الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

# برنامج
# بيولوجيا المياه
# "Hydrobiology"

حقوق الطبع محفوظة ©
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

## كيميائي مياه – حديث

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي
الإصدار الثانى - 2019.

الفـهـرس


مقدمة ..... 5
1. علم الأحياء..... 5
2. بيولوجيا المياة Hydrobiology":..... 5
3. الهائمات النباتية (الطحالب) Phytoplankton (Algae) ما هي الهائمات النباتية(Phytoplankton)؟..... 7
4. الأهمية الأقتصادية الطحالب:-..... 10
5. تقسيم وتعريف الطحالب Algal Taxonomy and Algal Identification ..... 12
أولا: طحالب كاذبة النواة Prokaryotic Algae..... 12
ثانيا : طحالب حقيقية النواة "Eukaryotic Algae"..... 12
6. العوامل المؤثرة على نمو الطحالب Factors Affecting Algal Growth ..... 13
7. الطحالب كدلائل لنوعية المياه Algae as Indicator for Water Quality ..... 16
الأضرار الناتجة عن الطحالبProblems Created by Algae" ..... 16
8. انواع الاختبارات البيولوجية..... 20
اولا: الطرق المباشرة..... 20
ثانيا: الطرق الغير مباشرة ..... 20
9. خطة مواجهة المخاطرDeveloping Contingency Plans ..... 23
10. تجميع عينات الهائمات النباتية Phytoplanktonوطرق حساب المحتوى الحيوي للطحالب .. 25
10.1 أولا: تجميع العينات..... 25
10.2 ثانيا: تركيز العينات..... 25
10.3 العد الطحلبى ..... 28
10.4 تقدير المحتوى الكلوروفيلى للطحالب Chlorophyll "a" Content ..... 29

# مقدمة الإصدار الثانى

تهدف مجموعة البرامج التدريبية المعدة من إدارة المسار الوظيفى بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى إلى رفع كفاءة الكيميائين العاملين بها وبالشركات التابعة لها وتنمية مهاراتهم ومعارفهم بالشكل الذى يضمن الوصول إلى كوب مياه نظيف وبيئة آمنة يرضى متطلبات وإحتياجات العملاء الكرام.

ويعتبر الإصدار الثانى من برامج المسار الوظيفى لوظيفة كيميائى مياه الشرب هو ثمرة جهود الكيميائيين العاملين بمعامل الشركات التابعة والمعمل المرجعى لمياه الشرب بالشركة القابضة بما تحمله من مزيج متجانس من الخبرات والكفاءات الذين لم يدخروا جهدا حتى يخرج هذا العمل بالطريقة اللائقة.

وجدير بالذكر أن هذا الإصدار يعتبر مكتبة مرجعية وافية وشاملة لجميع الجدارات المتضمنة المهارات والمعارف التي تجعل الكيميائى كفؤا لوظيفته.

ومما تجدر الإشارة إليه بأنه تم الاعتماد على منهجية للمسار التدريبى بحيث يكون المتدرب قد تلقى الدورات الحقلية بداية من التعرف على مراحل التنقية والمعالجة ثم الانتقال إلى الدورات المعملية داخل معمله طبقا للإطار الزمنى المحدد للمدد البينية لكل درجة وظيفية.

ولقد اعتمدنا على وضع معايير لكل مرحلة فى إعداد هذا الاصدار وكان من أهم هذه المعايير:

- المشاركة الفعالة للخبرات والكفاءات التدريبية بالشركات التابعة فى وضع المناهج بما يناسب عموم الكيميائيين على مستوى الجمهورية.
- عقد ورشة عمل متخصصة لكل مادة تدريبية يشارك بها جميع المدربين ذوى التخصص والخبرات سواء من المعمل المرجعى أو معامل الشركات فضلا عن أن يكون المدرب قد قام بتدريس هذه المادة مرات عديدة.
- استخدام وسيلة اتصال غير تزامنى بين جميع المدربين المعتمدين لكل مادة على حدة من خلال انشاء جروب على الفيس بوك لكل مادة على حده (مذكور فى دليل المدرب).
- وضع حقيبة تدريبية كاملة لكل برنامج معدة طبقا لأحدث النظم والمعايير العالمية تحتوى على (دليل المتدرب- شرائح العرض- ملحقات مقروءة ومرئية- دليل المدرب- بنك الأسئلة).
- بناء المحتوى لكل برنامج تدريبى طبقاً لأحدث المراجع العالمية ومن أهمها كتاب الطرق القياسية لتحليل مياه الشرب والصرف الصحى (الإصدار رقم 23) وبما يتوافق مع متطلبات آخر إصدارات الايزو(17025)، مع مراعاة التحديثات الخاصة بالتشريعات والقوانين ذات الصلة.

وجدير بالذكر أن الإصدار الثانى من البرامج التدريبية اعتمد فى تصميمه على عرض مبسط للمعلومات قدر الامكان طبقاً للأسس العلمية وطبقاً للجدارات المعتمدة على تحديد أهداف واضحة وصريحة لتدريب المتدربين، وتشتق تلك الجدارات من الفهم الواضح لدور المتدرب طبقا لبطاقة الوصف الوظيفى، وتتضمن معارف ومهارات وسلوك. مما يضمن إكساب المتدرب مهارات سلوكية بالإضافة إلى المواد التخصصية.

كما تم تصـــميم العديد من ورش العمل على أســـاس تســـهيل و تســـريع عمليتي التعلم و كســـب المهارات بما يسمح بتعظيم الفائدة من العملية التدريبية.

كذلك تم اســـتخدام أســـاليب التدريب الحديثة والاعتماد على التدريب التفاعلى والتركيز على الجوانب التطبيقية في اسـتخدام الوسـائل والأسـاليب المختلفة ، كما تم اسـتخدام الطرق الحديثة للتعليم التفاعلي والغير تزامني كمصادر مساندة للتعلم من خلال انشاء جروب على الفيس بوك للمدربين المعتمدين (**HCWW Trainers**) .

وفى الختـام نرجوا من الله أن يتقبل منـا هذا العمل كمـا نـأمل أن يكون هذا العمل علمـا نافعا للعاملين بقطاع المعامل بالشـركة القابضـة والشـركات التابعة لما يشـمله من معلومات فنية قيمة وأن يفيد العاملين الجدد بها ليصبحوا قادرين على تنفيذ مهامهم الوظيفية بالشكل الأمثل .

والله ولي التوفيق.

## مقدمة

### 1. علم الأحياء

هو علم طبيعي يُعنى بدراسة الحياة والكائنات الحية، بما في ذلك هياكلها ووظائفها ونموها وتطورها وتوزيعها وتصنيفها وتفاعلها مع وسطها الطبيعي.

