الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

دليل المتدرب

تجارب التشغيل

البرنامج التدريبي كيمائي مياه الصرف الصحي – الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفي – إدارة المشاريع
الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي
الإصدار الثاني -2020.

حسابات التحكم

فى تشغيل محطات معالجه مياه الصرف الصحى

يعتمد التشغيل والتحكم فى تشغيل محطات معالجه مياه الصرف الصحى بصفه عامه ومحطات المعالجه بالحمأه المنشطه بصفه خاصه على عاملين هما:-

1- الخبره العمليه والملاحظه المستمره بالعين المجرده لمراحل عمليات المعالجه حيث أنه بالخبره العمليه والملاحظه المستمره يمكن التعرف على أى مشكله قد تحدث ويمكن اتخاذ الاجراءات المطلوبه لعلاجها

2- اجراء التحاليل المعمليه المطلوبه فى مراحل المعالجه المختلفه ثم عمل حسابات التحكم فى التشغيل ومن خلالها يمكن التعرف على سير عمليات المعالجه والتعرف على أى مشكله قد تحدث وأسبابها واتخاذ الاجراءات المطلوبه لعلاجها و قد سبق شرح التجارب المعمليه التى تستخدم فى التحكم فى التشغيل وفى هذا الفصل سوف يتم شرح الحسابات الخاصه فى التحكم فى تشغيل محطات معالجه مياه الصرف الصحى بالحمأه المنشطه .

1-قياس حجم الحمأة المنشطة المترسبة بعد 30 دقيقه (SV_{30})

تعتبر تجربة قياس حجم الحمأة المنشطة المترسبة في المخبار بعد 30 دقيقه وسرعه ترسيبها من أهم التجارب التى من خلالها يمكن ملاحظة نوعية الحمأة المنشطة ومعدل ترسيبها مما يساعد المشغلين فى محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالحمأة المنشطة و التعرف على نوعية الحمأة المنشطة .

تجرى هذه التجربة بجمع عينة متجانسة من حوض التهوية فى مخبار سعته واحد لتر زجاجي أو بلاستيك ذات فوهة واسعة مع ملاحظة أن يتم جمع هذا الحجم من حوض التهوية أثناء تشغيل وحدات التهوية لكى تكون العينة متجانسة ثم يتم ملاحظة معدل ترسيب الحمأة كل خمسة دقائق ثم يتم تحديد حجم الحمأة المترسبة فى المخبار بعد مرور 30 دقيقة والحماة المنشطة الجيدة هى التى يتم ترسيب حوالي 80 % من الحمأة المنشطة خلال الخمس دقائق الأولى

كما تساعد فى تحديد فتره مكث الحمأة فى أحواض الترسيب. يجب على السادة مشغلي محطات معالجه الصرف الصحى بالحمأه المنشطه عمل تلك التجربه يوميا مع ملاحظة المده التى سوف تطفو فيها الحمأه في المخبار حيث انه يجب ألا تقل فتره ظهور الحمأه على سطح المخبار عن 3 ساعات وكلما زادت تلك المده كلما كانت نوعيه الحمأه جيده و ظروف التشغيل جيده ايضا .

2 -حساب دليل حجم الحمأة (SVI)

هـو معيـار ومقيـاس لمعـدل ترسـيب الحمـأة ونوعيـة الحمـأة المنشـطة التـى تكونـت فـى أحـواض التهويـة وترسـب فـى أحـواض الترسـيب ودليـل علـى كفـاءة المعالجـة البيولوجيـة علـى أسـاس أن المـواد العالقـة التـى لا تترسـب فـى أحـواض الترسيب الثانوي تخرج مع المياه المعالجة.

يعـرف دليـل حجـم الحمـأة (SVI) أنـه العلاقـة مـابين الحجـم الـذى تشـغله الحمـأة بعـد ترسـيبها لمـدة 30 دقيقـة ووزن الحمـأه (تركيـز المـواد الصلبه العالقـه فـى التهويـه مجـم/ لتـر) ويتـراوح دليـل حجـم الحمـأة مـا بـين (50-150) علـى ألا يقـل عـن 50 و لا يزيـد عـن 150 . و يكـون معـدل ترسـيب الحمـأة ممـــتازة , و نوعيـة الحمـأه ممتـازة عنـدما تكـون دليـل حجـم الحمـأة اقـل مـن 100 ويكـون معـدل ترسـيب الحمـأة مقبولـة عنـدما يكـون دليـل حجـم الحمـأة 100-150 ويكون معدل ترسيب الحمأة رديئة عندما يكون دليل حجم الحمأة اكبر من 150 ويبين الجدول التالي العلاقه بين دليـل حجـم الحمـأه و احتمـال حـدوث مشـاكل فـى التشـغيل وطفـو الحمـأه فـى أحـواض الترسـيب النهـائى والتـأثير علـى كفاءه المحطه.

الجدول التالي يوضح (SVI)طبقا للكود المصري لاسس وشروط تنفيذ محطات معالجة الصرف الصحى ومحطات الرفع لسنة 2017.

خصائص الترسيب للحمأة	SVI
حماة ذات خصائص ترسيبية ممتازة	SVI<100
حماة ذات خصائص ترسيبية مقبولة	100-150
حماة ذات خصائص ترسيبية سيئة ومؤشر على نمو البكتريا الخيطية الغير مرغوب فيها	SVI>150

ويتم حساب دليل حجم الحمأة من المعادلة الاتية :-

$$\text{دليل حجم الحمأه} = \frac{\text{حجم الحمأة المترسبة فى 30 دقيقة (مللي\ل) } \times 1000}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية}}$$

مثال:-

اذا كان حجم الحمأة فى المخبار بعد 30 دقيقة = 150 مللي \ ل

اذا كان تركيز المواد الصلبة العالقة فى التهوية = 2000 مجم / لتر

فأحسب دليل حجم الحمأة.

$$\text{دليل حجم الحمأة} = \frac{150 \times 1000}{2000} = 75 \text{ مللى\جرام}$$

3- حساب كمية الحمأة المنشطة المعادة RAS

يـتم تحديـد كميـة الحمـأة المنشـطة المعـادة لأحـواض التهويـة لتـوفير العـدد الكـافي مـن الكائنـات الحيـة الدقيقـة لتحليـل وأكسدة المواد العضوية الداخلة لحوض التهوية والمحافظة على تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية

ويتم حساب كمية الحمأة المنشطة المعادة لحوض التهوية فى اليوم كالاتى :-

$$Q_{RAS} = \frac{Q \times MLSS}{MLSS_{RAS} - MLSS}$$

حيث أن: -

كمية الحمأة المنشطة المعادة لحوض التهوية م3 / يوم = Q_{RAS}

كمية المياه الداخلة لحوض التهويـة (م3 / يوم) = Q

تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية (مجم / لتر) = MLSS

تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة المنشطة المعادة (مجم / لتر) = $MLSS_{RAS}$

مثال:-

اذا كان كمية المياة الخام الداخلة لحوض التهوية فى اليوم = 10000 م3/ يوم

اذا كان تركيز المواد العالقة فى التهوية = 3000 مجم / لتر

اذا كان تركيز المواد العالقة فى الحمأة المنشطة المعادة = 8000 مجم / لتر

$$\text{كميه الحمأه المنشطه المعاده (م3 / يوم)} = 10000 \times \frac{3000}{8000 - 3000} = 6000 \text{ م3 / يوم}$$

4-حساب كمية الحمأة المنشطة الزائدة (WAS)

زيادة تركيز الحمأة المنشطة (المواد الصلبة العالقة المتطايرة) فى أحواض التهوية و أحواض الترسيب النهائي يؤدى الى زيادة عمر الحمأة و تراكم الحمأة فى أحواض الترسيب مما قد يؤدى الى خروجها مع المياة الخارجة من السيب النهائي مما يؤدى الى فقد كمية من الحمأة و تغير نوعية المياة المعالجة فالحماة هى المنتج النهائي لعملية المعالجة . و يجب سحبها . و ان عملية صرف كمية الحمأة الزائدة تعتبر من أهم عوامل التشغيل فى محطات المعالجة .

