

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات

- مقدمة
- ميكروبيولوجيا مياه المجارى
- التركيب الكيميائى
- الصفات الميكروبيولوجية
- التخلص من مياه المجارى غير المعالجة
- معالجة مياه المجارى
 - خطوات المعالجة
 - الحماة النشطة
 - الصموغ الحية
 - اختبار كفاءة المعالجة
- المراجع

الفصل الرابع

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات Wastewater Microbiology

مقدمة

مياه المخلفات ، هي المياه الناتجة من استعمال مجتمع من المجتمعات ، وتشمل

١- مياه مخلفات المنازل Domestic wastewater وتشمل مياه هذه المخلفات ، كل ما يتم صرفه عن طريق شبكات صرف المنازل ، من مطابخ ، وحمامات ، ودورات مياه ، ويطلق عليها مجتمعه مياه مخلفات المجارى Sewage water.

٢- مياه مخلفات المصانع Industrial wastewater ويشمل ذلك مياه المخلفات ، بما فيها من أحماض ، وزيوت ، ومعادن ، الناتجة من مختلف الصناعات المعدنية والبتروليه والمناجم ، ومخلفات عضوية نباتيه وحيوانية ، مثل ما ينتج من مخلفات مصانع السكر ، والورق ، والمصانع الغذائية ، والمبيدات ... الخ .

٣- مياه مخلفات المزارع والحدائق وتحمل هذه المياه بقايا المخصبات والمبيدات ، والتي قد تصل لمواسير الصرف .

٤- المياه الجوفية والسطحية والجوية ، التي تصل إلى مواسير صرف المدينة .

وقد سبق الكلام عن المياه الجوفية والسطحية والجوية ، أما مياه مخلفات المصانع ، فمن الصعب الكلام عنها ، لأنها تختلف بدرجة كبيرة جدا، فى الكمية والتركيب ، ليس فقط من موقع لموقع ، ومن مصنع لآخر ، بل ومن ساعة لأخرى ، والحال كذلك بالنسبة لمياه مخلفات المزارع ، ولذلك، فسنقصر حديثنا فى الصفحات التالية ، عن مياه مخلفات المنازل ، أى مياه مخلفات المجارى .

ميكروبيولوجيا مياه المجارى Sewage Microbiology

التركيب الكيميائى

تتكون مخلفات مياه المجارى ، من حوالى ٩٩,٩% ماء ، وحوالى ٠,١% مواد صلبة معلقة ، عضوية وغير عضوية ، وقد تكون فى حالة غروية، أو ذائبة ، ورقمها الايدروجينى يتراوح ما بين ٦ الى ٨ .

وكنسبة مئوية ، فإن كمية المواد الصلبة المعلقة ، الموجودة بمياه المجارى ، تبدو بسيطة ، ولكن على مستوى مدينه كبيرة ، فإنها تشكل كمية ضخمة .

ويختلف كثيرا التركيب الكيماوى للمواد المعلقة ، كما أنه عرضه للتغير ، غير أن المواد العضوية بمخلفات المجارى ، تتكون عموما من مواد نتروجينية ، مثل اليوريا والبروتين والأمينات والأحماض الأمينية ، ومواد غير نتروجينية ، كالكربوهيدرات والدهون ، بالإضافة إلى مخلفات الصابون ، ومواد التنظيف التركيبية الحديثة ، التى أخذت تنتشر ، وتحل محل الصابون، وهى مواد مقاومة للتحلل الميكروبيولوجى .

الصفات الميكروبيولوجية

نظرا لإختلاف تركيب مخلفات مياه المجارى ، فإن ما تحمله تلك المخلفات من أحياء دقيقة ، عرضة للتغير أيضا نوعا وعددا ، وعموما فإن المخلفات تحتوى على بروتوزوا ، وفطريات ، وطحالب ، وبكتريا ، وفيروسات .

تصل أعداد البكتيريا بمياه المجارى الخام ، إلى الملايين فى كل مليلتر ، ومعظمها بكتريا القولون ، يليها فى العدد الإستربتوكوكاى ، ثم العصويات المتجرثمة اللاهوائية مثل *Cl. perfringens* ، ثم الـ *Proteus* . وباقى أنواع البكتريا الموجودة بالجهاز المعوى الأدمى . وبالإضافة إلى ذلك ، فيوجد بمياه المجارى ميكروبات مرضية ، من بروتوزوا وبكتريا وفيروسات ، مثل تلك المسببه لأمراض التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، وبشلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى .

وعندما تتعرض مياه المجارى للمعالجة ، فإن أعداد وأنواع الميكروبات السائدة تتغير ، بتغير ظروف خطوات المعالجة . وتحت ظروف الهضم اللاهوائى لمخلفات المجارى ، تسود الأنواع الإختياريه مثل

Alcaligenes, Enterobacter, Escherichia, Pseudomonas, ... etc.

وباستمرار الظروف اللاهوائية ، تسود البكتريا اللاهوائية ، كتلك المنتجة لغاز الميثان ، مثل

Methanobacterium, Methanococcus, Methanosarcina ...

التخلص من مياه المجارى غير المعالجة Sewage disposal

التخلص من مياه المجارى عملية ضرورية ، لتجنب خطورتها ، وما تسببه من مضايقات .

وفى المزارع والأرياف ، يتم التخلص من مخلفات المجارى دون معالجة ، بتجميعها فى خزانات كسح ، تفرغ كل مدة ، وتستعمل محتوياتها كسماد عضوى ، بعد إضافة مسحوق الجير الحى ، لقتل ما بها من كائنات حية غير مرغوب فيها .

وتتخلص بعض المجتمعات الصغيرة أو المحليات ، من مخلفات مجاريها ، دون معالجة أيضا ، بطريقة التخفيف ، وذلك بإلقائها فى أحجام كبيرة من الماء ، مثل نهر أو بحر أو بحيرة ، فيحدث تخفيف لتلك المخلفات. وفى هذه الطريقة ، يجب أن تكون النسبة بين مياه المجارى الملقاة ، ومياه النهر أو البحر ، نسبة متسعة جدا ، لاتقل عن ١ : ٥٠ ، حتى يتوفر باستمرار ، كمية مناسبة من الأوكسجين الذائب فى الماء ، كافية للأكسدة البيولوجية ، واستمرار الحياة المائية .

وفى طريقة التخفيف بالماء ، يجب أن تلقى مياه المخلفات ، من خلال مواسير ، تمتد إلى الداخل بعيدا عن الشاطئ ، لمسافة لاتقل عن ٥٠٠ مترا ، وعلى عمق لا يقل عن ٥٠ مترا ، محافظة على صحة مستعملى هذه المياه ، فى الشرب ، أو الإستحمام ، أو الصيد .

وعند إلقاء مياه المجارى فى النهر أو البحر ، تحدث لمياه المجارى عملية تنقية ذاتية Self-purification ، حيث يتحلل مايتلك المياه ، من مواد عضوية ، تحت ظروف هوائية ، بأكسدها بيولوجيا بواسطة الميكروبات عضوية التغذية ، من بكتريا وفطريات وطحالب وبروتوزوا ، وبذلك تتحلل المواد العضوية ، وتتمعدن ، فلا تجد الميكروبات المرضية الموجودة بمياه المجارى ، مصدرا كافيا لها من الغذاء والطاقة ، فتموت . وتكون سرعة التحلل فى مياه المناطق الحارة ، أسرع من المناطق الباردة .

وإذا كانت عملية التخفيف ، ممكنة بالنسبة للمجتمعات صغيرة العدد ، إلا انه بزيادة عدد سكان هذه المجتمعات ، وكذلك فى المدن الكبيرة ، تصبح طريقة التخلص من مياه المجارى غير المعالجة بطريقة التخفيف ، غير

فعاله بل وضارة ، لزيادة كمية مياه المجارى الملقاه ، وضيق نسبة التخفيف اللازمة ، وما يترتب على ذلك من قلة نسبة الأكسجين الذائب بالماء ، اللازم للإستهلاك بواسطة الميكروبات الهوائية ، لتحليل المواد العضوية ، فتتنشط وتسود الميكروبات الإختيارية واللاهوائية ، وبذلك تتحلل المواد العضوية لمخلفات المجارى تحت ظروف لاهوائية ، فتظهر روائح كريهة غير مستحبة ، وتتلوث المياه ، وتموت الاسماك ، والأحياء المائية .

وكل ذلك ، يحتم ضرورة معالجة مياه المجارى ، كيميائيا وبيولوجيا ، قبل التخلص منها ، لما فى ذلك من مزايا عديدة . والأساس فى عملية المعالجة ، هو تحليل ما بمياه المجارى من مواد عضوية ، والقضاء على ما تحويه من ميكروبات مرضية .