يُشتق مُصطلح علم الأحياء اللاتيني (Biologia) من اليونانية (bios) تعني حياة و (logia) تعني دراسة أو علم.(ظهر هذا المُصطلح للمرة الأولى عام 1736 عندما استخدمه كارلوس لينيوس في أحد كتبه).

مع ترقي هذا العلم، منذ القرن التاسع عشر، صار ذو صلات وثيقة بالعلوم أخرى، النظرية منها والتطبيقية، مثل الطب والصيدلة و مجالات تقنية أخرى تلبي إحتياجات الإنسان الضرورية والمستمرة.

هكذا صرنا اليوم لا نتحدث عن علم بل علوم الحياة(Life Sciences).

لذلك فإن علم الأحياء يحتضن داخله العديد من التخصصات والفروع العلمية المستقلةلكنها جميعا تجتمع في علاقتها بالكائنات الحية (ظاهرة الحياة) على مجال واسع من الأنواع والأحجام تبدا بدراسة الفيروسات والجراثيم ثم النباتات والحيوانات، في حين تختص فروع اخرى بدراسة العمليات الحيوية داخل الخلية مثل "الكيمياء الحيوية"وفروع تختصيدراسة العلاقات بين الحياة والبيئة في علم "البيئة".

واحد من أهم فروع علم الحياة خاصة للقائمين على معالجة المياة وأجراء الأبحاث الخاصة بذلك هو بيولوجيا المياة "Hydrobiology".

### 2. بيولوجيا المياة "Hydrobiology":

وهو علم الحياة والعمليات الحياتية في الماء.

يعتبر علم الاحياء المائية الحديثة نظام فرعي من البيئة ولكن مجال علم الاحياء المائية يتضمن التصنيف، البيولوجيا الاقتصادية، البيولوجيا الصناعية، الشكل الظاهرى، علم وظائف الأعضاء وما إلى ذلك من الجوانب التي تتعلق بالكائنات الحية المائية.

يعتبر المجهر من أهم الأدوات المستخدمة في علم الأحياء، نظراً لاستخدامه في دراسة الأجسام الصغيرة التي لا نستطيع أن نراها بواسطة العين المجردة.

## 3. الهائمات النباتية (الطحالب) Phytoplankton (Algae)

**ما هي الهائمات النباتية(Phytoplankton)؟**

تعرف الطحالب على أنها مجموعة من الكائنات الحية ذاتية التغذية محولة المواد غير العضوية (ماء+ثنائي أكسيد الكربون فى وجود طاقة ضوئية) إلى مواد عضوية (سكريات) تختزن بداخلها الطاقة ويسمى العلم الذي يتناول هذا الموضوع بPhycology حيث إن كلمة "phyto" تعني النباتات في اليوناني وأصلها "phytos" أما "plankton" فهي مشتقة من كلمة يونانية آخرى هيwanderer وتعني العالقة أيضاً وlogy معناها العلم.

ومن الممكن تعريف الطحالب بأنها نباتات بدائية ذاتية التغذية Autotrophic بسيطة التركيب، تفتقر إلى وجود الأنسجة الوعائية وتحتوي على صبغة الكلوروفيل" أ" كصبغة رئيسية ولها تراكيب تكاثرية بسيطة.

كما يمكن تعريفها أيضَا بأنها نباتات ثالوسية تفتقر الى وجود الأوراق والسيقان والجذور الحقيقة وتحتوي على صبغة الكلوروفيل"أ" كصبغة رئيسية وتكون أعضائها التكاثرية بسيطة التركيب وغير محاطة بجدار عقيم ويمكن أن توضح من خلال الصفات الآتية:

- بساطة تركيب أجسامها والتي تكون أما احادية الخلية أو متعددة الخلايا لكنها تفتقر إلى وجود الأوراق والسيقان والجذور الحقيقية فضلا عن فقدانها الأنسجة الوعائية الناقلة.
- بساطة التراكيب التكاثرية فقد تتمثل بخلايا خضرية إعتيادية وتصبح تكاثرية فيما بعد.
- دورة حياتها قصيرة.
- نظراً لاحتواءها على الصبغة الخضراء (الكلوروفيل) وهي صبغة مميزة للنباتات فإنها تقوم بعملية البناء الضوئى "photosynthesis" وبذلك فهي تقوم كبقية النباتات بتصنيع غذائها العضوي بنفسها وتدعى ذاتية التغذية Autotrophic .

تتواجد الطحالب وتنتشر في مختلف البيئات في بقاع العالم فهي تتواجد في البيئة المائية ويطلق عليها "Aquatic Algae"أوعلى اليابسة وتسمى "Terrestrial Algae" أو محمولة في الهواء وتسمى طحالب هوائية ("Aerial Algae" Aerophytes) .

قد يتواجد قسمًا منها بشكل ملتصق على سطح ما "Attached" وتسمى "Periphyton" أو متحركة على سطح القاع وتسمى بالطحالب القاعية "BenthicAlgae" أو تتواجد بصورة عالقة أو هائمة "Plankton" والتي تتحرك مع تيارات المياه والرياح وحركة المد وتسمى "Phytoplankton" وهي التي تبقى عالقة ضمن عمود الماء. ولهذه الأنواع تسميات مختلفة أيضًا على أساس الحجم أو التوزيع البيئي أوعلى أساس المنشأ أو المحتوى أو دورة الحياة ومن أنواعها:

- هائمات حقيقية "Euphytoplankton" وهي التي تقضي طيلة فترة حياتها هائمة أو عالقة خلال عمود الماء.
- هائمات غيرحقيقية "Tychophytoplankton" تكون ملتصقة ومثبتة على أحد السطوح لكنها تصبح هائمة بسبب بعض الظروف البيئية ولمدة محدودة، ومن هذه الظروف هي الرياح وحركة التيارات المائية وغيرها وبزوال المسبب تعود هذه الطحالب الي أصلها الملتصق.

تتواجد الهائمات النباتية في بيئات مائية متنوعة تختلف فيها المغذيات النباتية والملوحة ودرجة الحرارة وظروف بيئية آخرى، فعلى سبيل المثال تدعى الهائمات النباتية التي تتواجد في مياه ذات تركيز ملوحة مرتفعة بالهائمات النباتية الملحية(Halophytes) "Halophytoplankton" .

أما الطحالب التي تتواجد في مياه ذات حرارة بمدى يتراوح بين 53–85°م فتسمى "Thermophytes" كما في الينابيع الحارة وتختلف الطحالب أوالهائمات النباتية في أحجامها إختلافًا كبيرًا فبعضها لاتزيد عن 1.5ميكرون أو 5 ميكرون.

