية نتروسوموناز) نتريت + طاقة

النشادر + أوكسجين ← (بكتريا هوائية نتروباكتر) نتريت + طاقة

2. بكتريا لاهوائية:

تقوم بعملية تحلل لاهوائي للمواد العضوية الموجودة في المخلفات السائلة وتستخدم الأوكسجين المركب (من النترات والكبريتات) لأكسدتها وتحرير الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها وذلك وفق ما يلي:

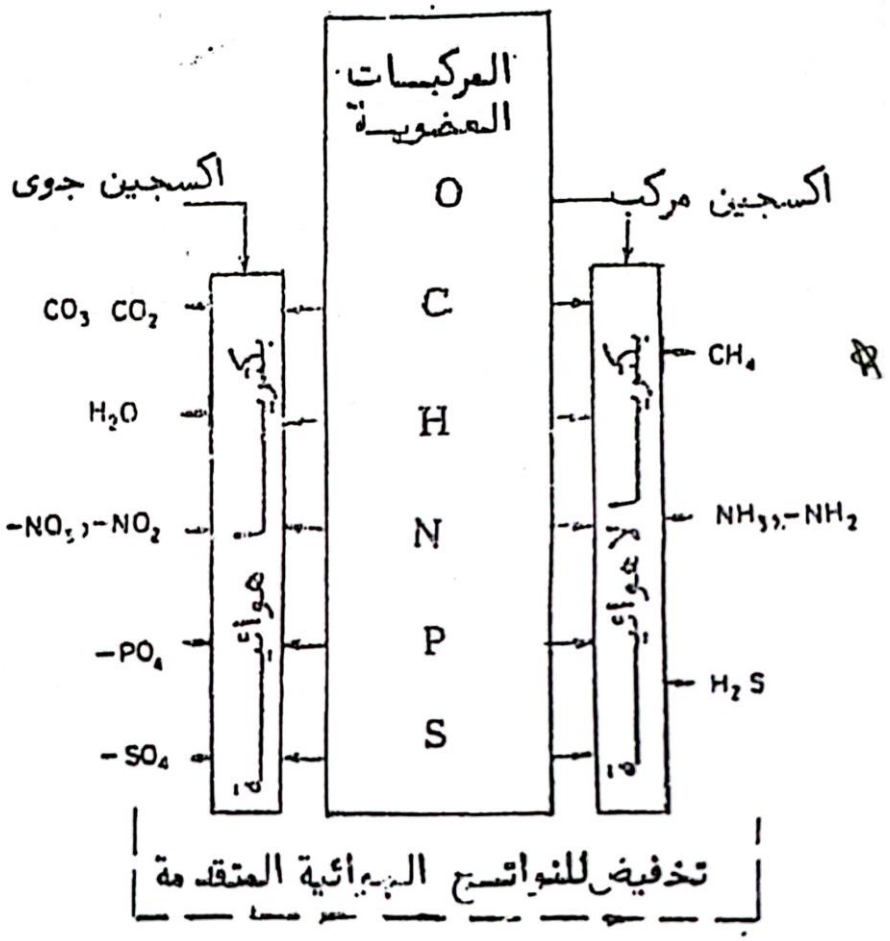
المواد العضوية + أوكسجين مركب ← (بكتريا لا هوائية) ← الميتان + كبريت الهيدروجين + ثاني أكسيد الكربون

من الملاحظ ان النواتج النهائية للتحلل اللاهوائي كلها مواد سامة وخطرة على الصحة والبيئة كما أن الطاقة المتحررة أقل من الطاقة الناتجة عن التحلل الهوائي.

3. بكتريا متقلبة:

وهي قادرة على القيام بعملها وأكسدة المواد العضوية وتحرير الطاقة اللازمة لها بوجود الأوكسجين الحر وبدونه.