مزايا معالجة مياه المجارى قبل التخلص منها

- منع إنتشار الميكروبات المرضية
- منع تلوث المياه ، التى ستلقى بها مياه المجارى المعالجة ، حفاظا على صحة مستخدمى هذه المياه فى الشرب أو الإستحمام ، وللمحافظة أيضا على الثروة المائية ، نباتيه كانت أم حيوانية .
- التخلص من المواد العضوية ، وما ينتج عن تحللها من روائح كريهة ، أو تجمع لرواسب غير مقبوله ، وذات منظر غير مستحب .
- استعمال المخلفات كأسمدة عضوية ، أو كمصادر بديلة للطاقة .

Sewage treatment

معالجة مياه المجارى

Treatment processes

خطوات المعالجة

تجمع مياه المجارى فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، وترسل إلى خارج المدينة ، لمعالجتها .

وطرق معالجة مياه المجارى متعددة ، ومتنوعة ، ويوضح الشكل (٤-١) خطوات المعالجة الرئيسية ، التى تتبع فى مدينة كبيرة .

وتتلخص خطوات المعالجة فيما يلى

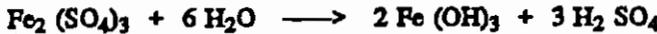
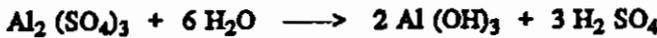
- معالجة إبتدائية -

ويتم ذلك ، للتخلص من المواد الصلبة الضخمة ، والأحجار ، والأخشاب، والزجاج ، والأسلاك ... الخ ، وذلك بإمرار المياه على حواجز على شكل قضبان ، تعمل كمصفاة Screening ، يلفصل تلك المواد الصلبة .

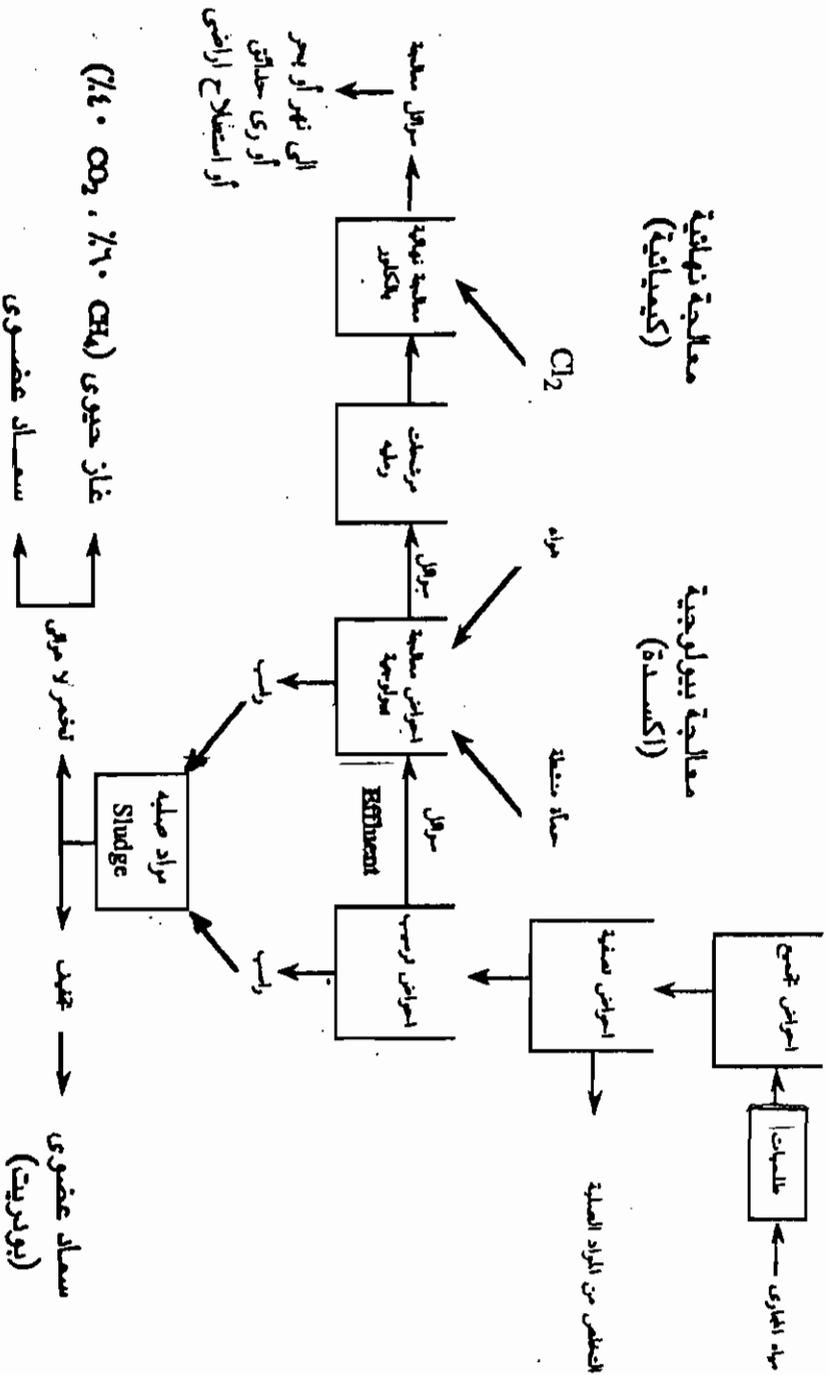
ثم تجرى عملية ترسيب لمياه المخلفات ، فى أحواض ترسيب Sedimentation tanks . وللمساعدة فى عملية الترسيب وزيادة سرعتها ، تضاف الشبه أو أملاح الحديد ، لتكوين معلق غروى ، يساعد على سرعة تجمع الحبيبات وترسيبها .