أما الطحالب التي تدعى الاعشاب البحرية "Seaweeds" فأن أطوالها قد تصل إلى 60 متراً كما في الطحالب البنية، ويصل طول الطحلب البني Macrocytispurifera إلى 200 متر وبذلك يعد من أكبرالطحالب بل أكبر النباتات في العالم.

للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى تنمو فيها، كذلك يؤثر الرقم الهيدروجينى للمياه تأثيراً كبيراً على تنوع أعداد وأجناس الطحالب.

لأهمية وجود الصبغات فى خلايا الطحالب وخاصة الكلوروفيل بأنواعة (Chlorophyll a, b, &c)يتم تقسيم الطحالب إلى مجاميع أعتماداً على نوع الصبغات أو الصبغات المساعدة المميزة لكل مجموعة. هذا بالأضافة إلى التقسيم المبدئى من حيث أحتواء خلاياها على نواة حقيقية وبذلك تسمى "Eukaryotic cells" أو عدم أحتوائها على نواة حقيقة حيث تنتشر المادة الوراثية لها فى سيتوبلازم الخلية وتسمى هذه المجموعة "Prokaryotic cells" (والتى تضم أجناس مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة فقط).

وتمثل الطحالب الحلقة الأولى فى السلسلة الغذائية المائية حيث تتغذى جميع الكائنات المائية بداية من الهائمات الحيوانية Zooplankton وحتى الأسماك بجميع أحجامها على الطحالب.

تؤثر طبيعة النهر على الطحالب التى تعيش فيه بعدة طرق تختلف عن تأثير البحيرات عليها حيث يؤدى جريان الماء فى النهر إلى أعادة تجهيز المناطق التى يمر بها بجميع العناصر الضرورية.

والاضطرابات التى تحدث فى النهر تمنع تكوين ترسبات ذات طبقات متعددة مثل تلك التى نجدها فى البحيرات وهذه تعتبر من أهم الأختلافات بين النهر والبحيرة وتنطبق هذه الحالة على الأنهار العميقة.

تحتوى الأنهار على عناصر مغذية طبيعية وعلى نسبة ضئيلة من ثانى أوكسيد الكربون وهو من العوامل المؤثرة فى نمو الطحالب.

من العوامل المهمة التى تؤثر على الطحالب التى تعيش فى مياه الأنهار، سرعة التيار، طبيعة قاع النهر، والتغيرات الموقعية البسيطة كالآختلاف فى سرعة التيار بين ضفاف ووسط النهر وتعتبر الأكثر أهمية فى التأثير على معظم الأحياء المائية.

تتأثر الطحالب بالتلوث بعدة طرق حيث يؤدى التلوث إلى عرقلة نموها كنتيجة لحرمانها من ضوء الشمس، أو قد تكون المواد الملوثة سامة أو قد تؤدى الملوثات إلى تغيير العوامل أو الظروف الفيزيائية والكيميائية بشكل كاف لتعيق النمو والتكاثر. وقد تحفز المواد الملوثة طحالب معينة على النمو فيزداد نموها وتتضاعف، وربما أيضاً تتغير أنواع خاصة أو مجموعات من الكائنات السائدة فتؤدى هذه إلى زيادة أو نقصان المجاميع الكلية للطحالب. وعلى ذلك يعتبر تغير مجاميع الطحالب تحت ظروف مختلفة من التلوث العضوى واحداً من أهم الدلائل التى يمكن أستخدامها لتحديد درجة التلوث ونوع الملوثات ولقياس درجة تخلص النهر من هذه الملوثات.

**4. الأهمية الأقتصادية الطحالب:-**

تستخدم كغذاء بشكل مباشر:

- يتغذى عليها الإنسان في بعض المناطق الساحلية.
- غذاء للكائنات البحرية.
- علاف للماشية والدواجن.
- تعد الطحالب البنية مصدر للأسمدة بعد تجفيفها وذلك لاحتوائها على نسبة كبيرة من المواد النيتروجينية.
- يستخرج منها اليود والأجار.
- تعد من اهم مصادر الأوكسجين على الأرض 50–70 % من عمليات البناء الضوئى يتم في الطحالب.

- لها دور في معالجة مياة الصرف الصحي حيث توفر الطحالب الأكسجين للبكتيريا التي تعمل على أكسدة المواد العضوية في تلك المياة.
- تدخل في بعض الصناعات مثل صناعة الآيس كريم ومعاجين الأسنان ومنظفات البشرة ومزيلات الرائحة.
- يستخرج من بعضها مواد كيميائية تدخل في تراكيب الأدوية.
- ساهمت في تطور علوم الحياة حيث استخدمت بعض أنواعها مثل طحلب الكلاميديومونس، الكوريلا في أبحاث البناء الضوئي والوراثة.

## 5.تقسيم وتعريف الطحالب

Algal Taxonomy and Algal Identification

**أولا: طحالب كاذبة النواة Prokaryotic Algae**

وتضم مجموعة واحدة هى مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة "Blue-green Algae" "Cyanobacteria/Cyanophyta" ويرجع تسميتها بهذا الأسم نتيجة وجود صبغات ثانوية تسمى "Phycocyanin" وهى التى تعطيها اللون الأخضر المزرق المميز لهذه المجموعة. وتندرج تحت هذه المجموعة العديد من الأجناس والتى تتفاوت فى الشكل الخارجى وفى بعض الصفات الفسيولوجية فيما بينها تفاوتاً كبيراً. مثال ذلك تضم هذه المجموعة مجموعة من الأجناس تتميز بقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوى وذلك عن طريق خلية بين خلاياها (ولكنها تختلف فى شكلها عن بقية الخلايا الأخرى) تسمى"Heterocystis cell".

**ثانيا : طحالب حقيقية النواة "Eukaryotic Algae"**

تندرج تحت هذه المجموعة بقية مجاميع الطحالب الأخرى والتى يتم تقسيمها تبعاً لنوع الصبغات الموجودة بها مثل:

أ- مجموعة الطحالب الخضراء Green Algae (Chlorophyta)

ب- مجموعة الطحالب البنية Diatoms (Bacillariophyta)

ج- مجموعة الطحالب البنية ثنائية الأهداب Dinoflagellates (Pyrrhophyta)

د- مجموعة الطحالب البنية المذهبة Golden-brown Algae (Chrysophyta)

هـ- مجموعة الطحالب الخضراء وحيدة الأهداب Cryptomonads (Cryptophyta)

و- مجموعة الطحالب الخضراء السوطية Euglenoids (Euglenophyta)

ى- مجموعة الطحالب الحمراء Red Algae (Rhodophyta)

## 6.العوامل المؤثرة على نمو الطحالب
## Factors Affecting Algal Growth

يتأثر نمو وأنتشار الطحالب في المياه بعوامل عديدة منها عوامل حياتية (Biotic factors) كعلاقة الطحالب ببعضها وعلاقتها مع الكائنات الميكروسكوبية والنباتات والحيوانات الموجودة معها في المياه.

