

# معالجه مياه الصرف الصحي

- أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه ورغم أن بعض الدول لا تعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساويا . وقد أدى ذلك إلى اختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها ، الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق . وتعد إعادة استعمال مياه الصرف المعالجة من طرق استغلال المياه التي تلاقي قبولا ملحوظا" في الآونة الأخيرة .

## عملية تطهير المجاري او معالجة مياه الصرف الصحي

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير .

ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في ازالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض .

ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة

جعل من الضروري تطوير طرق معالجه لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديماً .

# لماذا تخضع مياه المجاري للتنقية ؟

- ❖ تأثير عدم التخلص السليم من المياه العادمة:
- ❖ تأثيرها على نوعية المياه الطبيعية وذلك بإنتاج الطعم غير المرغوب والروائح الكريهة والغازات الضارة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والميثان والامونيا.
- ❖ احتوائها على بعض المنظفات الثابتة كيميائيا و كذلك المبيدات و غيرها من المواد السامة.
- ❖ إنتاجها لكميات كبيرة من المواد الصلبة التي تتراكم في قاع المسطحات المائية و تؤثر سلبا على نوعية المياه.
- ❖ تأثيرها على نوعية التربة حيث تؤدي إلى تدهور جودتها.

# لماذا تخضع مياه المجاري للتنقيه ؟

- (١) التخلص وإزالة كلا من المواد العالقة والمواد الطافية
- (٢) تحويل المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا" إلى مواد بسيطة .
- (٣) التخلص من المواد والكائنات المسببة للأمراض
- (٤) إزالة المغذيات النباتية كالنيتروجين والفسفور
- (٥) إزالة المواد السامة مثل التي تنتج من صناعة المركبات العضوية كالعناصر الثقيلة
- (٦) المحافظة على المصادر الطبيعية للمياه ( السطحية والجوفية )
- (٧) الاستفادة من اعادة استخدام المياه الفاضله المعالجة الخارجة من محطات المعالجة .
- (٨) ازدياد الاهتمام بالمحافظة على البيئة وازدياد الوعي البيئي حيث قد يؤدي ادخال المياه الملوثة الي البيئه يتسبب في احداث خلل في المجتمع المائي

# أهم أنظمة المجاري المعروفة

- **النظام المنفصل:** حيث يتم جمع المياه العادمة المنزلية و التجارية و الصناعية بواسطة مجاري منفصلة عن نظام مجاري الأمطار ومياه الجريان السطحي.
- **النظام المزدوج:** حيث يقوم هذا النظام بحمل ونقل المياه العادمة بالإضافة إلى مياه الأمطار ومياه الجريان السطحي.
- **النظام الخليط:** و هذا نظام خليط من النظامين السابقين حيث يقوم جزء من شبكة المجاري باستقبال المياه العادمة وقسم من مياه الأمطار والجريان السطحي، ويقوم جزء آخر من الشبكة بنقل القسم المتبقي من مياه الأمطار والجريان السطحي.

## مصادر مياه الصرف الصحي وملوثاتها

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر ، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها . ومن مصادر تلك المياه مايلي :

١. مياه المجاري من الاغراض المنزلية والتجارية وغيرها كالمدارس والفنادق والمطاعم المستشفيات.

٢. مياه المجاري من الاستعمالات الصناعية .

٣. مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول .  
المياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية

تحتوي هذه المياه على عدة عناصر صلبة وذائبة ، يمثل الماء فيها نسبة ٩٩,٩% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها :

١. مواد عالقة

٢. مواد عضوية قابلة للتحلل

٣. كائنات حية مسببة للأمراض

٤. مواد مغذية للنبات نتروجين ، فوسفور بوتاسيوم

٥. مواد عضوية مقاومة للتحلل

٦. معادن ثقيلة

أملاح معدنية ذائبة

## ما هي الاهداف الرئيسيه لعملية معالجه مياه الفضله او مياه المجاري

- ١- خفض المحتوي الكربوني الذي يشمل المركبات صعبه التكسير الحياتي بالاضافه للمواد السامه و المسرطنه .... الخ
- ٢- التقليل من تركيز المواد الحياتيه مثل النيتروجين و الفسفور و بالتالي منع ظاهره الاثراء الغذائي
- ٣- التخلص من او تثبيط الاحياء المجهرية و الطقليات الممرضه

# ما هي طرق معالجة مياه الفضله؟

اعتمادا علي نوع الملوثات تتغاير طرق المعالجه و التي تصنف الي

- **طرق طبيعية او اليه :** . تزال الملوثات غير الذائبه مثل الهيدروكربونات و ايضا تسمح بازاله المواد العضويه و المعدنيه و الاجسام الطافيه ويتم ذلك بفعل قوى ذات خواص طبيعية مثل قوى الجاذبية الارضية، مثل الطفو الترسيب و الترشيح
- **طرق فزيائيه- كيميائية:** حيث يتم تجميع الملوثات من ثم ازالتها باضافة بعض المواد والمركبات الكيميائية ومن هذه الطرق: طريقة الامتصاص، وطريقة التطهير، وطريقة الترسيب.
- **طرق كيميائيه :** و تجري باستخدام الوسائل الاتيه: التعادل و الاكسده و الاختزال
- **طرق حيويه او بيولوجية:** وفيها يتم ازالة الملوثات بالتحليل والانشطة الحيويه بواسطه الاحياء المجهرية. ومن امثله هذه الطرق: الحمأة النشطة.

ويتم اختيار طريقة المعالجة تبعا لتصميم محطه المعالجه وحسب الحاجة والغرض المنشأ من اجلها وحدات المعالجة ، فيمكن أن تقتصر على المعالجة الفيزيائية أو البيولوجية ، يمكن دمج أكثر من طريقة للمعالجة وهذا هو الشائع إذ لا تخلو أي محطه المعالجه من وحدات فيزيائية بجانب وحدات كيميائية أو بيولوجية



## مراحل المعالجة مياه المجاري في محطات المعالجة

تتعرض مياه الفضلات في محطات المعالجة إلى أربعة مراحل على الأكثر من التنقيه، وهي:

١-المعالجة الأولية او اليه Primary Treatment و تمثل المرحله الاولي من التنقيه

٢- المعالجة الثانوية او حياتيه Secondary Treatment و تمثل المرحله الثانيه

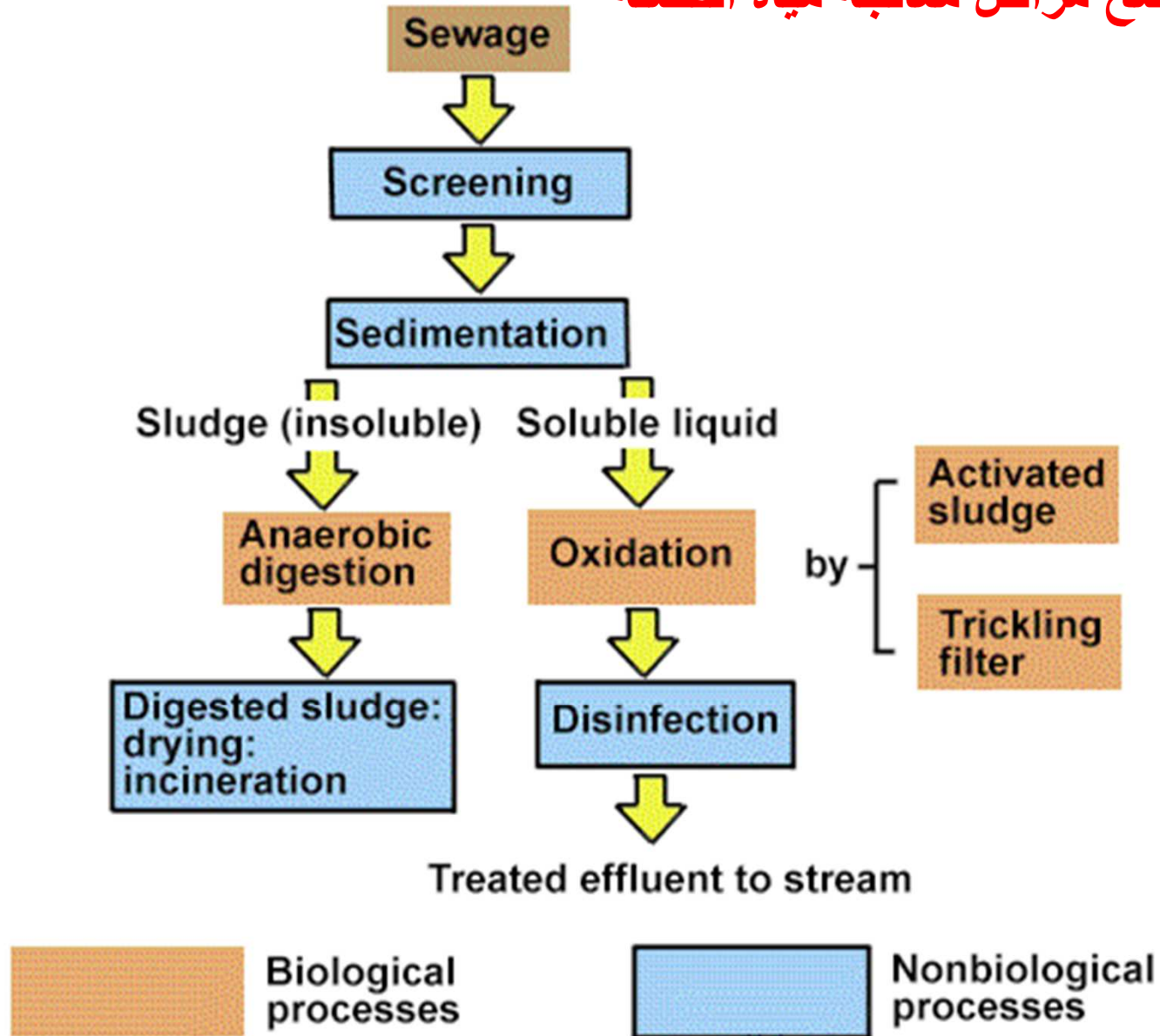
٣-المعالجة الثالثية او التخلص من المركبات المولده للحياه Tertiary Treatment

٤-المرحله الرابعه او اعاده استعمال المياه و تجديدها و تمثل المرحله الرابعه

أ. **اختبار الطلب الحيوي على الأكسجين (BOD)** كمية الأكسجين القصوى التي تتطلبها ((BODu البكتيريا الهوائية لأكسدة الملوثات العضوية القابلة للتحلل الهوائي، ومن ثم تحطيمها وتحويلها إلى نواتج غير عضوية.

**اختبار الطلب الكيميائي من الأكسجين (COD)** ، مقدار الأكسجين الكلي اللازم لأكسدة مختلف المواد المتواجدة في مياه الفضلات، سواءً كانت عضوية أو غير عضوية. فعلى سبيل المثال تستهلك بعض المركبات مثل مركبات المبيدات الحشرية جزءًا إضافيًا من الأكسجين على الجزء الذي تستهلكه البكتيريا الهوائية لتحلل المواد العضوية. ولذا فإن قيمة الطلب الكيميائي من الأكسجين تفوق دائما قيمة الطلب الكيميائي الحيوي له.

## مخطط يوضح مراحل معالجة مياه الفضله



## ما هي المراحل النموذجية لمعالجة مياه المجاري ؟

### المعالجة الأولية

وهي العمليات التي تعتمد على القوى الطبيعية والفيزيائية تستخدم لعزل الملوثات كبيرة الحجم من مياه الصرف الداخلة إلى المحطة، ومن هذه الطرق : التصفية – الخلط -- الترويب – الترسيب - التعويم أو الطفو – الترشيح – حركات الغازات

تعمل المعالجة الأولية على إزالة المواد الطافية والمواد القابلة للترسب ومن خلال: خزانات الترسيب الأولية. وتستطيع خزانات الترسيب الأولية التخلص من ٥٠ % من الطلب الكيميائي الحيوي من الأكسجين، إضافة إلى ٦٠ % من المواد المستعلقة الكلية.

