ميكروبيولوجيا المياه والصرف الصحي

Water & Sewage Microbiology

& نورة الكبيسي &

المعالــجة البيولوجية

1-1 المعالجة البيولوجية بواسطة الحمأه المنشطة:

إن النشاطات البشرية ومياه الصرف الصناعي عادة تشكل مايعرف بالمياه الـملوثة. اذا تم صرف المياه الملوثة الى الطبيعة بدون معالجة فإن المستقبلات المائية سوف تتلوث وستصبح ناقلة للأمراض مما يعرض الناس للخطر. في بداية القرن العشرين تم اختراع طريقة المعالجة البيولوجية ومنذ ذلك الوقت حتى الآن تشكل المعالجة البيولوجية الطريقة الأكثر شيوعاً بالعالم لمعالجة الصرف الصحي.

تقوم المعالجة البيولوجية على إشراك الكائنات الحية الدقيقة (بكتيريا – بروتوزوا – طحالب وغيرها) في اكل وهضم المواد العضوية الكربونية. وكنتيجة لذلك تتكاثر الكائنات الحية الدقيقة وتصبح المياه شبكة خالية من الملوثات العضوية. يمكن إعادة استعمال المياه المعالجة وفق شروط معينة.

على الرغم من أن مبدأ المعالجة الحيوية بسيط الا أن التحكم بهذة الطريقة معقد جدا وذلك بسبب تشعب العوامل التي تؤثر على عملها. من اهم العوامل التي تؤثر عليها هي درجة الأس الهيدروجيني pH .

إن تدفق كمية قليلة من المواد السامة يؤدي الى تثبيط الكائنات الحية الدقيقة وبالتالي توقف المعالجة البيولوجية.

ان الـهدف الأساسي من المعالجة الحيوية هو:

تخفيض محتوى المواد العضوية (BOD) ضمن المياه المعالجة بالإضافة الى تخفيض تركيز المغذيات مثل الفوسفور والنتروجين.

2-1 طبيعة وتركيب المياه الملوثة:

ان مياه المجاري تحوي بشكل رئيسي المواد العضوية الكربونية والتي تكون اما منحلة او معلقة (دقائق). ان المواد الدقائقية تشكل 60% من المواد العضوية الكربونية وحوالي نصفها قابلة للترسيب. ان المواد ذات القطر بين واحد مليمتر الى مائة ميكرون تبقى بشكل معلق ضمن المحلول و اثناء المعالجة يتم امتزازها الى داخل الندف والتجمعات البكتيرية حيث هضمها و ازالتها. ان الجزء المقابل للتحلل البيولوجي من المواد العضوية يشمل الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض الامينية والدهون والأحماض الدهنية. تحتوي مياه المجاري على الكربون والنتروجين والفسفور بالنسبة التالية C – N - P وعلى العموم يمكن أن تتغير هذه النسب بنسبة تتقارب الى التكاثر البكتيري.

3-1 الكربون القابل للتحلل والغير قابل للتحلل :

إن معرفة شدة الحمولة العضوية ضمن مياه المجاري يمكن من التشغيل المضبوط و المحطة المعالجة. هناك العديد من البارامترات التي تستخدم لتحديد شدة المواد العضوية ضمن مياه المجاري.

- **الكربون العضوي الكلي: TOC**

يتم حرق العينة بدرجات حرارة عالية جداً ثم يتم قياس كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق. إن TOC يشمل جميع المواد العضوية الكربونية بما فيها المواد العضوية الثابتة التي لايمكن أن تتحطم بالتحليل البيولوجي.

- **الأحتياج الكيميائي للأكسجين COD**

وهنا يتم قياس الكربون العضوي بالأكسدة الكيميائية حيث يتم تسخين العينة بواسطة حمض قوي حاوي على ديكرومات البوتاسيم وبالتالي يتم تحديد الكربون المؤكسد بواسطة تحديد كمية الديكرومات المستخدمة أثناء التجربة. وتشمل قيمة COD المواد العضوية الغيرقابلة للتحليل البيولوجي وعلى العكس فإن بعض المركبات مثل البنزين والتي يمكن أن تتحلل بواسطة البكتيرات فإنها تتحلل بشكل جزيئ ضمن تجربة قياس COD.

- **الأحتياج البيولوجي للأكسجين BOD**

تعتبر قيمة BOD عن الكربون العضوي القابل للتحليل البيولوجي ويتم تحديدها بواسطة الأكسجين المستهلك اثناء التجربة (زجاجة تحتوي على مياه صرف صحي يقاس تركيز الأكسجين قبل وبعد فترة الحضانة 5 ايام وبدرجة حرارة 20 درجة مئوية وبحيث توضع عينة التجربة في مكان مظلم وتعرف هذة القيمة BOD5 .