يوجد ثلاثة طرق يمكن استخدامها لتحديد معدل صرف الحمأة الزائدة:-

1- المحافظة على تركيز ثابت للمواد الصلبة العالقة فى أحواض التهوية (MLVSS)
2- المحافظة على مستوى ثابت لنسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة F/M
3- المحافظة على مستوى ثابت لعمر الحمأة

يتم حساب كمية الحمأة المنشطة الزائدة التى يتم صرفها على أساس ان كمية المواد العالقة المتطايرة الخارجة فى السيب النهائي قليلة و يمكن إهمالها كالاتى :-

$$Q\,W = \frac{MLVSS \times V}{SRT \times WASvss}$$

حيث أن :-

QW = كمية الحماة الزائدة بالمتر المكعب فى اليوم
MLVSS = تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة فى حوض التهوية مجم / لتر
V = حجم حوض التهوية م3
SRT = زمن بقاء الحمأة باليوم
WASvss = تركيز المواد العالقة المتطايرة فى الحمأة المنشطة الزائدة مجم/لتر

مثال :-

اذا كان حجم التهوية = 4000 م3
اذا كان MLVSS في التهوية = 3000 مجم / لتر (3 جم / م3)
اذا كان VSS في الحمأة الزائدة = 8000 مجم / لتر (8 جم / م3)
اذا كان عمر الحمأة = 6 يوم

$$\text{كميه الحماه الزائده (م3 / يوم)} = \frac{4000 \times 3000}{8000 \times 6} = 250 \text{ م3/ يوم}$$

5-الحمل العضوى

الزيادة المفاجئة او الانخفاض المفاجئ فى الأحمال العضوية اى فى كمية الغذاء المقدمة إلى الكائنات الحية الدقيقة قد يؤدى إلي حدوث مشاكل فى التشغيل.

هناك طريقتان للتعبير عن الحمل العضوى : -

الأولى : تسمى الأكسجين الحيوى الممتص " Biological Oxygen Demand " BOD .

الثانية : تسمى الأكسجين الكيميائى المستهلك "Chemical Oxygen Demand " COD.

5 - 1 الأكسجين الحيوى الممتص (BOD-5)

تعتبر تجربة قياس الأكسجين الحيوى الممتص من أهم التجارب التى تجرى فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى حيث أنه هو أساس تصميم وتشغيل والتحكم فى تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحى وكذلك تحديد كفاءتها .

يعرف الأكسجين الحيوى الممتص بكميه الأكسجين اللازم لأكسده المواد العضويه الكربونيه بواسطه البكتيريا الهوائيه عند 20 درجه مئويه لمده 5 أيام

يتم قياس الأكسجين الحيوى الممتص BOD كمعيار لتركيز المواد العضويه الكربونيه في المياه الخام مع التركيز التصميمي لمحطة المعالجه. كما يتم قياس BOD فى المياه الداخلة لحوض التهويه لمعرفه كميه الأكسجين الحيوى الممتص الداخلة لحوض التهويه (مجم / لتر) و (كجم / يوم) والتى تستخدم كغذاء للكائنات الحيه الدقيقه فى حوض التهويه ولتحديد مدى ملائمة تركيزه مع تركيز الكائنات الحيه الدقيقه فى التهويه . كما يتم قياسه أيضا في السيب النهائى لمعرفه مدى تتطابق تركيزه مع المعايير و المواصفات المصرية و تحديد مدى كفاءه محطه المعالجه فى ازاله و معالجه المواد العضويه علما بأن الأكسجين الحيوى الممتص BOD هو الغذاء الأساسي للبكتيريا ويستخدم في حساب نسبة الغذاء إلى نسبة الكائنات الحيه الدقيقه .

5 - 2 - الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD)

يعرف الأكسجين الكيميائى المستهلك (Chemical Oxygen Demand) بكميه الأكسجين اللازم لأكسده المواد العضويه بواسطه ماده كيميائيه مؤكسده مثل ثنائى كرومات البوتاسيوم عند 150 درجه مئويه لمده ساعتين .

يعبر تركيز الأكسجين الكيميائى المستهلك عن تركيز المواد العضويه بمجم / لتر وسمى الأكسجين الكيميائى المستهلك حيث يتم أكسده وتحليل المواد العضويه بواسطه مواد كيميائيه مؤكسده ويستخدم الأكسجين الكيميائى المستهلك فى تحديد تركيز المواد العضويه ويتم قياسه فى كل من المياه الخام و المياه الداخلة لأحواض التهويه وفى السيب النهائى لمحطه المعالجه .

تعتبر تجربة قياس الأكسجين الكيميائى المستهلك تجربه سريعه لقياس تركيز المواد العضويه بالمقارنة بتجربة الأكسجين الحيوى الممتص حيث تستغرق تجربه COD حوالى ساعتين ونصف بينما تستغرق تجربه BOD خمسه أيام للحصول على النتيجة كما انه فى مياه الصرف الصحى يكون تركيز COD الى تركيز BOD تتراوح مابين (1.7–2) فى مياه الصرف الخام كما ان زيادة تركيز CODفى المياه الخام يعطى مؤشر لاحتمال وجود صرف صناعى

معـدل الحمــل العضــوى يعـرف بكميــه المــواد العضــويه الكربونيــه(BOD) بــالكيلوجرام / اليــوم الــداخل لاحــواض التهويه ويتم حسابه كما يلى

6-1- معدل الحمل العضوى (BOD Loading Rate (kg/m3/day)

معدل الحمل العضوى يعرف بكميه المواد العضويه الكربونيه (BOD) بالكيلوجرام / اليوم الداخل لأحواض التهويه ويتم حسابه كما يلى :

$$BOD\ LR = \frac{Q \times \text{inf BOD conc}}{1000}$$

BOD LR = كمية BOD كجم / يوم

Q = تصرف مياه الصرف الصحى (م3 / يوم)

مثال :
تصرف المياه الخام الوارد للمحطه = 10000 م3 / يوم
تركيز BOD الداخل للتهويه = 400 مجم / لتر

$$400 = \frac{10000 \times 400}{1000} = \text{الحمل العضوى (كجم / يوم)}$$

6- حساب نسبه الغذاء الى نسبه الكائنات الحية الدقيقة F/M Ratio

تعرف نسبه الغذاء الى نسبه الكائنات الحية الدقيقة بأنه عدد الكيلو جرامات من الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) الداخل لحوض التهوية فى اليوم الى عدد الكيلو جرامات من الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا) فى حوض التهوية فى اليوم بمعنى آخر كم كيلو جرام من الأكسجين الحيوى الممتص يدخل الى حوض التهوية فى اليوم بحاجة الى كم كيلو جرام من المواد العالقه المتطايره فى حوض التهويه . يتم التعبير عن نسيه الغذاء الى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه

بـ BOD(Kg / day) لكل MLVSS (Kg / day) .

تعتبر حساب نسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة من أهم العوامل التى تتحكم فى تشغيل محطات المعالجة بالحمأة المنشطة حيث أن نسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة لابد أن تكون مناسبة فلا تزيد و لا تقل بمقادير ملحوظة عن مدى معين محدد سلفا عند التصميم حيث أن لكل نظام معين من نظم المعالجة بالحمأة حسب نظام ونوع المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة ففى محطات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة التقليدية تكون نسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة (0.2- 0.4) أما فى محطات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة بنظام التهوية الممتدة فتكون من نسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة من (0.04 - 0.1) و فى محطات المعالجه البيولوجيه بالحمأه المنشطه بنظام قنوات الأكسده فتكون من (0.1 - 0.3) معروف أن زيادة او نقص الغذاء يؤدى الى تغير خصائص ترسيب الحمأة المنشطة و تركيزها و حدوث العديد من المشاكل فى أحواض الترسيب و الإخلال بنظام المعالجة كما أن أنواع الكائنات الأوليه المتواجدة فى الحمأه المنشطه تعتمد على مدى توافر أو عدم توافر الغذاء فى أحواض التهويه وبالتالى على نسيه الغذاء الى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه . يجب على القائمين على التشغيل بالمحافظة على مدى ثابت معين من نسيه الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة .

يعتبر حساب نسبة الغذاء الى نسبة الكائنات الحية الدقيقة من أهم عوامل التحكم فى التشغيل حيث يمكن الاعتماد عليها في التحكم في التشغيل وذلك عن طريق تثبيت هذه النسبه عند رقم معين حسب نظام المعالجه بالحمأه المنشطه مع العلم بأنه كلما زاد نسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه فان ذلك يدل على انخفاض تركيز المواد العالقة المتطايرة في التهويه و يجب تقليل كميه الحمأه الزائده وكلما قلت نسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه فذلك يدل على زياده تركيز المواد العالقة المتطايرة في التهويه و يجب زياده كميه الحمأه الزائده و يجب حسابها بصفة منتظمة للتحكم في تركيز الحمأه المنشطه في أحواض التهويه

يتم حساب نسبة الغذاء الى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه كما يلى :-

$$F/M = \frac{BOD \times Q}{MLVSS \times V}$$

حيث أن :-

BOD= تركيز BOD الداخل لحوض التهوية (مجم / لتر)

Q= كمية المياه الداخلة لحوض التهوية فى اليوم (م3)

MLVSS = تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة فى حوض التهوية (مجم/لتر)

V=حجم حوض التهوية (م3)

مثال:-

اذا كان BOD الداخل للتهوية = 300 مجم / لتر

اذا كان كمية المياة الداخلة للتهوية فى اليوم = 10000 م3

اذا كان تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة فى التهوية = 4000 مجم/ لتر

اذا كان حجم حوض التهوية = 5000 م3

$$\frac{F}{M} = \frac{10000 \times 300}{5000 \times 4000} = 0.15$$

- يمكن التحكم في تشغيل محطات المعالجه بالحمأه المنشطه بتثبيت نسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه حسب نظام المعالجه بالحمأه المنشطه في حاله ثبات متوسط كميه مياه الصرف الصحى الداخله لحوض التهويه و تركيز الأكسجين الحيوى الممتص وحساب تركيز المواد العالقه المتطايره المطلوب فى حوض التهويه ويتم ذلك باستخدام المعادلة الأتيه :-

$$MLVSS = \frac{BOD \times Q}{F/M \times V}$$

مثال :-

اذا كانت محطه معالجه صرف صحى بالحمأه المنشطه التقليديه حيث أن نسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه تتراوح مابين 0.2 – 0.4

ومطلوب تثبيت هذه النسبه (F / M) عند 0.3

اذا كان تركيز الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) الداخل لحوض التهويه = 300 مجم / لتر

اذا كان كميه مياه الصرف الصحى الداخله للتهويه (Q) فى اليوم = 10000 م3

اذا كان حجم التهويه (V) = 5000 م3

فما هو تركيز MLVSS المطلوب

تركيز المواد العالقة المتطايرة في التهويه (MLVSS) $= \frac{10000 \times 300}{5000 \times 0.3}$ = 2000 مجم / لتر

7- زمن بقاء الحمأة (SRT)

زمن بقاء الحمأة (SRT) (Solid Retention Time)هو متوسط زمن بقاء الخلايا البكتيريه (الحمأه المنشطه) في وحده المعالجه البيولوجيه ويمكن ان يطلق عليه(MCRT) (Mean Cell Residence Time)

حساب زمن بقاء الحمأة فى محطات المعالجة بالحمأة المنشطة مهم جدا حيث أن زمن بقاء الحمأة من أهم العوامل التى تتحكم فى مراقبة تشغيل وحده المعالجة الثانوية بالحمأة المنشطة ويعرف زمن بقاء الحمأة بأنه المدة التى تمكثها الحمأة المنشطة فى أحواض التهوية والترسيب الثانوي الى أن يتم إعادتها مرة أخرى الى أحواض التهوية

و يعبر عن زمن بقاء الحمأة باليوم . و يعرف أيضا زمن بقاء الحمأة بأنة كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة فى وحدة المعالجة البيولوجية بالكيلو جرام في اليوم على كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة الخارجة من محطة المعالجة بالكيلو جرام في اليوم. و يختلف زمن بقاء الحمأة حسب نظام المعالجة بالحمأة المنشطة ففى نظام المعالجة التقليدية بالحمأة المنشطة ويتراوح زمن بقاء الحمأة مابين 3 الى 15 أيام أما فى المحطات التى تعمل بنظام التهوية الممتدة فيكون زمن بقاء الحمأة من 20 – 40 يوم وفى المحطات التى تعمل بنظام قنوات الأكسدة يكون زمن بقاء الحمأه من 15 – 30 يوم و أنه يتم التحكم فى زمن بقاء الحمأة عن طريق التحكم فى تشغيل طلمبات الحمأة المعادة و الزائدة . فزيادة زمن بقاء الحمأة يعنى زيادة تركيز الحمأة فى أحواض التهوية و الترسيب النهائي و يتم خفض هذا العمر بزيادة كمية الحمأة الزائدة . إما اذا كان زمن بقاء الحمأة صغير فهذا يعنى انخفاض تركيز الحمأة فى أحواض التهوية و أحواض الترسيب النهائي و يتم زيادة زمن بقاء الحمأة بزيادة كمية الحمأة المعادة و خفض كمية الحمأة الزائدة لزيادة تركيز المواد العالقة فى وحدات المعالجة البيولوجية .

يمكن التحكم في تشغيل محطات المعالجه بالحمأه المنشطه عن طريق تثبيت زمن بقاء الحمأه عند رقم معين و من خلاله يتم التحكم في تركيز المواد الصلبه العالقة المتطايرة في حوض التهويه و كذلك كميه الحمأه المنشطه المعاده و الزائدة .

تعتمد أنواع الكائنات الأوليه الموجوده فى الحمأه المنشطه على زمن بقاء الحمأه وسوف يتم توضيح ذلك فى الاختبارات الميكروسكوبية للحمأه المنشطه .

$$\text{زمن بقاء الحمأة} = \frac{\text{كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة في التهويه كجم}}{\text{كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة الخارجة من المحطة كجم / يوم}}$$

يمكن حساب زمن بقاء الحمأة من المعادلة الاتية : -

$$SRT = \frac{MLVSS \times V}{WASv\ ss \times Q\ was + Evss \times EQ}$$

حيث أن :-

زمن بقاء الحمأة باليوم = SRT

حجم التهويه (م3) = V

كمية الحمأة الزائدة م3 / يوم = Qwas

تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايره فى الحمأة الزائدة = WASvss

تركيز المواد الصلبة العالقة المتطايرة فى حوض التهوية = MLVSS

كمية المياة الخارجة من المحطة م3 / يوم = EQ

تركيز المواد العالقة المتطايرة فى المياة الخارجة فى السيب النهائي = Evss

ملحوظة هامه : -

كميه المواد الصلبه العالقة المتطايرة الخارجة في السيب النهائى قليله جدا ويمكن إهمالها في تلك المعادلة

مثال:-

اذا كان حجم التهوية =4000 م3

اذا كان كمية الحمأة الزائدة = 200 م3 / يوم

اذا كان تركيز المواد العالقة المتطايرة فى التهوية = 2000 مجم / لتر

اذا كان تركيز المواد العالقة المتطايرة فى المياة الخارجة فى السيب النهائي =10 مجم / لتر