وأثناء عملية الترسيب ، يطفو الريم Scum على السطح ، والريم عبارة عن مواد دهنية ، تكشف من أن لآخر وذلك للتخلص منها . ويرسب فى قاع الحوض الراسب ، ويسمى حمأة Sludge ، حيث تجمع وتعالج، أما السائل Effluent ، فإنه يعالج بيولوجيا ، وكيمياويا ، قبل الاستعمال .

عند إضافة الشبه أو كبريتات الحديديك إلى مياه المجارى ، تتكون الإيدروكسيدات ، وحامض الكبريتيك ، حسب المعادلات



معالجة ابتدائية



شكل ١-٤ : رسم تخطيطى مبسط يوضح الخطوات الرئيسية لمعالجة مياه المجارى فى مدينة

ولأن هذه التفاعلات عكسية ، فإنه يضاف موادا لمنع هذه التفاعلات العكسية ، مثل كربونات الكالسيوم ، أو كربونات الصوديوم ، أو أيدروكسيد الكالسيوم ، التي تتحد مع حامض الكبريتيك ، ويتكون كبريتات كالسيوم $Ca SO_4$ ، وبذلك تزداد كفاءة عملية ترسيب المواد العالقة بالمياه .

- معالجة بيولوجية

تعالج السوائل Effluent الناتجة من المعالجة الابتدائية ، بيولوجيا ، وذلك للتخلص مما بها من مواد عضوية ، وذلك بأكسنتها ومعدنتها ، إلى كحولات وأحماض عضوية ، وأخيرا إلى CO_2 , H_2O , NH_3 , H_2S ...

ويتم ذلك فى أحواض المعالجة البيولوجية ، بإضافة ، الحمأة النشطة (عادة بنسبة ٢٠٪) ، مع توفير الظروف الهوائية .

تحت ظروف المعالجة البيولوجية الهوائية بالحمأة النشطة ، تتكون أملاح الفوسفات والنترات . ويمكن التخلص من هذه الأملاح ، بمعالجة المخلفات بيولوجيا ، تحت ظروف لاهوائية ، أى بزيادة خطوة فى المعالجة بعبق خطوة المعاملة بالحمأة النشطة .

عقب المعالجة البيولوجية ، تفصل الرواسب ، وتؤخذ السوائل وتمرر على مرشحات رملية ، حيث تتوفر الظروف الهوائية والميكروبات ، لاستكمال تحلل ما تبقى من مواد عضوية بالسوائل.

- معالجة نهائية ، كيميائية بالكلور

تعالج السوائل الناتجة من المرشحات ، بالكلور للتخلص مما بها من ميكروبات مرضية .

السوائل الناتجة بعد المعالجة ، يستفاد منها فى رى الأشجار ، أو استصلاح الأراضى ، أو يتخلص منها بإلقائها فى نهر ، أو بحر .

- معالجة المواد الصلبة Sludge

تجمع المواد الصلبة الناتجة من أحواض الترسيب ، أو من أحواض المعالجة البيولوجية ، حيث - تجفف في أحواض خاصة ، ثم تكشط ، وتدق ، وتنعم ، وتستعمل كسماد عضوي* .
- أو تخمر المواد الصلبة لاهوائيا ، لانتاج الغاز الحيوي (البيوجان) ، وسماد عضوي .

الحمأة النشطة Activated sludge

الحمأة النشطة ، عبارة عن رواسب مخلّفات مجارى حديثة معالجة ، غنية بالكائنات الدقيقة من بروتوزوا وفطر وخميرة وبكتريا ، وتضاف كبادئ ، في أحواض المعالجة البيولوجية ، فتساعد ، تحت الظروف الهوائية ، على سرعة تحلل ومعدنة المواد العضوية ، الموجودة بمياه المخلّفات .

الصمغ الحية Zoogloea

تتجمع الكائنات المجهرية الموجودة بالحمأة النشطة ، أو بأحواض المعالجة والمرشحات ، في كتل أو أغشية ، مطمورة في مواد صمغية لزجة من سكريات معقدة ، وتسمى هذه الكتل الميكروبية الصمغية Zoogloea ، وهي كلمة ذات أصل لاتيني تعنى Living glue ، أى الصمغ الحية . ومن الأحياء الدقيقة الهامة المكونة لتلك الصمغ الحية ، أنواع شبيهة بالسيدوموناس تسمى Zoogloea ramigera ، تلعب دورا نشطا في أكسدة المواد العضوية بمخلّفات المجارى ، كما يوجد أيضا في تلك الكتل الصمغية ، ميكروبات أخرى نشطة في تحليل المواد العضوية ، مثل

Bacillus , Alcaligenes , Escherichia , Sphaerotilus , Protozoa , e.g. Paramecium

* يعرف هذا السماد العضوي ، بإسم سماد المجارى ، تمييزا له عن سماد البوبريت ، الناتج من مخلّفات كسح المرلحيض ، في المن أو القرى .

اختبار كفاءة معالجة مياه المجارى ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

يمكن الحكم على كفاءة عملية معالجة مياه المجارى ، بالكشف عن بكتريا الليستريا *Listeria monocytogenes* . فهذه البكتريا توجد بكثرة فى مياه المجارى ، مصاحبة لبكتريا القولون ، بأعداد تصل لمئات الآلاف . وهى تعيش فى مياه المجارى ، لمدة طويلة تصل لعدة أسابيع ، كما أنها تقاوم الكلور بدرجة كبيرة . لذلك ، فإن وجودها بمياه المجارى ، بجانب الاختبارات الميكروبيولوجية الأخرى ، يؤخذ كدليل على عدم كفاءة عملية المعالجة ، أى على وجود ميكروبات مرضية .

وهذه البكتريا عسوية قصيرة جدا ، مفردة أو فى سلاسل ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجترمة ، متحركة ، إختيارية للهواء ، وهى ممرضة للإنسان ، والحيوان ، إذ تسبب للإنسان مرضا يسمى *Listeriosis* (إلتهاب بالمخ) ، وتسبب للحيوان الأجهاض ، وإلتهاب الضرع ، وإلتهاب السحائى.

وجداول (٤-١) يوضح أعداد بعض الميكروبات بمياه مجارى مأخوذة من منطقة القاهرة . ويلاحظ من هذا الجدول ، أن الميكروبات قلت بنسبة حوالى ٩٩% بعد المعالجة النهائية بالكلور ، وأن السالمونيللا إختفت تماما بعد خطوة المعالجة البيولوجية .

جدول ٤-١: متوسط لتركيزات بعض الميكروبات، بعينات من مياه مجازي، مأخوذة من مدينة القاهرة عام ١٩٩٢.

| إختبار السالمونيلا | عدد البكتريا / ١٠٠ مل | | | | | مياه المجاري |
|-----------------------|-----------------------|---------|------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
| | ليستريا | كوليفاج | لستريتوكوكاي برازية | كولاي برازية | مجموعة بكتريا الكولاي | |
| + | ٥١٠ x ٨ | ٨١٠ x ٢ | ٨١٠ x ٥ | ٩١٠ x ٧ | ١١١٠ x ٢ | مياه خام |
| - | ٢١٠ x ٦ | ٢١٠ x ١ | ٢١٠ x ٧ | ٤١٠ x ٤ | ٤١٠ x ٥ | بعد المعالجة البيولوجية |
| - | ٢١٠ x ١ | ٢١٠ x ١ | ١١٠ x ٣ | ٢١٠ x ٣ | ٢١٠ x ٥ | بعد المعالجة بالكلور |

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38 (2), 464, 1993.

References

- Finsteln, M.S. (1967). Growth and flocculation in a Zoogloea culture. Ann. Rev. Microbiol., 15, 962.
- Gaudy Jr, A.F. and E.T. Gaudy (1966). Microbiology of wastewater. Ann. Rev. Microbiol., 20, 319.
- Metcalf and Eddy Inc. (1979). Wastewater engineering : Treatment, disposal and reuse. Mc Graw Hill, New York.