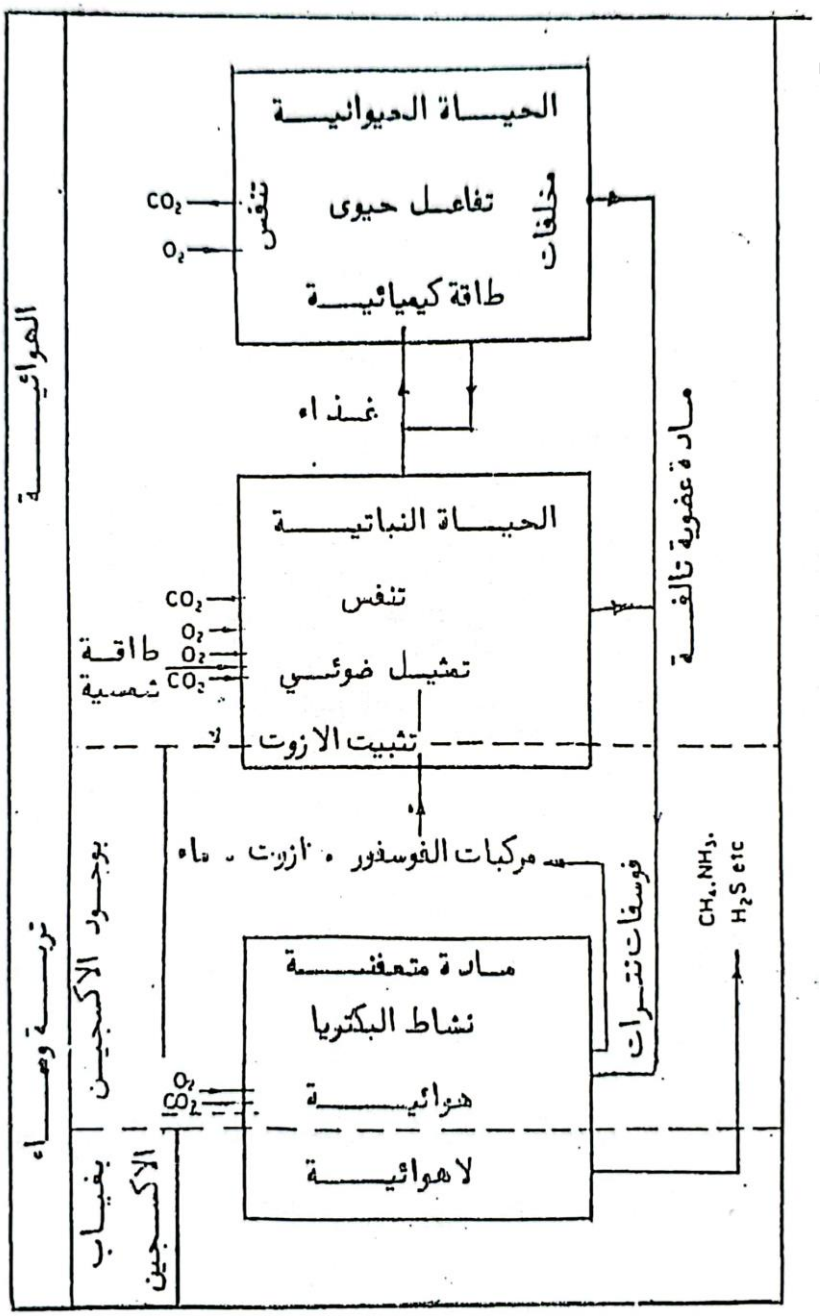
ويبين الشكل التالي نواتج التحلل الهوائي واللاهوائي للمواد العضوية والذي يتم بفعل البكتريا الهوائية واللاهوائية.