اذا كان تركيز المواد العالقة فى الحمأة الزائدة = 8000 مجم / لتر

اذا كان كمية المياة الخارجة من المحطة = 5000 م3 / يوم

$$\text{زمن بقاء الحمأة} = \frac{4000 \times 2000}{5000 \times 10 + 200 \times 8000}$$

$$= \frac{8000000}{1650000} = 4.8 \text{ يوم}$$

ملحوظة: ويمكن التعبير عن عمر الحمأة بالمدة الزمنية التى تمكثها الكائنات الحية فى عملية المعالجة

$$\text{عمر الحمأة (SA)} = \frac{\text{كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة في التهويه كجم}}{\text{كمية المواد الصلبة العالقة المتطايرة الداخلة حوض التهوية كجم / يوم}}$$

8- حساب كفاءه محطه المعالجه

كفاءه المعالجه البيولوجيه لمعالجه المواد العضويه (BOD)

$$\text{كفاءه المعالجه البيولوجيه} = \frac{\text{تركيز BOD الداخل – تركيز BOD الخارج}}{\text{تركيز BOD الداخل}} \times 100$$

مثال (1) :-

احسب كفاءه المعالجه البيولوجيه فى معالجه المواد العضويه (BOD) من المعلومات الأتيه :-

- تركيز BOD الداخل للمعالجه البيولوجيه = 200 مجم / لتر

- تركيز BOD الخارج من المعالجه البيولوجيه = 40 مجم / لتر

طريقه الحساب :-

$$\text{كفاءه أى مرحله أو المحطه} = \frac{\text{التركيز الداخل - التركيز الخارج}}{\text{التركيز الداخل}} \times 100$$

$$= \frac{200 - 40}{200} \times 100 = 90\ \%$$

مثال (2) :-

احسب كفاءه محطه المعالجه فى معالجه المواد العالقه الكليه (TSS) من المعلومات الأتيه

- تركيز المواد العالقه الكليه فى المياه الخام = 400 مجم / لتر

- تركيز المواد العالقه الكليه فى السيب النهائى = 20 مجم / لتر

طريقه الحساب :-

$$\text{كفاءه المحطه \%} = \frac{\text{تركيز TSS فى المياه الخام - تركيز TSS فى السيب النهائى}}{\text{تركيز TSS فى المياه الخام}} \times 100$$

$$= \frac{400 - 20}{400} \times 100 = 95\ \%$$

الجدول التالي يوضح أسس تصميم وتشغيل النظم المختلفة لمعالجه مياه الصرف الصحي بالحمأة المنشطة طبقا للكود المصري لاسس وشروط تنفيذ محطات معالجة الصرف الصحى ومحطات الرفع لسنة 2017.

نظام المعالجة	تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية (مجم / لتر)	مدة التهوية بالساعة	زمن بقاء الحمأة (SRT)	F / M Ratio
النظام التقليدي	3000 – 1000	8 – 4	15 – 3	0.4 – 0.2
الخلط الكامل	4000 – 1500	5 – 3	15 – 3	0.6 – 0.2
التثبيت بالتلامس	3000 – 1000 خزان التلامس 10000 – 6000 خزان التثبيت	1 – 0.5 خزان التلامس 4 - 2 (خزان التثبيت	10 – 5	0.6 - 0.2
التهوية الممتدة	5000 - 2000	30 - 20	40 – 20	0.1 – 0.04
قنوات الأكسدة	5000 – 2000	30 - 15	30 – 15	0.3 – 0.1

9-الفحص الميكروسكوبى للحمأه المنشطه

يستخدم الفحص الميكروسكوبي للحمأة المنشطة في أحواض التهوية للتعرف على أنوع الكائنات الحية المختلفة التى توجد بالحمأة المنشطة ومعرفة تأثير كل منها على نوع و طبيعة الحمأة المنشطة و كذلك على عملية المعالجة البيولوجية وكفاءة محطه المعالجه .

وتتكون الحمأه المنشطه من العديد من الكائنات الحيه حيث تتكون من حوالى 90% كائنات حيه دقيقه (البكتيريا) و حوالى 10% كائنات أوليه.

تعتمد أنواع الكائنات الحيه المكونة للحمأه المنشطه على عده عوامل من أهمها :-

- طبيعه المياه الخام
- مدى توافر الأكسجين الذائب وتركيزه فى حوض التهويه
- مدى توافر الغذاء المناسب
- عوامل وظروف التشغيل حيث يؤثر زمن بقاء الحمأه (SRT) ونسبه الغذاء الى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه (F/M) على طبيعه الكائنات الحيه المكونة للحمأه المنشطه

أهم الكائنات الحية التى تتكون منها الحمأة المنشطة ما يلي :-

1- **البكتيريا**

2- **البروتوزوا وتشمل**

(الأميبا Amoeba - الهدبيات الحيوانية Flagellates - والسوطيات حرة الحركة - Free-swimming ciliates والسوطيات الزاحفة Crawling ciliates والسوطيات الجالسة او المعنقة Stalked ciliates.)

3- **الميتازوا وتشمل**

(Rotifers روتيفرز - Nematodes نيماتودا –Bristle worm الديدان الدوارة)

4- **الكائنات الخيطية :** البكتريا الخيطيه أو الفطريات أو البروتوزوا الخيطيه

البكتريا(Bacteria)

هى العامل الرئيسى فى معالجة مياه الصرف الصحي ولها أنواع مختلفة تقع جميعها تحت مجموعة (Heterotrophs) وتظهر تحت الميكرسكوب كنقاط سوداء صغيرة جدا ووجود الكثير منها يدل على معالجة مبكرة ووجود نسبة عالية (F/M)

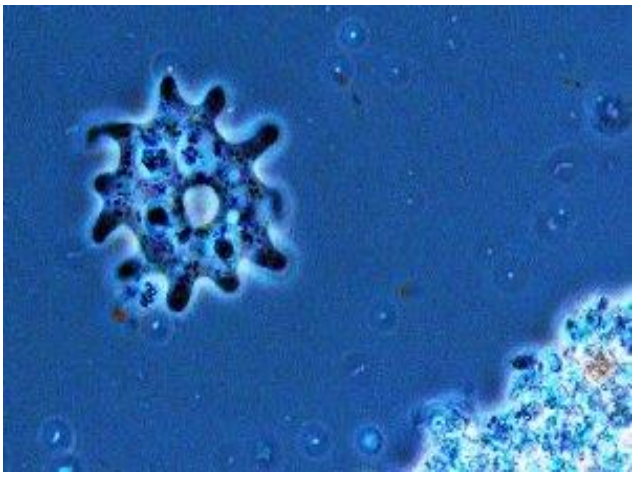
بعض أنواع البكتيريا المتواجدة فى مياه الصرف الصحى

الأميبا (Amoeba)

هــى خليــة واحــدة لــيس لهــا جــدار خلــوى ولكــن لهــا غشــاء ســيتوبلازمى لهــا أرجــل كاذبــة pseudopodia لإقتنــاص الغــذاء والحركــة وتتغــذى علــى الكائنــات الحيــة وتعمــل الإنزيمــات التــى تفرزهــا علــى تحلــل الغــذاء وهضــمها وامتصاصــها مــن خــلال غشــاء الخليــة ويكثــر تواجــدها وأعدادها عند بداية تشغيل محطة المعالجة.

