USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

دليل أعمال التحاليل المعملية بمحطات مياه الشرب

مقتبس من البرنامج التدريبى لمشغلي محطات تنقية مياه الشرب المستوى (د)

يونيو ٢٠١١

تم وضع هذا المرجع علي أساس المهارات و المعارف اللازمة لمشغلى محطات مياه الشرب و قد تم إعداده بواسطة
مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل أعمال التحاليل المعملية بمحطات مياه الشرب

مقتبس من البرنامج التدريبى لمشغلي
محطات تنقية مياه الشرب المستوى (د)

مشروع دعم قطاع مياه الشرب والصرف الصحي

ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3

M-2011.6.101

قائمة المحتويات

تقديم ٥
الفصل الرابع عشر ٩
الطرق المستخدمة فى تحليل المياه لتحديد مدى تأثير المعالجة وتفسير النتائج ٩
أهداف الأداء (التعلم)..... ٩
مقدمـة ١١
أنواع التحاليل..... ١١
أنواع وطبيعــة المواد التى يجرى تحليلها فى المياه..... ١٢
الاختبارات المعملية في محطة تنقية مياه الشرب ١٣
تقنيات جمع عينات المياه ٣٨
طرق التحاليل البكتريولوجية ٤٩
التحاليل الميكروسكوبية ٥٧
الفصل الخامس عشر..... ٧٧
تقييم ومراقبة خصائص مصادر المياه ٧٧
أهداف الأداء (التعلم)..... ٧٧
مقدمــة ٧٨
تقييم خصائص مياه الشرب بكتريولوجيًا..... ٨٠
عوامل التلوث البكتريولوجي ٨٠
التخلص من الملوثات البكتريولوجية ٨١
الخصائص الفيزيائية (الطبيعية) للمياه السطحية والجوفية..... ٨٣
الخصائص الكيميائية لمصادر مياه الشرب ٨٦
الخلاصة ٩١
المراجع ٩٣

تقديم

يقوم مشروع دعم قطاع مياه الشرب والصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية وبالتنسيق مع الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي بتقديم الدعم الفني للشركة القابضة وشركاتها التابعة لتأهيل العاملين بالقطاع وبناء قدراتهم بما يحقق تطوير أداء الشركات وتنمية الموارد البشرية.

يهدف المشروع إلى تحسين إدارة المرافق من أجل الحفاظ على استثمارات البنية الأساسية وحماية البيئة والصحة العامة وإلى نقل المعرفة والخبرات بين العاملين بالمرافق مع تقديم الخدمات بكفاءة وجودة، وكسب رضا وثقة العملاء.

وقد قام المشروع من خلال مجموعة من الخبراء المتخصصين والمصادر العلمية المتميزة بوضع سلسلة من الكتب والمراجع لتطوير أداء قطاع مياه الشرب والصرف الصحي ومرافقه وتأهيل العاملين فيه وذلك في المجالات الفنية والمالية والإدارية والبشرية مع مراعاة توفير مادة علمية مرجعية يسهل الرجوع إليها لبناء قدرات العاملين بالقطاع.

هذا الدليل هو الجزء الثاني من مرجعين فنيين ضمن تلك السلسلة، وقد تم وضعه لتغطية احتياجات مشغلي محطات مياه الشرب في المستوى (د) من برنامج اعتماد مشغلي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي الذي يهدف إلى تأهيل مشغلي المرافق ومحللي المعامل على مستويات مختلفة ترتبط بتصنيف المرافق من ناحية النوع ومصدر المياه والطاقة الإنتاجية والتقنية المستخدمة في المعالجة.

يشمل هذا الدليل أعمال التحاليل المعملية بمحطات مياه الشرب والطرق المستخدمة في تحليل المياه لتحديد مدى تأثير المعالجة وتفسير النتائج وأنواع التحاليل والمواد المستخدمة، وكذلك تقييم ومراقبة خصائص مصادر المياه بأنواعها وعوامل التلوث ومؤشراتها.

نأمل أن تكون المادة العلمية على المستوى الذي يناسب متطلبات قطاع مياه الشرب وأن تمثل إضافة جيدة وخبرة متنوعة للمشاركين فيه.
والله الموفق.

غسان فؤاد نكد
مدير المشروع

الفصل الرابع عشر

الطرق المستخدمة فى تحليل المياه لتحديد مدى تأثير المعالجة وتفسير النتائج

الفصل الرابع عشر
الطرق المستخدمة في تحليل المياه لتحديد مدى تأثير المعالجة وتفسير النتائج

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغي أن يكـون المتـدرب قادراً على أن:

- يصنف أنواع التحاليل التي تجري على المياه في مراحل معاملتها بمحطات التنقية ويذكر أمثلة لكل نوع من هذه الأنواع.
- يشرح أنواع وطبيعة كل نوع من المواد التي يجري تحليلها في المياه ويذكر أمثلة لكل نوع من هذه المواد.
- يصنف طرق تحليل المياه على مدى مسار المياه من المأخذ وخلال عمليات التنقية في سائر وحدات محطات التنقية.
- يشرح طرق استخدام الكلور ثم يصنف اختبارات الكلور بدءاً من تحديد الجرعة حتى قياس الكلور المتبقي.
- يجري اختبارات قياس قوة تركيز محلول الكلور وضبط جرعاته والكشف عن تسربه وطريقتين لقياس الكلور المتبقي.
- يشرح اختبارات الأكسجين الذائب وعسر المياه ويشرح أسباب كل منهما وكيفية تحديد درجة العسر والتخلص منه.
- يصنف المواد القابلة للترسيب في المياه إلى عناصر غير عضوية وعناصر عضوية ومصادرها في كل من المياه السطحية والجوفية.
- يجري تجارب قياس المواد القابلة للترسيب ويستخدم جدولاً لبيان تركيزات المركبات الملوثة للمياه والنسب المسموح بها.

- يشرح تأثير العكارة على الصحة العامة وكيفية قياسها والأجهزة المستخدمة ومدلول النتائج الخاصة باختبار العكارة.
- يجري تجارب وقياسات القلوية ودرجة الحرارة وأسباب اختلاف القياسات ومدلول نتائج هذه التجارب والقياسات.
- يشرح تأثير التلوث البيولوجي والبكتيريولوجي والأحياء المجهرية ويجري التجارب اللازمة لقياس تركيزات وتأثيرات كل منها.
- يجري تجارب الرصاص والنحاس والحديد والمنجنيز بعد شرح الأخطار المرتبطة بكل منهم على الصحة العامة.

مقدمة

تجرى عادة اختبارات على أنواع المياه المختلفة ومنها مياه الشرب لتحديد محتواها من المواد العضوية وغير العضوية. وتستخدم عادة أجهزة قياس مثل طيف الامتصاص المرئى، وطيف الامتصاص الذرى، وقياس الجهد والتوصيل الكهربى، بالإضافة إلى الطرق التقليدية مثل المعايرة الحجمية أو الطرق الوزنية.

أنواع التحاليل التي تجرى على المياه

توجد أربعة أنواع من التحاليل التي تجرى على المياه هي: التحاليل الفيزيائية، والتحاليل الإشعاعية، والتحاليل الكيميائية، والتحاليل البيولوجية.

التحاليل الفيزيائية

* درجة الحرارة
* الرائحة
* الطعم
* اللون
* العكارة

تحاليل اشعاعية

* المواد المشعة (مشتقات من فصيلة ألفا، بيتا).

التحاليل الكيميائية

* الأس الأيدروجينى.
* التوصيل الكهربى.
* المواد العضوية.
* مركبات الكبريت غير العضوية (كبريتيد - كبريتات).
* مركبات النيتروجين غير العضوية (نترات- نيتريت-أمونيا - سيانيد).
* مركبات الفوسفور غير العضوية (فوسفات).
* مركبات الهالوجين غير العضوية (كلور - كلوريد - فلوريد).

التحاليل البيولوجية

* القولونيات الكلية.

* القولونيات الغائطية.
* الفيروسات.
* الطفيليات الأولية.
* الطحالب والفطريات.

أنواع وطبيعــة المواد التى يجرى تحليلها فى المياه:

يتم تحليل المياه للكشف عن المواد العضوية والمواد غير العضوية. وتشمل المواد غير العضـوية: المواد الأنيونيـة، والمواد الكاتيونية، والمواد المولدة للغازات.

المواد العضوية
* الزيوت - الدهون - الشحوم.
* الفينول.
* المنظفات الصناعية.
* المبيدات الحشرية.
* المركبات العضوية المتطايرة.
* المركبات العضوية الحامضية أو القاعدية.

المواد غير العضوية
الأنيونية
* الفوسفات.
* الكبريتات.
* الكبريتيد.
* الكلوريد.
* الفلوريد.
* النترات.
* النيتريت.
* السيانيد.
* الكربونات.

المواد غير العضوية
* الصوديوم - البوتاسيوم.

الكاتيونيـة
* الكالسيوم - ماغنسيوم - باريوم.
* العناصر الانتقالية (كروم- نحاس - حديد - منجنيز- زنك - نيكل - كوبلت).
* العناصر الثقيلة والسامة (زئبق - فضة - رصاص - زرنيخ).

المواد غير العضوية
* الأمونيوم.

المولدة للغـازات
* الكربونات - البيكربونات.
* الكبريتيد.
* السيانيد.
* النيتريت.

الاختبارات المعملية في محطة تنقية مياه الشرب

١- اختبارات الكلور

أ- الاحتياج من الكلور Chlorine Demand

مقدمة

احتياج الكلور هو مقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم مـن الماء تحت شروط محدودة للاس الهيـدروجيني ودرجـة الحـرارة وفترة التلامس حتى يتم التفاعل الكامل لجميع أشكال الكلـور مـع مكونات المياه القابلة للتفاعل وينتج كلور حر متبقي بنسبة معقولة.

ويحسب احتياج الكلور أيضاً بأنه الفرق بين كمية الكلور المسـتخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس.

طرق استخدام الكلور

الكلور عامل مؤكسد قوي يتحد مع الحديد والمنجنيز بالإضافة إلـى إبادة الكائنات الممرضة الحية في الماء، ويتم ذلك عن طريق إضافة الكلور للماء بجرعات مقننة كما أنه يوقـف نمـو الطحالـب فـي

المرشحات عند استخدامه بكميات كافية ويجنب مشاكل الطعم والرائحة في المياه المنتجة.

ويستخدم الكلور بصور مختلفة هي: الغازية، السائلة أو الصلبة. وتتوافر الصورة السائلة مثل هيبوكلوريت الصوديوم وكذلك الصورة الصلبة على هيئة مسحوق وهو المسحوق المبيض ومسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم ولكل منهم خصائصه, واستعمال مركبات الكلور أصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا أنه يستعمل في تطهير الشبكات والمرشحات والخزانات.

مميزات الكلور الغازي

- عامل مطهر ومؤكسد قوي
- سهل الاستعمال فى عملية التشغيل
- اقتصادي من ناحية التكلفة
- يتم استخدامه عن طريق أجهزة تقوم بتحديد وضبط وحقن الجرعة المطلوبة بدقة.

ويستخدم الكلور باحدى الطرق التالية:

١- إضافة الكلور بجرعات عاليه ثم إزالة الكلور الزائد

٢- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

وتعد الطريقة الثانية الأفضل من حيث التشغيل و التكلفة.

تحديد جرعة الكلور

يحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس وتقاس بطريقتين:

١- طريقة نقطة الانكسار Break Point.

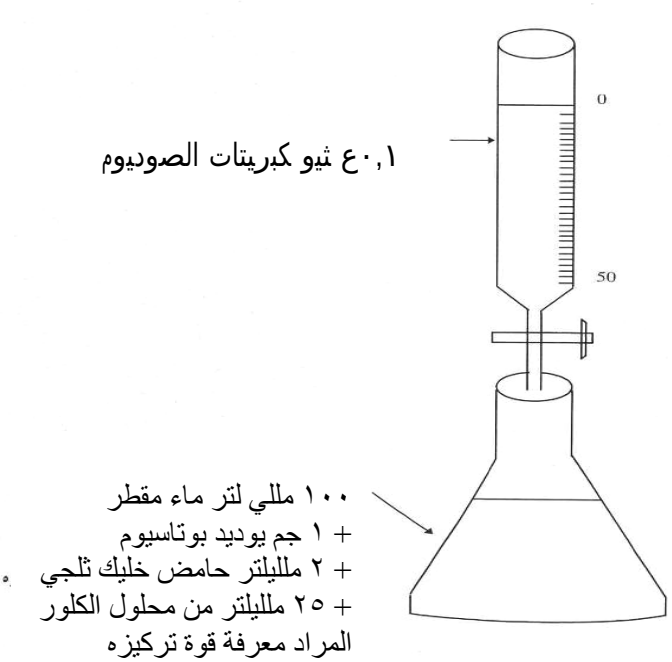
٢- الطريقة السريعة.

ب- قياس جرعة الكلور الواجب إضافتها إلى المياه بطريقة نقطة الانكسار

الأجهـزة جهاز مقارنة لونية بطريقة DPD – زجاجيات معملية - عشرة برطمانات بغطاء مصنفر بنية اللون سعة ١ لتر أو نصف لتر.

المحاليل حمض خليك ثلجى، محلول قياسى من ثيوكبريتات الصوديوم ٠,١ع، بللورات يوديد البوتاسيوم، محلول نشا ١٪، محلول قياسى من الكلور.

الغرض من الاختبار إضافة الكلور إلى مصدر المياه للتأكد من مطابقته من الناحية البكتريولوجية أو لتحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للمياه، وتعتبر هذه الطريقة مناسبة لتعيين كمية الكلور المطلوبة للحصول على نوعية مياه غير ملوثة إلى حد ما.



شكل رقم (١٤ - ١)
قياس قوة تركيز المحلول

ج- قياس قـوة تركيز الكلور:

يمكن تحضير محاول الكلور من محاول الغسيل كلوراكس ٥٪ (٥٠,٠٠٠ ملجم/ لتر) أو محاول الهيبوكلوريت وذلك بإضافة ٢٠ مللى لتر من هذا المحاول ويكمل بالماء المقطر إلى لتر، وتحفظ فى زجاجة بنية اللون بغطاء فى الثلاجة ويمكن استعمالها لمدة شهر، وتمثل كل نقطتين من الماصة (٠,١ مللى لتر) حوالى ١ مللجم من الكلور عندما تضاف ويتم قياس تركيزه يومياً بالمعايرة مع ثيوكبريتات الصوديوم.

الطريقة

١- باستخدام مخبار مدرج نضيف ٥٠٠ مللى لتر من العينة فى برطمانات أو دوارق بغطاء مصنفر بنية اللون يتراوح عددها من ١٠-١٢ برطمان. ونجعل درجة الحرارة مساوية لدرجة حرارة العينات وقت أخذها من مكانها الأصلى.

٢- نضيف الكميات الموضحة فى الجدول رقم (١٤-١) من محاول الكلور المعلوم قوة تركيزه (القياسى) لكل دورق على حدة.

جدول رقم (١٤-١)

جرعات محاول الكلور القياس التى تضاف لكل دورق فى التجربة

الجرعة القياسية للكلور (ملليلتر)	٠,٢٥	٠,٥	٠,٧٥	١	١,٢٥	١,٥
جرعة الكلور (مللجم/لتر)	٠,٥	١	١,٥	٢	٢,٥	٣

٣- نقلب كل دورق على حده ويترك عند نفس درجة الحرارة لمدة ساعة أو ساعتين (وقت التلامس) فى الظلام - مع استمرار التقليب كل ١٠ دقائق.

٤- بعد انتهاء فترة التلامس التي يتم اختيارها نقلب كل دورق ونعين الكلور المتبقى الكلى المتاح بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ- استخدام الطريقة اللونية بطريقة D.P.D

ب- استخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم ٠,٠١ ع :

ثم ترسم علاقة بين الجرعة المضافة والكلور المتبقي ومن خلالها يتم تحديد الجرعة المطلوبة.

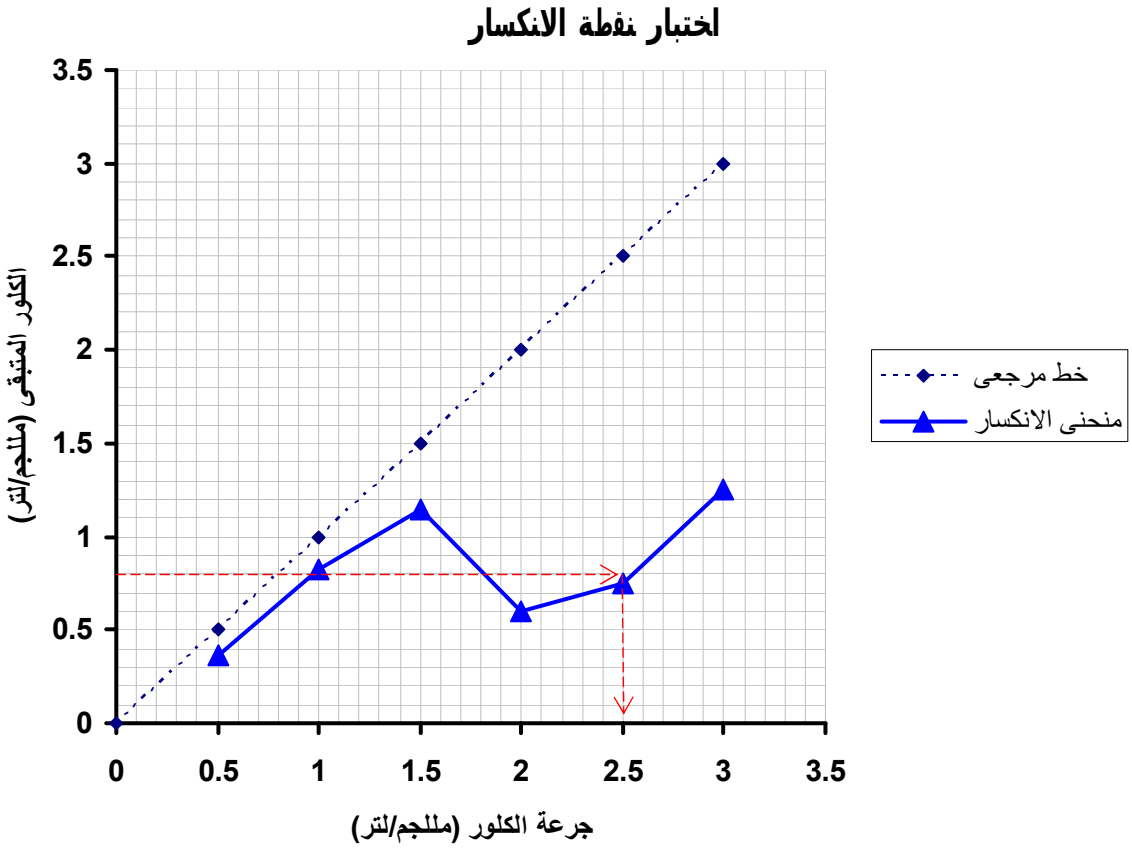
مثال: رسم العلاقة بين جرعة الكلور والكلور المتبقي بيانيا:

يوضح الشكل رقم (١٤-٢) العلاقة بين جرعة الكلور المضافة وكمية الكلور المتبقي بناءً على البيانات الموضحة بالجدول رقم (١٤ – ٢)

جدول رقم (١٤-٢)

العلاقة بين جرعة الكلور المضافة وكمية الكلور المتبقي

الجرعة	٠,٥	١	١,٥	٢	٢,٥	٣
الكلور المتبقى	٠,٣٦	٠,٨٢	١,١٤	٠,٦	٠,٧٥	١,٢٥



شكل رقم (١٤-٢)

العلاقة بين جرعة الكلور المضافة وكمية الكلور المتبقى

ومن التجربة يتبين ان كمية الكلور المطلوبة لتحقق كلور متبقى قدره ٠,٨ ملليجم/ لتر فى نهاية فترة التلامس = ٢,٥ ملليجم/ لتر.

