المحاضرة الثالثة: التقنيات البيئية الخاصة بمعالجة ومراقبة وادارة الموارد المائية

تعتبر التقنيات البيئية أساسية لمعالجة تلوث االمياه سوف نتطرق اليها بأيجاز ، تشمل هذه التقنيات الأساليب التقليدية والمبتكرة وسوف نذكر الشائع منها :

تقنيات معالجة تلوث المياه

1- محطات المعالجة التقليدية

محطات معالجة المياه العادمة ليست حديثة وإنما برزت الحاجة إليها منذ عقود طويلة. حيث أنشئت أنظمة الصرف الصحي وأنظمة المعالجة وصدرت التشريعات البيئية اللازمة لحماية الصحة العامة خلال القرن التاسع عشر بسبب الصرف المستمر للمياه الملوثة الخام في المسطحات المائية، والبحار، والأنهار، وإلى الأراضي، مما أدى إلى انتشار التلوث بشدة وتدهورت الصحة العامة وتفشت الأمراض.

يتم معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي والتخلص من الملوثات بطرق وأليات مختلفة ومتعددة إذا اقتضت الضرورة لذلك، تنقسم طرق وأساليب المعالجة إلى طرق معالجة فيزيائية، وكيميائية، وبيولوجية منفردة أو متجمعة.

أ- طرق المعالجة الفيزيائية أو الميكانيكية:

هي طرق المعالجة التي تعتمد على القوى الطبيعية والفيزيائية، وكانت هذه الطرق هي أول الطرق المستخدمة في معالجة مياه الصرف ومازالت، وتشمل العديد من العمليات، وأهمها عمليات الفصل والتصفية، والترسيب، والفلترة "الترشيح"، والترويب، والتعويم أو الطفو وعمليات فصل الزيوت، والترويق، والتهوية اللازمة للمعالجة البيولوجية.

ب- طرق المعالجة الكيميائية:

تشتمل طرق المعالجة الكيميائية لمياه الصرف الصحي او الصناعي على إضافة كيماويات، وتعتمد على حدوث تفاعلات كيميائية من أجل التخلص من أو تحويل الملوثات إلى مواد يسهل فصلها، ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعا في هذا المجال، الترسيب، والامتزاز.

تتم المعالجة بالترسيب الكيميائي من خلال تكوين راسب كيميائي، وفي معظم الأحيان يحتوي هذا الراسب على المكونات التي تفاعلت مع المواد الكيماوية المضافة إلى جانب المكونات الأخرى التي قد تفصل أثناء الترسيب. أما الامتزاز فيعتمد على قوة الجذب بين الأجسام للتخلص من مركبات معينة من خلال التصاقها بسطح المواد الصلبة، كما تهدف العمليات الكيميائية إلى ضبط قيمة الأس الهيدروجيني. يصحب المعالجة الكيميائية طرق معالجة فيزيائية، وقد تتطلب أيضا استخدام بعض طرق المعالجة البيولوجية.

ج- طرق المعالجة البيولوجية:

تعتمد طرق المعالجة البيولوجية على النشاط البيولوجي في التخلص من الملوثات من المواد العضوية (الغروية أو الذائبة) القابلة للتحلل بيولوجيا. تتم هذه العملية من خلال تحويل الملوثات إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجي، أو تتحول إلى نسيج من الخلايا البيولوجية (الحمأة) التي يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب، وللتخلص أيضا من المغذيات (النيتروجين، الفسفور) تعاد الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب النهائي إلى أحواض التهوية مرة أخرى فتتعرض للأكسدة وللكائنات الحية الدقيقة (الميكروبات) الموجودة في الأحواض. هذه العملية تساعد في تحطيم المواد العضوية وامتصاص النيتروجين والفوسفور، وبالتالي تقليل تركيز هذه المغذيات في المياه، مما يسهم في تحسين جودة المياه المعالجة، ويراعى التقليب المستمر لمنع حدوث أي ترسيب داخل الحوض خوفا من تراكم الرواسب مما يقلل من كفاءة عملية الأكسدة وتنشيط البكتريا اللاهوائية في منطقة الترسيب.

ويلي وحدات المعالجة البيولوجية أحواض ترسيب نهائية لإزالة المواد العالقة المؤكسدة، وتكون المياه الخارجة الناتجة من هذه العمليات لا تحتوي إلا على كميات قليلة من المواد العالقة، وقيم منخفضة من طلب الأكسجين الحيوي. طرق المعالجة البيولوجية تكون هوائية أو لا هوائية، وتحتوي طرق المعالجة على العديد من العمليات، ويمكن استخدم طريقة أو أكثر في محطة المعالجة.

تتطلب المعالجة البيولوجية الهوائية إضافة الهواء إما بطريقة مباشرة بواسطة كباسات، وناشرات للهواء، أو بطريقة غير مباشرة باستخدام هوايات ميكانيكية، أو بالإثنين معا. كما تحتاج أيضا إلى ضبط قيمة الأس الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، للحفاظ على حياة الكائنات الحية الدقيقة اللازمة لعمليات المعالجة البيولوجية، ويجب التأكد من تزويدها بمواد التغذية، والتهوية، وكميات الأكسجين المناسبة. كما يجب أن تدار محطات المعالجة البيولوجية بعناية أثناء استخدامها الكائنات الحية الدقيقة لهضم الملوثات، نظرا لاحتمالية وجود بعض المواد، او المركبات التي قد تكون سامة للبكتيريا المستخدمة في عمليات المعالجة، لذا فقد يكون من الضروري إجراء بعض طرق المعالجة الفيزيائية و/أو الكيميائية الأولية.

ان الهدف من عمليات المعالجة البايولوجية الهوائية او اللاهوائية هو تحويل المكونات العضوية في الماء الملوث إلى مواد أخرى ثابتة وهي إما غازات" غاز الميثان، وغاز ثاني أكسيد الكربون" تجد مسارها إلى الغلاف الجوي"، أو خلايا حية "يمكن إزالتها بالترسيب"، أو مواد صلبة عالقة من جراء عمليات التخثر الناتجة عن الأنزيمات التي تنتجها الكائنات الحية الدقيقة (ويمكن إزالتها بالترسيب). تعتمد طريقة المعالجة الهوائية على تنشيط البكتيريا الموجودة بالملوثات وتوفير التهوية اللازمة لها، وإمدادها بالمواد الغذائية، أما طريقة المعالجة اللاهوائية فتعتمد على حقن مكان التلوث بكمية معينة من البكتيريا المتخصصة بعد اختبارها بالمعمل وتنشئتها، وتنميتها قبل إضافتها.

2- نظام المفاعلات الحيوية ذات الأغشية (Membrane Bioreactor-MBR)

نظام المفاعلات الحيوية ذات الأغشية (Membrane Bioreactor - MBR) هو تقنية متقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي، وتجمع بين العمليات البيولوجية للأكسدة العضوية مع استخدام أغشية ذات فلاتر فائقة للمساعدة في فصل المياه المعالجة عن الملوثات الصلبة. يعتبر هذا النظام من الحلول الحديثة التي تقدم كفاءة عالية في معالجة المياه بتقنيات متقدمة مقارنة بالأنظمة التقليدية.

مكونات نظام:MBR

1- المفاعل الحيوي:(Bioreactor)

هو المكان الذي تتم فيه العمليات البيولوجية، حيث يتم تحفيز نمو الكائنات الدقيقة (مثل البكتيريا) التي تعمل على تكسير المواد العضوية في مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مكونات غير ضارة.

تتواجد هذه الكائنات الدقيقة بشكل حر أو على حاملات بيولوجية (مثل الأقمشة أو الأسطح المسامية) لتحسين كفاءة المعالجة.

2- الأغشية:(Membranes)

الأغشية هي العنصر المميز في هذا النظام، حيث تستخدم لفصل المياه المعالجة عن الحمأة المتبقية. تعمل الأغشية على توفير مستوى عالٍ من الترشيح، مما يسمح بمرور الماء المعالج فقط ويمنع مرور الجزيئات الكبيرة والمواد الصلبة العالقة.

الأغشية المستخدمة في MBR عادةً ما تكون من نوع **الفلترة الفائقة (Ultrafiltration - UF)** أو الفلاتر الدقيقة جدًا التي تمتاز بقدرتها على التخلص من الجسيمات العالقة، البكتيريا، والفيروسات.

كيف يعمل نظامMBR ؟

- **المرحلة الأولى: المعالجة البيولوجية:**
  - يتم ضخ مياه الصرف إلى المفاعل الحيوي، حيث يقوم الكائنات الحية الدقيقة بتكسير المواد العضوية الموجودة في المياه. يتم توفير الأوكسجين بواسطة نظام التهوية (عادةً ما يكون هوائيًا)، مما يساعد البكتيريا في عملية الأكسدة.
  - في هذه المرحلة، يتم التخلص من المواد العضوية بشكل كبير.
- **المرحلة الثانية: الفلترة عبر الأغشية:**
  - بعد المعالجة البيولوجية، يتم ضخ المياه المخلوطة مع الحمأة إلى وحدة الفلترة (الأغشية)، حيث تمر المياه عبر الفلاتر الفائقة.
  - هذه الأغشية تفصل المياه عن الحمأة، وتزيل المواد الصلبة العالقة، كما تساهم في تقليل تركيز الكائنات الحية الدقيقة الضارة مثل البكتيريا والفيروسات.

- **المرحلة الثالثة: إزالة الحمأة**:
  - بعد الفلترة، يتم إعادة الحمأة (التي تحتوي على الكائنات الدقيقة التي تقوم بتكسير المواد العضوية) إلى المفاعل الحيوي لإعادة استخدامها في معالجة المزيد من المياه.
  - بشكل عام، يتم إزالة الحمأة المتبقية من النظام بشكل دوري من خلال أنظمة خاصة.

انتشرت هذه التقنية في معالجة مياه الصرف الصحي بشكل واسع، ومن أهم الأسباب التي أدت الى انتشارها هو:

- قدرة الأغشية الفائقة على الفلترة توفر مستوى عالٍ من التنقية مقارنة بالأنظمة التقليدية.
- إمكانية الحصول على مياه معالجة نهائيه ذات مواصفات وجودة فائقة تلبي المعايير والمتطلبات البيئية الصارمة واللازم توفرها لإعادة استخدامها بشكل آمن، وبما ينعكس إيجابيا" على الصحة العامة، والبيئة المحيطة. حيث يمكن استخدام المياه المعالجة بهذه التقنية في تطبيقات متعددة مثل الري أو حتى كمياه للشرب بعد إضافة بعض العمليات الثانوية.
- يمكن التحكم في تركيز الحمأة بشكل جيد، ما يعني أن هناك قدرة أكبر على التحكم في العمليات البيولوجية ورفع كفاءة التحلل.
- إن استخدام تقنية الأغشية أدى إلى خفض مساحات الأراضي اللازمة لبناء محطات معالجة إلى حد كبير مقارنة مع طرق المعالجة البيولوجية كنظام الحمأة المنشطة، ونظام المعالجة بالتهوية المطولة،
- وقابليتها التامة للتأقلم والمرونة مع أي تغييرات أو تشدد في المواصفات اللازمة للمياه المعالجة. لذا فقد اعتبرت تقنية الأغشية ثورة جديدة معاصرة في مجال معالجة مياه الصرف، وإعادة الاستخدام المستدام للمياه المعالجة على نحو أوسع مما كان عليها في المحطات التقليدية وخصوصا للمناطق التي تعاني نقصا في الموارد المائية.

عيوب نظام:MBR

- تكاليف تشغيلية وصيانة عالية:

واحدة من أكبر العيوب هي التكلفة المرتفعة لتركيب النظام وتشغيله، خاصة فيما يتعلق بنظام الأغشية، حيث يتطلب الأمر صيانة دورية واستبدال الأغشية بعد فترة زمنية معينة.

- الانسداد:(Fouling)

يمكن أن يحدث انسداد في الأغشية نتيجة تراكم المواد العضوية، المواد الصلبة، أو الملوثات على سطح الغشاء، مما يؤدي إلى تقليل كفاءة الترشيح وزيادة الحاجة إلى تنظيف الأغشية.

- حاجة إلى طاقة إضافية:

يحتاج النظام إلى طاقة إضافية لتشغيل المفاعل الحيوي وأيضًا لتشغيل مضخات ضخ المياه عبر الأغشية، مما يزيد من استهلاك الطاقة.