وجودها يدل على حمأة نشطة شابة ونسبة عالية من المواد العضوية (F/M), و SVI وإنخفاض زمن بقاء الحمأه (SRT)

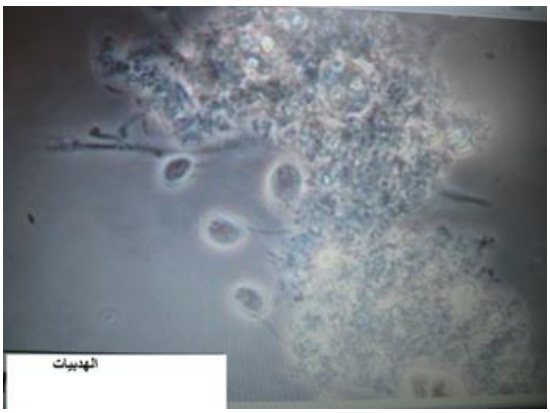
الشكل رقم (3) يوجد هناك نوعين من الأميبا – **الأميبا العارية ا الجرداء naked amoebae** – **والأميبا المغلفة او المتحوصلة testate amoebae**



السوطيات (Flagellates):

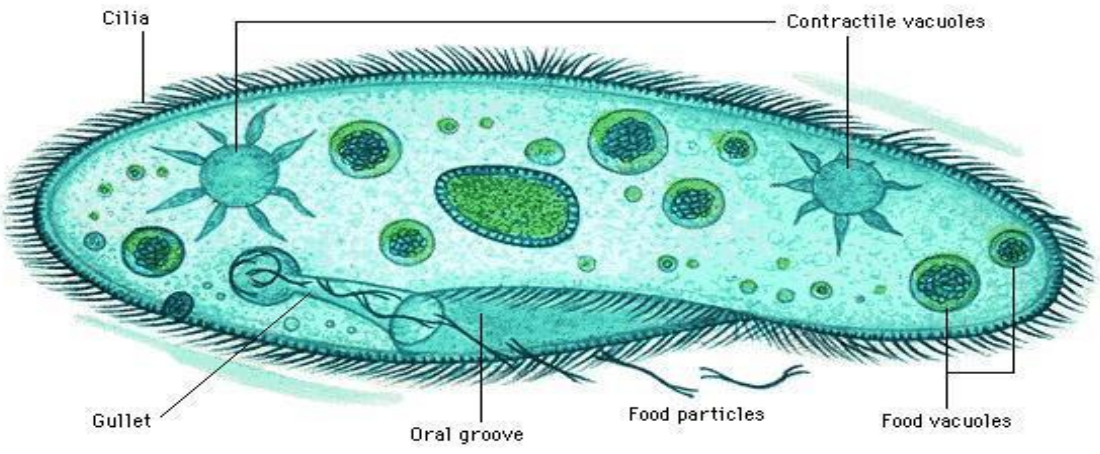
تختلف السوطيات فى أحجامها وتتميز بوجود أسواط متصلة على جدار الخلايا وخصوصا فى المقدمة والمؤخرة وتتكاثر عندما تقل اعداد البكتيريا ويكون الحمل العضوى (BOD) مرتفع .

وجودها يدل على حمأة نشطة شابة ونسبة عالية من المواد العضوية (F/M), و SVI وإنخفاض زمن بقاء الحمأه (SRT)



الهدبيات (Ciliates)

هي نوع من البروتوزوا يغطى كل أو بعض جدران خلاياها ما يشبه الشعر الذى يساعدها علي الحركة وتتغذى على البكتيريا والمواد العضوية **وتكثر عندما تكون الحمأة حديثة وجود السوطيات عادة ما يكون مؤشرا لحدوث معالجة بيولوجية جيدة**



-

الشكل بعض أنواع الهدبيات المتواجدة فى مياه الصرف الصحى

السوطيات حرة الحركة Free swimming Ciliates :

هذا النوع من الأوليات تسبح بحرية فى السائل المخلوط – عادة ما يكون جسمها مغطى بالأسواط وهى عبارة عن زوائد تشبه الشعر يستخدمها الحيوان فى الحركة وفى جذب الطعام الى فتحة الفم للحيونات – هذا النوع من الأوليات تبدأ فى الظهور عندما تبدأ السوطيات flagellates فى الأختفاء والبروتوزوا لاتتغذى على المواد العضوية المتوفرة فى مياه الصرف الصحى , ولكنها تتغذي على الخلايا البكتيريه الميته فى أحواض الترسيب و العناصر الكيميائيه ومن أهمها النيتروجين والفوسفور, وبالتالى تساهم فى التخلص من البكتريا العائمة وتساعد على ترويق المياه

وجودها يدل على ان نظام الحمأة النشطة قد قارب على تمام المعالجة ويدل ايضا ارتفاع ,(F/M)

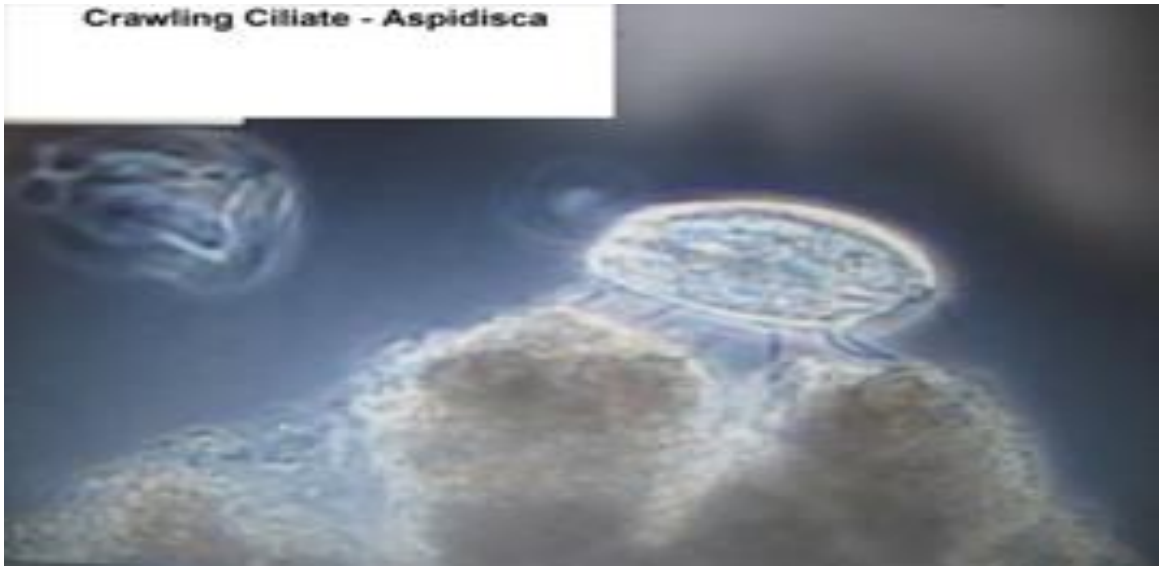
و SVI وإنخفاض زمن بقاء الحمأه (SRT)

الشكل يوضح شكل السوطيات حرة الحركة

السوطيات الزاحفة Crawling ciliates

من الأوليات يحتوى على اسواط على الجانب البطنى للجسم – حيث تتحرك اسواط الكائنات بطريقة لولبية twisted معا لعمل خصل متجمعة "tufts" او ارجل التى تستخدم للزحف على سطح الندف الكبيرة – السوطيات الزاحفة تقوم بالتغذى على جزيئات الندف وتتغذى على البكتريا التائهه straggling bacteria على اطراف الندف .