د- ضبط جرعات الكلور (المبدئي – الوسيط – النهائي)

يتم ضبط جـرعات الكلور من خـلال أجهزة الكلور التي تعتمد في تشغيلها
على التفريغ (الضغط السالب) الذي ينشأ عند إمـرار المياه تحـت ضغط في
ماسورة ذات اختناق في مكان معين (الحاقن)، حيـث تزيـد طاقـة الحركة وتقل طاقة الضغط فيحدث تفريغاً يعمل على سـحب غـاز

الكلور من الفتحة الخاصة بدخوله إلى الاختناق ليمتزج بالماء مكوناً محلول الكلور الذي يتم إضافته للمياه عند نقاط الإضافة أو الحقـن, ومن خلال أنبوبة قياس التدفق يتم ضبط الجرعـة المطلوبـة التـي حددها المعمل، وتعبر عادةً كمية الكلور في الجهاز بكيلوجرام فـي الساعة.

هـ- الكشف عن الكلور المتسرب

لا ينبغي تجاهل أو إهمال أي تسرب، إذ أن التسـربات إذا أهملـت تزداد سوءاً لذلك يجب معالجتها فور اكتشافها، ويتم الكشـف عـن التسرب من الاسطوانات عن طريق إمرار قطعة من القطـن مبللـة بمحلول الأمونيا على الخطوط والأماكن المحتمل وجود تسرب بهـا فتظهر سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم, ولكن هذه الطريقة غيـر ممكنة فى حالة التسربات الكبيرة وانتشار الغاز فى مساحات كبيرة.

وفى حالة التسرب من أجهزة الكلور المستخدمة، يتم غلق الصمامات المغذية للكلور (لا يتم استبدال أي قطع غيار والجهاز فى الخدمـة) وبعد إتمام عملية الإصلاح تنظف مكونات الجهاز وتشطف بالمـاء وتعاد الى موضعها وقبل الدخول إلى الخدمة يتم الكشـف عليهـا. وتستخدم عدة الطوارئ وجهاز التنفس المخصص لذلك.

وفى حالة تواجد نظام الأمان (مصيدة الكلور) المزود بالإنذار عـن طريق الخلية الكاشفة التي تعمل أوتوماتيكياً فإن المراوح تبـدأ فـي العمل لسحب الغاز المتسرب من أماكن التسريب لبيـارة الصـودا الكاوية بغرفة الإعدام.

و- الكلور المتبقي

يتم الحصول على الكلور الحر بعد فترة التلامس وذلك بعد إضـافة جرعة الكلور للمياه ويوجد نوعان من الكلور المتبقي: المتبقي الحر والمتبقي المتحد، فالاول يشير إلى أيـون الهيبوكلوريـت، حمـض الهيبوكلوراس، الكلور (Cl_2) في مدى الرقم الهيدروجيني أقل من ٤،

والثاني يشير إلى مركبات الكلور مع الأمونيا (احادي وثنائي وثلاثي الكلورامين).

أهمية قياس الكلور المتبقي

تأتي أهمية قياس الكلور المتبقي في التأكيد على كفاءة عملية التطهير بأنه كمية الكلور المضافة (الجرعة) كانت بالكمية الكافية لعملية التطهير، ويمكن حساب الكلور الكلي المستهلك والكلور الحر المتبقي من العلاقة الأتية:

جرعة الكلور (الكلور الكلي) = الكلور الكلي المستهلك + الكلور الحر المتبقي

أماكن قياس الكلور الحر المتبقي

في جميع أجزاء المنظومة يتم قياس الكلور الحر المتبقى حيث يتم القياس في دخول وخروج مياه المروقات وفي بداية دخول بئر التوزيع وفي دخول وخروج الخزان الأرضي وفي طرد المحطة، ثم يتم بعد ذلك القياس في أطراف الشبكات للتأكد من صلاحية المياه. ويتم القياس بطريقتين:

- طريقة D.P.D اللونية (القياس بالأجهزة الفوتوميترية لدرجة اللون).
- الطريقة اليودومترية (ثيوكبريتات الصوديوم).

أسباب ارتفاع وانخفاض الكلور المتبقي فى المياه

تتغير كمية الكلور المتبقي الموجودة بالمياه نتيجة عدة عوامل:

- جرعة الكلور.
- درجة الحرارة .
- مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس).
- نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها.
- وجود مركبات الحديد والمنجنيز.
- وجود المركبات النيتروجينية (الأزوتية) فى الماء.

قياس الكلور المتبقى فى الميـاه بطريقة DPD اللونية

عند إضافة كاشف "n, n-diethyl-p-phenylenediamine "DPD إلى عينة ماء يتفاعل مع الكلور الحر المتاح فى الحال لينتج لون أحمر. وتوجد أجهزة خاصة لقياس درجات اللون حسب كمية الكلور المتبقى.

خطوات قياس الكلور الحر والمتحد باستخدام الطريقة اللونية

لقياس الكلور الحر:

- يضاف ١٠ ملليلتر من العينة في أنبوبة الاختبار.
- يضاف قرص من الكاشف DPD1 ويمزج بالعينة حتى تمام الذوبان.
- يظهر اللون الأحمر بـدرجاته المختلفة حسب تركيز الكلور المتبقي في العينة.
- يتم قياس الكـلور مباشرة باستـخدام جهاز الفوتوميتر وتسجل النتائج (ملليجم/ لتر).

لقياس الكلور المتحد:

يضاف إلى نفس العينة السابقة قرص من كاشف DPD3 ويمزج حتى تمام الذوبان ويقرأ على الجهاز مباشرة (الكلور المتحد ملليجم/ لتر) أو يأخذ ١٠ ملليلتر من العينة ويضاف إليها قرص كاشف DPD4 ويمزج حتى تمام الذوبان ويقرأ على الجهاز ليعطي (الكلور الكلي ملليجم/ لتر) ويطرح قيمته من الكلور المتبقي ليعطي (الكلور المتحد).

٢- الأكسجين الذائب
Dissolved Oxygen

تعريف الأكسجين الذائب

الأكسجين قليل الذوبان في الماء ويتغير معدل الذوبان طبقاً لمستوى الضغط الجوي عند درجة حرارة معينة، كما يتغير باختلاف درجات الحرارة ومن المهم معرفة الظروف الخاصة للمياه عند القياس حيث يقل الأكسجين المذاب في الصيف عنه في الشتاء ونهاراً عنه في الليل ويعبر عن كمية الأكسجين المذاب بالملليجرام في اللتر.

الأكسجين الذائب من العوامل الهامة جداً في الأنظمة المائية ومصدره الرئيسي هو الهواء المحيط وعمليات التمثيل الضوئي للنباتات الخضراء.

أسباب ارتفاع وانخفاض الأكسجين الذائب في المياه وتأثير ذلك في المحطات والشبكات

يأتي انخفاض الأكسجين الذائب في المياه الخام نتيجة وجود ملوثات تؤدي إلى استهلاك الأكسجين في عمليات الأيض للبكتريا مما يؤدي إلى عدم استمرار الظروف المناسبة لنمو وتكاثر الأسماك وبعض الكائنات المائية الأخرى.

ويتم إجراء اختبارات الأكسجين الذائب للمياه المعالجة بهدف الحد من حدوث تآكل للطلمبات وشبكات المياه وذلك حيث أن زيادة الأكسجين تساعد على تآكل الحديد.

تفسير النتائج

يمكن اعتبار الأكسجين المذاب معياراً لتحديد نوعية المياه، فالمياه الملوثة بمواد عضوية يقل الأكسجين المذاب بها، ووجود كمية مناسبة من الأكسجين في الماء تعمل على تنقية المياه ذاتياً، ويجب ألا يقل هذه الكمية عن ٥ ملليجم/ اللتر في المياه الصالحة للشرب.

طريقة القياس

يستخدم لذلك جهاز مزود بالكترود حيث تجهز عينة ماء مشبعة الهواء (تقليب هواء لمدة ٥ ق) وتقاس درجة الحرارة لها لمعرفة القيمة المقابلة للأكسجين الذائب بها، ويعاير الجهاز على هذه القيمة،

وحسب تعليمات الكتالوج المرفق مع الجهـاز. ثـم تقـاس العينـة مباشرة.

٣-عسر المياه Hardness

التعريف بعسر المياه وأنواعه

هو عدم قدرة الماء على تكوين رغوة مع الصابون وتوجـد الأملاح المسببة لعسر المياه بتركيزات متفاوتة تزيد عادة في المياه الجوفيـة حسب مكونات طبقات التربة التي تمر خلالها المياه وأنواعها تنقسم إلى:

أ- **عسر مؤقت:** بسبب أملاح البيكربونات (الكالسيوم/ المغنسـيوم) والتي تذيبها المياه المحتوية على ثاني أكسيد الكربون.

ب- **عسر دائم:** بسبب أملاح كبريتـات وكلوريـدات الكالسـيوم أو كبريتات وكلوريدات المغنسيوم والتي تذوب بصورة طبيعية في المياه طالما وجدت هذه الأملاح في التربة التي تمر بها المياه.

تأثير العسر في المعالجة

يسبب العسر المؤقت تكوين طبقات من القشور داخل مواسير الميـاه بالإضافة إلى أن المياه العسرة تسبب مشاكل كبيرة في المعالجة ولا بد من التخلص منها في المراحل الأولية بالطرق التقليدية المتبعة كالتبادل الأيوني.

طريقة القياس يتم قياس عسر المياه بالطريقة الحجمية للمعايرة وذلـك باسـتخدام محلول إيدتا E.D.T.A في وسط قلوي من المحلول وتقاس ككربونات كالسيوم، ويبين الجدول الأتي درجات عسر المياه.

تركيز العسر (ملليجم/ اللتر) as $CaCo_3$	درجة العسر
صفر – ٥٠	مياه يسرة
٥٠ – ١٠٠	مياه متوسطة اليسر
١٠٠ – ١٥٠	مياه بها عسر خفيف
١٥٠ – ٢٠٠	مياه بها عسر متوسط
٢٠٠ – ٣٠٠	مياه عسرة
أكثر من ٣٠٠	مياه شديدة العسر

قياس عسر المياه عملياً بالطريقة الكيميائية:

يتم القياس عن طريق المعايرة باستخدام محلول قياس مـن الإيـدتا E.D.T.A في وجود دليل إيروكروم بلاك تى EBT في العسر الكلي ودليل ميروكسيد Muruxide في عسر الكالسيوم فى وجود محلـول منظم .

٤- العناصر غير العضوية

التعرف على العناصر غير العضوية

أولا: عناصر غير عضوية أنيونية

- مركبات الكبريت (كبريتات – كبريتيد)
- مركبات النيتروجين (أمونيا – نترات – نيتريت – سيانيد)
- مركبات الفوسفور (فوسفات)
- مركبات الهالوجين (كلور – كلوريد – فلوريد)

ثانياً: عناصرغير عضوية كاتيونية

- الصوديوم – البوتاسيوم – الباريوم – الماغنسيوم.
- العناصر الانتقالية (كروم – نحاس – حديد – منجنيز – زنك – نيكل – كوبلت).

- العناصر الثقيلة والسامة (زئبق – فضة – رصاص – زرنيخ – كادميوم – كروم)

ويوضح الجدول رقم (١٤-٣) الأضرار الصحية المحتملة لـبعض العناصر وأقصى حد مسموح لهذه العناصر.

جدول رقم (١٤-٣)

التلوث بالعناصر والأضرار الصحية وأقصى حد مسموح لهذه العناصر

المادة	الأضرار الصحية المحتملة عند زيادة النسبة	أقصى نسبة مسموح بها (ملجم/لتر)
الزرنيخ	قروح على الأيدي والأقدام - ومسبب للسرطان - ومؤثر على الجينات على المدى الطويل - وأحياناً يمكن أن يسبب الإرهاق وفقدان الطاقة	٠,٠١
الباريوم	ارتفاع ضغط الدم - تخدر الأعصاب	٠,٧
الكادميوم	ارتفاع ضغط الدم - سام فى حالة الاستنشاق - ومسبب للسرطان - وعلى المدى الطويل يتركز فى الكبد والكلى والبنكرياس والغدة الدرقية	٠,٠٠٣
الكروم	حساسية فى الجلد – فشل كلوى - والإصابة بالسرطان - وتأكل الأنسجة ويؤثر على المخ ويتلف الكلى	٠,٠٥
الرصاص	الأنيميا – شلل فى الأطراف – إمساك – فقد الشهية	٠,٠١
الزئبق	التهاب الفم – سقوط الأسنان – سام للجهاز العصبى المركزى على المدى الطويل	٠,٠٠١
السلينيوم	ضعف عام – تهيج الأنف والحلق – بقع حمراء بالأصابع	٠,٠١
الفضة	تحول لون الجلد إلى رمادى - ويؤثر على العين والغشاء المخاطى.	٠,٠٥
الألومونيوم	تؤثر على بعض أجزاء الجسم وخصوصاً الكلى	٠,٢
الفلوريد	تبقع الجلد	٠,٨
النترات	ازرقاق لون الأطفال	٤٥
النتريت	ازرقاق لون الأطفال	٠,٢

الأجهزة المستخدمة في قياسات هذه العناصر:

- جهاز الاسبكترو فوتوميتر
- جهاز قياس الامتصاص الذري للعناصر
- جهاز I.C.P الحث البلازمي المزدوج [Ion Conductive Plasma]

٥- المواد والمركبات العضوية Organic Chemicals

مصادر التلوث بالمواد العضوية

أولا :المياه السطحية

- صرف مخلفات المصانع على المصدر المائي.
- الاسمدة والمبيدات التي توجد بالتربة وتصل للمياه
- التحال الطبيعى للكائنات المائية الميتة
- خزانات الوقود والجازولين المستخدمة وتلوث التربة والمياه والمواد المخلقة نتيجة عمليات التطهير مثل التراي هالوميثان والكلوروفورم.
- صرف مخلفات مياه الصرف الصحي.

ثانيا :المياه الجوفية

نادراً ما توجد مواد عضوية طبيعية في المياه الجوفية

أخطار التلوث بالمواد العضوية على الصحة العامة

يمكن تقسيم المواد العضوية الملوثة للمياه إلى ثلاث مجموعات وهى:

- **المجموعة الأولى:**

مواد معلوم أنها تسبب السرطانات ولها دليل قاطع.

- **المجموعة الثانية:**

لا يوجد دليل قاطع على أنها تسبب السرطان ولكن لها آثار جانبية أخرى.

- **المجموعة الثالثة:**

مجموعة لا يوجد دليل واضح على أنها تسبب السرطان ولكنها لها أثار جانبية أخرى ولها حدود قصوى مسـموح بهـا طبقـاً لقرار وزير الصحة والسكان رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧.

الجدول التالى رقم (١٤-٤) يوضح بعض التأثيرات الصحية لهـذه الملوثات العضوية والحدود القصوى المسـموح بهـا فـى الميـاه الصالحة للشرب.

جدول رقم (١٤-٤)

بعض التأثيرات الصحية لهذه الملوثات العضوية والحدود القصوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب.

الملوثات	أعلى تركيز مسموح به	التأثير على الصحة
مركبات عضوية		
بنزين	٠,٠١ ملليجرام/ لتر	خطر سرطان
ثنائي كلور الميثان	٠,٠٢ ملليجرام/ لتر	خطر سرطان
احادي كلور البنزين	٠,٣ ملليجرام/ لتر	تدمير للكلى والكبد والجهاز العصبي
بنزوبايرين	٠,٠٠٠٢ ملليجرام/ لتر	خطر سرطان
دأي بروموكلوروبروبان	٠,٠٠١ ملليجرام/ لتر	خطر سرطان
مركبات ثانوية		
حمض هالواسيتك	٠,٠٦ ملليجرام/ لتر	تأثير على الكبد والجهاز العصبي
تراي هالوميثان	٠,١ ملليجرام/ لتر	خطر سرطان
المبيدات	**الحد المسموح به ملليجرام / لتر**	
- رابع كلوريد الكربون	٠,٠٠٤	خطر سرطان
- داى كلورو ميثان	٠,٠٢	خطر سرطان
- ٢,١ داى كلورو ايثان	٠,٠٣	خطر سرطان

مركبات الأيثان المكلورة		
- ١,١داى كلورو ايثان - ترای كلورو أيثان - رباعى كلورو ايثان	٠,٠٣ ٠,٠٧ ٠,٠٥	خطر سرطان
الهيدروكربونات الكلية فيما عدا البنزين	١٠٠	خطر سرطان
فى صورة تولوين	٠,٧	خطر سرطان
- بنزوبيرين	٠,٧	خطر سرطان
المبيدات	**الحد المسموح به ميكروجرام/لتر**	**التأثير على الصحة**
٢,١ داى كلور البنزين	١٠٠٠	مواد مسرطنة
٤,١ داى كلور بنزين 1	٣٠٠	مواد مسرطنة
ترای كلورو بنزين	٢٠	مواد مسرطنة
ثنائى (ايثيل هكسيل) اديبات	٨٠	مواد مسرطنة
ثنائى (ايثيل هكسيل) فثلات	٨	مواد مسرطنة
اكريلاميد	٠,٥	مواد مسرطنة
ايبى كلورو هيدرين	٠,٤	مواد مسرطنة
هكسا كلورو بيوتاديين	٠,٦	مواد مسرطنة
نيتريلو استيك اسيد	٢٠٠	مواد مسرطنة

أسماء الأجهزة المستخدمة – أجهزة التحليل الكروماتواجرافي الغازي.

- أجهزة قياس الكتلة.

٦-العكارة Turbidity

تعريف العكارة

العكارة هو تعبير مبسط لعتامة المياه الطبيعية "Cloudness" وتعتمد طريقة قياس العكارة على مقارنة كمية الضوء الذي يتشـتت عنـد سقوطه على محلول معلق قياسى (فورمازين) بكمية الضوء المشتت عند استخدام العينة وكلما زادت العكارة ازداد التشتت.

تأثير العكارة على المعالجة

- انسداد المرشحات أثناء عملية التنقية وتكرار عمليات الغسيل.
- زيادة تكون الروبة والرواسب في المروقات وخزانات المياه.
- انخفاض كفاءة المعالجة وارتفاع درجة تعكر الميـاه للمراحـل المختلفة
- زيادة استهلاك الكيماويات

التأثير على الصحة العامة

طالما توجد جسيمات تعكر المياه فإنها تكون مخـابئ تلجـأ إليهـا الكائنات الحية للهروب من تأثير الكلور عليها فـلا يـتم التطهيـر الكامل وتصل للمستهلك وتصيبه بالأمراض، لذا حددت المواصفات القياسية ان أقصى مستويات للعكارة في المياه المرشـحة تكـون 1 N.T.U.

طرق قياس العكارة

يتم قياس العكارة باستخدام جهاز "قياس العكارة" المسمى Turbidity meter وتقاس العينة مباشرة على الجهاز باستخدام خليـة زجاجيـة تصب بها العينة بعد تقليبها بلطف جيـداً وبعـد معـايرة الجهـاز بالمحلول القياسي ذو العكارة المعلومة. ووحدة القياس هـى N.T.U. (وحدة العكارة النيفلوميترية).

طرق التخلص من العكارة

يتم التخلص من العكارة بالترسيب الطبيعي أو بالترسيب بمساعدة المروبات في أحواض الترويق ثم المرشحات.

٧- القلوية Alkalinity

تعريفها

هي مقدرة المياه على معادلة الأحماض المضافة إليها أو هي مقياس لمدى قدرة الأيونات السالبة الموجودة بالمياه على معادلة الأيونـات الموجبة المضافة.

القيم القياسية المطلوبة للمـياه السطحـية

مدى القلوية من ٢٠ – ١٥٠ ملليجـم/ لتـر (مقـدرة ككربونـات كالسيوم)، طبقاً للقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ وتعديلاته في شأن حمايـة نهر النيل والمجاري المائية.

أسـباب ارتـفاع وانخفاض القلوية

إذا مرت المياه السطحية أو الجوفية علـى صـخور جيريـة فإنهـا تصـبح عالية القلوية أما إذا مرت بصخور جرانيتية فإنها تنخفض من قلويتها وكذلك تتأثر القلوية بالملوثات ارتفاعاً أو انخفاضاً حسب نوعية الملوثات الصناعية إذا كانت ذات طبيعة حمضية أو قاعدية.