وعوامل غير حياتية (Abiotic factors) والتي تشمل مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية المؤثرة تأثيرا كبيرا على عدد ونوع ونشاط الطحالب في المياه حيث تتأثر حيويتها بهذه العوامل.

وتحدد نوعية المياه والطحالب بمجموعة من العوامل المتباينة وتعد العوامل الفيزيائية والكيمياوية والحياتية من أهم العوامل المؤثرة في نوعية الكائنات الحية.

1. الضوء Light:

يعتبر الضوء من العوامل المؤثرة والهامة على نمو الطحالب فى مياه الأنهار والبحيرات حيث أن الطحالب ذاتية التغذية ضوئيا فتقوم بتثبيت ثاني اوكسيد الكربون وامتصاص الضوء بأطوال موجية مختلفة التى تعتبر احد مصادر الطاقة الاولية في عملية البناء الضوئي.

قد يقل الضوء فى الأنهار بسبب العكارة التى تصاحب مياه الأنهار والتى تؤدى إلى حجب ضوء الشمس عدا طبقة رقيقة سطحية من الماء.

على هذا الأساس تتواجد الطحالب في مستويات مختلفة من أعماق المياة وهذا التباين في مواقع الطحالب يتغير حسب شدة الاضاءة في فصول السنة المختلفة.

2. الحرارة Temperature:

تعد درجة حرارة المياة من العوامل الاساسية المؤثرة في العمليات الحيوية لكل الكائنات الحية وأي تغيير لهذا العامل عن الحد الاعتيادي يؤدي الى تغير في نشاط وفعالية الكائنات الحية.

تعتبر درجة حرارة المياه عامل رئيسى في بيئات المياه العذبة التي تحكم التوزيع والسلوك والتغير الموسمى للطحالب.

3. العكارة Turbidity:

هناك عدة أسباب تؤدي الى تكوين العكارة في الماء منها المواد العالقة الصلبة مثل الطين والغرين ومنها المواد العضوية واللاعضوية الدقيقة والنباتات الطافية وأيضاً الهائمات والأحياء المائية الأخرى.

وتعد العكارة من الخصائص الفيزيائية التي تتسبب في عدم نفاذ الضوء من خلال عمود الماء مما يؤدي الى التأثير في عملية البناء الضوئي للطحالب فضلاً عن العمليات الحيوية الأخرى.

4. الاس الهيدروجيني pH:

يعد الأس الهيدروجيني pH احد العوامل الأساسية المؤثرة على الأحياء المائية.

ثاني أكسيد الكربون هو السبب الأكثر شيوعا للحموضة في الماء والبناء الضوئي للطحالب والتنفس والتحلل للكائنات المائية وكلها تساهم في تقلبات الأس الهيدروجيني نظرا لتآثرها ولتأثيراتها على مستويات ثاني أكسيد الكربون.

الغالبية العظمى من الكائنات المائية ومنها الطحالب تفضل الأس الهيدروجيني من 6.5–9.0.

الأس الهيدروجيني يؤثر على ذوبان وسمية المواد الكيميائية والمعادن الثقيلة في الماء وبالتالى يؤثر على حيوية وحياة الكائنات المائية.

5. درجة الحرارة

للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى تنمو فيها، فمثلا درجات الحرارة المثلى لنمو الدياتومات Diatoms تتراوح ما بين 18–30م° أما الطحالب الخضراء فتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين 30–35م° والطحالب الخضراء المزرقة فتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين 35–40م°.

6. العناصر المغذية الكبرى الغير عضوية Macronutrient:

مثل:

أ– مركبات الفوسفور ب– مركبات النيتروجين

تعتبر العناصر المغذية الكبرى من العوامل الرئيسية التى تحدد أعداد وأنواع الطحالب خصوصاً النترات والفوسفات ويضاف إلى ذلك عنصر السيليكا بالنسبة للدياتومات.

7. العناصر المغذية الصغرى Micronutrient

تنمو معظم الطحالب بشكل أفضل عندما يكون تركيز عنصر الحديد فى الماء يتراوح ما بين 0.2– 2 ملجم/لتر بينما لوحظت سمية الحديد عندما يزيد تركيزة على 5ملجم/لتر.

8. العوامل البيولوجية Biological Factors مثل:

أ– التنافس بين الكائنات المائية على العناصر الغذائية.

ب– معدل تغذية الكائنات الأخرى على الطحالب.

## 7. الطحالب كدلائل لنوعية المياه
## Algae as Indicator for Water Quality

تؤثر التغيرات فى أعداد وأنواع الكائنات النباتية والحيوانية على نوعية وجودة مياه المسطح المائى الذى تعيش فيه، وهذا التأثير يمكن أن يستغل لتكوين دلائل بيولوجية لنوعية المياه، ومن تلك التغيرات التغير فى تركيز الأكسجين الذائب أو التغير فى تركيز العناصر المغذية أو أن تؤدى إلى تواجد بعض الأجناس وإختفاء بعض الأجناس الأخرى.

لدراسة وملاحظة أى نوع من أنواع المياه يستعمل البيولوجيين أنواعاً محددة من القياسات مثل دلائل أو تعريفات بيولوجية للحصول على معلومات حول ظروف المياه، هذا وقد أعتبرت الدلائل (أو المؤشرات) الكيميائية والفيزيائية والبكتريولوجيةفالماضى أسهل من حيث التقييم والأستعمال من الدلائل البيولوجية.

وتستعمل القياسات الكيميائية والفيزيائية فقط لقياس التغير فى نوعية المياة، بينما الأختبارات البيولوجية تتعامل بشكل رئيسى مع تأثيرات التغير. وعلى ذلك فقد تم تطوير طرق بسيطة وسريعة ومقبولة لتقييم درجة نقاوة أو تلوث المياة، بحيث أن بعضاً منها يمكن أعتباره طرقاً قياسية وتستخدم عبر مجال واسع.

### الأضرار الناتجة عن الطحالب"Problems Created by Algae"

### 7.1 Eutrophication

تؤدى الزيادة المفرطة فى معدل نمو الطحالب إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية فى المسطحات المائية.

تؤدى هذه الزيادة إلى حوث ظاهرة ال"Eutrophication"والتى تتميز بوجود تركيزات عالية من عنصرى الفوسفات والنترات والتى تؤدى بدورها إلى حدوث زيادة كبيرة فى معدل نمو بعض أجناس الطحالب وسيادتها على بعض الأجناس الأخرى وعادة ما تسود الأجناس الغير مرغوب فى تواجدها فى المسطحات المائية لما لها من تأثير ضار على بقية الكائنات التى تتعايش معها وعلى نوعية المياه.