وجودها يدل على مستوى معالجة افضل وانخفاض المواد العضوية وإنخفاض زمن بقاء الحمأه (SRT)



الشكل يوضح السوطيات الزاحفةCrawling ciliates

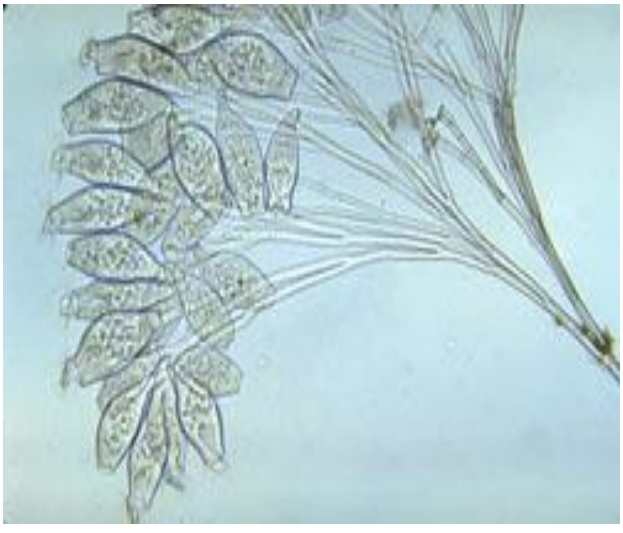
السوطيات الجالسة او المعنقة Stalked Ciliates

هذا النوع من السوطيات يحتوى على اسواط تحيط بفتحة الفم للحيوان وتستخدم لعمل تيار من الماء يساعد على جلب الغذاء الى الفم – حيث تظهر السوطيات الجالسة او المعنقة فى الحمأة البالغة.mature sludge

ويدل وجودها على جودة المعالجة فى نظام الحمأة المنشطة النمطية وجودة الترسيب وشفافية المياه المعالجة.

وجودها يدل على حمأة نشطة شابة ونسبة منخفضة من المواد العضوية ,(F/M) و SVI

وإرتفاع زمن بقاء الحمأه (SRT)



ميتازوا (Metazoas)

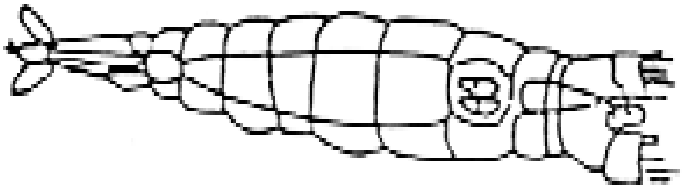
وهى عبارة عن كائنات حية عديدة الخلايا التى تتغذى على البكتريا والطحالب والبروتوزوا

العجليات او الروتفيرRotifers :

تتواجد عادة فى الحمأة المنشطة القديمة **ويدل وجودها على جودة أعمال المعالجة بالحمأة المنشطة وجودة الترسيب وشفافية المياة المعالجة**. وتتطلب وجود تركيز عالى من الأكسجين المذاب الذى يسبب إنخفاضه الحاد موتا لها. **فوجود الروتيفرز فى الحمأة المنشطة النمطية يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة أو طول** زمن بقاء الحمأه (SRT)، فهى تقوم بدور رائع فى تنظيف وازالة اى بقايا من المواد فى المياه وتعتبر الروتفير مؤشر جيد لسمية مياه الصرف الصحى

وجودها يدل على انخفاض نسبة المواد العضوية ,(F/M) و SVI وإرتفاع زمن بقاء الحمأه (SRT)

الشكل رقم (١٠) بعض أشكال الروتيفرز.



الديدان الخيطية او النيماتودا:Nematodes

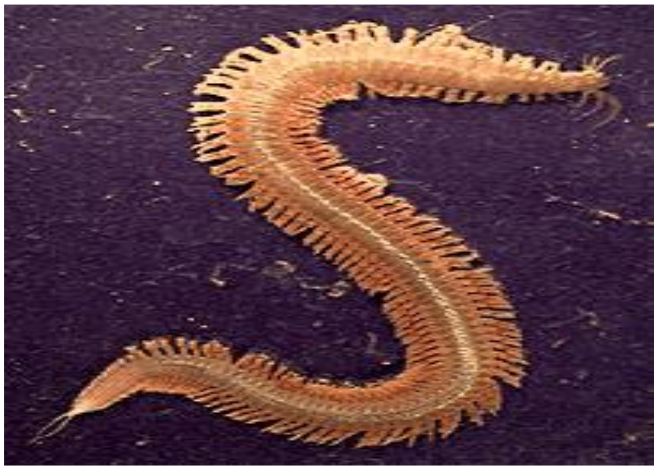
تتواجد عادة فى مياة الصرف وهى ديدان أسطوانية غير مقسمة وذات أحجام كبيرة ومقدمة ومؤخرة حادة وتتغذى على البكتيريا والبروتوزوا والرواسب العضوية، ووجودها يدل على أن الحمأة قديمة.

وجودها يدل على انخفاض نسبة المواد العضوية ,(F/M) و SVI وإرتفاع زمن بقاء الحمأه (SRT)

الشكل يوضح شكل الديدان الخيطية او النيماتودا Nematodes

الديدان الدواره (Bristleworms)

ديدان مفصلية تتواجد عادة فى الحمأة المنشطة القديمة وهى تتغذى على المواد العضوية، **ووجودها يدل على أن الحمأة قديمة**

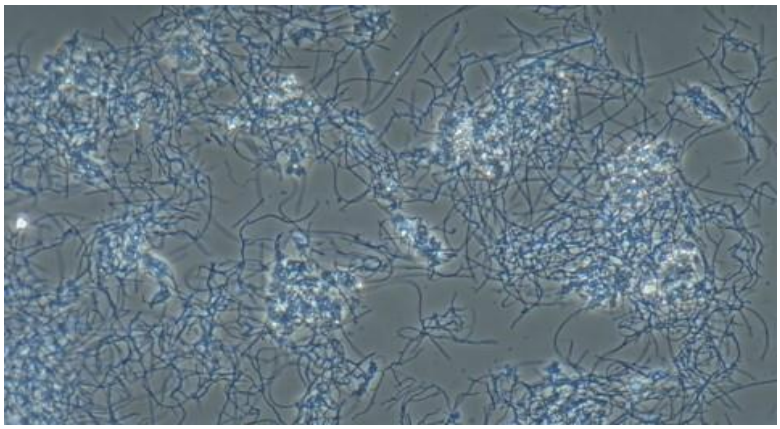


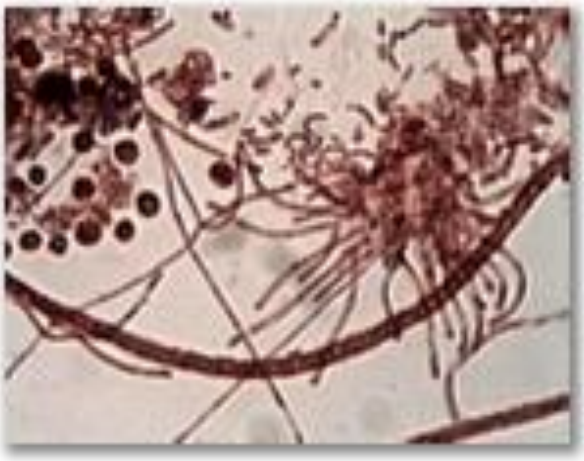
1- الكائنات الخيطية:

وتبدو الكائنات الخيطية تحت الميكروسكوب مثل خصل الشعر أو حزم القش وهي كائنات تقلل من سرعه ترسيب الحمأة المنشطة في أحواض الترسيب النهائي وتواجدها بكثرة في الحمأة المنشطة يعنى وجود ظروف غير ملائمه في المعالجة البيولوجية وهذا يؤدى بالتالي زياده دليل حجم الحمأة (SVI) الأمر الذى يؤدى إلى بطئ سرعه ترسيب الحمأة وزيادة نسبة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية في المياه الناتجة بالمروق الثانوي. والكائنات الخيطية يمكن أن تكون أنواعها من البكتريا أو الفطريات أو البروتوزوا أو الطحالب وسوف يتم عرض بعض الصور لتلك الكائنات.

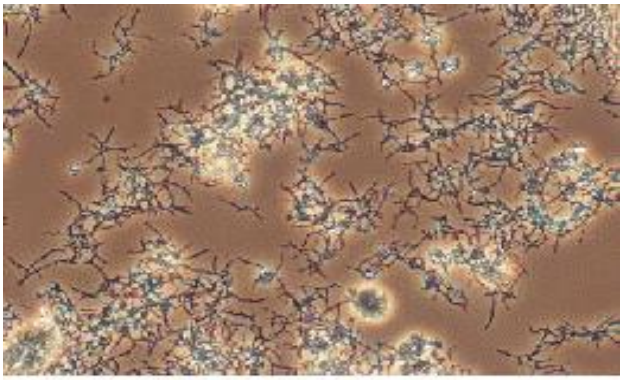
تتواجد الكائنات الخيطية في الحمأة المنشطة نتيجة أحد الأسباب الآتية:

- انخفاض الرقم الهيدروجيني
- انخفاض تركيز الأكسجين الذائب في التهوية.
- انخفاض أو زياده تركيز المواد العضوية الكربونية في المياه الخام (زياده أو نقص الحمل العضوي في المياه الخام).
- انخفاض تركيز العناصر الغذائية الأساسية للبكتيريا مثل النيتروجين والفوسفور في المياه الخام حيث يجب أن يتناسب تركيز عنصري النيتروجين والفوسفور مع تركيز الكربون (P:N:C) حيث يجب أن تكون هذه النسبة (100: 5: 1) لضمان ونمو ونشاط البكتيريا وعدم نمو ونشاط الكائنات الخيطية.
- زياده تركيز كبريتيد الهيدروجين في المياه الخام
- وجود مخلفات صرف صناعي.
- زياده تركيز الدهون والزيوت والشحوم في المياه الخام
- زياده تركيز المواد العضوية النيتروجينية في المياه الخام





S. natans (1000X)



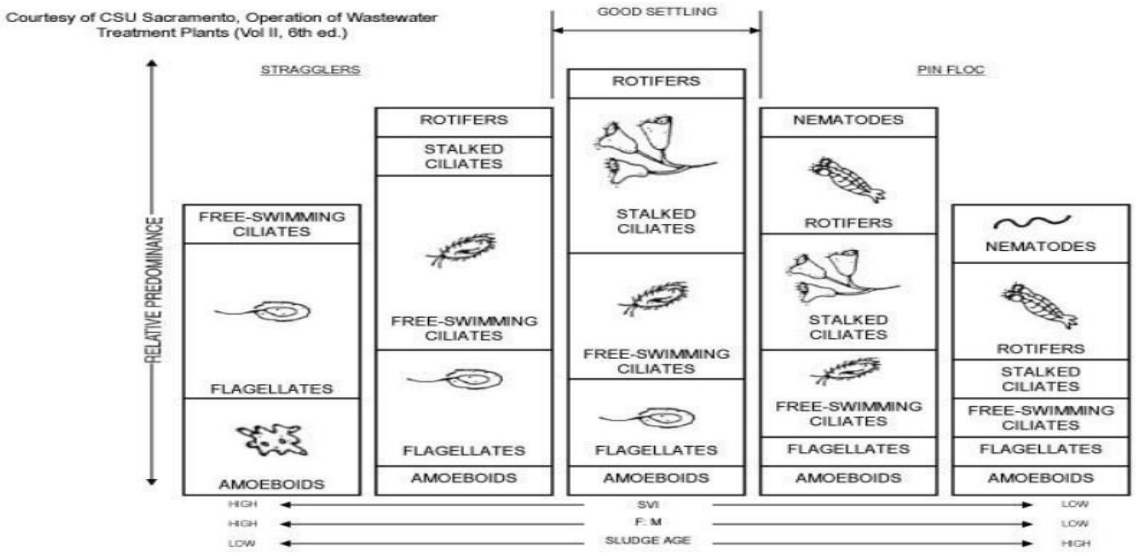
Nocardia Foam (200X)

الشكل يوضح صور للكائنات الخيطيه بالحمأه المنشطه

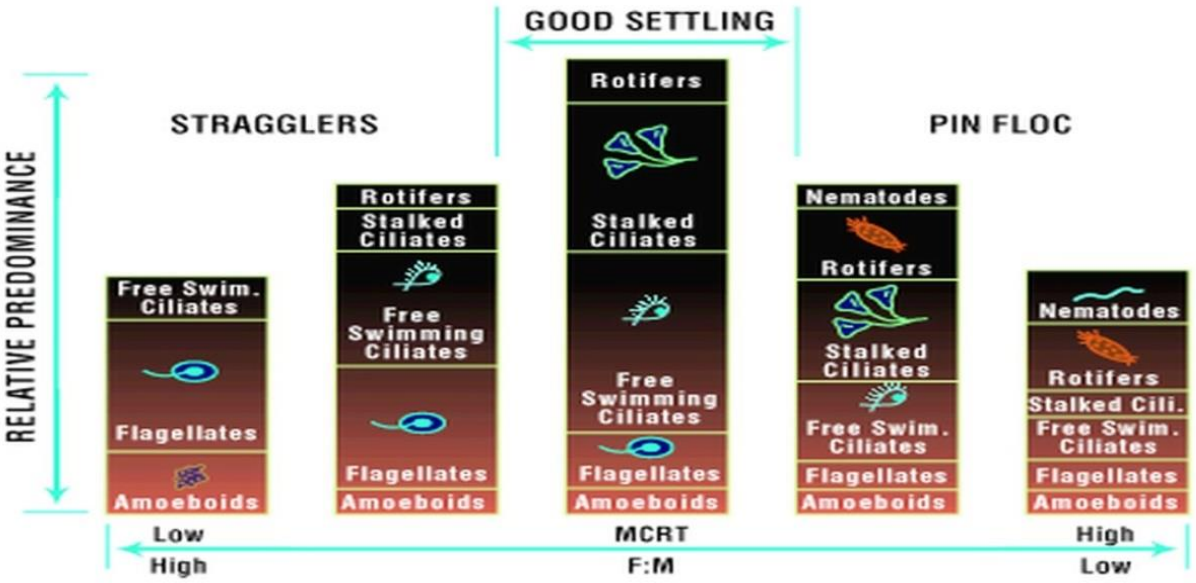
جدول رقم (4 – 1)

العلاقة بين الكائنات الحيه السائدة فى الحمأه وحاله تشغيل المحطه ونوعيه المياه الخارجه من السيب النهائى

الكائنات السائدة في الحمأة المنشطة	نوعيه السيب النهائي
Predominance of amoeba and flagellates bacteria A few ciliates present	1- كفاءه المحطة ضعيفة جدا وزياده تركيز،TSS وBOD في السيب النهائي - وجود بكتيريا منتشرة على سطح أحواض الترسيب النهائي - عدم تكوين الحمأة المنشطة في صوره ندف - مياه السيب النهائي عكره
Predominance of stalked ciliates Some free-swimming ciliates A few rotifers A few flagellates	2- كفاءه المحطة ممتازة - تكوين ندف للحمأة المنشطة ممتازة - سرعه ترسيب الحمأة المنشطة ممتازة - مياه السيب النهائي رائقة
Predominance of rotifers Large numbers of stalked ciliates A few free-swimming ciliates No flagellates	3- زياده تركيز TSS وانخفاض تركيز BOD في السيب النهائي - ارتفاع SVI - مياه السيب النهائي عكره



Relative predominance of microorganisms versus F:M and MCRT



10-التحاليل المعملية المطلوبة لتشغيل محطات معالجه الصرف الصحى

فى هذا الجزء سوف نوضح أهم التجارب المعملية التى تجرى لتشغيل و التحكم في تشغيل محطات المعالجه بالحمأه المنشطة .

10-1- درجه الحراره

تكاثر ونمو نشاط البكتيريا يتاثر بدرجه حراره المياه كما أن المعالجه البيولوجيه تعتبر تفاعلات بيوكيميائيه فهى تتأثر بدرجه حراره المياه فكلما زادت درجه حراره المياه يزداد معدل تكاثر ونمو ونشاط ومعدل أكسده المواد العضويه بواسطه البكتيريا الهوائيه والعكس صحيح فكلما قلت درجه حراره المياه فإنه يقل معدل تكاثر ونمو ونشاط البكتيريا ومعدل أكسده المواد العضويه وتقاس درجه حراره المياه فى المياه الخام والسيب النهائى ويجب ألا تزيد درجه حراره المياه عن 35 درجه مئويه وزياده درجه حراره المياه فى المياه الخام عن 35 درجه مئويه يدل على صرف مخلفات صناعية على شبكه تجميع مياه الصرف الصحى ويجب أخذ الاجراءات المطلوبه حيال تلك المشكله حفاظا على شبكات تجميع مياه الصرف الصحى ومحطات الرفع ومحطات معالجه مياه الصرف الصحى وكفاءتها .

10-2 تركيز الأكسجين الذائب (D O)

الغرض من التهوية هو :-

أ - خلط مكونات حوض التهوية خلطا تاما لمياه الصرف الصحي الداخلة لحوض التهوية والحماة المنشطة المعادة لحوض التهوية والمحافظة على الحمأة المنشطة (MLSS) فى حوض التهوية عالقة وفى حركه وتقليب مستمروعدم ترسيبها .

ب- يتم توفير الأكسجين الذائب فى حوض التهوية بواسطه التهويه الميكانيكيه أو الهواء المضغوط وكلاهما يؤدى الغرض لتوفير الأكسجين الذائب اللازم لنمو ونشاط البكتريا الهوائية لأكسدة المواد العضوية الكربونيه و النيتروجينية.

10-3 الرقم الأيدروجينى (PH)

- يعتبر قياس الرقم الأيدروجينى مهم جدا فى محطات معالجه مياه الصرف الصحى خاصه فى مرحله المعالجه البيولوجيه سواء كانت بالحمأه المنشطه أو المرشحات الزلطيه حيث تعتمد المعالجه فى هذه المحطات على نشاط الكائنات الحيه الدقيقه (البكتيريا) والكائنات الأوليه (Protozoa) فى معالجه وأكسده المواد العضويه الى مواد غير عضويه ويجب توافر رقم هيدروجيني مناسب لضمان نمو ونشاط هذه الكائنات للمحافظة على تشغيل محطه المعالجه على الوجه الأكمل ويتراوح الرقم الأيدروجينى المناسب للمعالجه البيولوجيه من 6-8

ففى حاله زياده أو نقص الرقم الأيدروجينى عن هذه الحدود يقل معدل نمو ونشاط و كفاءه الكائنات الحيه الدقيقه مما يؤدى الى انخفاض كفاءه المعالجه و محطه المعالجه.

4-10- الأمونيا نيتروجين (NH3-N)

أن مياه الصرف الصحى الخام المتواجدة فى شبكات الصرف الصحى أو محطات رفع مياه الصرف الصحى لا تحتوى على أكسجين ذائب وبالتالي يحدث تحلل لاهوائى للمواد العضويه وينتج الأمونيا وكلما زادت فتره مكث المياه الخام فى محطات الرفع كلما ذاد تركيز الأمونيا فى المياه الخام وبالتالي يجب تشغيل محطات رفع مياه الصرف الصحى بصفه مستمرة قدر الإمكان أو تقليل فتره مكث المياه الخام فى محطات الرفع لتقليل تركيز الأمونيا فى المياه الخام الوارده لمحطه المعالجه.

5-10- النترات – نيتروجين (NO3-N)

فى المعالجه البيولوجيه تقوم البكتيريا الهوائيه بأكسده الأمونيا الى نيتريت ثم يتأكسد النيتريت الى نترات وهذه العمليه تسمى(Nitrification) .

تركيز النترات يزيد فى مخرج التهويه عن تركيزه فى مدخل التهويه وكذلك يزداد تركيز النترات فى مخرج أحواض الترسيب النهائى عنه فى مخرج التهويه

أما اذا وجد من نتائج قياس النترات أن تركيزه فى مخرج الترسيب النهائى أقل من تركيزه فى مخرج التهويه فان هذا يدل على حدوث اختزال للنترات الى غاز نيتروجين وتسمى هذه العمليه (Denitrification) وفى حاله حدوث ذلك يحدث طفو للحمأه فى أحواض الترسيب النهائى وتطفو الحمأه على هيئه كتل فى حجم الكره مع حدوث فوران نتيجه اختزال النتريت الى غاز نيتروجين مما يقلل من كفاءه محطه المعالجه ونوعيه السيب النهائى ومن أهم الأسباب التى تؤدى الى حدوث اختزال للنتريت و النترات الى غاز نيتروجين ما يلى

أ – انخفاض تركيز DO عن 1 مجم / لتر

ب – انخفاض الرقم الأيدروجينى عن 6

جـ - زياده تركيز المواد النيتروجينيه العضويه فى المياه الخام

د – انخفاض القلويه الكليه للمياه عن 50 مجم / لتر

هـ - زياده تركيز الزيوت والشحوم فى حوض التهويه

6-10- كالدال- نيتروجين (TKN)

تستخدم تجربه قياس النيتروجين العضوى لتحديد تركيز المواد النيتروجينيه العضويه والتى من أهم مصادرها مخلفات المجازر ومخلفات الدواجن .

يقاس تركيز النيتروجين العضوى فى المياه الخام الوارده لمحطه المعالجه فى حاله حدوث طفو للحماه فى أحواض الترسيب النهائى لتحديد تركيز النتيتروجين العضوى حيث أن زياده تركيزه يؤدى الى مشاكل عديدة لمحطات معالجه مياه الصرف الصحى خاصه بالحمأه المنشطه حيث أنها تكون أحد أسباب حدوث اختزال المواد النيتروجينيه وتحويل النيتريت الى غاز نيتروجين مما يؤدى الى انخفاض سرعه ترسيب الحمأه وطفوها فى أحواض الترسيب النهائى وكذلك تواجد ونمو الكائنات الخيطيه فى الحمأه المنشطه فى أحواض التهويه .

10-7- الكبريتيدات

فى حاله وجود مخلفات حيوانيه مع مياه الصرف الصحى الخام الوارده لمحطه المعالجه سيؤدى ذلك الى زياده تركيز الكبريتيدات فى المياه الخام (أكثر من 8 مجم / لتر) مما قد يؤدى الى نمو الكائنات الخيطيه فى الحمأه المنشطه فى أحواض التهويه مما يؤدى الى انخفاض سرعه ترسيبها وحدوث طفو للحمأه فى أحواض الترسيب النهائى .

10-8- الزيوت والشحوم

من أهم مصادر الزيوت والشحوم فى المياه الخام هي المغاسل والمشاحم الخاصة بغسيل السيارات وكذلك محطات الوقود كما يتم قياسه فى مخرج الراسب الرملى و فصل الزيوت والشحوم لمعرفه كفاءه ازاله الزيوت والشحوم وفى مخرج الترسيب الابتدائى وفى السيب النهائى للمحطه و أن زياده تركيزه فى المياه الداخله لأحواض التهويه نتيجه زياده تركيزه فى المياه الخام أو عدم كفاءه أحواض فصل الرمال والزيوت والشحوم ممكن أن يؤدى انخفاض كثافه الحماه مما يؤدى الى طفو الحمأه فى أحواض الترسيب النهائي على هيئه التراب الناعم مما يقلل من كفاءه محطه المعالجه ونوعيه المياه فى السيب النهائى لمحطه المعالجه .

قام بإعداد الإصدار الثانى من هذا البرنامج:

محمد ابراهيم	**الدقهلية**
رباب السيد	**الفيوم**
عاطف فرجانى	**كفرالشيخ**
محمود نبيل	**المنوفية**
احمد القزاز	**البحيره**
محمد صبري	**صرف القاهرة**

حازم حسن رجب	**صرف القاهرة**
محمد الدرس	**دمياط**
صفوة محمد	**دمياط**
هيثم صبرى	**الدقهليه**

قام بالتنسيق الفني والإخراج لهذا الإصدار:

كيميائى/ محمود جمعه

المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة

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

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)