طريقة التحليل

تستخدم طرق المـعايرة باستخدام الكواشف (الاتـزان بين القاعـدة والحمض) أوباسـتخدام جهـاز الـرقم الهيـدورجيني (الطريقـة الاليكتروميترية)

تتم معايرة حجم معلوم من العينة في دورق زجاجي بحمض قياسى معلوم التركيز (حمض كبريتيك ٠.٠٢ عياري) مع استخدام دليـل الميثيل البرتقالى أو جهاز الرقم الهيدروجيني للوصول إلـى نقطـة التعادل.

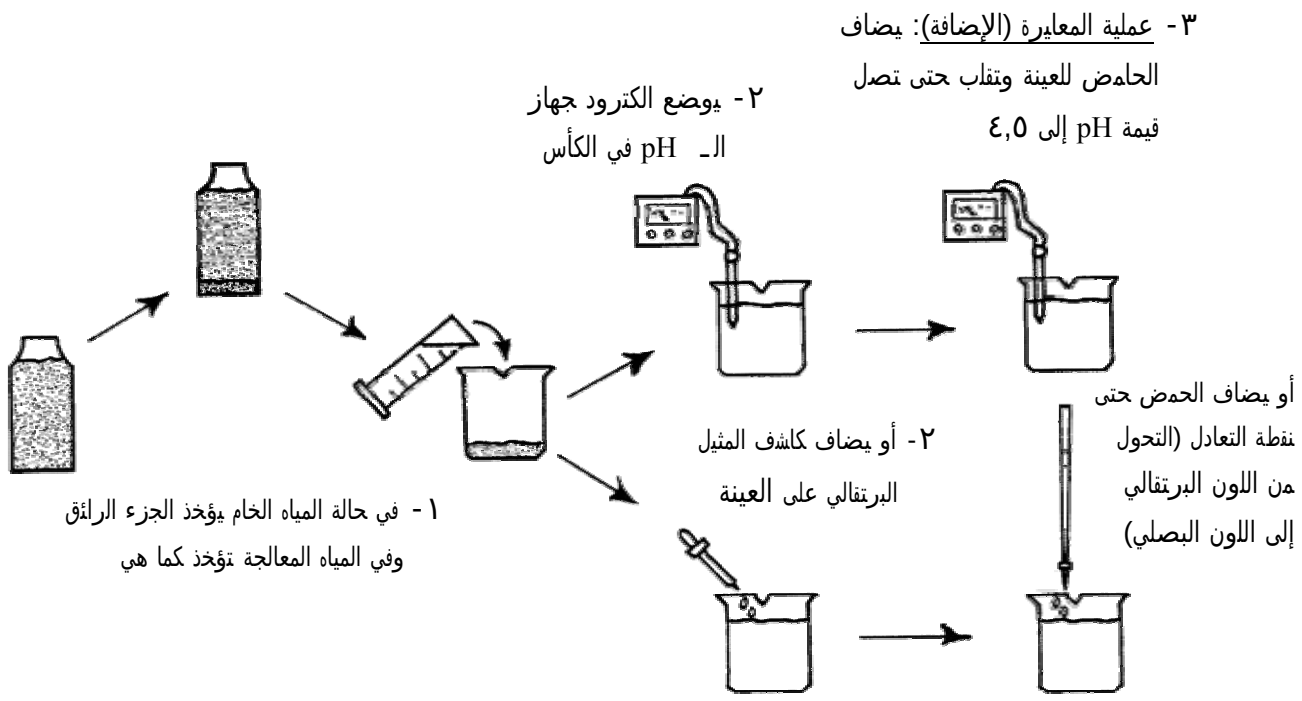
القياس

$$\text{القلوية الكلية} = \frac{\text{أ} \times \text{ع} \times ٥٠ \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمللتر}} \quad \text{(ملليجم/ لتر)}$$

حيث أ = عدد المللي المستخدم من الحمض في المعايرة

ع = عيارية الحمض

طرق جمع العينات تجمع العينات في أوعية زجاجية أو بلاستيك سعة ٢٥٠ مللي أو أكثر وتحفظ عند ٤° م وتحلل خلال ٢٤ ساعة وقد تصل إلى أسبوعين.



٤- ثم تؤخذ القراءة من السحاحة عند نقطة التعادل وتحسب القلوية الكلية من خلال المعادلة السابقة

شكل رقم (١٤-٣)

كيفية إجراء تحليل القلوية

٨- درجة الحرارة Temperature

يتم متابعة درجة حرارة الماء لأن الارتفاع المفـاجئ فـي درجـة الحرارة للمياه قد يكون دلالة على تقلبات موسمية أو تلـوث الميـاه نتيجة تصريف كبير لمياه الصرف أعلى التيار.

وتقاس درجة الحرارة بدرجة السيليزيوس (مئويـة) أو الفهرنهيـت والعلاقة بينها كالتالي ((°C = 5/9 (°F- 32) ولمعرفة مـدى تـأثير التغير في درجة حرارة المياه على المعالجة نلاحظ الآتي:

الزيادة في درجة حرارة المياه يزيد مـن سـرعة تفاعـل المـواد الكيماوية المروبة مع العوالق والمـواد الموجـودة بالميـاه وتقـل بانخفاضها لذلك نجد أن هناك زيادة في استهلاك المواد الكيميائية في وقت الشتاء ويقل في وقت الصيف وربما يصل الأمر في الزيادة في الليل عنه في النهار.
أما بالنسبة للكلور فإن الاستهلاك يزيد في الصيف ويقل فـي وقـت الشتاء لزيادة الطحالب والمواد العضوية وكـذلك نتيجـة لعمليـات البخر.

٩- قياس الرقم الهيدروجينى (pH)

المقصود بالرقم الهـيدروجيني

هو تعبير عن شدة قاعدية أو حمضية المياه ويرمز له بـالرمز pH وبالتعريف الحسابي هي سالب لوغاريتم تركيز أيـون الهيـدورجين $pH = - Log [H^+]$ ومعظم المياه تتراوح قيمتهـا مـا بـين (٦-٩) وتكون المياه حمضية إذا كانت ايونات الهيدروجين (H^+) أكثر مـن أيونات الهيدروكسيد (OH^-) وقلوية إذا حدث العكـس ومتعـادلا اذا تساوت القيمتان، وتوجد علاقة أساسية مابين الـرقم الهيـدروجينى والحموضة والقلوية، والماء الحمضي هو الذي يسـبب تـآكلا فـي المعدات أما الماء القلوي فيرسب قشوراً.

أسباب التغير في الرقم الهيدروجيني للميـاه وتـأثير ذلـك علـى المعالجة:

- وجود الملوثات الزراعية وبعض المخلفات الصناعية في الميـاه مثل الأملاح غير العضـوية والأحمـاض والقواعـد والمـواد العضوية والمواد العالقة والمواد المسببة للرغوة .... ألخ تغيـر من الرقم الهيدروجينى للمياه.
- تعتمد معظم العمليـات التـي تـتم بالمحطـات علـى الـرقم الهيدروجيني المناسب بالإضافة إلى أن عمليات المتابعـة فـي مراحل المعالجة يمكن أن تساعد في معرفة أي مشاكل موجودة في كل مرحلة، كما يلعب الرقم الهيدروجيني دور كبيـراً فـي حسابات معامل التشبع للمياه (LSI).

طرق قياس الأس الهيدروجيني

١- باستخدام شرائط قياس الرقم الهيدروجيني اللونية

٢- باستخدام الأجهزة:

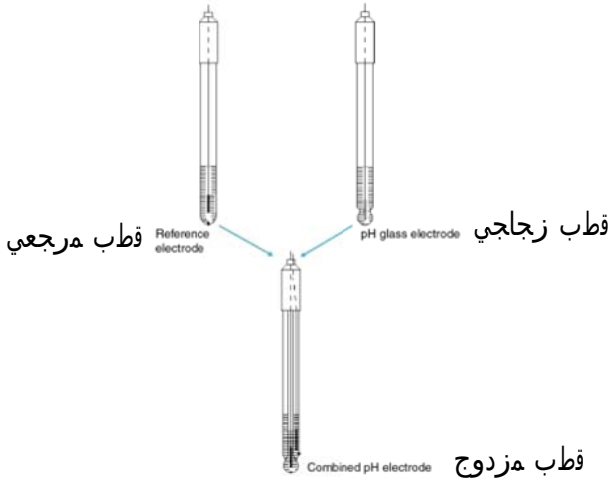
- جهاز قياس الرقم الهيدروجيني ذو القطب الزجاجى. شـكل رقم (١٤-٤ ب).
- جهاز مقارنة لونية باستخدام الدلائل الكيميائية.

جمع العينات

يجب أن يقاس الرقم الهيدروجيني في موقع جمع العينة وإذا تعذر ذلك تجرى عملية القياس بأسرع ما يمكن من وقت أخذ العينة وتجمع العينة فى وعاء زجاجى أو بلاستيك نظيف وغير مطلوب اضافة مواد حافظة.

خطوات التشغيل القياسية لجهاز pH

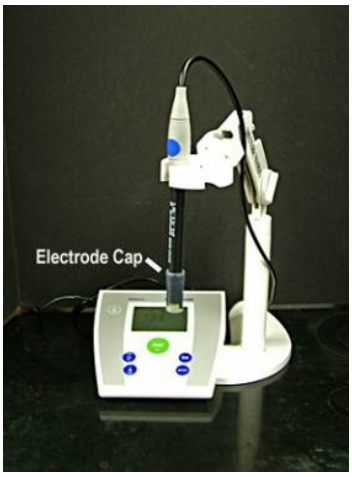
يقدر الرقم الأيدروجينى بقياس الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لأيون الأيدروجين (قطب زجاجى -Glass electrode) وآخر قطب مرجعى (Reference electrode) وذلك عند غمر القطبين فى محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجينى.

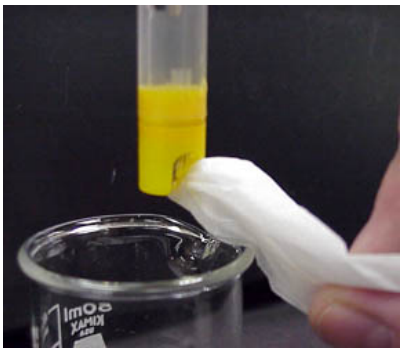


شكل رقم (١٤-٤ أ)
الأقطاب الزجاجية لجهاز pH

- وكل وحدة رقم أيدروجين pH = ٥٨,١٦ ملى فولت عند درجة حرارة ٢٥°م
- تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس.
- يضبط جهاز القياس عند درجة حرارة العينة المقاسة ويعاير باستخدام المحاليل المنظمة Buffer Solution (pH7, pH4, pH10) وطبقا لكتالوج الجهاز.

- يراعي ملأ المحلول الداخلي للقطب المرجعي حتى المستوى المناسب.
- لا تحفظ العينة المراد قياسها بإضافة الكيماويات إليها.
- تترك الأقطاب مغمورة في الماء المقطر بعد القياس.
- يتم قراءة قياس العينة مباشرة بعد غمر الألكترود في العينة (بعد ثبات القراءة خلال ٣٠ ثانية).





شكل رقم (١٤-٤ب)

خطوات تشغيل جهاز pH

١٠- التحاليل البيولوجية

أ. التحـ ـاليل البكتريولوجية

قـد تحتوى المـياه غـير المعالجة بطريقة صحيحة على كائنات دقيقة تسبب الأمراض. ويستغرق الكشف عن أنواع محددة من هذه الكائنات والتى تسبب أمراضاً مثل الدوسنتاريا والتيفود وقتاً طويلاً، كما أنه يتطلب أجهزة خاصة. لذا يستعاض عن الكشف عن كل المسببات المرضية الموجودة فى الماء بالكشف عن وجود البكتريا القولونية كمؤشر للتلوث.

وتقسم البكتريا القولونية إلى نوعين: قولونية غائطية (برازية) وقولونية غير غائطية. وتوجد الأولى عادة فى الأمعاء الآدمية وبعض الحيوانات ذوات الدم الحار، وهى تفرز بكميات كبيرة فى المخلفات الحيوانية والآدمية.

ويعتبر خلو المياه من البكتريا القولونية مؤشراً لصلاحية المياه للاستخدام الآدمى من الناحية البكتريولوجية. وعلى العكس فإن وجود هذه البكتريا فى الماء يعتبر دليلاً على التلوث وعدم صلاحية المياه للشرب. كما أن وجود هذه البكتريا فى مياه الصرف المعالجة يعطى مؤشراً على عدم صلاحية هذه المياه لإعادة الاستخدام. وتتطلب المعايير القياسية لمياه الشرب ألا يزيد العد الكلى للبكتريا عن ٥٠ خلية/سم^{٣} عند درجة حرارة ٣٧°م وأن تكون المياه خالية من بكتريا القولون البرازية والبكتريا السبحية البرازية.

والبكتريا القولونية غير الغائطية لها قدرة على تخمر اللكتوز مع انتاج غاز فى خلال ٤٨ ساعة عند درجة حرارة تحضين ٣٧°م (درجة حرارة جسم الإنسان). فى حين أن البكتريا القولونية الغائطية تنمو عند درجات حرارة أعلى (٤٥,٥ درجة مئوية). وتتضمن

المجموعة القولونية كل البكتريا الهوائية واللاهوائية سالبة الجرام غير المكونة للحويصلات العصوية الشكل.

وعند تجميع وفحص عينات المياه لهذا الغرض يجب إجراء الجمع والتداول والاختبار بطريقة آمنة تمنع فساد العينة قبل إجراء التحليل، حيث أن هذا الاختبار من أهم الاختبارات التى تحدد صلاحية المياه للشرب من عدمه. لذلك يتحتم أخذ عينات من أماكن متعددة فى شبكة توزيع المياه للتأكد من سلامة المياه فى الشبكة كلها وفروعها. ويراعى فى الشبكات التى تعتمد على المياه السطحية أخذ عينات من الماء العكر قبل المعالجة وتحليلها لتحديد درجة ونوع المعالجة اللازمة للحصول على نوعية جيدة من مياه الشرب. وبالنسبة للشبكات التى تعتمد على المياه الجوفية وجب جمع عينات من مخارج تقترب ما أمكن من طلمبة السحب لضمان عدم تلوث البئر ولسحب عينات ممثلة.

اختيار مواقع جمع العينات

١- تكون موزعة بانتظام على كل الشبكة.
٢- تمثل نوعيات المياه المختلفة التى تدخل الشبكة ومصادرها.
٣- تسمح أماكنها بالحصول على العينات الممثلة.
٤- تمثل كل منطقة بها ضغط فى استهلاك المياه.
٥- تتناسب مع الكثافة السكانية التى يخدمها كل مصدر للمياه.
٦- يسهل تحديد مصدر المياه التى تصلها فى وقت أخذ العينات.

ويمكن جمع العينات للفحص البكتيريولوجى من الأماكن العامة كأقسام الشرطة والمطافى والمدارس ومحطات القطار والمطارات والمنشآت التجارية وأماكن السكن والمواقع المشيدة على الشبكات.

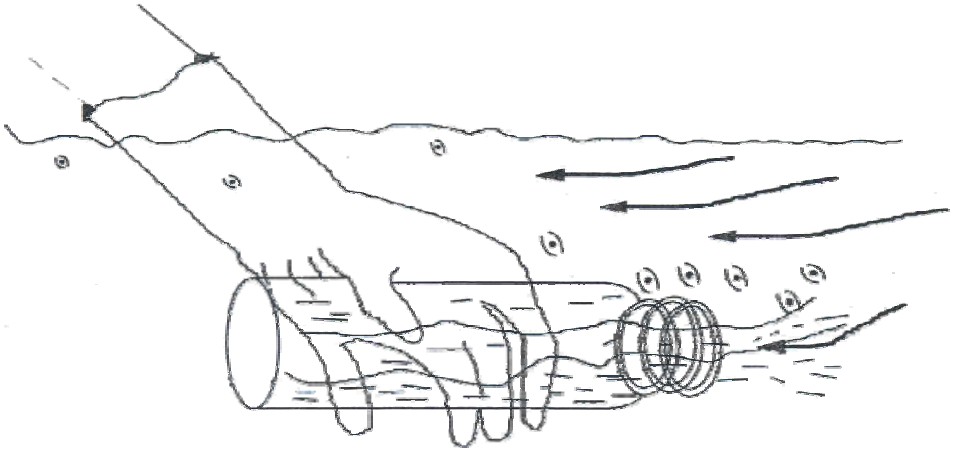
تقنيات جمع عينات المياه

١- جمع عينـ ـات المياه السطحية

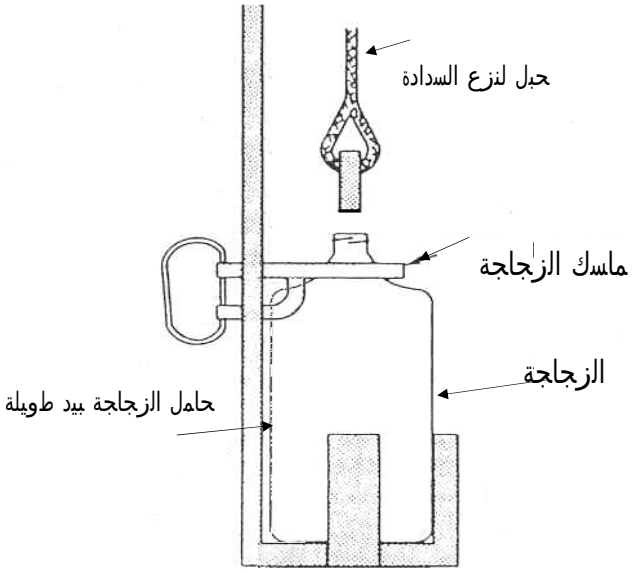
يتم جمع عيـ ـنات المياه السطحية من الأنهار بإحدى طريقتين:

الطريقة الأولى يدوية حيث يمسك بالإناء الزجاجي من قاعدته وتغمر فوهته فى الماء لاستبعاد دخول مواد طافية كأوراق الشجر. ويراعى أن تكون فوهة الإناء فى اتجاه مضاد لتيار الماء (شكل رقم ١٤-٥) وفى حالة المياه الراكدة يتم تحريك وتقليب المياه بتحريك إناء التجميع أفقياً فى الماء ثم تجمع العينة ويتم إحكام غلق الإناء بالسداده وتجفيفه من الخارج ثم وضع بطاقة البيانات الخاصة بالعينة.

وفى الطريقة الثانية يتم جمع العينة بطريقة آلية حيث يثبت إناء الجمع على قاعدة معدنية ذات ذراع طويل وتغطى فوهة الإناء بسدادة متصلة بحبل من النايلون الذى لا يتشرب الماء ولا يتعطن. ثم يتم توجيه فوهة الإناء ناحية التيار ويغمر الإناء أسفل سطح الماء ثم يتم جذب الحبل بسرعة ليسمح للماء بالدخول وملء الإناء (شكل رقم ١٤-٦).



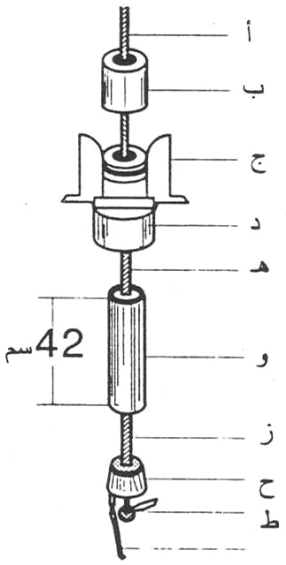
شكل رقم (١٤-٥)
الطريقة اليدوية لجمع عينات المياه السطحية



شكل رقم (١٤-٦)
الطريقة الآلية لجمع عينات المياه السطحية

٢- جمع عينات مياه الأعمـ ـاق

يتم أحياناً جمع عينـ ـات مياه من أعمـاق معينة من المجـارى المائية أو البحيرات أو الأحواض والخزانات، لذا وجب تحديد العمق الذي يتم عنده التجميع وذلك باستخدام يد معدنية طويلة أو حبل نايلون مدرج بعلامات وينزل الوعاء إلى العمق المطلوب وتجمع العينة ويغلق الوعاء ويسحب إلى السطح. ويستخدم أحياناً جهاز كيميرر (Kemmerer) لهذا الغرض وهو مكون من اسطوانة بغطاء مطاطي من الجهتين وعند إنزاله إلى العمق المطلوب وهو في الوضع المفتوح تدخل المياه لتملأ الاسطوانة وتحجز هذه العينة بإغلاق جهتيه بواسطة ثقل يتم إنزاله عن طريق الحبل (شكل رقم ١٤-٧).



أ- حبل نايلون.
ب- أداة ارسال.
ج - طاقم إمساك لفتح الجهاز.
د - صمام مطاط علوى.
هـ- ذراع توصيل بين الصمامات.
و - جسم أنبوبى.
ز - صمام مطاط سفلى.
ح - عقدة فى أسفل حبل التعليق.
ط - أنبوب مطاطي ملحق بصمام عدم الرجوع الذى يعمل بياى.

شكل رقم (١٤-٧)
جهاز كيمرر لجمع العينات من الأعماق

٣- جمع عينـــات المياه المرشحة (من صنبور)

* يراعى عند جمع عينات المياه المكلورة مرور ٢٠ دقيقة على الأقل بعد إضافة الكلور لضمان فترة التلامس.
* قبل أخذ العينة يراعى اختيـار صنبـور شـائع الاستعمال سـليم لاتتسرب المياه منه سواء كان مفتوحاً أو مقفولاً ويتم فتح الصنبور لمدة دقيقتين على الأقل وتغسل فوهة الصنبور جيداً ثم يغلق.
* يتم تعقيم فوهة الصنبور بالحرق بواسطة لهب كافى لمدة دقيقتين.
* تنزع الشاش من على فوهة الزجاجة المعقمة المستخدمة لتجميع العينة ويتم حرق فوهة الزجاجة والغطاء وفتح الصنبور.
* تؤخذ العينة ويراعى أن تكون الزجاجة مائلة على اندفاع المياه ويتم ملء الزجاجة مع مراعاة ترك فراغ حوالى ٢,٥سم ثم تحرق فوهة الزجاجة والغطاء ويتم إحكام إغلاق الزجاجة.

٤- جمع عينـ ـ ـات المياه الجوفية

لا يجوز إجراء الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية إلا بعد تنزيل المواسير المجلفنة وتشغيلها مدة كافية قبل السماح بأخذ العينات مع مراعاة الاشتراطات الصحية المطلوب توافرها في الموقع من حيث عمق البئر والبعد عن مصادر التلوث، طبقاً للتعليمات التي تصدر في هذا الشـأن من وكيل وزارة الصحة الوقائية. ويتبع ما يأتي عند أخذ العينات:

* في الآبار الجديدة يتم تشغيل الطلمبة بصفة مستمرة لمدة ٤٨ ساعة على الأقل قبل أخذ العينة والتأكد من خلو مياه البئر من آثار الكلور.
* أخذ العينة من أول صنبور بعد طلمبة الطرد مباشرة وبنفس الطريقة التي سبق شرحها لأخذ عينات المياه المرشحة.
* إدارة الطلمبة لمدة نصف ساعة بصفة مستمرة قبل أخذ العينة من الآبار التى سبق تشغيلها.

٥- جمع عينـات مياه الصهاريج

تؤخذ العينة من حنفية الصهريج مباشرة ويتبع فى ذلك نفـ ـس الطريقة التى سبق شرحها لعينات المياه المرشحة، وإذا أريد أخذ عينة من الصهريج نفسه يتم استخدام جهاز جمع العينات.

بطاقات تمييز العينات

عند تجميع عينات ميـاه الشـرب يجب لصق بطاقة تحتوى على المعلومات الرئيسية عن العينة المجمعة، وكذلك يتم إرفاق تقرير شامل مع كل عينة يحتوى على بيانات صحيحة وكاملة عن العينة، بحيث يتضمن الآتى:

* تاريخ وتوقيت جمع العينة.
* موقع جمع العينة.

* نوع العينة.
* اسم الشخص القائم بجمع العينة.
* رقم كودى للعينة.
* أى مواد حافظة أو معالجة تمت إضافتها أثناء الجمع.

تكرارية جمع العينات

يجب وضع خطة لتكرارية جمع العينات تأخذ فى الاعتبار اللوائح المنظـمة المحلية بحيث تحدد تكرارية جمع العينات وقت الجمع وعدد العينات لكل مرفق على حدة حسب الظروف. ويتم تعديل هذه الخطة حسب الحاجة. وعلى العموم فإن برنامج جمع العينات واختبارها فى محطات المياه يعتمد على نوع المحطة والغرض من تجميع نتائج التحاليل، فقد يتطلب الأمر مثلاً:

* تتبع أنظمة التشغيل بالمحطة.
* مراقبة عمليات المعالجة بالمحطة.
* اتخاذ احتياطات وقائية بالمحطة.

والجدول رقم (١٤-٥) يبين تكرارية جمع العينات والهدف من جمعها.

جدول رقم (١٤-٥)
تكرارية جمع عينات مياه الشرب للاختبار المعملى

الغـرض	الاختبار	أدنى تكرارية للجمع
مراقبة العمليات	اختبار العكارة	يومياً
	التحليل الكيميائى	أسبوعياً
	الاختبارات الطبيعية	يومياً
	الاختبارات البيولوجية	يومياً
التحكم فى العمليات	اختبار الترويق (الكأس)	أسبوعياً
	تحديد تركيز محلول الشبة	يومياً
	تعيين تركيز الكلور المتبقى	يومياً
المراقبة والتحكم فى العمليات	تحليل بكتيريولوجى	يومياً

بالرغم من أن تكرارية وعدد العينات المطلوب جمعها من شبكة توزيع المياه تحكمهما لوائح وزارة الصحة وتوصياتها، إلا أنه يمكن الأخذ فى الاعتبار عدد السكان وعلاقته بعدد العينات التى يتم تجميعها للفحص الشامل.ويبين الجدول رقم (١٤-٦) هذه العلاقة.

جدول رقم (١٤-٦)
متطلبات جمع العينات بناءً على الكثافة السكانية

الكثافة السكانية المخدومة	أقل عدد للعينات فى الشهر
٢٥ - ١٠٠٠	١
١٠٠١ - ٢٥٠٠	٢
٢٥٠١ - ٣٣٠٠	٣
٣٣٠١ - ٤١٠٠	٤
٤١٠١ - ٤٩٠٠	٥
٤٩٠١ - ٥٨٠٠	٦
٥٨٠١ - ٦٧٠٠	٧
٦٧٠١ - ٧٦٠٠	٨
٧٦٠١ - ٨٥٠٠	٩
٨٥٠١ - ١٢٩٠٠	١٠
١٢٩٠١ - ١٧٢٠٠	١٥
١٧٢٠١ - ٢١٥٠٠	٢٠
٢١٥٠١ - ٢٥٠٠٠	٢٥
٢٥٠٠١ - ٣٣٠٠٠	٣٠
٣٣٠٠١ - ٤١٠٠٠	٤٠
٤١٠٠١ - ٥٠٠٠٠	٥٠
٥٠٠٠١ - ٥٩٠٠٠	٦٠
٥٩٠٠١ - ٧٠٠٠٠	٧٠
٧٠٠٠١ - ٨٣٠٠٠	٨٠
٨٣٠٠١ - ٩٦٠٠٠	٩٠
٨٦٠٠١ - ١٣٠٠٠٠	١٠٠
١٣٠٠٠١ - ٢٢٠٠٠٠	١٢٠

"تابع" جدول رقم (١٤-٦)
متطلبات جمع العينات بناءً على الكثافة السكانية

الكثافة السكانية المخدومة	أقل عدد للعينات فى الشهر
٢٢٠٠٠١ - ٣٢٠٠٠٠	١٥٠
٣٢٠٠٠١ - ٤٥٠٠٠٠	١٨٠
٤٥٠٠٠١ - ٦٠٠٠٠٠	٢١٠
٦٠٠٠٠١ - ٧٨٠٠٠٠٠	٢٤٠
٧٨٠٠٠١ - ٩٧٠٠٠٠	٢٧٠
٩٧٠٠٠١ - ١٢٣٠٠٠٠	٣٠٠
١٢٣٠٠٠١ - ١٥٢٠٠٠٠	٣٣٠
١٥٢٠٠٠١ - ١٨٥٠٠٠٠	٣٦٠
١٨٥٠٠٠١ - ٢٢٧٠٠٠٠	٣٩٠
٢٢٧٠٠٠١ - ٣٠٢٠٠٠٠	٤٢٠
٣٠٢٠٠٠١ - ٣٩٦٠٠٠٠	٤٥٠
٣٩٦٠٠٠١ - أو أكثر	٤٨٠

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينات

يفضل أن تكون الأوعية المعقمة المستخدمة سواء كانت زجاجية أو بلاستيكية ذات أغطية قلاووظ. وعند استخدام الحقائب أو أكياس البلاستيك تكون فتحتها ذات رباط من السلك يستخدم لإحكام غلق الكيس وإمساكه أثناء ملئه. وفى كل الأحوال يجب أن تكون آنية التجميع معقمة ومحتوية على مادة إزالة الكلور.

ويتم تجهيز أوعية جمع العينات على النحو التالي:

* غسل وشطف الوعاء.
* شطف بالماء المقطر.
* تعقيم في فرن هواء ساخن لمدة ساعتين عند درجة حرارة ١٧٠ - ١٨٠°م أو أتوكلاف لمدة ١٥ دقيقة عند ١٢١°م أو جهاز تعقيم غازى أوتوماتيكى أو الغمر لمدة ١٥ دقيقة فى ماء مغلى.
* إضافة ثيوكبريتات الصوديوم (مزيل الكلور).

* عدم لمس الفوهة أو السدادة من الداخل.
* لف الزجاجات فى ورق ألومنيوم.

وعند أخذ عينات مياه من الصنبور يجب التأكد من عدم اتصاله بأى مسبب للتلوث كالمصاف والخراطيم. ويفتح الصنبور لمدة ٥ دقائق على الأقل حتى يتدفق الماء لفترة تسمح بإزالة البكتريا التى قد تكون متراكمة فى المواسير. كما يجب عدم تجميع مياه من صنابير تسمح بتدفق الماء على الصنبور من الخارج ويجب أيضاً عدم السماح بتناثر الماء على الزجاجة من الخارج.

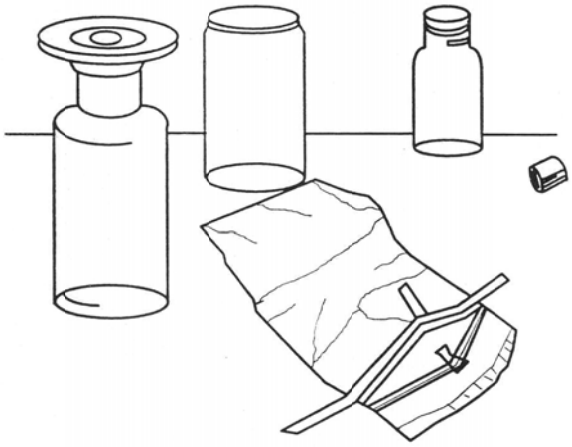
وتلصق على وعاء التجميع بطاقة بيانات تكتب عليها المعلومات اللازمة باستخدام حبر مقاوم للماء ويتم لصقها قبل جمع العينة وتشتمل هذه البطاقة على: رقم العينة،- اسم جامع العينة- تاريخ وزمن الجمع- مكان الجمع- بيانات الموقع (الكلور المتبقى - درجة الحرارة). ويجب مراعاة الآتي:

١- يبقى وعاء التجميع مغلقاً لحين ملئه.
٢- عدم شطف الوعاء قبل أخذ العينة خاصة إذا كان بالوعاء عنصر مزيل للكلور.
٣- عند ملء الوعاء يراعى ترك مسافة ٢,٥ سم فارغة قبل قمته لتترك حيز يسمح برج العينة ومزجها قبل إجراء عملية التحليل.
٤- يوضع الغطاء أو السدادة أو يسد الكيس البلاستيك بأربطة محكمة من السلك.
٥- يغلق الوعاء بإحكام بلصق شريط لاصق على فوهة الوعاء.
٦- ترسل العينة للمعمل فوراً وإذا تعذر ذلك توضع العينات فى مبرد ثلج لحفظها عند درجة حرارة تحت ١٠°م.

ملخص خطوات جمع العينات

١- تحديد مكان جمع العينات وتكرارية الجمع.

٢- تجهيز قوارير سـعة ١٢٠سم^{٣} ذات فوهة واسعة مصنوعة من زجاج البوروسيلكات وتزود بغطاء زجاجى أو غطاء قلاووظ. ويمكن استخدام قوارير مصنوعة من مادة البولى بروبلين القابل للتعقيم فى الأوتوكلاف. ويمكن أحياناً استخدام أكياس بلاستيكية معقمة (شكل رقم ١٤-٨).



شكل رقم (١٤-٨)
القوارير (الزجاجيات) المستخدمة فى جمع العينات

٣- إذا احتوت العينات المطلوب تجميعها على كلور أو مركبات هالوجينية أخرى يلزم إضافة مادة مثل ثيوكبريتات الصوديوم لإزالة أثر هذه المواد. ويضاف ٠.١مللتر من محلول ٣٪ ثيوكبريتات صوديوم إلى قوارير سعة ١٢٠سم^{٣} إذا استخدمت لتجميع عينات من مياه الشرب.

٤- تدوين بيانات العينة التي سيتم جمعها على بطاقة البيانات الملصقة على الوعاء.

٥- يفتح الصنبور ويترك الماء ليتدفق لمدة ٥ دقائق.

٦- يفتح الوعاء دون تلويث جدرانه الداخلية.

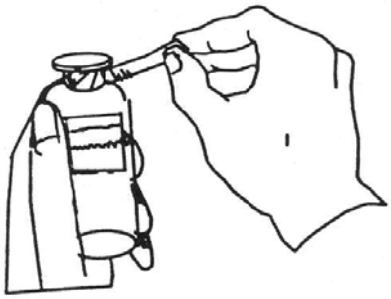
٧- يملء الوعاء حتى المنسـوب الملائم (اترك ٢,٥ سم فارغة)، أنظر شكل رقم (١٤-٩).

٨- تغلق فوهة الوعاء بشريط لاصق ويوضح الشكل رقم (١٤-١٠) طريقة تغليف فوهة الوعاء.

افتح الوعاء دون تلويث جدرانه الداخلية

إملأ زجاجة العينة حتى حدود ١ بوصة من قمتها أو من خط الامتلاء

شكل رقم (١٤-٩)
ملء الوعاء بعينة المياه



شكل رقم (١٤-١٠)
طريقة تغليف فوهة الوعاء

٩- يتم الفحص الميكروبيولوجى فور جمع العينة. وإذا لم يمكن تحليلها في ظرف ساعة وجب حفظها باردة فى مبرد حتى

وصولها للمعمل في غضون ٦ ساعات على الأكثر، على أن تكون درجة حرارتها أقل من ١٠°م. ولا يوصى بتحليل عينة بكتريولوجيا بعد ٢٤ ساعة من تجميعها.

١٠- تستوفى السجلات والبيانات الخاصة بالعينة.

١١- تحفظ تقارير وسجلات العينة.

سجلات العينات

يلزم إعداد سجلات تبين حالة العينة من لحظة تجميعها وحتى نهاية تحليلها. وتسمى هذه المتابعة (سجل تسلسل الحيازة). وتعتبر العينة تحت الوصاية لشخص ما دامت فى حوزته وتحت مسئوليته. لذا يجب إعداد:

١- دفتر تدوين بيانات العينة فى الموقع: حيث يسجل به البيانات الآتية:

رقم العينة: .....
مكان جمع العينة: .....
الاختبارات المطلوبة: .....
تاريخ ووقت جمع العينة: .....
نوع العينة: .....
كيفية نقل العينة: .....
اسم القائم بجمع العينة: .....

٢- تقرير سجل تسلسل الحيازة: حيث يسجل به البيانات المبينة فى الجدول رقم (١٤-٧).

٣- استمارة طلب تحليل العينة: حيث تسجل بها الاختبارات المطلوبة ورقم العينة وتاريخ وزمن استلامها.

جدول رقم (١٤-٧)
نموذج لتقرير تسلسل الحيازة للعينة

البيان	بيانات توصيف العينة
رقم العينة:	.....
توقيع من قام بجمعها:	.....
تاريخ وزمن التجميع:	.....
موقع العينة:	.....
اسم من قام بنقل العينة:	.....
تاريخ الاستلام:	.....
وقت وتاريخ وصول العينة للمعمل:	.....
اسم مستلم العينة:	.....
وقت بدء تحليل العينة:	.....
اسم مستلم العينة للتحليل:	.....

طرق التحاليل البكتريولوجية

يعتبر وجود البكتريا القولونية في المياه وخصوصاً تلك المقاومة للحرارة مؤشراً لتعرض المياه لنشاط الكائنات ذات الدم الحار ومنها الإنسان.

وحيث أن الأمراض التي تنتقل بالماء تحدث نتيجة لوجود مواد غائطية، لذا يمكن تقدير الخطورة على الصحة من خلال تقدير نسبة وجود هذه البكتريا. ويدل وجود البكتريا الغائطية (Escherichia Coli) على وجود تلوث غائطى حديث.

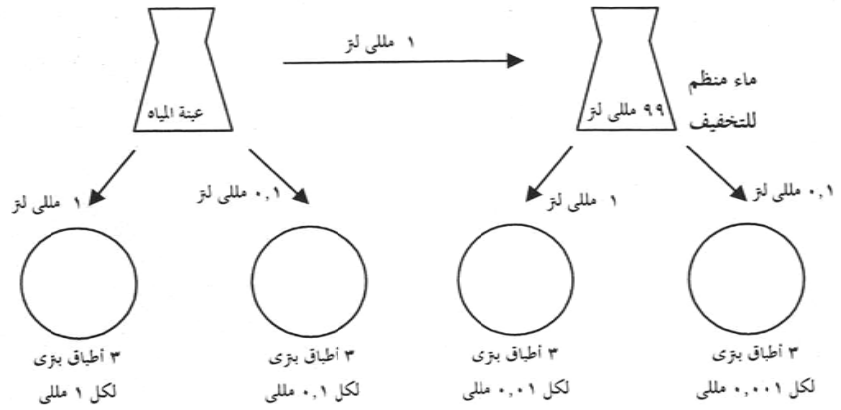
ويعتمد اختبار الكشف عن البكتريا القولونية الغائطية على أثرها فى تخمر اللكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة ٣٦ و ٤٤ م فى أقل من ٢٤ ساعة. وينتج الأندول فى ماء الببتون. ويتم تحديد عدد البكتريا القولونية بطريقتين قياسيتين:

١- اختبار الأنابيب المتعددة والتى تعطى دلالة على العدد الإحتمالى للبكتريا الموجودة (MPN).

٢- اختبار الترشيح الغشائى (MF) التى تعطى عدداً مباشراً للبكتريا.

كما حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) العدد الكلى للبكتريا المسموح به (عد الأطباق) فى عينات المياه بما لا يزيد عن ٥٠٠ مستعمرة بكتيرية / مللى لتر من العينة حيث أن العدد المثالي فى الطبق يتراوح ما بين ٣٠ - ٣٠٠ مستعمرة.

ويمكن اختيار كميات العينات وتخفيفاتها لتصل إلى هذا المدى وخصوصاً عينات مياه المجارى والمياه العكرة والمياه الملوثة الأخرى. ويوضح الشكل رقم (١٤-١١) طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى



شكل رقم (١٤-١١)

طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى

ويعتبر العدد الكلى للبكتريا الحية فى درجة ٣٧°م أكثر دلالة على تلوث المياه منه عند ٢٠°م، إذ تجرى التجربة عند درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الإنسان فيزداد نمو وتكاثر البكتريا التى تعيش في جسم الإنسان أو الحيوان مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الإنسان أو الحيوان. ولا يفضل التخفيف بالمياه المعقمة لأننا في هذه الحالة نزيل المواد المغذية (Nutrient). كما أنه لا يفضل أن يمضى أكثر من ٢٠ دقيقة بعد عمليات التخفيف لزرع البكتريا حتى لا تعطى نتائج خاطئة.