ويتم تقسيم نوعية مياه المسطح المائى تبعا لوفرة العناصر الغذائية وتبعاً لمعدل نمو الطحالب كما يلى:

أولا: شحيحة التغذية "Oligotrophic Water"

وهى المياه التى تتميز بأن تركيز المغذيات الكبرى تكون شحيحة بحيث لا تؤدى إلى زيادة فى أعداد وأنواع الطحالب.

وتتميز هذه المنطقة بأن الماء فيها نقى وشفاف وقاع النهر نسبياً خالى من الترسبات، أما المواد الغير عضوية مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والكبريت والكاربونات نصف المذابة فتوجد بكميات قليلة.

ثانيا: متوسطة التغذية "Mesotrophic Water"

وهى المياة التى تحتوى على تركيزات متوسطة من المغذيات الكبرى والذى يسمح بزيادة معدل نمو الطحالب بصورة طفيفة.

ثالثا: عالية التغذية "Eutrophic Water"

وهى المياة التى تتميز بأرتفاع تركيز العناصر المغذية الكبرى مما يؤدى إلى زيادة معدل نمو الطحالب بصورة كبيرة والتى تؤدى بدورها إلى حدوث ظاهرة ال"Euotrophication"والتى عادة ما يصاحبها حدوث ظاهرة وجود نموات طحلبية كثيفة"Algal Bloom"والتى تتميز بسيادة "Dominancy"بعض الأنواع الضارة من الطحالب وخاصة التى تفرز السموم الطحلبية Phycotoxins أو التى تفرز بعض المواد الكيميائية التى تحدث تغير فى طعم ورائحة المياة مثل مركبات Geosmin&2-methylisoborneol حيث تعتبر بعض أجناس من الدياتومات وبعض أجناس من الطحالب الخضراء المزرقة وبعض أجناس من الطحالب السوطية من أهم الأنواع المفرزة للمواد التى تؤدى إلى التغير فى طعم ورائحة المياة وجعلها غير مستساغة وغير صالحة للأستخدام الآدمى.

رابعا: وفيرة التغذية Hypereutrophic Water

وهى المياه التى تتميز بوفرة شديدة فى العناصر المغذية الكبرى والتى تؤدى بدورها إلى حدوث النمو المفاجئ والزيادة الكبيرة فى أعداد وأنواع الطحالب.

ومن المشاكل الأخرى التى تحدثها الطحالب داخل محطات مياه الشرب أو فى شبكات التوزيع مثل:

7.2 الأنسداد المبكر للمرشحات الرملية Filter and Screen Clogging Problem

معظم الكائنات المجهرية الموجودة فى الماء، التى يتم ترشيحها بالحصى حيث تمسك فى قمة السنتيمتر الأول من طبقة الحصى، خصوصاً حينما تكون الكائنات سائدة فى الماء والقليل منها سوف ينفذ إلى أرضية المرشح، بينما الكائنات الأخرى ستتحطم بسرعة عند ملامستها للحصى، وكلما طالت مدة عمل المرشح فإن نسبة مئوية أكبر من الكائنات سوف ينفذ من قمة السنتيمتر الأول لطبقة حصى الترشيح. كما لوحظ أن وجود بعض أجناس من الطحالب وخاصة مجموعة الدياتومات يؤدى إلى الأنسداد المبكر للمرشحات الرملية حيث يعمل جدار السليكا المكون لخلاياها كطبقة سميكة عازلة على سطح المرشح.

وتعتمد سهولة نفاذ الطحالب، على عدة عوامل منها سرعة التيار ودرجة الحصى المستخدم ونوعية الطحالب الموجودة فى المياه الداخلة إلى خطوات المعالجة، كما تنفذ الطحالب الصغيرة جداً والسوطيات بسهولة أكبر من الأنواع الأخرى، ولذلك فإن الغسيل المتكرر وحتى عندما يكون المرشح غير مغلق يؤدى إلى إزالة الطحالب وتقليل أعدادها التى تصل المياه الخارجة من المرشح الرملى

7.3 تكون طبقة هلاميه Slime Layer

تتميز بعض أجناس الطحالب بوجود جدار جيلاتينىMucilaginous Sheath ووجود مثل هذه الأجناس فى خزانات أو شبكات التوزيع يؤدى إلى حدوث هذه الظاهرة والتى تؤدى بدورها إلى حدوث

الروائح العطنه للمياه. ومن الطحالب التى تنتج المادة اللزجة الطحالب الخضراء المزرقة كذلك تنتج العديد من الدياتومات والطحالب الخضراء والحمراء وبعض السوطيات مثل هذه المادة اللزجة.

## 7.4 التأكل Corrosion

يشكل تآكل الخرسانة (الكونكريت) والمعادن فى الأنابيب والمسخانات مشكلة دائمة، حيث تساهم الطحالب فى بعض الأحيان فى عملية التآكل بشكل مباشر فى مناطق موضعية محددة، حينما تكون فى حالة نمو أو خلال التغيرات الفيزيائية والكيميائية التى تحدث فى المياه التى تحتوى على الطحالب.

حيث يؤدى نمو الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة على سطح الخرسانة المغطاة بالماء إلى تآكلها بحيث تصبح الخرسانة محفورة وهشة. فقد لوحظ نمو طحلب أوسيلاتوريا "Oscillatoria" بكثافة فى مياه الأحواض الفولاذية ويسبب حفراً خطيرة فى معدن هذه الأحواض وتؤثر الطحالب بشكل غير مباشر على سرعة التآكل وبعدة طرق منها:

- زيادة ترسبات المواد العضوية فى الأنابيب
- زيادة الأوكسجين المذاب فى الماء خلال عملية التمثيل الضوئى لها.
- تغيير الرقم الهيدروجينى للمادة الموجودة فى الأحواض أو الأنابيب.
- تغير الطحالب أيضاً كمية ثانى أوكسيد الكربون وكمية كربونات الكالسيوم فى الماء.
- يمكن لهذه التغيرات مجتمعة أو بالتناوب أن تكون لها علاقة مباشرة بالتآكل أو الصدأ وقد تكون ذات أهمية خاصة على السطوح الخارجية لأنابيب المياه المدفونة.

## 8.انواع الاختبارات البيولوجية

ومما سبق فقد تم وضع نوعان من الأختبارات البيولوجية وهما:

**اولا: الطرق المباشرة**

وفيها يتم تعريف جميع الكائنات الموجودة فى العينات وكذلك تكرارها النسبى، وهذه الأختبارات تكون بيئية وتستطيع التعامل مع جميع الأحياء الموجودة أو المحددة بمجموعات قليلة أو مجموعة واحدة أو نوع واحد أو أنواع قليلة من الكائنات.