ومن اجل التأكد من ان المواد العضوية الكربونية فقط سيتم أكسدتها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فإنه يتم إضافة مواد كيميائية لتثبيط أكسدة المواد العضوية النتروجينية.

إن قيمة BOD هي دائما أقل من قيمة COD وذلك لسببين:

1- لاتستطيع الحمأة المنشطة هضم بعض المواد التي يتم أكسدتها في تجربة COD.

2- بعض الكربون المزال في تجربة BOD لا يتأكسد ولكن يدخل في الخلايا البكيترية الجديدة ولذلك فإن قيمة BOD تعبر فقط عن المواد العضوية التي تم أكسدتها فعلاً.

إن النسبة COD / BOD5 تعتمد على نوعية المياه الملوثة. فمثلاً من أجل المجاري المنزلية تكون بين 0.5 – 0.6 وتكون من أجل المعالجة النهائية لمعالجة 0.2.

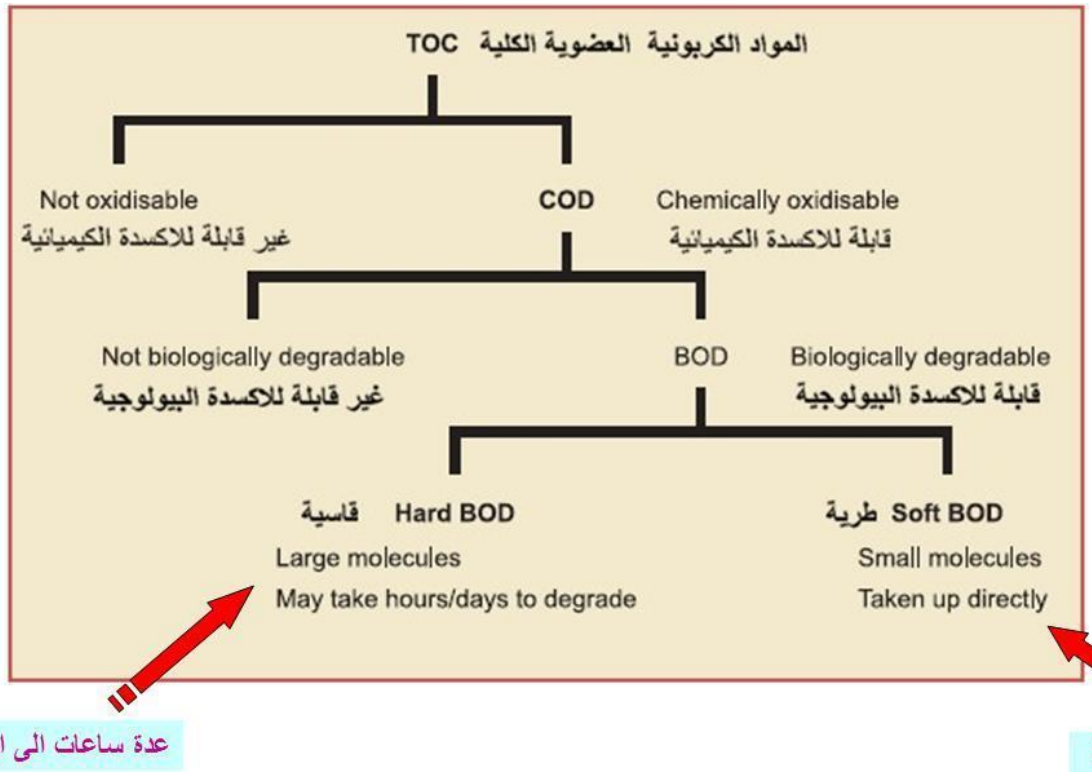
4-1 تصنيف BOD

يمكن تصنيف BOD الى جزء سريع التأكسد وجزء بطئ التأكسد وذلك على حسب أكسدة المواد العضوية.

ان المركبات ذات الوزن الجزئي الصغير يتم ازالتها فور دخولها الى حوض التهوية وازالتها يستغرق 1-2 ساعة. هذة المجموعة من المركبات يطلق عليها المواد سهلة التحلل البيولوجي.

اما المركبات ذات الوزن الجزئي الكبير فإن زمن ازالتها يستغرق من عدة ساعات الى عدة ايام.

الشكل ادناه يمثل المواد العضوية ضمن مياه المجاري.