أولاً: اختبار عـد الأطبـاق الفياسى

(Standard plate count test) وهى طريقة لتعيين العد الكلى للبكتريا الحيـة فى المياه فى درجة ٢٠° م، ٣٧° م. ونتائج هذه التجربة قد تختلف عن العـدد الحقيقى للبكتريـا فى المياه لعـدة أسـباب منهـا أن البكتريا قـد توجد فى

مستعمرات (تجمعات). والرج الشديد للعينة قد لا يفكك هذه التجمعات البكتيرية (Bacterial cluster) مما يتعذر معه التفرقة من حدوث النمو من كائن واحد حى أو من مجموعات. كما أن البيئة الواحدة ودرجة حرارة الحضانة المستخدمة قد لا تكون كافية لمتطلبات نمو كل البكتريا.

وتتمثل الطريقة فيما يلي:

* أخذ ١ مللى لتر كحد أقصى للعينة باستخدام ماصة (معقمة فى فرن فى درجة حرارة ١٦٠ - ١٨٠°م لمدة ساعة) وتوضع فى طبق بترى سعة ١٠٠مم^{٣} بعد إسالة بيئة مستنبت خميرة الآجار، وتصب فيها وتمزج العينة مع بيئة الآجار بحركة دائرية للطبق وتترك لتتجمد.

* توضع العينة في حضانة عند درجة حرارة ٣٥-٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة ويمكن عمل طبقين أو ثلاثة أطباق للحصول على نتائج أفضل.

* يتم عد المستعمرات البكتيرية في الطبق بعد ذلك وتكون النتيجة: عدد المستعمرات البكتيرية/١ مللى لتر من العينة. أو (العدد الكلى للبكتريا/ ١ مللى لتر عند ٣٥°م).

* تتم نفس الخطوات السابقة وتحضن العينة عند درجة حرارة ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة وتكون النتيجة: العدد الكلى للبكتريا/ ١ مللى لتر (عند درجة ٢٠°م).

ثانياً: طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولـون البرازى

هناك طريقتان للفحص البكتريولوجى للمياه:

١ - طريقة تخمر الأنابيب المتعددة
(Multiple tube fermentation method)
٢- طريقة الترشيح الغشائى (Membrane filter method).

١- طريقة تخمر الأنابيب المتعددة

الغـرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود وعد بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللبن) عن طريق زرع سلسلة أجزاء مقاسة الحجم من العينة داخل أنابيب محتوية على أوساط زرع ملائمة.

اعتبارات خاصة بطريقة تخمر الأنابيب المتعددة:

* يجرى الاختبار من خلال ثلاث مراحل محددة:
١- الاختبار الأولى.
٢- الاختبار التأكيدي.
٣- الاختبار المكمل.

ومن الممكن إيقاف فحص عينة المياه عند نهاية أى من هذه المراحل إذا ما تحقق الهدف من الاختبار أو استكمال الفحص مباشرة من مرحلة إلى المرحلة التالية. ويهدف الاختبار التأكيدي والاختبار المكمل إلى زيادة التأكد من أن النتائج

الايجابية في الاختبار الأول هي في الواقع نتيجة لبكتريا القولون وليست نتيجة لنشاط أى أنواع أخرى من البكتريا.

* والاختبار المكمل "Complete test" هو الاختبار القياسي لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحيتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهي الفحص بعد الاختبار التأكيدي، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدي قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

* فى المعمل الروتيني توقف الاختبارات البكتريولوجية لمعظم مصادر المياه العامة عند نهاية الاختبارات التأكيدية. والاختبار التأكيدي له أهمية كبيرة في فحص عينات من مصادر إمداد المياه ومن الأجزاء المختلفة في محطة معالجة المياه.
* طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين الاحتمالية وتستخدم للحصول على تقدير العدد البكتيري في العينة معبراً عنه بالعدد الاحتمالي "MPN". وبعد إتمام الخطوات المعملية تلخص كل النتائج الإيجابية والسلبية ثم يتم الربط بين هذه النتائج وأحجام العينة التي تم زرعها. وفى النهاية يتم تعيين العدد الاحتمالي بالرجوع إلى جدول الأعداد الاحتمالية أو باستخدام القانون الآتي:

$$\text{العدد الاحتمالي} = \frac{\text{عدد العينات التي أعطت نتائج إيجابية}}{\sqrt{\text{عدد الملليلترات من العينات التى أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليلترات من العينات فى كل الأنابيب}}} \times ١٠٠$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئي لخمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر ويستخدم في اختبار نوعية مياه الشرب. وحتى يكون الاختبار أكثر حساسية تنفذ هذه الطريقة وتطبق باستخدام خمسة أجزاء كل منها ١٠٠ مللى لتر من العينة وهى مفضلة فى كثير من محطات معالجة المياه.

- زرع خمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر، خمسة أجزاء ١ مللى لتر، خمسة أجزاء ٠,١ مللى لتر. وتطبق في اختبار المياه الأقل في النوعية من مياه الشرب. وعندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار في هذه الحالة هو تعيين العدد.

ويمكن توضيح السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها) بالنسبة لكثافة بكتريا المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مللي لتر في الجدول رقم (١٤-٧).

جدول رقم (١٤-٧)
كثافة المجموعة القولونية المتوقعة

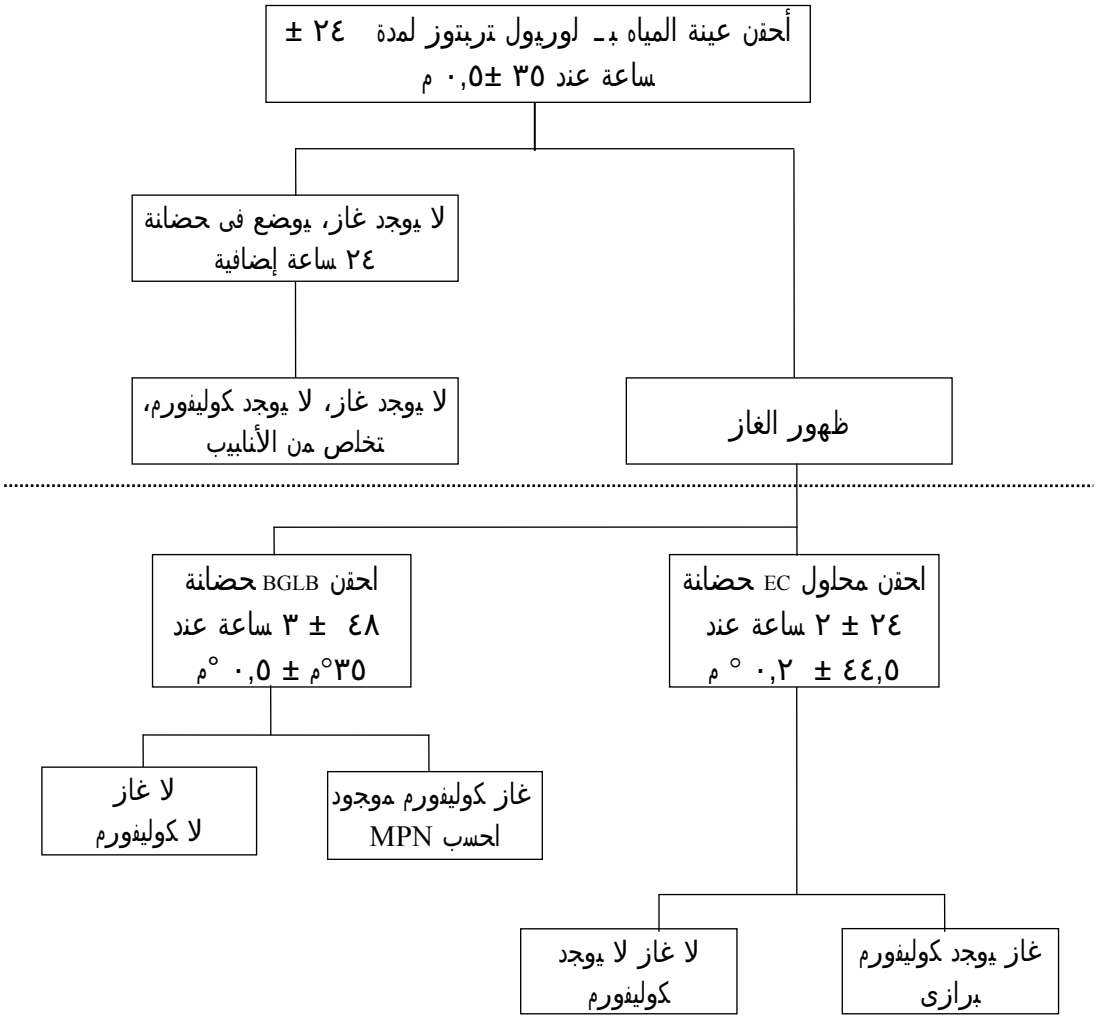
كثافة المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مل	السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها)
٢ - ٥٤٢	١٠، ١، ٠,١ مللى لتر
٢٠ - ٥٤٢٠	١، ٠,١، ٠,٠١ مللى لتر
٢٠٠ - ٥٤٢٠٠	٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مللى لتر
٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠	٠,٠١، ٠,٠٠١، ٠,٠٠٠١ مللى لتر

ملخص طرق التحاليل المطلوبة:

الفحص البكتريولوجي للمياه

١- التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة MPN

يوضح الشكل رقم (١٤-١٢) خطوات التحليل البكتريولوجي باستخدام الأنابيب المتعددة.

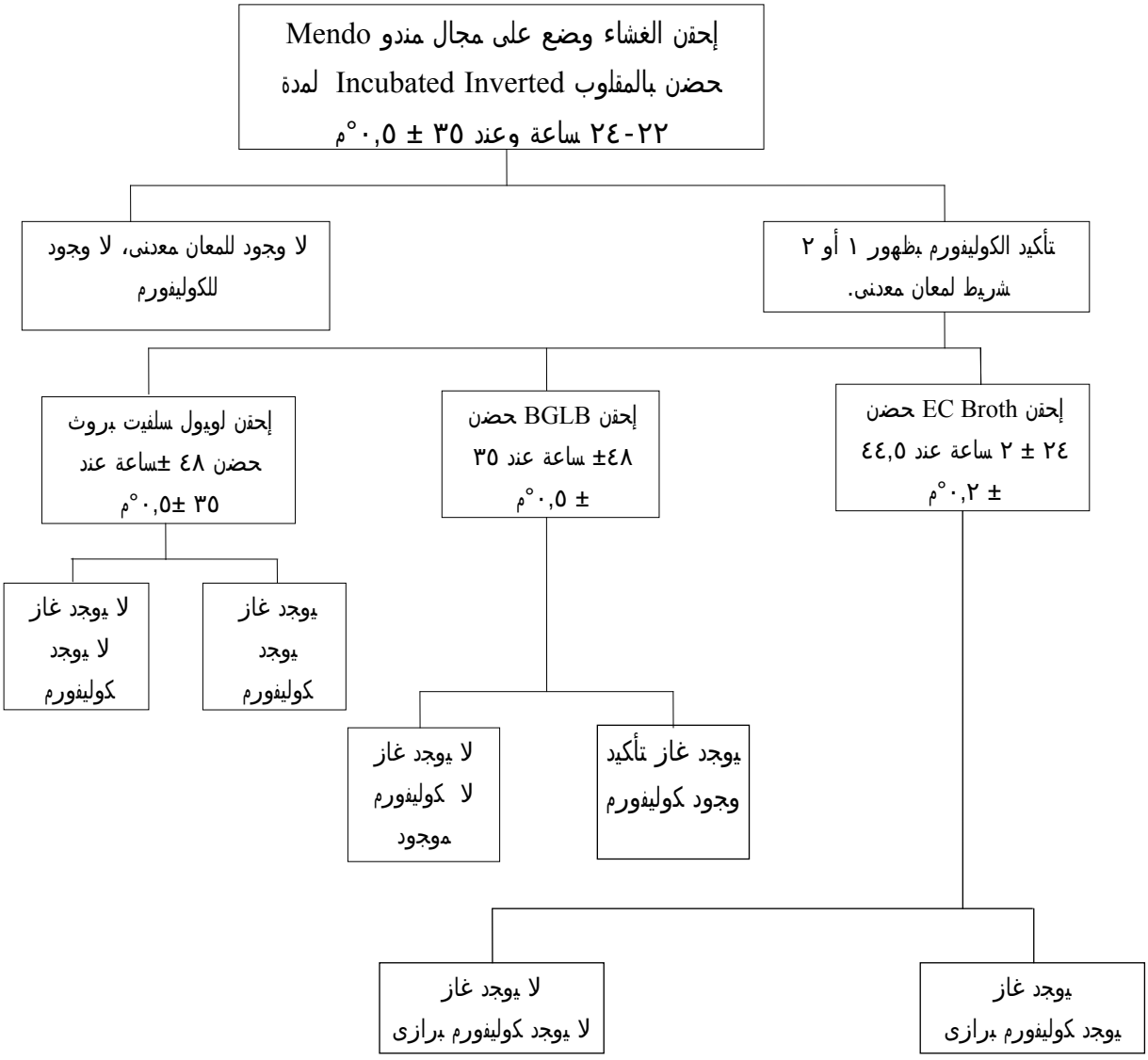


شكل رقم (١٤-١٢)

مخطط توضيحى للكوليفورم الكلى باستخدام الأنابيب المضاعفة بطريقة التخمير

٢- التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الترشيح الغشائي

يوضح الشكل رقم (١٤-١٣) خطوات التحليل البكتريولوجي باستخدام الترشيح الغشائي.



شكل رقم (١٤-١٣)

مخطط توضيحي للكوليفورم الكلى باستخدام المرشح الغشائى

التحاليل الميكروسكوبية

الغرض من التحاليل الميكروسكوبية للمياه

الغرض من هذه التحاليل هو معرفة عدد الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة، سواء كانت نباتية دقيقة أو حيوانية.

ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للمياه (كما تنص عليـه المواصفات المصرية) ما يلى:

أ - البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة (Blue green algae) وعدها.
ب- البحث عن الطحالب الخضراء (Green algae) وعدها.
حـ- البحث عن الدياتومات (Diatoms) وعدها.

وتبدو أهمية هذه الفحوص لما تسببه الطحالب من روائح وطعم غير مستساغ فى المياه وما تسببه من زيادة فى الرقم الهيدروجينى فى بعض الأحيان عندما تحدث سيول وتجرف الدياتومات إلى المياه. ومن أخطر ما تسببه الطحالب هو السموم الطحلبية التى تؤثر على الجهـ ـاز العصبى والكبد (Neurotoxin & Hepatotoxin) وذلك نتيجة لظهور بعض الظروف المواتية لنمو هذه الطحالب وسيادتها على الأنواع الأخرى. وتختلف الإفرازات والروائح باختلاف أنواع الطحالب وتبعاً لكميتها.

كما تختلف المشاكل التى تسببها للمحطات باختلاف أنواعها، فهناك أنواع أخرى تسبب انسداد المرشحات (Filter Clogging algae) وهناك أنواع لا تعيش فى المياه الملوثة ووجودها بكثرة يدل على تلوث المياه بالمواد العضوية (Polluted Water algae)

أهم المتاعب التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر إمداد

١- ظهور طعم ورائحة ولون فى مياه الشرب.

٢- تقليل كفاءة المرشحات بتقصير فترات تشغيلها والحاجة إلى غسيلها على فترات متقاربة جداً تصل إلى مرتين أو ثلاثة أو أكثر فى اليوم الواحد. وبالتالى فقد كمية كبيرة من المياه المرشحة لاستخدامها.

٣- نمو الطحالب وأحياء أخرى غير مرغوب فيها (تعتمد على وجود الطحالب أصلاً فى توطيد نموها) داخل المواسير وشبكات التوزيع ووسائل نقل المياه بشكل عام.

٤- صعوبة استعمالها فى الصناعة نتيجة لتداخل الطحالب فى الاستعمالات الصناعية للمياه، بتغييرها لنوعية المياه (افراز للهلام وتبديلها للرقم الهيدروجينى وإنتاجها للغازات الذائبة وزيادة ماتحتويه من المواد العضوية).

٥- تساعد الطحالب بطريقة غير مباشرة على سرعة تآكل المواسير المعدنية والخزانات وأبراج التبريد.....الخ.

وتحتل الدياتومات وخاصة الدياتوم الخيطى المسمى الميلوزيرا (Melosira) مكان الصدارة بين مجموعة الدياتومات التى تسد مرشحات محطات تنقية مياه الشرب وتليها الطحالب الخضراء المزرقة من ناحية الكثرة العددية.

الفحص الميكرسكوبى

الأجهزة المستخدمة

- ميكروسكوب ضوئى أو كهربى، عدسات شيئية (10x, 20x, 40x, 100x) وعدسات عينية (10x, 12x, 15x)
- شريحة قياسية مقاس ١×٣ بوصة والغطاء الزجاجى رقم ١ فى السمك تسمى شريحة رافتر (Sedgwick - Rafter slide) أو شريحة العد (Counting slide) .
- ماصة ١ مللى لتر - مخبار مدرج سعة لتر.
- ترمومتر مئوى لقياس درجة حرارة المياه.
- شريحة المعايرة "Stage (Calibration) micrometer"
- قرص ويبـ ـل ويوضـع داخـ ـل العدسة الشيئية للميكروسكوب (Whipple plankton - counting disc)، ويسمى أيضا ميكروميتر (Micrometer)
- جهاز الترشيح الرملى لعد الطحالب:

ويتكون من قمع سعة ٥٠٠ مللى لتر. له عنق يسمح بملئه بحوالى ٥ سم^{٣} من الرمال الناعمة (يتراوح قطرها من ٠,١٢٥ إلى ٠,٢٥٠ مم) ومسدودة بسدادة كاوتشوك يخرج منها أنبوبة زجاجية مفتوحة الجانبين وتسد من ناحية الرمال بشاش أو بنوع من القماش (Bolting Cloth).

المحاليل المستخدمة

محلول التثبيت:

يذاب ٢ جرام من يوديد البوتاسيوم فى ٥ مللى لتر من الماء المقطر ثم يضاف ١ جرام من بللورات اليود إلى محلول يوديد البوتاسيوم ويقلب حتى يذاب اليود ثم يضاف ٢٩٥ مللى لتر من الماء المقطر ويتم التقليب.

طريقة عد الطحالب

١- يتم ترشيح لتر من عينات المياه العكرة ومياه المروقات والمرشحات على جهاز الترشيح الرملى وذلك عند وصول العينات للمعمل على ألا يزيد زمن التأخير عن ثلاث ساعات

للعينات المحفوظة عند ٤°م ونصف ساعة للعينات الغير محفوظة. ثم يغسل الرمل بعد تمام الترشيح بكمية ماء ٢٠ مللى لتر فى مخبار مدرج.

٢- يتم معرفة قوة العدسات العينية والشيئية، ويفضل أن تكون قوة تكبير العدسة العينية 10x والعدسة الشيئية 20x لوضوح الطحالب فى العد على الميكروسكوب.

٣- يتم حساب سعة الحقل فى خلية رافتر (Sedgwick rafter cell) ،
سعة الحقل = ٥٠ مم × ٢٠ مم × ١ مم = ١٠٠٠ مم^{٣}.
وهذه الخلية تكون جاهزة التصنيع وسعتها ١٠٠٠مم^{٣} تقريباً.

٤- يتم حساب عدد الحقول التى تغطيها خلية رافتر من خلال حساب مساحة الحقل الواحد وباستخدم شريحة الميكروميتر. وذلك بتطابق عدد الخطوط الكبيرة سعة ٠,١ مللى لتر والخطوط الصغيرة ٠,٠١ مللى لتر وحساب طول ضلع مربع الحقل (Whipple disc)

يتم حساب مساحة الحقل بضرب طول الضلع × نفسه

٥- يتم حساب عدد الحقول التي تغطيها خلية رافتر كالآتى:

عدد الحقول في خلية رافتر =

$$\frac{\text{مساحة شريحة (خلية) رافتر}}{\text{مساحة الحقل الواحد الموجود (Whipple disc)}}$$

٦- بعد حساب عدد الحقول التي تغطى شريحة رافتر بالكامل يتم أخذ ١ مللي لتر من المخبار المدرج ٢٠ مللى لتر ووضعه

على شريحة رافتر بواسطة ماصة فى وضع مائل وتغطى الشريحة بغطاء زجاجي.

- يتم عد الطحالب بالحقول (ولنفترض أن عدد الحقول هو ٥٠) على النحو المبين فى الجدول رقم (١٤-٨).

جدول رقم (١٤-٨)
مثال لطريقة عد الطحالب بالحقول (عدد ٥٠ حقل)

رقم الحقل	عدد الدياتومات	عدد الطحالب الخضراء	عدد الطحالب الخضراء المزرقة
١	٢٥	١٦	١٨
٢	٣٦	١٨	٣٦
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
٥٠	-	-	-
المجموع	٣٢٠	٢٤٠	٣٤٠

المجموع الكلى للطحالب = ٩٠٠ خلية طحلبية فى ٥٠ حقل من جزء من ١ مللى لتر من ناتج الترشيح الممثل لواحد من العينة الأصلية.

مثال:

- قوة التكبير فى الميكروسكوب فى العدستين الشيئية والعينية 10x
- سعة حقل شريحة رافتر = ٢٠×٥٠×١= ١٠٠٠ مللى لتر
- عدد الحقول التي سيتم عد الطحالب فيها = ٥٠ حقل
- مساحة الحقل الواحد = (٧×٠,٠١ + ٠,٠١ × ١٠)^{٢} = ٠,٦٤ مم^{٢}
- كمية المياه التى سيتم ترشيحها من العينة واحد لتر

- كمية مياه الغسيل لناتج الترشيح والمتبقى على رمل الجهاز ٢٠ مللى لتر.

يطبق القانون التالى:

عدد الطحالب / ١ مللى لتر (ديناتومات) =

$$\frac{\text{عدد الحقول الموجودة فى شريحة العد (رافتر)}}{\text{عدد الحقول التى تم عدها}}$$

$$\frac{\text{كمية مياه الغسيل (مللى لتر) "Net Volume"}}{\text{كمية (حجم) العينة الأصلية} \times \text{كمية (حجم) العينة التى تم عدها}}$$

× عدد الخلايا الطحلبية

مساحة الحقل = (٠,٨)٢ = ٠,٦٤ مم^{٢}

عدد الحقول فى شريحة العد = $\frac{١٠٠٠}{٠,٦٤}$ = ١٥٦٢٥ حقل

١- عدد الطحالب/ ١ مللى لتر (ديناتومات)

$$\frac{١٥٦٢٥}{٥٠} \times \frac{٢٠}{١\times١٠٠٠} \times ٣٢٠ = ٢٠٠٠$$

٢- عدد الطحالب / ١ مللى لتر (الخضراء)

$$\frac{١٥٦٢٥}{٥٠} \times \frac{٢٠}{١\times١٠٠٠} \times ٢٤٠ = ١٥٠٠$$

٣- عدد الطحالب/١مللى لتر (الخضراء المزرقة)

$$= \frac{١٥٦٢٥}{٥٠} \times \frac{٢٠}{١\times١٠٠٠} \times ٤٠ = ٢٥٠$$

٤- عدد الطحالب الكلية/١ مللى لتر = ٣٧٥٠

- يتم وضع الغطاء الزجاجى على الشريحة فى الركن المواجه لفتحة وضع العينة.

- يتم اختيار الماصة ١ مللى لتر ذات الفتحة الكبيرة الطرف **(شكل رقم ٢-٢)** حتى تنزل المياه مع المواد العالقة وحتى لا تسد الماصة.
- يتم مزج العينة جيداً ونتجنب الرج الشديد حتى لا تتكسر مستعمرات الطحالب وبالتالي يؤدى ذلك إلى زيادة عملية العد.
- يجب أن نملأ الماصة بسرعة بعد رج العينة.
- عند ملء شريحة العد نحرك الغطاء الزجاجي.
- إذا تبين وجود فقاعات هوائية فى الشريحة حول الحواف تفرغ ويعاد ملؤها.

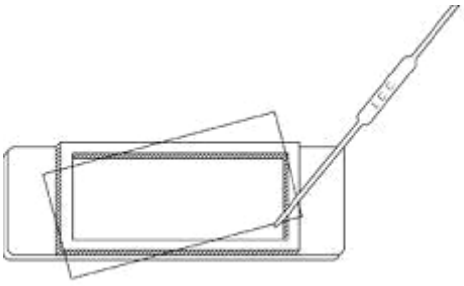
توضح الأشكال أرقام من (١٤-١٦) إلى (١٤-٢٠) بعض أنواع الطحالب التى تظهر فى الأنواع المختلفة من المياه.

ملاحظات على استخدام شريحة سيدويك رافتر (Sedgwick Rafter):

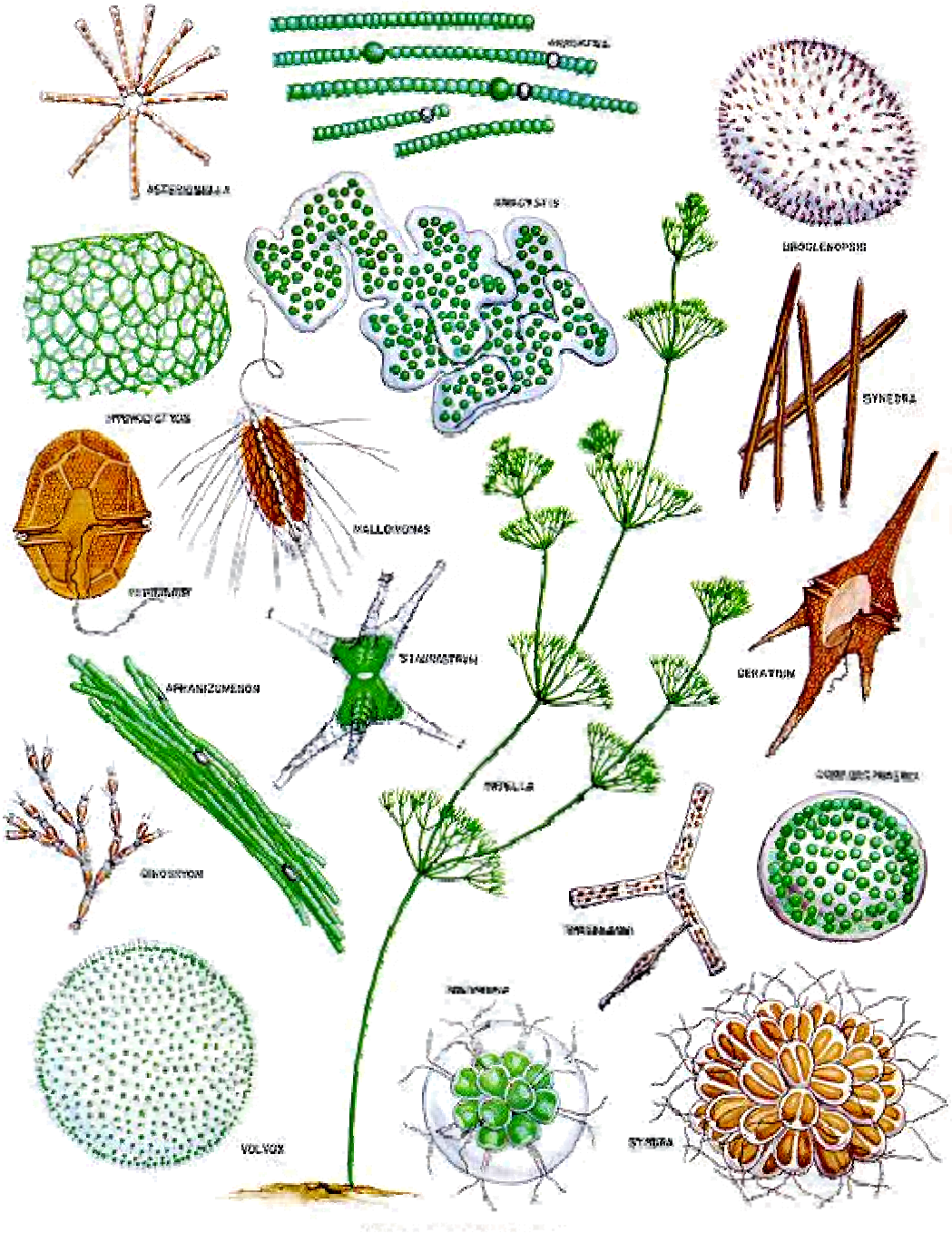
- يتم العد من خلال فحص مساحة صغيرة من الشريحة وليس من خلال فحص مساحة الشريحة كلها.
- يتم التأكد من نظافة الشريحة والغطاء الزجاجى.

.. الطحلبي باستخدام الميكروسكوب وخلية العد

شكل رقم (١٤-١٤)
ميكروسكوب ضوئي

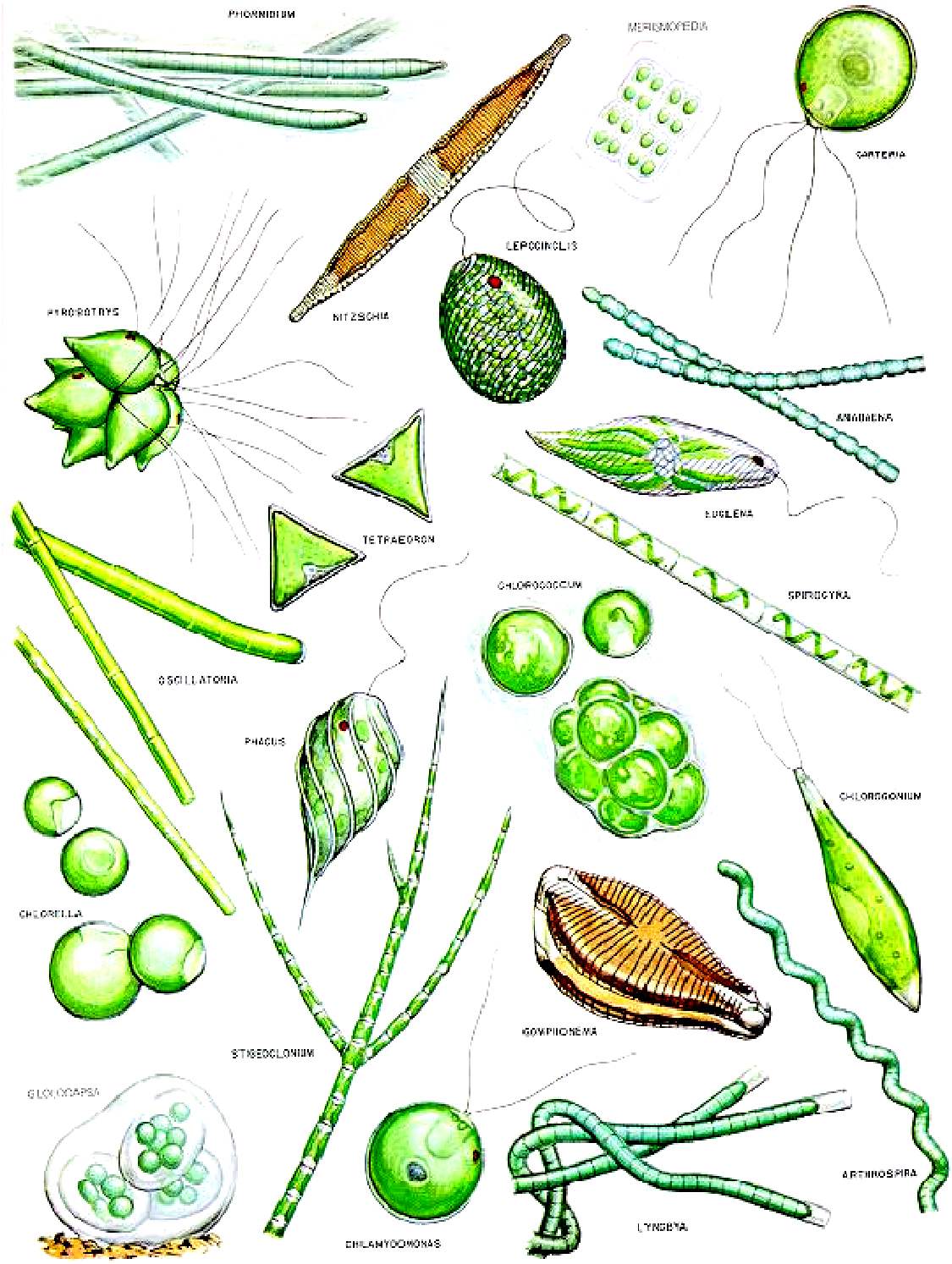


شكل رقم (١٤-١٥)
خلية عد الطحلبي



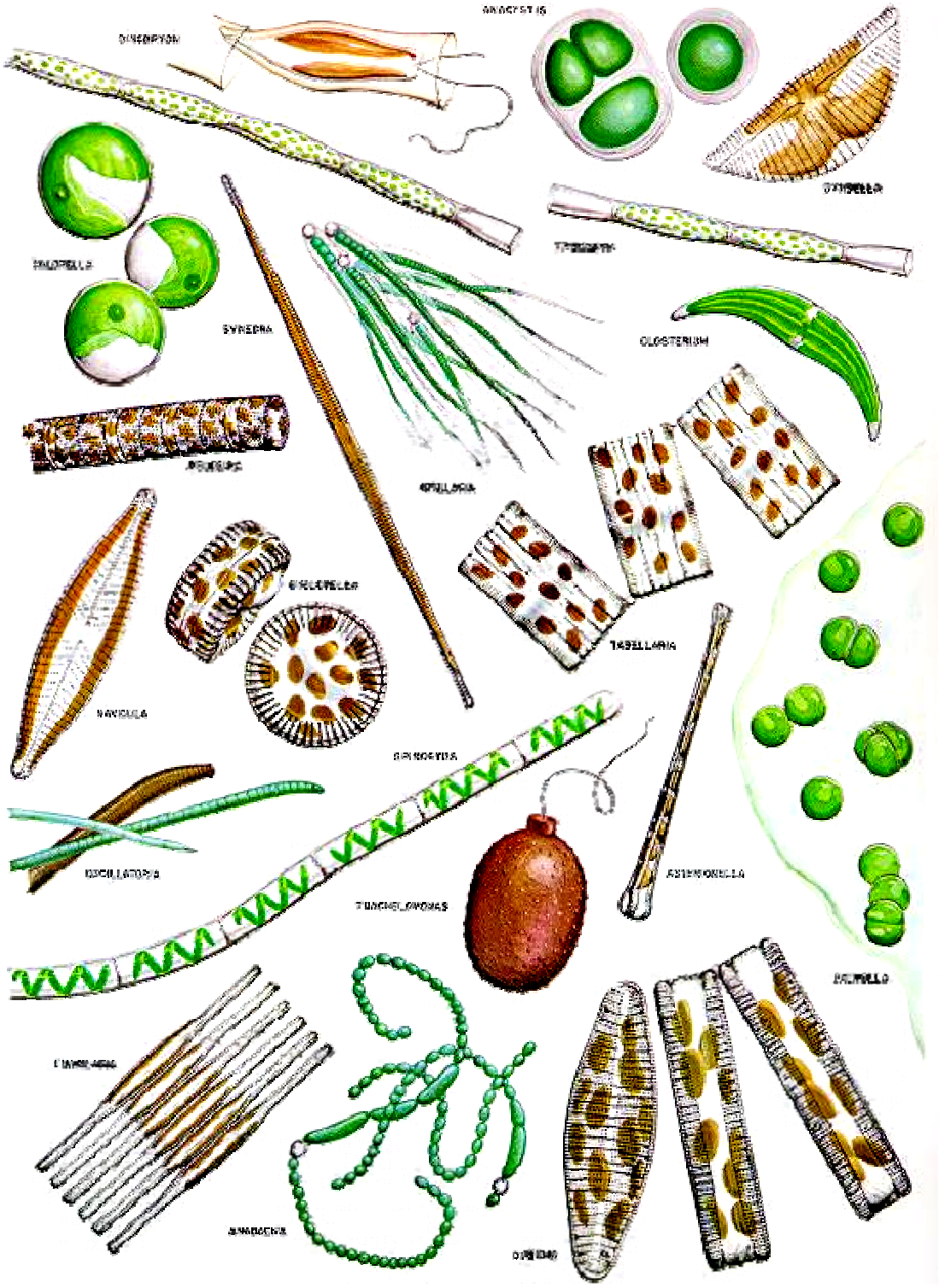
شكل رقم (١٤-١٦)

الطحالب التى تسبب انسداد الفلاتر



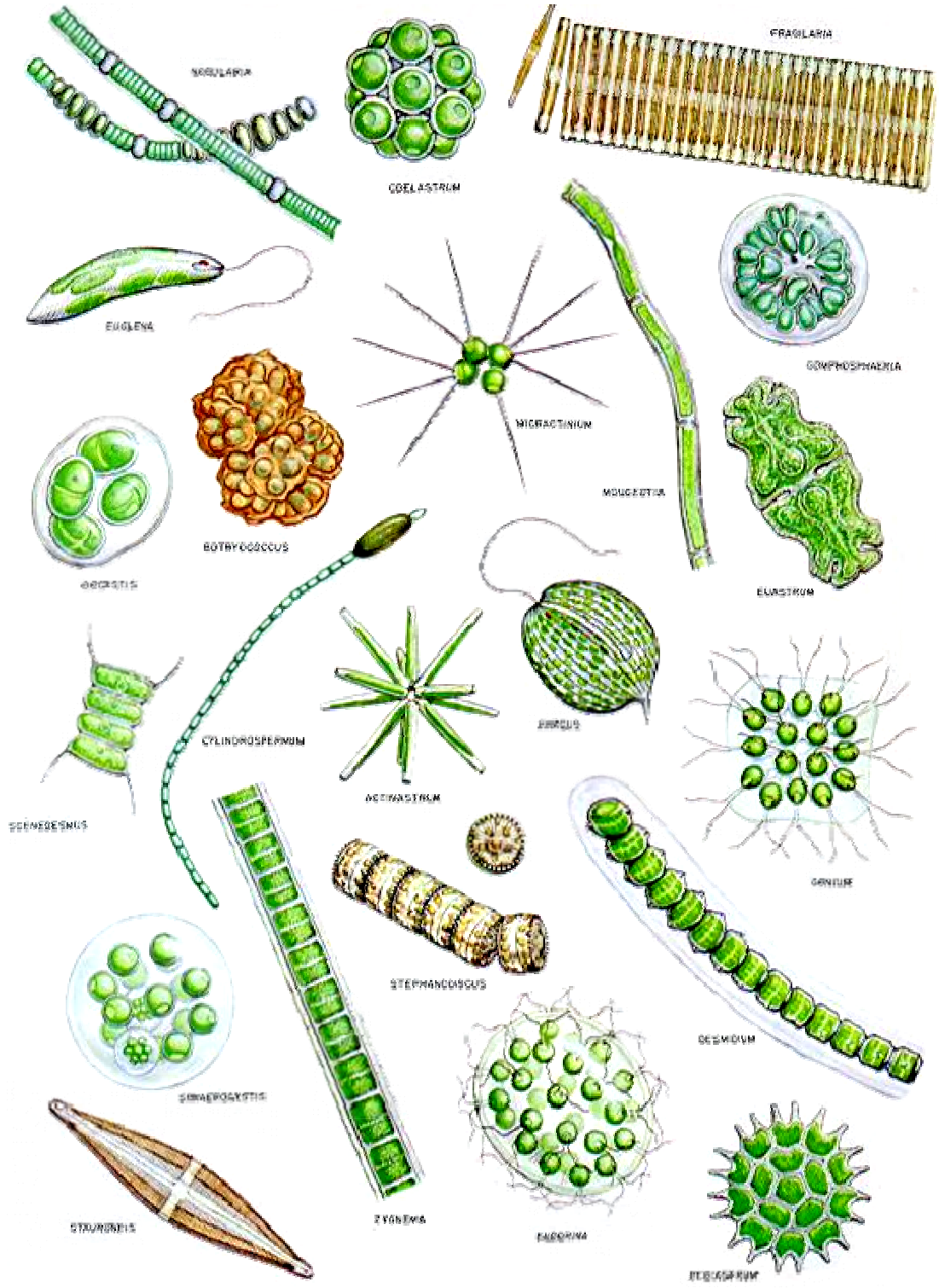
شكل رقم (١٤-١٧)

طحالب المياه الملوثة



شكل رقم (١٤-١٨)

الطحالب التى تسبب إنسداد الفلاتر



شكل رقم (١٤-١٩)

أحياء دقيقة وأنواع أخرى من طحالب المياه السطحية

شكل رقم (١٤-٢٠)

بعض الطحالب التى تظهر فى المياه الغير ملوثة (النظيفة)

١١-الرصاص/ النحاس

أسباب ومصدر التلوث بالرصاص/ النحاس

نادراً ما يوجد في الطبيعة في مصدر المياه ولكن يوجد نتيجة النشاطات الصناعية أو بسبب اللحامات الموجودة بالمواسير النحاس والحديد والبرونز كما قد تكون نتيجة المواسير المصنوعة من الرصاص مثل المواسير الفرعية الموصلة للمنازل أو في بعض خطوط شبكة المياه فوجود المياه في مواسير تحتوي على الرصاص أو النحاس لعدة ساعات يمكن أن تؤدي على ذوبان كميات من الرصاص او النحاس في المياه.

الأخطار على الصحة العامة

يبين الجدول الأتي الأضرار التي تحدث نتيجة التعرض للرصاص والنحاس لفترة قصيرة.

	النحاس	الرصاص
أطفال	اضطرابات وتقلصات في المعدة والأمعاء - مرض ويلسون	تعيق نمو المخ والجسم
نساء		تؤدى إلى زيادة الضغط في الدم ونقص في فترة الحيض
الرجال		زيادة في ضغط الدم
المصدر في المياه	تآكل خطوط المواسير المنزلية المصنعة من النحاس	تآكل لحامات الرصاص بين المواسير والمواسير المصنعة من مادة الرصاص وايضا الحنفيات المصنعة من مادة البرونز
الحدود المسموح بها	٢ مللى جرام/لتر	٠,٠١ مللى جرام/لتر

الأجهزة المستخدمة جهاز الامتصاص الذري – جهاز حث البلازما المزدوج ICP جهاز الامتصاص الطيفي Spectrophotometer

تجميع العينات يتم اخذ العينات من الحنفيات التي لم تستخدم لمدة ست ساعات على الأقل.

وتستخدم عبوات بلاستيك أوزجاجية للتحليل ويمكن أن تحفظ العينـة فى درجة حرارة ٤ درجات وتحلل خلال ٢٤ ساعة.

١٢- الحديد والمنجنيز

مقدمة

يوجد المنجنيز والحديد عادة بكميات ملحوظة فى المياه الجوفية نتيجة اختراق المياه لطبقات الارض وذوبان الحديد والمنجنيز بها ويتراوح نسبه المنجنيز في المياه الجوفيه ما بين (٠,١- ١,٠ملليجـم/ لتـر) وغالبا ما تكون على هيئه بيكربونات او كبريتات وذلك فـي الميـاه السطحيه حيث تتراوح النسبه ما بين (٠,٠١- ٠,١ ملليجم/ لتر) أما الحديد فيتراوح نسبته في المياه السطحيه من (٠,٠١- ٠,٣ ملليجـم/ لتر) بينما في المياه الجوفيه تتراوح النسبه بين (٠,٠١- ٠,١ ملليجم/ لتر) ويتأكسد الحديد والمنجنيز الذائب في الماء عند تعرضه للهـواء الجوى.

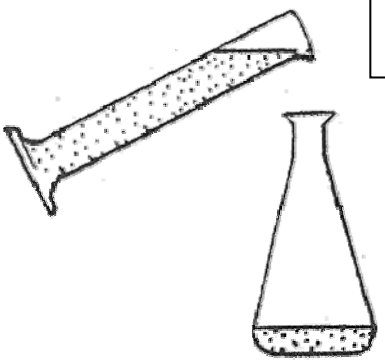
تجميع العينات

تجمع العينات فى عبوات بلاستيك سعة ١٠٠ مللـى أو أكبـر مـع إضافة حمض النيتريك لجعل الرقم الهيدروجينى أقل من ٢ ويمكـن ان تحلل خلال ٤٨ ساعة بدون إضافة.

طرق القياس

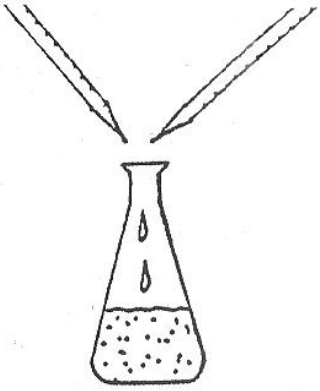
ويتم قياس الحديد والمنجنيز بالطريقه الكيميائيـه بـالطرق اللونيـه باستخدام جهاز الاسبكتروفوتوميتر او باستخدام جهاز الامتصـاص الذرى.

١



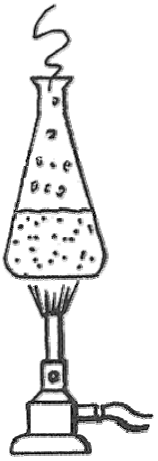
يوضع ٥٠ مللى من العينة باستخدام مخبار مدرج فى الدورق

٢



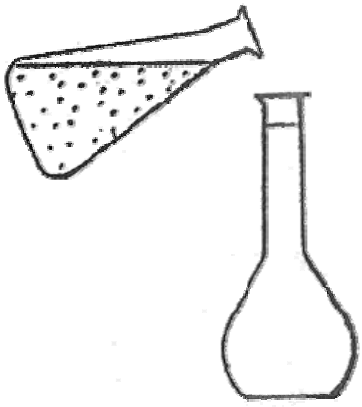
يضاف إليها ٢ مللى من حمض الهيدروكلوريك المركز مع ١ مل أخرى من محلول الهيدروكسيل امين

٣



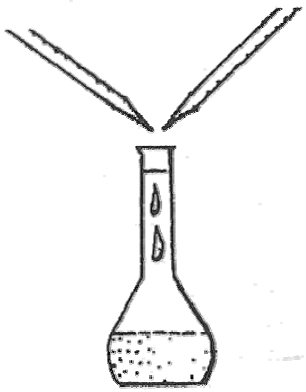
تسخين المحتويات حتى الغليان حتى ينقص الحجم إلى ٢٠ مللى

٤



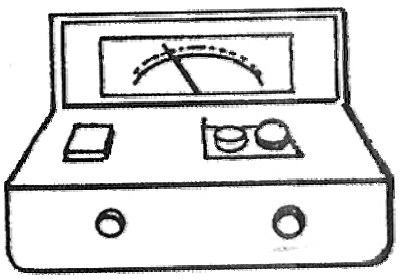
ينقل المحتويات بعد التبريد لدورق حجمى سعة ١٠٠ مللى

٥



يضاف ١٠ مللى من محلول الخلات المنظم مع ٢ مال من محلول الفينانثرولين ويكمل بالماء المقطر إلى ١٠٠ مللى

٦

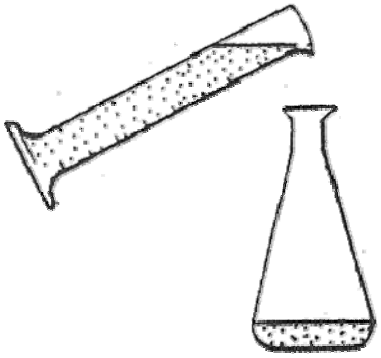


نأخذ جزء من المحلول ويوضع فى جهاز الاسبكتروفوتوميتر ويقاس تركيز الحديد

شكل رقم (١٤-٢١)

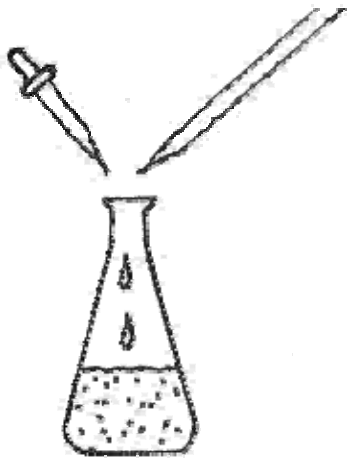
طريقة قياس الحديد (طريقة الفنانثرولين)

١



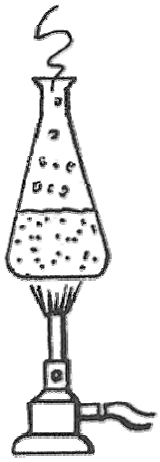
يوضع ١٠٠ مللى من العينة باستخدام مخبار مدرج فى الدورق

٢



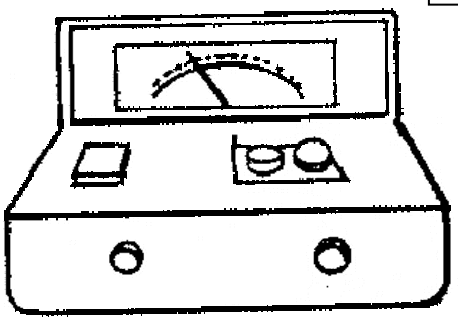
يضاف ٥ مللى من كاشف المنجنيز مع نقطة من هيدروجين البيروكسيد

٣



يركز المحلول بالغليان حتى يصل الحجم إلى ٩٠ مللى ويضاف واحد جرام من بيركبريتات الأمونيوم ثم يكمل إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر

٤



يؤخذ جزء من العينة وتقاس على جهاز الاسبكتروفوتوميتر لتحديد نسبة المنجنيز

شكل رقم (١٤-٣٢)
طريقة قياس المنجنيز

طرق التخلص من الحديد والمنجنيز

١. طريقة الأكسدة بالتهوية: يتم عمل تهوية وينتج عن ذلك عوالق صغيرة.
٢. جدا من الرواسب يمكن إزالتها بعد ذلك خلال عمليه الترسـيب أو الترشيح أو أكسده الحديد والمنجنيز بإضافة ماده مؤكسدة مثل الكلور أو البرمنجنات في حوض تلامس الى مواد غير ذائبـة والتخلص منها.
٣. طريقة الأكسدة ببرمنجنات البوتاسيوم مـع اسـتخدام زيوليـت المنجنيز أو رمال المنجنيز الخضراء Manganese green sand
٤. طريقة البولى فوسفات: تستخدم هذه الطريقة عندما يكون الحـد الأقصى للمنجنيز ٠,٣ والحديد ٠,١ مللى جرام/ لتر.
٥. طريقة الأكسدة بالكلور مع برمنجنات البوتاسيوم.

الفصل الخامس عشر

تقييم ومراقبة خصائص مصادر المياه

الفصل الخامس عشر
تقييم ومراقبة خصائص مصادر المياه

أهداف الأداء (التعلم):

بانتهاء التدريب على هذا الفصل، ينبغي أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يصنف ملوثات مصادر المياه السطحية والجوفية والجهود المطلوبة لمراقبة هذه المصادر والخصائص الطبيعية لها.
- يجري أعمال تقييم خصائص مياه الشرب بكتريولوجياً على أساس الخصائص والمواصفات وطرق إجراء التحاليل المعملية المطلوبة لذلك.
- يجري أعمال فحص وتقييم خصائص المياه السطحية والجوفية الفيزيائية على أساس تصنيف هذه الخصائص وطرق إجرائها.
- يجري أعمال فحص وتقييم الخصائص الكيميائية لمصادر مياه الشرب السطحية والجوفية وإزالة عسر المياه.
- يصنف مؤشرات التلوث الرئيسية في مصادر مياه الشرب وتأثيراتها الصحية ويشرح دلالات التركيزات المختلفة في المياه.

مقدمــة

إن مياه الشرب وإن كانت آمنة إلى حدٍ ما فى الماضي، فإن تعرض الموارد المائية للتلوث قد ازداد مؤخراً مع زيادة الكثافة السكانية والأنشطة التنموية، والمصدر الرئيسي لهذه الملوثات هو مياه الصرف الصحى والصناعي والزراعي. وتوجد أربعة أنواع رئيسية من الملوثات وهى الكائنات الحية الدقيقة، والمواد العضوية، والمواد غير عضوية، والمواد المشعة. ولكل من هذه الملوثات حدوده القصوى فى مياه الشرب لتكون آمنة صحياً ومستساغة وغير ضارة.

وتشمل الكائنات الحية الدقيقة البكتريا، الفيروسات، البروتوزوا، الطحالب والفطريات، وهى نادرا ما تتواجد فى المياه الجوفية.

الملوثات من المواد العضوية فى المياه السطحية مصدرها الصرف الصناعي والمواد العضوية المكلورة نتيجة اتحاد الكلور مع المواد العضوية فى المياه الخام وتكوين التراى هالومثيان (Trihalomethan).

أما الملوثات فى المياه الجوفية هي الملوثات من المـواد العضوية المتطايرة (Volatile Organic) والتي تتسرب للتربة والناتجة من مياه الصرف الصناعي والزراعي والصحي مثل رابع كلوريد الكربون، وبعض مركبات الجازولين.

وتشمل الملوثات العضوية المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب، أما الملوثات من المواد غير العضوية مثل النحاس والرصاص والزرنيخ والكروم فهى تنشأ نتيجة الصرف الصناعى على المسطحات المائية وقد تطورت التقنيات الحديثة للكشف عن هذه الملوثات.

لقد كانت المياه قديماً هي العامل الذي يتحكم فى أماكن إقامة البشـر فكـانوا يتجهون إلى الأماكن التي يتمكنوا فيها من الحصول عليهـا بسهـولة مـن

الأمطار أو الأنهار أو الآبار ثم دفعهم تزايد وتعاظم احتياجاتهم للمياه إلى ابتكار وسائل الضخ البدائية.

وفى الوقت الذي اتسعت فيه معرفة الإنسان بأهمية المياه كمصدر رئيسى فى غذائه نجد أن من بين سكان العالم البالغ عددهم ما يزيد عن ستة مليارات نسمة ما لا يقل عن ١,٥ مليار لا يحصلون على مياه الشرب النقية الصالحة للاستخدام الآدمي. يزيد عن ذلك كثيراً قصور موارد المياه عن احتياجات الزراعة بما يؤثر سلباً على الإنتاج الغذائي العالمي.

وتمتاز مصر بأنها غنية بمصادر المياه منذ القدم وقد وصفها هيرودوت بأنها "هبة النيل" الذي كان فيضانه وفيراً بالإضافة إلى الموارد الأخرى من الأمطار والآبار التي أدت إلى اتساع رقعة الزراعة فى العصور القديمة بما يواكب زيادة السكان المترتبة على ازدهار البلاد فى هذه العصور.

ولكن الأمر انقلب حاليا حتى أصبح نصيب الفرد من مياه النيل (حوالى ٧٠٠ م^{٣} سنوياً) إذ أن نصيب مصر الكلى من ماء النيل محدد بقدر ٥٥,٥ مليار م^{٣}/ سنوياً طبقا لاتفاقية دول حوض النيل فى عام ١٩٥٩ م ومن المنتظر أن ينخفض نصيب الفرد من المياه مع الزيادة السكانية المطردة للسكان بالإضافة إلى التحديات التى تواجه مصر حاليا من انخفاض موارد النيل عن الاتفاقية السابق الإشارة إليها.

وقد حث مؤتمر باريس الدولي للمياه عام ١٩٩٨ الدول التي تشترك فى موارد المياه أن تعقد الاتفاقيات بينها لتنمية هذه الموارد وأوصت بتمويلها من الصناديق الدولية. ولاشك أن مصر تسعى لهذا منذ زمن فهي تشترك مع أثيوبيا وأوغندا والسودان فى موارد النيل وكذلك مع السودان وليبيا وتشاد فى الحجر النوبي، ولاشك أن مشروعات الاستغلال فى هذين المجالين من أهم الحلول للتوصل إلى هدف زيادة موارد مصر السنوية من المياه.

تقييم خصائص مياه الشرب بكتريولوجيًا

يتم تحديد خصائص المياه وبالتالي تحديد نوعيتها من خلال خصائص ذات صفات ودلالات معينة حسب الغرض من الاستخدام ومنها الخصائص البكتريولوجية التي قد تغير من مكونات المياه الطبيعية وتسبب التلوث.

تعريف التلوث

هو الانخفاض في نوعية المياه الطبيعية بسبب وجود المواد الضارة بتركيزات متزايدة أو إدخال تأثيرات عليها تغير من خصائصها أو حتى نقصان بعض مكوناتها الطبيعية الأساسية من جراء تداخلات الإنسان، مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمال فى الأغراض المختلفة، وتتوقف نوعية المياه على حسب مصدرها ويحدد مستوى التنقية المطلوبة لها الاستخدامات المطلوبة منها.

عوامل التلوث البكتريولوجي

ويحدث التلوث البكتريولوجي للمياه عندما تستقبل كائنات حية كثيرة وممرضة وخاصة البكتريا وأيضا بعض المخلفات التي تحتوي على مواد عضوية بسيطة التركيب وسريعة التأكسد، حيث تتأكسد هذه المواد بيولوجيًا بواسطة البكتريا التي تؤثر على دورة التنقية الذاتية، وبالتالي تؤثر على مستوي الأكسجين الذائب في المياه.

ويمكن أن يكون التلوث من المصادر الطبيعية ومصادر الأمطار سببًا في التلوث البكتريولوجي عند المرور على ملوثات ميكروبية.

وتبين الجداول من (١٥-١)، (١٥-٢) التلوث الميكروبيولوجي والأمراض المسببة لها.

جدول رقم (١٥-١)
أهم مجموعات الفيروسات التى يمكن أن تتواجد في
المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

مجموعة الفيروسات	الأمراض التى تسببها
فيروسات الغدد	أمراض الجهاز التنفسى والتهابات العين.
الفيروسات المعوية ومنها: * فيروس شلل الأطفال * الإسكوفيروس	 شلل الأطفال، أمراض أخرى الالتهاب السحائى، الإسهال، أمراض الجهاز التنفسى.
فيروس الكوكساكى	الالتهاب السحائى، الإسهال.
فيروس الالتهاب الكبدى (أ)	مرض الصفراء، أو الالتهاب الكبدى الوبائى.
الروتافيرس وأنواع أخرى	الإسهال.

جدول رقم (١٥-٢)
أهم أنواع البكتريا التى تتواجد
فى المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

مجموعة البكتريا	الأمراض التى تسببها
مجموعة القولون المرضية	الإسهال
مجموعة السالمونيلا، وهى: * سالمونيلا التيفى * سالمونيلا الباراتيفى * أنواع أخرى	 حمى التيفود حمى الباراتيفود التسمم الغذائى والدوسنتاريا الباسيلية
مجموعة الشيجيللا	دوسنتاريا
أنواع أخرى	الإسهال، الكوليرا

التخلص من الملوثات البكتريولوجية

إن الطـرق التقليدية لتنقية الميـاه لكي تكون صالحة للشرب وللأغـراض المنزلية تعتمد أساسًا على أن المياه الخام يجب أن تكون مياه عذبة وذات مواصفات معينة حتى يتيسر تنقيتها، والغرض من التنقية هو إزالة المواد الغروية والتخلص من الميكروبات الضارة والفيروسات، وتوجد تقنيات

أخرى غير تقليدية مثل الترشيح الفائق (Ultrafilteration) والتطهير باستخدام الأوزون، أو باستخدام ثاني أكسيد الكلور.

وتهدف الاختبارات التي تجرى على المياه للفحص البكتريولوجي إلى:

١. الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية مورد المياه للاستعمال لإمداد السكان بالمياه.
٢. معرفة مدى عمليات التنقية اللازمة لإزالة مسببات الأمراض.
٣. الحكم على مدى كفاءة خطوات عمليات التنقية في القيام بوظيفتها كل خطوة على حدة.
٤. التأكد من قيام محطة التنقية كوحدة متكاملة بوظيفتها على الوجه الأكمل.

ومن أهم الملوثات الميكروبية للمياه هي الملوثات التي تسبب أمراض التيفود – الدوسنتاريا المعوية والباسيلية – الكوليرا – الباراتيفود – شلل الأطفال وتتواجد الميكروبات المسببة لهذه الأمراض في المياه الطبيعية نتيجة صرف المخلفات السائلة في المسطحات المائية، إما احتمال تواجد هذه البكتيريا في المياه المنقاة فلن يتأتى إلا في الحالات الآتية:

١. اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث
٢. كسر في شبكة مواسير المياه
٣. التنقية غير الكاملة للمياه

<u>طرق إجراء التحاليل المعملية المطلوبة</u>

يتم إجراء التحاليل المعملية كالآتي:

١. العد الكلي للبكتيريا: ويكون ذلك في المياه النقية المعدة للشرب أو بعد تخفيف الحمل البكتيري من مراحل المعالجة المختلفة للمياه ويكون العد البكتيري بتنميتها على وسط غذائي يسمى الآجار المغذي.
٢. أدلة التلوث: ويأتي ذلك بالكشف عن بكتيريا القولون غير الممرضة كدلالة على تلوث المياه وما قد يصاحبها من بكتيريا ممرضة ويكون التحليل بطريقة تخمر الأنابيب المتعددة ، أو بطريقة الترشيح الغشائى.

الخصائص الفيزيائية (الطبيعية) للمياه السطحية والجوفية

الخصائص الفيزيائية للمياه السطحية والجوفية تشمل الآتي:

١. المواد الصلبة الكلية Total Solid Content
٢. أنواع المواد الصلبة المختلفة (ذائبة، عالقة، قابلة للترسيب، متطايرة)
٣. اللون والرائحة والطعم
٤. التوصيل الكهربي
٥. درجات الحرارة
٦. العكارة

وكل من هذه الخصائص لها مصادر كيميائية وبيولوجية، يمكن إزالتها بطرق المعالجة الكيميائية أو البيولوجية.

المواد الصلبة الكلية وتشمل:

المواد الصلبة الكلية (T.S) – المواد العالقة الكلية (TSS) – المواد الذائبة الكلية (TD)، وتربطهم العلاقة الآتية:

$$TS = TSS + TD$$

المواد الصلبة العالقة، وتشمل:

- المواد القابلة للترسيب (Settelable Solids - NFSS) – المواد الصلبة العائمة (Flotable Solids - FSS)، وتربطهم العلاقة الآتية:

المواد العالقة (TSS) = $FSS + NFSS$

- المواد الصلبة المتطايرة الكلية TVS – المواد الصلبة غير المتطايرة (TNVS)، وتربطهم العلاقة الآتية:

$$TS = TVS + TNVS$$

- المواد العالقة المتطايرة الكلية (TVSS) – المواد العالقة غير المتطايرة الكلية (TNVSS)، وتربطهم المعادلة الآتية:

$$TSS = TVSS + TNVSS$$

- المواد الصلبة الذائبة المتطايرة TVDS – المواد الصلبة الذائبة غير المتطايرة TNVDS، وتربطهم المعادلة الآتية:
$$TDS = TVDS + TNVDS$$

وتقاس هذه العوامل باستخدام التجفيف أو الحرق للمواد المتطايرة.

العكارة

قد تكون العكارة مواد عضوية مثل الطحالب التي تسبب مشاكل كبيرة ما لم تعالج كيماوياً لوقف تكاثرها، وقد تكون مواد غير عضوية مثل الطمي والرمال، وقد تصل إلى عدة آلاف من الأجزاء في المليون في المياه السطحية، وتكون أقل كثيراً في المياه الجوفية.

وقد تكون العكارة مواد غروية، وتندرج تحت هذا الاسم المواد صغيرة الحجم جداً التي لا يمكن رؤيتها بالميكروسكوب العادى، وتوجد هذه المواد فى حالة متوسطة بين التعلق والذوبان، ولكن يمكن تنقيتها بالترشيح.

وتقاس بوحدات الجاكسون أو N.T.U ويستخدم جهاز العكارة على نطاق واسع لقياس درجة عكارة المياه.

اللون

يتغير لون المياه السطحية نتيجة تحلل المواد العضوية أو وجود مواد غير عضوية مثل الحديد والمنجنيز، ويعتبر التغير فى لون الماء من أكثر الدلالات على عدم صلاحيته للاستعمال الآدمى، ومعظم الاستخدامات الصناعية.

ويمكن أن يكون اللون من المواد العالقة وتسمى (Apparent Color) أو مواد ذائبة وتسمى (True Color) وتأتي من الصبغات النباتية أو الحيوانية

والملوثات الصناعية غير العضوية، ويمكن قياس ذلك بطريقة المقارنة المرئية للعينة بمحاليل قياسية، أو باستخدام جهاز التحليل الطيفي وقياس النوعين (True & Apparent) على أطوال موجية مختلفة.

الرائحة Odor

يرتبط غالباً وجود طعم غير مستساغ بوجود رائحة غير مستحبة فى نفس الوقت. فمن النادر أن تكون الرائحة مفتاح مؤشر للتلوث، وتستخدم المياه المعروفة المصدر غير الملوثة كمقياس مرجعى للرائحة "Zero Odor" فى التجربة المعروفة (Threshold Odor Test) لتحديد الحد الأدنى لمقياس تركيز الرائحة Min. Detectable Threshold Odor Concentration.

الطعم Taste

يكون الماء فى بعض الأحيان ذا طعم غير مستساغ نتيجة لاحتوائه على الطحالب والمواد العضوية أو الاختلاط بمياه الصرف الصحى أو المخلفات الصناعة قبل المعالجة. ويمكن تقسيم الطعم عن طريق اللسان والتأثير العصبي Palate Sensory Nerve، كالآتي:

مُرة	Bitter
ملحية	Salty
حمضية	Sour
حلوة	Sweet

وغالبا تستخدم طريقة Flavor Threshold Test لتقييم الطعم

درجة الحرارة

يعتبر كأحد مقاييس الخصائص الطبيعية لنوعية المياه، حيث أنه قد يكون له تأثير سلبي على الأحياء المائية في المصدر المائي، وهى تؤثر على عمليات المعالجة حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يساعد على سرعة ذوبان الكيماويات المضافة وسرعة ترسيب الجسيمات الدقيقة.

وعادة فإن المخلفات الصحية التي تصرف على المياه ترفع درجة حرارة الوسط المائي، أما السوائل أو الغازات المبردة فتؤدي إلي انخفاض درجة حرارة المياه، وتقاس درجات الحرارة بالترمومترات المئوية أو بالفهرنيت، ولا توجد أضرار صحية مباشرة نتيجة ارتفاع أو انخفاض درجات حرارة المياه.

الخصائص الكيميائية لمصادر مياه الشرب

توجد عدة خصائص كيميائية تحدد نوعية مصادر مياه الشرب وسوف نوضحها فيما يلي:

١. الرقم الهيدروجيني:

ويرمز له بالرمز pH، وهو يعبر عن درجة ميل المياه إلى الحمضية أو القلوية إن لم تكن متعادلة، وهو مقسم من الصفر إلى ١٤.

والرقم ٧ يدل على تعادل الماء فلا هو حمضى ولا هو قلوى وهو الرقم الهيدروجين للمياه النقية، وإذا قل عن ٧ فإنه يدل ذلك على حمضية المياه، وإذا زاد عن ٧ يدل على قلويتها. والمياه الحمضية تسبب تآكل للأسطح الحاوية لها، أما المياه القلوية فترسب قشوراً (أملاح) على تلك الأسطح.

٢. العسر:

ينشأ العسر من وجود أملاح الكالسيوم والماغنسيوم ذائبة في المياه، وينتج عن العسر زيادة الرقم الهيدروجينى للماء أي يصبح الماء قلوياً ويتسبب في ترسب قشور على الأسطح بالإضافة إلى اكتساب الماء طعم غير مستساغ ويصعب مع الماء العسر استخدام الصابون، والعسر الكلى هو التركيز الكلى

لأيونات الكالسيوم والماغنيسيوم، ويوجد نوعان من الماء العسر: عسر دائم وعسر مؤقت، فينشأ العسر المؤقت عندما يحتوى الماء على أملاح الكربونات والبيكربونات، أما العسر الدائم فإن الماء يحتوى على أملاح الكبريتات أو الكلوريدات أو النترات.

٣. الأكسجين الذائب:

يتواجد الأكسجين ذائبا في المياه بصفة دائمة، وتزيد نسبته فى المياه الباردة عنها في المياه الساخنة. ويؤدى وجود الطحالب في المياه إلى إنتاج الأكسجين نهارا فتزيد نسبته بالنهار، بينما تستهلكه ليلا فتقل نسبته بالليل، وتؤدى نسبة الأكسجين الذائب في الماء إلى تآكل الأسطح المعدنية الملامسة له.

٤. المواد الذائبة:

تمثل نسبة أملاح الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة فى الماء من ٧٥٪ إلى **٩٠**٪ من مجموع الأملاح الذائبة وقد تصل كميتها إلى ٥٠٠ جزء فى المليون أو أكثر.وتحتوى المياه الطبيعية على نسبة من أملاح الصوديوم . وهناك حد أقصى للمواد الصلبة الذائبة فى الماء حتى لا تسبب للمستهلكين مشاكل صحية أو تكسب الماء طعماً ورائحة غير مقبولين، علاوة على أن بعض المواد الذائبة ضارة بصحة الإنسان، لذلك من الضروري إعطاء عناية خاصة للتخلص منها أثناء عمليات المعالجة.

الخصـــائص البيولوجية للمياه

هي عبارة عن ما تحويه المياه من بكتريا وفيروسات قد تكون ضارة بصحة المواطن ويؤدي الكشف عن هذه البكتريا والفيروسات إلى وضع النظم السليمة للمعالجة والتطهير بما يكفل قتل هذه الكائنات المسببة للأمراض.

مؤشرات التلوث الرئيسية

توجد عدة مؤشرات تدل على تلوث المياه كما يلى:

١- النترات

تحتوي المياه الجوفية على تركيزات متفاوتة للنترات سواء من مصادر طبيعية أو بسبب النشاطات الآدمية. ويعتبر استخدام الأسمدة في العمليات الزراعية ومياه الصرف الصحي من بيارات المنازل أهم مصادر تلوث المياه الجوفية بالنترات.

وتعتبر النترات أحد أكثر الملوثات الكيميائية الموجودة في العالم والتي تهـدد المياه الجوفية, فزيادة تركيز النترات في مياه الشرب عن الحد المسموح بـه له آثار صحية خطيرة على الأطفال الرضع وقد يكـون قـاتلاً. ويبـدو أن الحموضة المنخفضة في الجهاز الهضمي للرضيع تؤدي إلى نمـو بكتيريـا تقوم باختزال النترات وتحويلها إلى نيتريت والذي ينتقل إلى الدم, وللنيتريت شراهة عالية للهيموجلوبين مقارنة بالأكسجين وبذلك يحل النيتيريـت مكـان الأكسجين في الدم، مكونا الميثيموجلوبين، وبذلك فإن الجسـم يحـرم مـن الأوكسجين الضروري له وفي الحالات الشديدة يؤدي ذلـك إلـى اختنـاق المصاب حتى الموت، ولأن نقص الأوكسجين في الدم يؤدي إلى أن يصـبح الجسم مائل إلى الزرقة، فإن التسمم بالنترات يطلق عليـه متواليـة "الطفـل الأزرق" أو ميثيموجلوبنيميا. وقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية ومنظمة الصحة العالمية الحد الأقصى المسموح به لتركيز النترات لمياه الشرب بـ ١٠ ملجم/ لتر.

ويعتبر أهم مصادر تلوث المياه بالنترات بالإضافة إلـى المصـادر الطبيعيـة النشاطات الزراعية المتنامية التي واكبها زيادة في استخدام كميات كبيرة مـن الأسمدة النيتروجينية والأسمدة العضوية، وكذلك زيادة الاعتماد علـى نظـام البيارات في التخلص من مياه الصرف الصحي، ومن ناحية أخرى فإن العديد من المنشآت الصناعية يلقى بالمياه الملوثة غير المعالجة إلى الترع والمصارف التى تتخلل الكتلة السكنية والتي يبلغ طولها حوالى ٥٠٠ كيلو متر.

وبناء على ذلك فإنه يوصى بالمراقبة المستمرة لتركيز النترات سواء في آبار الشرب أو محطات التنقية أو شبكات التوزيع. كما أنه من الضروري اتخـاذ الخطوات اللازمة حيال تلك الآبار التي تستخدم مباشرة دون تنقية ويتجـاوز التركيز فيها الحد المسموح به.

٢- الأمونيا

غاز شديد الإذابة في الماء, ويتفاعل مع الماء ليكون هيدروكسيد الامونيـوم, وهذا الأخير يتحلـل فـي المـاء مكونـا ايـون الامونيـا (NH^{4+}) وأيـون الهيدروكسيد(OH^-).

والأمونيا أحدى المكونات المؤقتة في المـاء حيـث أنـه جـزء مـن دورة النيتروجين والتي تتأثر بالنشاط البيولوجي، والامونيا منتج طبيعي من تفكـك المركبات العضوية النيتروجينية. وتستخدم أملاح الامونيا لتخصـيب الأرض الزراعية (Fertilizer) والأمونيا تتأكسد بتأثير البكتريا لتكون النيتريت ثم بعـد ذلك إلى النترات. ويمكن إزالة الأمونيا بواسطة عملية التخلص من الغازات (Degasification) أو بالتبادل الكاتيوني (Cation - Exchange) - أو عن طريق النشاط البيولوجي.

٣- غاز كبريتيد الهيدروجين

يؤدي تلوث المياه الجوفية أحيانا إلى انبعاث روائح كريهة من الأرض نتيجة لتولد غازات ضارة. ومن أشهر هذه الغازات، وأكثرها شيوعا، غاز كبريتيد الهيدروجين. وهو غاز عديم اللون ذو رائحة قوية تشبه رائحة البيض الفاسد، ويتكون من ذرتـي هيـدروجين وذرة كبريـت (H_2S). ويمكـن لكبريتيـد الهيدروجين أن يتكون وينبعث في أي مكان تهاجم فيـه البكتيريـا مخلفـات تحتوي على مركبات كبريتية.

وينتشر الغاز في مواقع شبكات الصرف الصـحي، وحظـائر الحيوانـات، والشاحنات التي تنقل المواد الكيميائية. وهو ينبعث أيضا من المياه الجوفيـة،

خاصة في الآبار التي تخترق فيها المياه الجوفية طبقـات الحجـر الجيـري والمناطق القريبة من حقول النفط والغاز الطبيعـي. حيـث يحتـوي الغـاز الطبيعي على نسبة قد تصل إلى ٢٨٪ من كبريتيد الهيدروجين.

ويتولد غاز كبريتيد الهيدروجين طبيعيا بطرق مختلفة منها:

(١) تحلل المواد العضوية، مثلما يحدث مع تكون الفحم ببـاطن الأرض أو تحلل أغصان الأشجار في المستنقعات.
(٢) نتيجة لتفاعل المياه الحامضية مع خزان مياه جوفية يحتوي علـى مكونات كبريتية.
(٣) نتيجة تواجد أنواع معينة مـن البكتيريـا التـي تسـتخدم الحديـد والمنجنيز كجزء من غذائها، وتسمى أحيانا باسم بكتيريا الحديد.
(٤) تلوث المياه الجوفية بملوثات مياه الصرف الصحي غير المعالج مما يؤدي إلى انبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين في هذه المياه.

ونظراً لصعوبة قياس التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين لأنـه غـاز سـريع التطاير من المياه، فإن حاسة الشم تبقى الطريقة الأفضل للتعرف عليه.

ويمكن لحاسة الشم أن تتعرف على الغاز عند مستوى خمسـة أجـزاء فـي المليون. ولكن لأنه لا يوجد فارق بين الـروائح عنـد مسـتويات التركيـز المتباينة، فإن الرائحة وحدها لا تكفي لتحديد كمية الغاز في المياه، بل تصلح فقط لتقرير وجوده من عدمه.

وبالنسبة لمياه الشرب فتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين بنسبة ٧٠ جزء فـي المليون قد يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي، أما إذا وصل تركيـزه إلـى ٧٠٠ جزء في المليون يعتبر ساما في هذه الحالة.
وخلاصة القول أن هناك عدة تأثيرات صحية وفسـيولوجية لغـاز كبريتيـد الهيدروجين على الإنسان حسب درجة تعرض الإنسان لنسبة تركيز الغـاز ونوجزها كما هو موضح فى الجدول رقم (١٥-٣).

جدول رقم (١٥-٣)
التأثيرات الصحية والفسيولوجية لغاز كبريتيد الهيدروجين

التركيز جزء بالمليون	يؤدي إلى
١٠	تهيج في العيون
٥٠- ١٠٠	تهيج في الحنجرة وفقدان حاسة الشم، فترة التعرض من (١- ١٥ دقيقة)
٢٠٠- ٣٠٠	تهيج القناة التنفسية
٥٠٠- ٧٠٠	فقدان الوعي واحتمال الموت خلال ٣ ساعات
٧٠٠- ١٠٠٠	توقف التنفس والموت
١٠٠٠- ٢٠٠٠	عدم الشعور وتوقف التنفس والموت في دقائق حتى لو تم نقله إلى مكان آمن

الخلاصة

أن الماء له أهمية كبيرة في العمليات التنموية، وللمحافظة على جودته يجب مراعاة الأمور الأساسية للمجالات التالية:

١. عوامل انتشار ملوثات المياه وتحللها وتحولها إلى صور كيميائية أو فيزيائية أخرى.
٢. وسائل الإقلال من تلوث المياه إذا لم يكن في الإمكان تجنب توليد هذه الملوثات.
٣. دراسة تأثير الملوثات على الحياة النباتية والحيوانية والعمليات الصناعية.
٤. تطوير وسائل اكتشاف وقياس ملوثات المياه.

وعمومًا يجب تنظيم اللوائح والقوانين والتشريعات بهدف:

١. توفير مياه ذات جودة مناسبة للاستعمالات الحالية والمستقبلية للوفاء بمتطلبات التنمية.
٢. تحسين رفع جودة المياه للمسطحات المائية التي أصابها التلوث أو أصاب جزء منها.
٣. الاحتفاظ بجودة المياه المستعملة حاليًا، ذات الجودة العالية أو ذات الجودة المناسبة وحمايتها للاستعمالات المستقبلية.

ومن اللوائح والقوانين المقررة حاليا:

- القانون ٤٨ لسنة ٨٢ في شأن حماية نهر النيل، والقرار رقم ٤٠٢ لسنة ٢٠٠٩ المعدل للائحة التنفيذية للقانون ٤٨ لسنة ٨٢.
- قانون ٤ لسنة ٩٤ والخاص بالبيئة.
- قرار وزير الصحة رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ بشأن الحدود القصوى للمعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي.

المراجع

References:

(1) "Water Treatment Plant Operation", Office of water programs, College of Engineering and Computer Science, California State University, Sacramento. (Fifth Edition), 2008.
(2) "Operational Control of Coagulation and Filtration Process", American Water Works Association (AWWA), Manual of Water Supply Practices.
(3) "Principles and Practices of Water Supply Operation", American Water Works Association (AWWA). Reference Handbook Basic Science Concepts and Applications.
(4) "Water Treatment Plant Design", American Water Works Association American Society of Civil Engineering (Fourth Edition), 2005.
(5) "Water and Wastewater Control Engineering Glossary", AWWA.
(6) "Ground Water and Wells", Driscoll, Fletcher G Johnson Filtration by System Inc., 1989.

المراجع العربية

١. الكود المصري للشروط الفنية لأعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها ومحطات الرفع والمعالجة لمياه الصرف الصحي – الجزء الأول " تشغيل وصيانة محطات تنقية مياه الشرب وروافعها" (١/١٠٣)- ٢٠٠٩
٢. دورات تدريبية سابقة من كيمونكس مصر للاستشارات ومنها:

- "محطات تنقية مياه الشرب" SC8-01A، مشروع المدن الثانويـة الممـول مـن الوكالـة الأمريكية للتنمية الدولية – ٢٠٠٤.
- برنامج تشغيل محطات تنقية مياه الشرب DTII8-29A، مشروع التدريب للتنمية.
- "محطات تنقية مياه الشرب" AWA8-08A، مشروع التطوير المؤسسي لهيئة مياه الشرب بأسوان.
- "إدارة محطات تنقية مياه الشرب" DHV 8-18 (A)- MTP ، مشروع التدريب الإداري لقطاع مياه الشرب والصرف الصحي.
- "إدارة نظم السلامة والصحة المهنية لقطاع مياه الشرب والصرف الصحى" DHV 8-42A مشروع التدريب الإداري لقطاع مياه الشرب والصرف الصحي.

USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

أعد هذا الدليل مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية
بموجب عقد رقم EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 بالتعاون مع الشركة القابضة لمياه الشرب و الصرف الصحى
www.egyptwwss.org