**ثانيا: الطرق الغير مباشرة**

أو تسمى بالطرق الفسيولوجية وتستخدم لحساب النشاط الحيوى للكائنات الحية حيث تعتبر بعض التفاعلات المختارة كدليل أو مؤشر لنوعية المياه.

تستعمل مجموعات معينة من الطحالب للدلالة على نوعية المياه فمثلاً يتواجد العديد من أنواع الديزميدات بشكل متكرر فى المياه النظيفة وأعداد قليلة منها تعيش فى المياه الغنية بالعناصر المغذية، بينما تنشأ الطحالب الخضراء المزرقة فى المياه الفقيرة بالمواد المغذية، أوبقية الطحالب الأخرى فتكون مقاومة للتلوث العضوبالعالى.

من خلال أعداد وأنواع الدياتومات يمكن تقييم نوعية المياه وملوثاتها حيث أن وجود سلالات من الجومفونيما Gomphonema تدل على وجود الملوثات الصناعية وملوثات الصرف الصحى، كما أن وجود طحلب نفيكيولا أككومودا Navicula accomoda دليلاً أو مؤشراً على التلوث بمياه الصرف الصحى

تم أختيار خمسة أجناس من الطحالب كمؤشر لكمية التلوث فى مياه الأنهار وهى طحلب ستيجوكلونيوم تينو Stigeoclonium tenue حيث يكون موجوداً على حافة نهاية النهر فى الجزء الملوث منه، بينما يظهر كل من طحلب نيتشيا باليا Nitzschia palea وجومفونيما بارفولوم Gomphonema

purvulum سائدة فى منطقة التلوث المعتدل، أما طحلب كوككونيسشا ميسيفونCocconeischa maesiphon فتكون دائماً موجودة فى الأنهار غير الملوثة أو فى المناطق التى أستعادت نظافتها، كما أن أنواعاً محددة من الطحالب يعتقد أنها دالة على تلوث مياه مصبات الأنهار، فعندما يكون التلوث عالياً فأنه يرتبط بوجود طحلب بيريدنيوم تريكوتوم Peridinium triquetum فى هذه المياه الملوثة.

### 8.1 الطحالب كدليل لمصدر الماء

يمكن التعرف على مصدر الماء المحتمل من عينة مياه سطحية، من خلال تحديد أعداد وأنواع الطحالب والكائنات المرتبطة به الموجودة فى هذه العينة، ويكون هذا ممكناً وذلك لأن أعداد وأنواع الكائنات المجهرية التى تنشأ تكون مرتبطة بنوعية مصادر المياه التى تعيش فيها. مثال ذلك تكون الطحالب الخضراء هى السائدة فى البحيرات المفتوحة ذات المياه العذبة بينما تتواجد الطحالب الخضراء المزرقة فى البحيرات المغلقة.

## 8.2 المشاكل التى تسببها الطحالب فى المياه المعالجة Problems Created by Algae in Treated Water

معظم الطحالب لا تستطيع النمو والتضاعف بدون وجود الضوء، لذلك فإن الطحالب الوحيدة التى نجدها فى أنابيب شبكات التوزيع هى:

الطحالب التى لم تتم إزالتها فى عملية التصفية

عدد قليل من الطحالب التى لها قابلية غير اعتيادية على النمو فى الظلام

الطحالب التى نشأت فى الخزانات المكشوفة التى تحتوى على مياه بعد المعالجة

وتشمل الطحالب القادرة على النمو فى الظلام أنواعاً عديدة ومنها Scendesmus, Euglena, Microcystis and Coelastrum.

على الرغم من أن المياه المنتجة بعد المعالجة فى معظم شبكات التوزيع يوجد بها بقايا من الكلور الحر فإن بعض الطحالب التى تتحمل أو تقاوم الكلور من المحتمل أن تبقى فى خطوط الأنابيب، وقد يكون لهذه الطحالب قابلية البكتريا الحية للعيش فى مختلف الظروف، أو أنها تكون محمية من التأثير القاتل للكلور لكونها راقدة فى الأغطية الهلامية المحيطة بخلاياها. ومن الطحالب التى تقاوم تأثير الكلور والموجودة فى شبكات التوزيع مثل Ulothrix, Gomphospherium, Coelastrum and Cosmarium كما أن الطحالب التى تبقى فى شبكات توزيع المياه قادرة على زيادة حجم المواد العضوية فى الماء، وكمية المادة العضوية هذه كافية لاستنفاد الكلور المتبقى فى الماء، إضافة إلى أن وجود المادة العضوية فى المياة المعالجة ربما يغذى البكتريا والديدان الخيطية وعدداً أخر من الأحياء غير المرغوب فيها.

## 8.3 دور الطحالب في مشكلات معالجة المياة

عرقلة الطحالب للمعالجة الكيمياوية للماء يمكن أن تكون بسبب:

التغيرات التى تسببها الطحالب فى الرقم الهيدروجينى والقلوية والعسر الكلى وكمية الأوكسجين المطلوب فى المياة الخام.

أو نتيجة لزيادة كميات المواد العضوية التى تضيفها الطحالب إلى المياة.

قد يكون ضرورياً تغير جرعات الكلور المضافة للتصفية بنسب مباشرة تتناسب وكميات الطحالب الموجودة فى الماء لغرض الحصول على كمية ثابتة من بقايا الكلور فى الماء. كما أن أستعمال مرسب مساعد بالأضافة إلى المرسب الأساسى ربما يكون ضرورياً فى معالجة المياة الخام التى تحتوى على كائنات مجهرية طافية قليلة.

العوامل المؤثرة فى تكوين التجمعات الطحلبيةFactors Affecting Algal Bloom

- أرتفاع درجات الحرارة
- زيادة تركيزات العناصر المغذية (خاصة الفوسفات والنترات)
- إنخفاض معدل ثانى أكسيد الكربون الذائب وأنخفاض شفافية المياه Transparency
- عدم وجود العناصر المغذية الصغرى
- زيادة معدل تغذية بعض الكائنات المائية على الطحالب مما يؤدى إلى أختفاء بعض أجناس وسيادة بعض أجناس طحلبية أخرى
- أنخفاض سرعة جريان المياه والطبيعة الطوبوغرافية والجيولوجية للمسطح المائي.