2- تركيب الحمأة المنشطة:

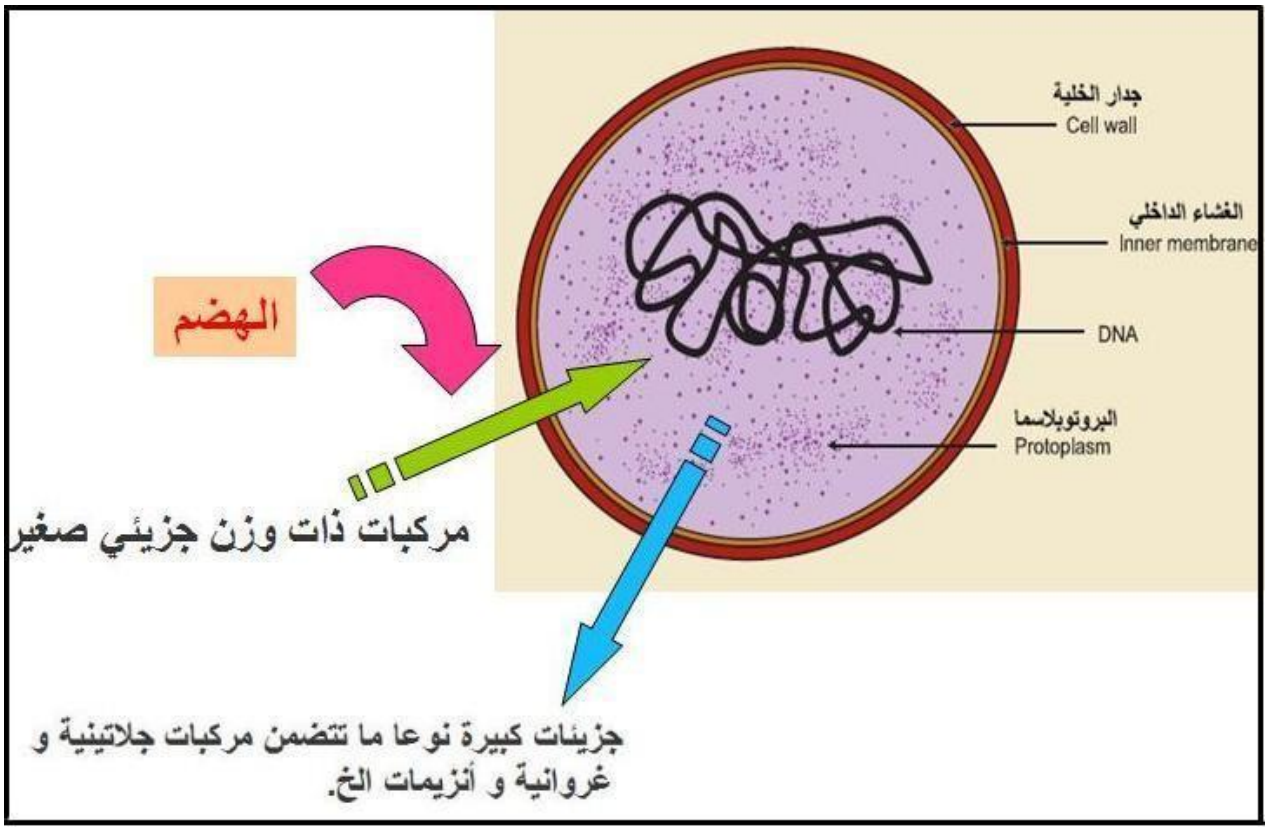
2-1 بكتيريا الحمأة المنشطة

ان الحمأة المنشطة ضمن أحواض التهوية عبارة عن تجمعات معقدة من الأحياء الدقيقة. ان الأحياء الدقيقة السائدة ضمن الأحواض هي : البكتيريا حيث تزيد عن 300 نوع. كل خلية بكتيرية لها ابعاد بين 2 – 0.5 ميكروميتر ومحاطة بغشاء تنظم دخول الشوارد والجزئيات من الوسط المحيط ويحاط هذا الغشاء بجدار خلوي قاسي مصنوع من البوليمر السكري. تحوي الخلية بالداخل على السيتوبلازم والآف من العناصر الكيميائية المتنوعة وبحيث تلعب الأنزيمات دور المنظم للتفاعلات الكيميائية الحاصلة ضمن الخلية.

ان المركبات الجزيئية الصغيرة تمر عبر الجدار والغشاء الى داخل الخلية وهذا مايطلق علية باسم **الهضم**.

وبنفس الوقت فان بعض المركبات الجزئية المعقدة يتم تصنيعها داخل الخلية تمر الى الخارج وهذة العملية يطلق عليها **الفرز** او **الطرح**.

يوضح الشكل ادناه الخلية البكتيرية



ان نواتج عملية الطرح عبارة عن مكونات جيلاتينية وهلامية التي تساعد في الربط بين البكتيريا مع بعضها ومع الأنزيمات. الأنزيمات تحطم الجزيئات العضوية المعقدة الى جزيئات بسيطة تدخل بسهولة داخل الخلية عبر الأنتشار. تستخدم البكتيريا هذة المواد البسيطة الداخلة في عملية التركيب الخلوي وفي عملية النمو. تتكاثر البكيتريا بالأنقسام الثنائي وذلك عند نموها الى حد معين ومن ثم تنمو البكتيريا الصغيرة بدورها الى ان تكبر ثم تنقسم و هكذا وبوجود مغذيات (النتروجين و الفوسفور) فان النمو يزداد بشكل أسي مما يساهم في النمو السريع للبكتيريا.

تنقسم البكتيريا ضمن مياه المجاري الى قسمين:

متباين التغذية وذاتي التغذية.

ان البكتيريا متباينة التغذية (البكتيريا الكربونية) هي السائدة بين الأحياء الدقيقة. تتغذى بشكل رئيسي على المواد العضوية مقارنة مع استهلاكها للمواد اللاعضوية. على العكس فان البكتيريا ذاتية التغذية تعتمد على العناصر اللاعضوية الكيميائية في تركيب العناصر الكربونية، ان بكتيريا النترجة تزيل الأمونيا من مياه الصرف الصحي تعتبر الأكثر اهمية في مجموعة بكتيريا ذاتية التغذية وبسبب العدد القليل للبكتيريا ذاتية التغذية بسبب بطء معدل نموها ليس لديها القدرة على منافسة متباينة التغذية وهذا مايفسر ان عملية النترجة تتم بعد التهوية بعدة ايام.

2-2 الندف البكتيرية

ان التشغيل الجيد لحوض التهوية يساعد على حصول تكتلات بكتيرية تسمى الندف. كما ان اعداداً اخرى من البكتيريا تضل حره في الوسط المائي.

هذة الندف تتشكل من تراكم البوليمرات العضوية الغير حية التي تطرح من البكتيريا وهذة الندف تحتوي على ثقوب. يوضح الشكل ادناه صورة مجهرية للندف البكتيرية ضمن السائل الممزوج بحوض التهوية.

ان البكتيريا تلتصق على السطوح الداخلية والخارجية للندفة ذات الحجم المتوسط ربما يكون عليها عدة ملايين من البكتيريا. بعد دخول مياه المجاري مباشرة الى احواض التهوية فان المواد الدقائقية الناعمة والجزيئات الكبيرة تصبح على تماس مع الندف وتلتصق عليها وبدورها تفرز البكتيريا انزيمات لازمة لتحطم المواد العضوية المعقدة الى مواد بسيطة يسهل دخولها الى سيتو بلازم الخلية.

3- الأستقلاب البكتيري.

ان معالجة مياه المجاري ضمن أحواض التهوية تهدف الى إزالة المواد العضوية من المزيج بواسطة هضمها من قبل البكتيريا وحالما تدخل مياه الفضلات الى حوض التهوية تتم عدة عمليات تهدف الى استقلاب مركبات الكربون. وبشكل عام فإن الاستقلاب يشمل الآف من التفاعلات الكيميائية المتزامنة داخل البكتيريا وكل تفاعل من التفاعلات يحدث عملية تحويل المادة العضوية الى مركب أو منتج بوجود الأنزيمات.

مادة عضوية أو غيرها (انزيم وسيط) منتج

وبدورة فإن المنتج يصبح مادة أساسية في الغذاء للمرحلة التالية من السلسلة الغذائية وبحيث يتحول بوجود انزيمات أخرى غير التي موجودة بالمرحلة الأولى الى منتج أخر مختلف. ولابد من توفر طاقة وتعرف بالتفاعلات المستهلكة للطاقة.

اما التفاعلات الأخرى المنتجة للطاقة فان المادة الخام تحول الى منتج بواسطة العمل الأنزيمي.

الأستقلاب يقسم الى مراحل أساسية:

- **عملية الهدم (استقلاب الطاقة)** : فيها يتم تحطيم مركبات الكربون عبر سلسلة من التفاعلات وبالتالي الحصول على الطاقة الخلوية وهي عبارة عن أكسدة بيولوجية تمثل التنفس.
- **عملية تمثيل المواد الغذائية :** تشمل سلسلة من التفاعلات التي تهدف الى التركيب الخلوي البيولوجي للجزيئات الكبيرة من الصغيرة وهي عملية تحتاج الى طاقة يتم تأمينها من الطاقة الناتجة من عملية الهدم. تمثل هذة العملية " النمو " .