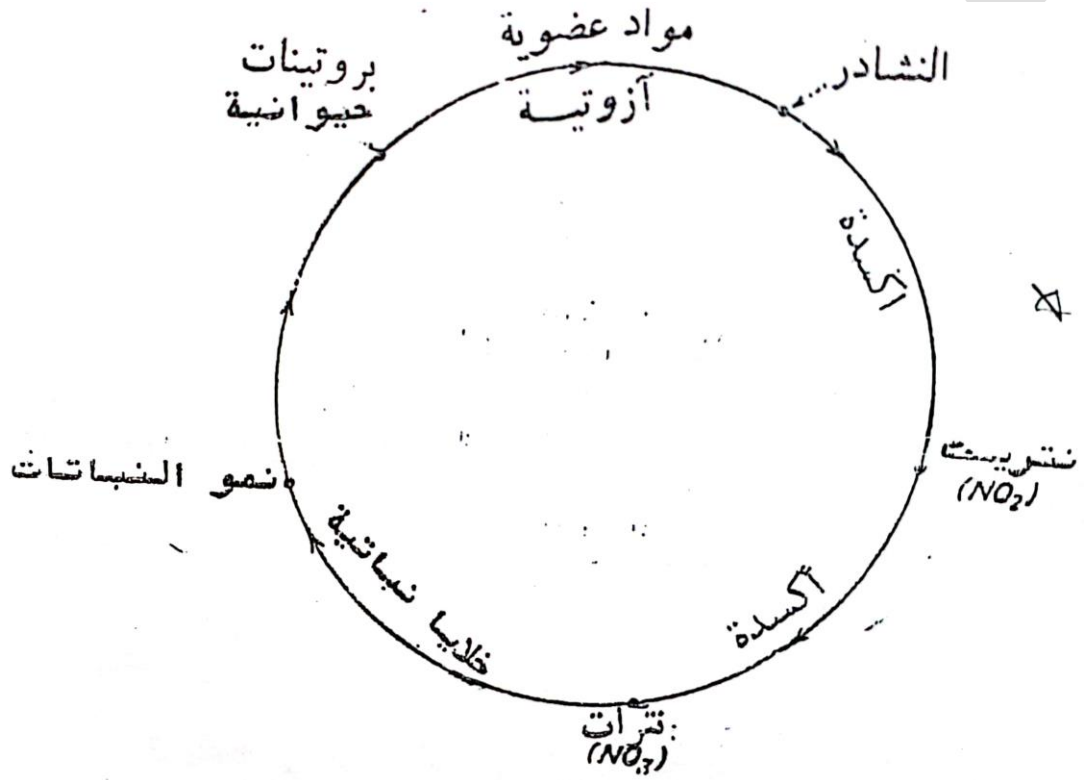
- **دورة التحلل في الطبيعة:**

وتعرف أيضاً بدورة الحياة والموت كما هو مبين الشكل اللاحق.

تحتاج الكائنات الحية للطاقة كي تحيا وتموت وتحصل النباتات على هذه الطاقة من أشعة الشمس وتستعملها في تركيب الكاربوهيدرات من الماء وثاني أكسيد الكربون أما الحيوانات فتحصل على طاقتها باستعمال النباتات والحيوانات الأخرى كغذاء لها وعندما يستعمل الغذاء كمصدر للطاقة فإن التفاعل يكون نوعا من الأكسدة حيث يستعمل الأوكسجين الجوي لحرق المواد العضوية وينتج عن ذلك أكاسيد كربونية وماء ونواتج أكسدة أخرى.



تموت النباتات والحيوانات وتتحول إلى مواد عضوية ميتة تتغذى عليها البكتريا التي تقوم بدورها بتفكيك هذه المواد العضوية إلى مركبات أبسط ويتحرر الآزوت والكربون وعناصر أخرى ضرورية لنمو النباتات منن جديد.
وهكذا فعملية التحلل حلقة ضرورية في سلسلة لا متناهية.
يبين الشكل التالي دورة الآزوت في الطبيعة والتي تبدأ بالمواد العضوية الميتة من مخلفات حيوانية وحيوانات ميتة ونباتات ميتة، تتحلل وتتحول إلى نشادر الذي يتأكسد إلى نتريت ثم إلى نترات تأخذ النباتات النترات كغذاء لها وتنمو وتتحول إلى خلايا نباتية يأكل الحيوان هذه النباتات ويحولها إلى خلايا حيوانية تموت النباتات والحيوانات وتعود الدورة من جديد.



تعاريف هامة للرموز الواردة في التحاليل الخاصة بالمياه:

- BOD: Biochemical Oxygen Demand
- هو كمية الأكسجين الحيوي المستهلك من قبل البكتريا الموجودة لتهديم المواد العضوية (أكسدتها) القابلة للتفكك بيولوجياً في مياه الصرف الصحي بغية النمو والتكاثر ؛ أي إنه يعبر عن : كمية المواد العضوية القابلة للتفكك بيولوجياً في مياه الصرف الصحي ويقاس ب ملغ \ ل أو P.P.m(part. per. million)

BOD

- BOD^{20}_{5} :هو كمية الأكسجين الحيوي المستهلك من قبل البكتريا الموجود في اليوم الخامس وبدرجة ٢٠ درجة مئوية ، لأكسدة المواد العضوية القابلة للتفكك بيولوجياً .

BOD^{20}_{5}

- COD :Chemical Oxygen Demand:هو كمية الأكسجين الكيميائي المستهلك لأكسدة المواد العضوية الإجمالية القابلة وغير القابلة للتفكك بيولوجياً واللاعضوية القابلة للتفكك ضمن شروط التجربة ويقاس ب ملغ \ ل

COD

- DO :Dissolve Oxygen
- هو كمية الأكسجين المنحل في المياه ويقاس ب ملغ \ ل

DO

- SS: Suspended Solids
- يعبر عن المواد الصلبة المعلقة الموجودة في المياه ويقاس ب ملغ \ ل

TSS =ss

- TS :Total Solids
- يعبر عن المواد الصلبة الكلية الموجودة في المياه ويقاس ب ملغ \ ل

T.S

- TDS :Total Dissolved Solids
- ويعبر عن المواد الصلبة المنحلة في المياه ويقاس ب ملغ \ ل ؛ كما يعبر عن كمية الشوارد الموجودة في المياه

T.D.S

- pH: يعبر عن الحموضة أو قلوية المياه .

PH

- C – Con : Conductiviy
- تعبر عن الناقلية الكهربائية للمياه ويقاس ب µs\cm

C-Con

- T : Turbidityالعكارة
- تعبر عن عكارة المياه وتقاس ب NTU أو ملغ / ل

T

- Colour: يعبر عن لون المياه ويقاس ب Pt,Co

colour

- التعداد الكلي Total Cound:
- يعبر عن التعداد الكلي للجراثيم الموجودة في المياه ويقاس ب العدد (حسب عدد الجراثيم)

T.Co

- Coliform: يعبر عن الكوليفورم الكلي الموجودة في المياه ويقاس بالعدد .

Coliform

$N\text{-}NH_4$	• : يعبر عن النتروجين الموجود في الأمونيا الموجودة في العينة وهو مؤشر على وجود مواد عضوية آزوتية الأصل في المياه ويقاس بـ ملغ / ل ويدل على أن المياه حديثة .
NO_2	• : يشير إلى النتريت الموجود في العينة وهو مؤشر على وجود مواد عضوية ازوتية الأصل في المياه ويقاس بـ ملغ / ل ويدل على أن المياه حديثة نسبياً .
NO_3	• : يشير إلى النترات الموجودة في المياه أو العينة وهو مؤشر على وجود مواد عضوية ازوتية الأصل في المياه ويقاس بـ ملغ / ل ويدل على أن المياه قديمة .
SO_4	• : يشير إلى الكبريتات الموجودة في المياه وهو مؤشر على وجود مواد معدنية في المياه ويقاس بـ ملغ /ل .
Po_4	• : يشير إلى الفوسفات الموجودة في المياه وهو مؤشر على وجود نواتج الصابون والمنظفات المنزلية في المياه ويقاس بـ ملغ / ل
T.C	• TC :Total Carbon • يشير إلى الكربون الكلي الموجود في المياه ويقاس بـ [p.p.m (mg/l)] جزء من المليون من (ملغ \ ل)
T.O.C	• TOC :Total Organic Carbon • يشير إلى الكربون العضوي الكلي الموجود في المياه ويقاس بـ [p.p.m (mg/l)]
I.C	• IC :Inorganic Carbon • يشير إلى الكربون اللاعضوي الموجود في المياه ويقاس بـ [p.p.m (mg/l)]