## 9.خطة مواجهة المخاطرDeveloping Contingency Plans

### 9.1 مستوى الخطر الأول Alert Level 1

وفيها يحدث ما يلى:

أ- يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقة ما بين 500 إلى 2000خلية/مللى

ب- ظهور رائحة كريهة للمياه فى المسطح المائى

وذلك أثناء الرصد الدورى لمياه (تجميع عينة كل شهر على الأقل) المسطح المائى

### 9.2 مستوى الخطر الثاني2 Alert Level

أ- يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقة ما بين 2000 إلى 15000خلية/مللى

ب- وجود أى من الأجناس الطحلبية والتى تنتمى لمجموعة الطحالب الخضراء المزرقة والتى تم تحديد والتعرف على قدرتها على أفراز السموم الطحلبية مثل

Microcystisaeruginosa, Anabaenacircinalis, Nodulariaspumigena, Cylindrospermopsisraciborskii.

ج- أستمرار وزيادة الرائحة الكريهة فى المسطح المائى

د- بداية ظهور بعض التجمعات الطحلبية فى صورة خطوط طولية على سطح المسطح المائى

### 9.3 مستوى الخطر الثالث Alert Level 3

أ- وجود أعداد هائلة من خلايا الطحالب الخضراء المزرقة لا يمكن عدها وذلك عند تجميع ثلاث عينات متتالية

ب- أجراء أختبار السمية على فئران التجارب المعملية (أو أى من الكائنات الأخرى) وظهور مؤشرات السمية على الفئران

ج- زيادة كثافة وأستمرار ظهور التجمعات الطحلبية

## 10. تجميع عينات الهائمات النباتية Phytoplanktonوطرق حساب المحتوى الحيوي للطحالب

### 10.1 أولا: تجميع العينات

أ- تحديد مواقع لتجميع العينات

ب- تجهز زجاجات مناسبة لكل صفة تحليلية بكتابة بيانات تفصيلية للعينة المراد تجميعها من حيث تاريخ التجميع، مكان التجميع ونوعه والعمق، نوع العينة، الصفة التحليلية

ج- أضافة مواد التثبيت المناسبة لكل صفة تحليلية

د- تؤخذ عينة ممثلة للمكان المحدد لتجميع العينات ثم يتم توزيعها على الزجاجات الخاصة بكل صفة تحليلية بما يوازى الحجم المناسب لكل صفة تحليلية

### 10.2 ثانيا: تركيز العينات

عادة ما يتم أجراء تركيز للكائنات الموجودة وخاصة الطحالب فى عينات المياه بأحدى الطرق التالية:

أ- الترسيب

ب- جهاز الطرد المركزى Centrifuge

ج- الترشيح بأستخدام أغشية الترشيح Membrane Filter

د- بأستخدام شبك الترشيح Phytoplankton Net

Algal Biomass Determination قياس المحتوى الحيوى للطحالب

من الضرورى معرفة الهدف من القيام بأية بحوث لدراسة الطحالب قبل أن يتم اختيار تحليل معين. فقد يكون الهدف فى بعض الاحيان تسمية مجاميع محددة فقط أو أجناس أو أنواع معينة من الطحالب، فعلى سبيل المثال معرفة التغيرات الحاصلة فى الاحواض الؤكسدة او لدراسة رائحة وطعم بعض الطحالب فى

المياه العذبة، لذا يجب تحديد الغاية من التحليل وطريقة العمل، بينما نحتاج فى حالات أخرى الى معرفة الاعداد الموجودة فى المياه ومجاميع الطحالب الرئيسية، وقد يكون من الافضل تحديد الوقت الاكثر فعالية لمعالجة الخزان بمضادات الطحالب، وكذلك تحديد المساحة الكلية والحجمية وخصوصا للدياتومات، حيث أن من المفيد ضبط العلاقة بين الكائنات المجهرية الطافية وطول عمر المرشح.

لذا يجب إجراء مراقبة دورية لشبكات التوزيع فى منشآت تصفية المياه التى تستخدم المياه السطحية لملاحظة نمو الكائنات الملتصقة التى تكون الأزهارات فى هذه المنشآت. بالاضافة إلى وجوب القيام بفحوصات مختبرية وتسجيل الكائنات السائدة الموجودة فى طبقات الطحالب النامية، مع تحليل للكائنات الطافية فى عينات من الماء، على أن يتم عمل هذة الفحوصات بفترات منتظمة لنفس المناطق التى تم فحصها سابقاً.

وعندما تؤخذ معلومات من هذا النوع عبر فترة زمنية وتكون مدعومة بقراءات للصفات الفيزيائية الكيماوية لعينات الماء، فإنها ستكون ذات أهمية كبيرة فى تحديد نوع وزمن تطبيق الأجراءات الضرورية لمنع المشاكل التى تسببها الطحالب وللسيطرة عليها. ويمكن تسجيل هذه المعلومات وأعتبارها مؤشرات لتحديد مواقع ودرجة نمو الطحالب فى المناطق المختلفة، مع مراقبة أى تغيير فى مواقع وكميات نمو الطحالب وتدوين جميع البيانات المتعلقة بذلك. ويتم تشخيص الطحالب فى الماء بمساعدة المجهر وأستخدام دليل التشخيص.

الطريقة العامة لتسجيل الطحالب الطافية، تبدأ بجمع عينات الماء من موقع وعمق معين، فإذا لم يتم أخذ العينة إلى المختبر مباشرة للتحليل، فيجب حفظها بإضافة محلول اليود Lugol's Iodine Solutionأو مادة الفورمالديهايد (Formaldehyde) ويتم تركيز الكائنات الطافية فى العينة بواسطة قوة الطرد المركزى.

يستخدم 1 ملم من العينة المركزة ويوضع فى شريحة تعداد الخلايا المسماه (Sedgwick –Rafter)، حيث يتم أحصاء الكائنات بمساعدة مجهر مركب مثبت عليه ميكرومتر ويبل العينة ( whippleocular micrometer) وهى وحدة قياس لتعداد الكائنات المجهرية الطافية وتثبت عادة فى العدسة العينية للمجهر المركب.

يجب العناية الخاصة بهدف الحصول على تسجيلات دقيقة لبعض الطحالب السوطية التى تنتج الطعم والرائحة أو التى ربما تكون دلائل للمياه النظيفة، لأنها عندما تحفظ فالفورمالين فإن أشكالها تتغير الى درجة بحيث يصعب تشخيصها ، من أمثلة ذلك تشوه أشكالها وتغير ألوانها وفقدانها للاسواط، لذلك يجب أستخدام عينات غير محفوظة.

إن تسجيل الكائنات المجهرية الطافية للسنوات السابقة، ربما تعطى حلولا جيدة فى أوقات معينة فى كل فصل، حينما نتوقع نشوء أعداد كبيرة وأنواع معينة من الكائنات التى تعرقل التصفية أو المعالجة.