وهي العمليات التي تعتمد على حدوث تفاعل كيميائي من أجل التخلص من أو تحول الملوثات إلى مواد يسهل فصلها من مياه الصرف . ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعا في هذا المجال الترسيب والامتزاز ، والتطهير

## المعالجة الثانوية

تقوم المعالجة الثانوية على التخلص من معظم المواد العضوية بواسطة تحطيمها من قبل الجراثيم وغيرها من الكائنات الدقيقة أو بواسطة عمليات كيميائية. ويعتبر هذا النوع من المعالجة من أهم مراحل معالجة مياه الفضلات حيث تستطيع التخلص من ٨٥ % من الطلب الكيميائي الحيوي من الأكسجين و ٩٥ %

## المعالجة الثالثية

تستخدم المعالجة الثالثية للتخلص من الملوثات المتبقية من المعالجة الثانوية. وتشمل بذلك عمليات التخلص من النيتروجين والفسفور والمواد العالقة وغيرها. وتتألف مرافقها من وحدات معالجة فيزيائية وكيميائية وبيولوجية.

نوع المعالجة	وحدات العمليات أو التشغيل	مراحل المعالجة
فيزيائية	Racks	(Preliminary) تمهيدية
فيزيائية	Screens	
فيزيائية	Comminutors	
فيزيائية	Git Chamber	
فيزيائية	Primary Clarification	(Primary) أولية
بيولوجية	Activated Sludge	(Secondary) ثانوية
بيولوجية	Trickling Filters	
بيولوجية	Rotating Biological Contactors	
بيولوجية	Stabilization Bonds	
بيولوجية	Secondary Clarification	
فيزيائية	Disinfection	
كيمياوية		
بيولوجية	Biological Nitrification/	(Tertiary) ثالثة
	Denitrification	
كيمياوية	Chemical Precipitation	
كيمياوية	Carbon Adsorption	
فيزيائية	Filtration	

## دور الكائنات الحية الدقيقة في المعالجة

تلعب الكائنات الحية الدقيقة دورًا أساسيًا في تخثير المواد الصلبة الذائبة والغروانية الغير قادرة على الترسيب وتثبيت المادة العضوية بيولوجيا. وهذا يؤدي بالتالي إلى تحويل هذه المواد إلى غازات وأنسجة خلوية جديدة للكائنات الحية الدقيقة. وبما أن هذه الأنسجة أكثر كثافة من الماء قليلا فإنها تترسب بسهولة بفعل الجاذبية الأرضية، مخلفة وراءها الماء خاليا منها تقريبا.

## عمليات المعالجة البيولوجية

تقسم عمليات المعالجة البيولوجية إلى أربع مجموعات رئيسية، هي: العمليات الهوائية؛ وعمليات النترتة والعمليات اللاهوائية؛ والعمليات الهوائية والنترتة اللاأكسجينية أو؛ (Anoxic Nitrification) اللاأكسجينية الهوائية واللاهوائية. وتندرج تحت كل من هذه المجموعات تقسيمات أخرى حسب طبيعة النظام البيولوجي ويتلخص عمل عمليات المعالجة هذه في:

- ( ١ ) إزالة المحتوى البيولوجي الكربوني (Carbonaceous) في مياه الفضلات؛
- ( ٢ ) تحويل الأمونيا أو النيتروجين العضوي إلى النترات؛
- ( ٣ ) تحويل النترات إلى نيتروجين يتطاير إلى الجو (نزع النيتروجين)؛
- ( ٤ ) تحويل المادة العضوية في الحمأة الناتجة عن عمليات المعالجة الفيزيائية والبيولوجية إلى غازات وأنسجة خلوية (التثبيت).



## ١. المعالجة المتقدمة :

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ما نقي بدرجة عالية ويحتوي هذه المرحلة على عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات : النتروجين والفوسفور والمواد العضوية والمواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي :

### ١. التثخن الكيميائي والترسيب : sedimentation & Chemical coagulation التثخن الكيميائي عبارة عن

إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاحقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم . وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر .

### ٢. الترشيح الرملي : Sand Filtration: عبارة عن عملية تسمح بفاذ الماء خلال وسط رملي بسماكة لا تقل عن

٥٠ سم ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها إضافة إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية بعد عملية التثخن الكيميائي كما أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي .

### ٣. الامتصاص الكربوني : Carbon Adsorption: ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد

العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكربوني ويتم من خلال الكربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات . وبعد تشبع الوسط الكربوني يتم إعادة تنشيطه بواسطة الحرق أو استخدام مواد كيميائية .

### ٤. التبادل الأيوني Ion Exchange من خلال هذه العملية يتم إخلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادلي غير

قابلة للذوبان بأيونات أخرى . وعملية التبادل الأيوني مشابهة لعملية الامتصاص الكربوني إلا أن الأولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية .

### ٥. التناضح العكسي : Reverse Osmosis: يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء

رقيق ذو فتحات صغيرة جداً يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح .

## دور الطحالب والبكتيريا في معالجة مياه الصرف الصحي

- تقوم الطحالب بالاشتراك مع البكتيريا بدور حيوي في تحليل المواد العضوية بمياه مخلف الصرف الصحي وذلك بتحويل الفضلات إلى مواد غير ضارة حيث تعمل البكتيريا على تحلل المواد العضوية إلى نترات وفوسفات وتستخدمها الطحالب في نموها وتعطي بدورها اوكسجيننا" أثناء عملية البناء الضوئي واللازم للبكتيريا الهوائية المحللة الطحالب الدقيقة يكون لها آثار ضارة على نشاط البكتيريا عن طريق زيادة pH أو زيادة تركيز الأوكسجين المتحلل (DOC) أو عن طريق إفراز المواد المثبطة) إلا أنها يمكنها تعزيز النشاط البكتيري عن طريق إخراج مركبات من خارج الخلية مثل ديكلوفوب الميثيل diclofop methyl بواسطة الاتحاد البكتيري تم زيادته بنسبة تصل إلى ٣٦% عندما يتم إضافة الطحالب نشيطة النمو أونواتجها الايضيه إلى المزرعة. و بالمثل، يمكن أن يقوم نمو البكتيريا بتعزيز ايض الطحالب الدقيقة عن طريق إخراج عوامل مساعدة على النمو أو عن طريق تقليل تركيز الأوكسجين

## الحمأة :

- الحمأة هي الوحل والرواسب الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف وتحتوي الحمأة على البكتيريا الهوائية والتي يتم إكثارها لوفرة الظروف الملائمة لها من أوكسجين ذائب ومواد عضوية فتنشط بذلك عملية التحلل . ونظرا لغنى الحمأة بالأحياء المجهرية تسمى الحمأة المنشطة ويمكن استخدامها مجدداً
  - تحوي الحمأة على العناصر الملوثة الموجودة أصلاً في المياه المعدة للمعالجة وعلى المركبات الناتجة عن تحويل هذه العناصر الملوثة والتي تظهر على شكل معلقات .
  - الحمأة تحتوي على نسبة عالية من العناصر الثقيلة
- وفي محطة الصرف الصحي بالرياض يتم الاستفادة من النفايات الصلبة حيث يقوم مصنع البستان بإعادة استخدامها في صناعة الكمبوست كمخصب ومحسن للتربة الزراعية

• دور الطحالب في ازالة العناصر الثقيلة :

دور الطحالب في ازالة المغذيات :

## مجالات إعادة استخدام المياه المعالجة :

- حتى وقت قريب كانت المياه المبتذلة من الاستعمالات المختلفة وخاصة المنزلية يتم التخلص منها في الدول النامية دون التفكير في إعادة استعمالها إلا انه نظرا للتطور والتقدم في كثير من هذه الدول وبالتالي زيادة استهلاك المياه من ناحية وقلة مصادر المياه الطبيعية ونقصها من ناحية أخرى وخاصة في المناطق القاحلة فقد بدأ التفكير والاتجاه نحو إعادة استعمال المياه المبتذلة مرة أخرى لبعض الأغراض بعد معالجتها وتنقيتها بل انه في بعض تلك الدول يتم إعادة استعمال المياه لبعض الأغراض كالزراعة مثلا بدون أي نوع من المعالجة والتنقية
- في دراسة أجراها معهد بحوث الموارد الطبيعية والبيئية السعودي لوحظ ازدياد نمو النباتات باستخدام مخلفات الصرف الصحي في بعض الأراضي الجافة خصوصا الكلسية خشنة القوام وبما أن تربة المناطق الجافة فقيرة في محتواها العضوي أجرى المعهد تجربة لاستخدام هذه المخلفات محليا وقد يشكل نجاح التجربة حلا مزدوجا لتخصيب التربة الجافة وتصريف المخلفات الصحية

ويمكن استخدام بعض وحدات بحيرات الأكسدة في نهاية مراحلها لتربية الأسماك ويساعد ذلك على زيادة تحسين خواص المياه وفي بعض الأحيان يجب أن تبقى الأسماك في بحيرة تلي بحيرات الأكسدة بها مياه عذبة لمدة تتراوح ما بين أسبوعين إلى أربعة أسابيع قبل السماح بتناولها

هناك مجالا واسعا للاستخدامات الصناعية والترفيهية والزراعة التجميلية وتغذية المياه الجوفية ورش الشوارع وتغذية صناديق الطرد في دورات المياه وفي ري الحدائق المنزلية وفي عمليات التبريد والتسخين في المصانع ومع كل هذه المحاولات يبقى الحاجز النفسي عائقا مهما في طريق إعادة استخدام هذه المياه في شبكة إسالة مياه الشرب

## اقتصاديات إعادة استخدام مياه الصرف

- تلعب إعادة استخدام مياه الصرف الصحي دور هام في تحسين اقتصاديات الحصول على المياه النقية عموما وتعتبر التكاليف الباهظة لمشاريع الصرف الصحي من أهم المعوقات التي أدت إلى تأخر هذه الخدمة في العديد من مدن المملكة وتعد نظم المعالجة بنظام بحيرات الأكسدة الطبيعية ( أحواض تتم فيها المعالجة بطريقة طبيعية ) من الطرق الفعالة والاقتصادية وهي مناسبة لتحقيق مياه معالجة بمواصفات جودة عالية تصلح لإعادة استخدامها للأغراض الزراعية وغيرها.

## عملية التطهير:

► تتم عملية التطهير من خلال حقن محلول الكلور إلى حوض التطهير حيث تتراوح الجرعة ما بين ٥-١٠ ملغم /لتر الواحد وعادة ما تكون فترة التطهير لمدة ١٥ دقيقة كحد أدنى في حالة عدم استخدامها وفي حالات استخدام المياه في الأغراض الزراعية فإن مدة التطهير تصل إلى ١٢٠ دقيقة.

► وتشمل استخدام الأشعة فوق بنفسجية لتطهير المياه المعالجة والذي يمنع البكتيريا الضارة من دخول الوديان والمياه الجوفية.

► وهنا تعقم المياه بعد المعالجة من اجل القضاء على ما تبقى فيها من بكتيريا الضارة ومنعا لحدوث التلوث الميكروبي في مصادر المياه، فبعد المعالجة لمياه العادم المختلفة في المرشحات- المصافي- وأحواض التهوية يتم التخلص من حوالي ٩٥ % من البكتيريا الموجودة أصلا في مياه الصرف الصحي العادمة، ولا يمكن التخلص من البكتيريا الضارة بشكل كامل إلا بتعقيم المياه المعالجة بأحد الوسائل التالية: فاهم الطرق المستخدمة هي المعالجة الحرارية والطرق الفيزيائية" الموجات فوق الصوتية، المواد المشعة، و الأشعة فوق البنفسجية" وهذه المجموعة هي الأكثر استخداما في محطات التنقية



# فوائد معالجة المياه العادمة

١. تقلل من استهلاك المياه وخاصة المستخدمة في الزراعة.
٢. تقلل من الحاجة إلى استعمال السماد لوجود الكثير من الأملاح الضرورية للنباتات مثل النيتروجين والفسفور.
٣. التخلص من المياه العادمة ومشاكلها.
٤. تعتبر المياه العادمة مصدر مياه رخيص.
٥. رفع مستوى الصحة العامة والمحافظة على البيئة.
٦. الحفاظ على مصادر المياه من خطر التلوث