كربون عضوي

$$Tc = Toc + Ic$$

كربون كلي ← $Toc = Tc - Ic$

كربون لا عضوي ←

جمع عينات المياه

تعريف العينة :هي جزء من الكل بحيث يمثل هذا الجزء الكل المأخوذة منه

❖ **أنواع عينات المياه:**

1. العينة المنفردة (العشوائية): وهي التي تؤخذ من مكان واحد من المصدر المائي ولمرة واحدة ولا تمثل أبداً المصدر المائي ونتائج تحاليل مثل هذه العينات لا يمكن اعتمادها للتعرف على مواصفات المياه لذلك المصدر
2. العينات الجماعية: وهي عدة عينات تؤخذ من أماكن مختلفة من المصدر المائي وفي أوقات مختلفة وعلى أعماق مختلفة بحيث يمكن الاستناد إلى نتائج التحاليل لمجموعة العينات للتعرف على خصائص المصدر المائي
3. العينات المستمرة: وهي العينات التي تؤخذ باستمرار دون توقف، إذ تؤخذ العينة من المكان نفسه والزمان نفسه وتؤخذ مثل هذه العينات للفحوص البكتريولوجية للتأكد من سلامة المياه وصلاحيتها للشرب، وتطبق خاصة على شبكات توزيع المياه
4. العينة النموذجية: لا يوجد عملياً ما يسمى العينة النموذجية إذ لا يمكن أخذ عينة من مكان ما من المصدر المائي وفي زمن ما وعدها تمثل ذلك المصدر بشكل كامل

➢ **تواتر جمع العينات:**

يعتمد تواتر جمع العينات على عوامل كثيرة أهمها:

نوع المصدر المائي

احتمالات التلوث

عدد المصادر المائية المستخدمة

طول شبكة التوزيع لمياه الشرب

عدد السكان المستفيدين من المصدر المائي

احتمال ظهور أوبئة في أماكن معينة

نوع التحاليل (كيميائية، فيزيائية، جرثومية)

شروط أخذ العينات من المياه:

1- يجب أن تؤخذ العينات بعيداً عن الجوانب وقعر النهر من المصدر المائي

2- يجب ألا تقل كمية المياه المسحوبة عن 3 لتر حتى تكفي لإجراء التحليل

3- يجب وضع العينات في زجاجات معقمة وإغلاقها بسدادات معقمة

4- يجب نقل المياه في صندوق مبرد أو مملوء بالجليد لأن درجة الحرارة العالية تساهم في زيادة نمو الجراثيم

5- يجب إجراء التحليل خلال فترة زمنية لا تزيد عن 6 ساعات وفي حال بقائها أكثر من ذلك فإن النتائج لا تكون موثوقة بسبب نمو أو زيادة الجراثيم

6- يفضل أن يكون الشخص الذي يأخذ العينة هو نفسه الذي سيجري التحليل وأن يكون ذو خبرة واختصاص بحيث يكون على معرفة بكافة ظروف العينة والمكان والعوامل المؤثرة على التحليل والنتائج

❖ **ملاحظات:**

- يتم جمع العينة في أوعية زجاجية معقمة جيداً بدلاً من الأوعية البلاستيكية بسبب عدم إمكانية تعقيم الأوعية البلاستيكية.
- عند جمع عينات مياه الشرب يمكن أن تحوي نسبة من الكلور القاتل للجراثيم لذلك يجب التخلص منه لإجراء الدراسة على الجراثيم الموجودة، وذلك بإضافة مادة ثيوسلفات الصوديوم.
- يتم جمع عينات مياه الشرب مرة يومياً على الأقل ويكون عدد مرات جمع العينة متناسباً طرداً مع الكثافة السكانية للمنطقة.

مع تمنياتي لكم بالتوفيق ☺