إن مجاميع الطحالب التى لا تشكل نموا غزيرا ولا يصل تعدادها الى أقصى حد سوف تظهر تغيرات معينة فى شكلها، وعندما يمكن تمييز هذة التغيرات ، فانها تقدم دلائل مفيدة لنهاية فترة نمو الطحالب، فمثلا اذا سقطت أسواط الطحالب أو أصبحت ألوانها شاحبة فهذا يعنى أن فترة النمو الغزير للطحالب قد انتهت وأنها فى طريقها إلى الاختفاء.

يرتبط تعداد الكائنات المجهرية الطافية فى المياه الخام فى بعض المناطق مع بداية ظهور الرائحة، لأنها تدل على وجود أعداد كبيرة من الطحالب فى المياه والتى يجب معالجتها للتخلص منها، وأعتبرت أعدادها الكبيرة والقليلة التى تتواجد فى أحدى محطات التصفية طريقة للتنبؤ بأعداد الكائنات المحتملة فى المياه المصفاه عقب عمليات التخثر وترشيح الحصى السريع، لأن وجود أعداد كبيرة منها سيزيد من نسبة تسربها الى المياه المصفاه عبر حصى الترشيح والعكس بالعكس.

يستخدم عدد الكائنات وعدد الوحدات القياسية لمساحة الكائنات الموجودة لتحديد كمية المشاكل المتوقعة والزمن الذى يجب أن تبدأ به التصفية أو المعالجة.

### 10.3 العد الطحلبى

بأستخدام خلية العد الطحلبى Sedgwick Rafter Cell:

بعد تركيز العينات سواء بأستخدام الترسيب أو بأستخدام جهاز الطرد المركزى يتم ملأ خلية العد الطحلبى وتترك لعدة دقائق ثم توضع للفحص والعد الطحلبى بأستخدام الميكروسكوب.

No. of Phytoplankton =

$$\frac{\text{No. of fields in cell} \times \text{ml of concentrated sample}}{\text{No. of fields counted} \times \text{ml of original sample}}$$

Where No. of fields in cell =

$$\frac{\text{Area of Sedgwick Rafter cell (50mmX20mm)}}{\text{Area of small square in Sedgwick cell}}$$

يتم أضافة أى من محاليل التثبيت التالية للعينات المراد أجراء العد الطحلبى لها وذلك عند تجميع العينات فى الموقع:

محلول اليود Lugol's Iodine Solution

محلول الفورمالين

### 10.4 تقدير المحتوى الكلوروفيلى للطحالب Chlorophyll "a" Content

الكلوروفيل ضروري لعملية التمثيل الضوئي، يستخدم المحتوى الكلوروفيلى للطحالب للتعبير عن مؤشرالكتلة الحيويةللطحالببوذلك بأستخدام جهاز قياس شدة الألوان Spectrophotometer وقياس الطول الموجى لصبغات الكلوروفيل "أ" بعد أستخلاصهابأستخدام أحد المذيبات العضوية.

$$\text{Chl. "a"} = 11.85(OD664) - 1.54(OD647) - 0.08(OD630)$$

Where:

Ca = Concentration of chlorophyll a

OD630= Corrected optical densities (with a 1−cm light path) at respective wave length after determination of concentration of chlorophyll a in extract, calculate the amount of chlorophyll a per unite volume as follow:

$$\text{Chlorophyll a, } \mu g / L = Ca \times \frac{\text{extractvolume, (L)}}{\text{Volume of sample, ml}}$$

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

**قام بإعداد الإصدار الأول من هذا البرنامج:**

| | |
|---|---|
| د/ محمد بكر محمد | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/طارق رشدى | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/ عاصم عبدالرحمن | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/محمد أحمد السيد | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/إبراهيم شوقى | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/ صبرى زغلول وهبة حنا | المعمل المرجعى - الشركة القابضة |
| د/تامر إمام | المعمل المرجعى– الشركة القابضة |
| د/ سناء أحمد الإله | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم |
| د/ شعبان محمد على | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم |
| د/ حمدى عطيه مشالى | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية |
| د/ سعيد أحمد عباس | شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية |
| د/ عبدالحفيظ السحيمى | شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى |
| د/ مى صادق | شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى |

**قام بإعداد الإصدار الثانى من هذا البرنامج:**

| | |
|---|---|
| د/ صبرى زغلول وهبة حنا | المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة |
| د/ عماد حمدى محمود صبحى | المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة |

**قام بالمشاركة وابداء الرأى لهذا البرنامج :**

| | |
|---|---|
| كيميائية/ إبتهال محمد عبده | شركة مياه القليوبية |
| كيميائى/ ابراهيم حسن سميسم | شركة مياه دمياط |
| كيميائية/ إيمان عوض الله اسكندر | شركة مياه البحيرة |
| كيميائية/ زينب رجاء حسن | شركة مياه القاهرة |
| كيميائية/ سارة حسين احمد ابو طالب | شركة مياه القليوبية |
| كيميائية/ سعاد سعد منصور | شركة مياه كفر الشيخ |
| كيميائى/ شريف سمير الشافعى | شركة مياه الدقهلية |
| كيميائى/ صفاء مصطفى طه | شركة مياه الاسكندرية |
| كيميائى/ عبد الحميد محمد الكباش | شركة مياه البحيرة |
| كيميائية/ عطاء عصمت احمد | شركة مياه قنا |
| كيميائى/ على خليفة على | شركة مياه القاهرة |
| كيميائية/ فايزة على بهيج | شركة مياه قنا |
| كيميائى/ محمد رضا عبد اللطيف البرعى | شركة مياه دمياط |
| كيميائى/ محمد رفعت محمود | شركة مياه الجيزة |
| كيميائى/ محمد محمود أبو عامر | شركة مياه المنوفية |
| كيميائى/ مصطفى حمدى | المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة |
| كيميائى/ مصطفى محمود مصطفى | شركة مياه الجيزة |
| كيميائية/ مي مصطفى اسماعيل | شركة مياه الفيوم |
| كيميائية/ نورا محمود ربيع | شركة مياه الفيوم |
| كيميائية/ ولاء موسي احمد الشيمى | شركة مياه القليوبية |
| كيميائى/ وليد صالحين عبد الباسط | شركة مياه مطروح |
| كيميائى/ يحي اسماعيل صالح | شركة مياه الجيزة |
| كيميائى/ يوسف محمد عبد المقصود | شركة مياه كفر الشيخ |

**قام بالتنسيق الفني والإخراج لهذا الإصدار:**

| | |
|---|---|
| كيميائى/ محمود جمعه | الإدارة العامة للمسار الوظيفى- الشركة القابضة |
| كيميائى/ الحسن الصادق | المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة |