المحاضرة التاسعة **اعداد: م. د. عمر ادريس صالح**

معالجة الماء واستعمال الماء *Water Treatment And Water Use*

إن العرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو تسريع 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 (**إزالة 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 الطرائق المستعملة قديما.

مياه الصرف 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 ما يلي مياه التي تستعمل للأعراض المنزلية والتجارية، مياه الاستعمالات الصناعية مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول والمياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية وتعتبر مياه المجاري واحدة من أخطر المشاكل على الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة، بل في بعض الدول تعد من اخطر المشاكل المؤثرة على الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، لأنه في أغلب هذه المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي والمشكلة الكبرى عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الصحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. كما أن استخدام البيارات أو septic tank في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره على الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض بالإضافة إلى استخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها على صحة الإنسان وطبقة الأوزون. تحتوي هذه المياه على عدة عناصر صلبة وذائبة، يمثل الماء فيها نسبة 99.9% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها مواد عالقة، مواد عضوية قابلة للتحلل، كائنات حية مسببة للأمراض وأعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية وتؤثر هذه الكائنات في المركبات العضوية والغير عضوية مسببة نقصا في الأوكسجين إذا ألقيت في البحر وبذلك تختنق الكائنات التي نعيش في البحر وقد تموت. وعند موت الكائنات البحرية تبدأ البكتريا أو الكائنات الدقيقة التي تعمل لاهوائيا بتحليلها محدثة تعفن وفساد أضافي ومواد مغذية للنباتات كالنتروجين، فسفور وبوتاسيوم ومواد عضوية مقاومة للتحلل، أملاح معدنية ذائبة ومعادن.

وهنالك عدة عوامل تعجل من فساد مياه المسطح المائي وتجعله غير صالح للاستخدام:

1- سرعة تيار الماء في المجري المائي.

2- كمية الأوكسجين الذائب في الماء.

3- السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتريا تحليل هذه الشوائب والفضلات.

4- حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي البحري ونوعيتها.

مراحل معالجة مياه الشرب تتضمن:

أولا: المعالجة التمهيدية.

ثانيا: المعالجة المتقدمة.

تتضمن المعالجة التمهيدية الخطوات التالية:

1- نزع المواد الصلبة المختلفة: **الصغيرة والكبيرة التي تقطع الى قطع صغيرة لمنع انسداد الانابيب من خلال استخدام المناخل وهذه الطريقة تزيل 2-20% من المواد العالقة و5-10% من المواد العضوية القابلة للتحلل، وهذه النسبة لا تجعل من الماء صالح للاستخدام البشري.**

2- المعالجة الأولية (Primary Waste Treatment): **الغرض من هذه المعالجة إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عملية الترسيب. ويمكن في هذه المرحلة من المعالجة إزالة 35 - 60 من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى 70- 50% من المواد العالقة وحتى هذه الدرجة من المعالجة فإن لماء لا يزال غير صالح للاستعمال. وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب فضلا عن المرافق الموجودة في وحدة المعالجة التمهيدية وربما تحتوي أيضا على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة الى اجهزة لخلط تلك المواد مع المياه إن كفاءة المعاملة الأولية في إزالة الملوثات ليست عالية جداً. وتكون بحدود 35% من BOD و 30% من COD و 60% من المواد الصلبة العالقة ومن ضمنها 20% من مجموع النتروجين و 10 من مجموع الفسفور ولا شيء من المعادن الذائبة.**

3- المعالجة البيولوجية (Biological Processes): **تتم هذه العمليات عن طريق أحواض التهوية والأكسدة البيولوجية والترشيح بالتنقيط وغيرها، يتم فيها تثبيت المواد والجزئيات العضوية من قبل الأحياء المجهرية فيها. هذه المعالجة تصلح في كثير من الأحيان لمعالجة المياه الملوثة من الصناعات العضوية مثل الصناعات الغذائية ويمكن أن تكون هوائية (اكسدة) أو لا هوائية.**

أوصت منظمة الصحة العالمية (W.H.O) بتقسيم موارد المياه الخام الطبيعية كمصدر لمياه الشرب إلى اربعه مستويات طبقا للمحتوى البكتريولوجي للمجموعة القولونية وتحديد نوع المعالجة المقترحة لكل مستوى لضمان سلامة مياه الشرب والحد من انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه.

المستوى	العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية(لكل 100سم^3)	نوع المعالجة المطلوبة
الأول	صفر ~ 50	إضافة الكلور
الثاني	50 ~5000	المعالجة التقليدية(الترسيب والترويب والترشيح والتعقيم)
الثالث	5000 ~ 50.000	تلوث شديد للمورد المائي(المأخذ) يحتاج إلى أكثر من المعالجة التقليدية.
الرابع	أكثر من 50.000	تلوث شديد جدا. لا يصلح كمصدر لمياه الشرب.

4- المعالجة الكيميائية (Chemical Treatment)

تشمل:

أ- التصفية (التكتل والتركيد والترشيح).

ب- التطهير.

اما المعالجة المتقدمة فتتضمن الخطوات التالية:

يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى تنقيه بدرجة عالية وتشمل هذه المرحلة عمليات مختلفة:

1- ازالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بطرق التقليدية سابقة الذكر ومن هذه الملوثات: النتروجين والفسفور والواد العالقة الصلبة الزائدة إضافة إلى المواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات ما يلي:

التخثر الكيميائي والترسيب Chemical coagulation & sedimentation: التخثر الكيميائي عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على احداث تغير فيزيوكيميائي للجسيمات ينتج عنه تلاصقها. مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد الالمونيوم والكالسيوم والبوليمر..

الترشيح الرملي Sand Filtration : عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسمك لا يقل عن 50 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 التخثر الكيميائي كمل أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكاربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي .

الامتصاص الكاربوني Carbon Adsorption: ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكاربوني ويتم من خلال الكاربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكاربوني يتم إعادة تنشيطه بوساطة الحرق أو استخدام مواد كيميائية.

التبادل الأيوني Ionic Exchange: من خلال هذه العملية يتم إحلال أيونات معينة في الماء من مادة تبادل عبر قابلة للذوبان بأيونات أخرى . وعملية التبادل الأيوني مشابهة لعملية الامتصاص الكاربوني إلا أن الأولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

التناضح العكسي Reverse Osmosis: يتم في هذه العملية ضح الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جدا يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

2- عمليات التطهير وتتضمن:

ا- تطهير بالكلور.

ب-تطهير بالاوزون.

المعالجة المتقدمة باستخدام التلبيد الكهربائي:

تتضمن عملية التلبيد الكهربائي امرار تيار كهربائي محدد ضمن اقطاب يتم وضعها داخل خزان المعالجة اذ يقوم هذا التيار بتكوين عوامل مخثرة وملبدة للملوثات زيادة على تكوين فقاعات الهواء ومن ثم التصاق الملوثات بالعوامل المخثرة ويتم اقتناصها من قبل جزيئات الهواء الصاعدة الى سطح الخزان اما التي لم يتم اقتناصها فتترسب في قاع الخزان و من ثم تتم ازالتها، ومن مساوئ هذه المعالجة قصر مدة عمل القطب الكهربائي قبل تأكله واضمحلاله أو انسداده الا أن عملية تطوير هذه الأقطاب جعلت امر تجاوز هذه المشكلة بسيطا جدا وقد تم إزالة اغلب المواد الصلبة سواء كانت عالقة ام ذائبة، إن معظم البكتريا والطحالب والأحياء المجهرية الأخرى تزال بهذه الطريقة وكانت نسبة الإزالة لها أكبر من 98% أما نسبة إزالة الجزئيات الكبيرة من الأصباغ والأوكسجين الحيوي المستهلك كانت بمعدل 50-95% في حين كانت نسبة إزالة الشحوم والدهون والزيوت بحدود 99.9% وإن النسبة أعلاه بدون إضافة اي مواد كيميائية وحتى بدون استخدام المرشحات ، ومن مميزات عملية التلبيد الكهربائي أنها لا تتأثر بتغير قيمة الرقم الهيدروجيني وتعمل ضمن المدى 3.5-9 وتتم عملية

الترسيب في نفس خزان التلبيد أو التخثير وتتم عملية الإزالة خلال مدة لا تتجاوز عده دقائق ولها القابلية على إزالة عدة ملوثات في نفس الوقت.

تقنيات المعالجة الحديثة

شهدت الأونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات المعالجة ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم في المياه الصالحة للشرب أو نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في أكثر الدول الصناعية. وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديدة غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات معالجة متقدمة فضلاً عن المعالجة التقليدية ولذلك لجأت كثير من الدول إلى تحلية مياه البحر وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة، وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات باهظة التكاليف مثل عمليات التقطير الومضي وعمليات التناضح العكسي، جهاز RO 105 يعمل بتقنية التناضح العكسي يؤمن جهاز RO 105 حماية فائقة لتنقية المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي والتي تعد من أفضل التقنيات المستخدمة عالمياً ضمن هذا المجال.

لا تعتمد هذه التقنية على أية مواد كيميائية مضافة، كما أنها لا تعتمد على الطاقة الكهربائية، حيث أن آلية العمل مصدرها الضغط الذي يولده الماء أثناء دخوله إلى وحدة المعالجة. تؤمن هذه التقنية في أجهزة RO 105 تنقية المياه المنزلية حيث تزيل 99% من المواد الصلبة وحتى حجم واحد ميكرون إضافة إلى استبعاد 99% من الطفيليات والمعلقات والبكتريا من المياه وتساعد على تخفيض القساوة (العسرة) وتحسين الطعم والرائحة وذلك عن طريق إزالة الكلور والرواسب أو أي طعم آخر واستبعاد الرصاص، النحاس، الباريوم، الكروم القصدير، الزئبق، الصوديوم، الكالسيوم، الكادميوم، الفلور، النترات، النتريت والزرنيخ أو مركباتها الكيميائية ... الخ.

طريقة العمل والميزات الفنية: تم تجميع جهاز RO 105 لتنقية وتحلية المياه ضمن وحدة معالجة عمل واحدة إضافة إلى خزان خاص من الستانلس ستيل، وذلك لتسهيل تركيبه تحت السنك في منطقة المطبخ وبحيث تؤمن بلمسة مباشرة مياها نقية عذبة صالحة للشرب والطبخ والاستخدامات الأخرى، كما تؤمن مخزوناً معقماً قدره 12 ليتر في حال انقطاع التغذية المباشرة من مصدر الماء. وبإنتاجيه تصل إلى 189 ليتر/اليوم الواحد عند توفر ضغط (3 - 7) بار، ودرجة حرارة 27 درجة مئوية، وتشتمل هذه الوحدة على مراحل خمس حسبما يلي:

المرحلة الأولى: فلتر (5) ميكرون يقوم بإزالة الشوائب الموجودة ضمن الماء وحتى قياس خمسة ميكرونات وهذه الشوائب تتضمن المواد القاسية والرمال والصدأ وغيرها من المواد الصلبة.

المرحلة الثانية: فلتر فحمي حبيبي يقوم بإزالة 99% من المواد الكيميائية والعضوية، والكلور والشوائب، كما يقوم بتحسين الطعم واللون والرائحة للماء.

المرحلة الثالثة: **فلتر (1) ميكرون لتحسين إعادة تصفية الماء من الرواسب والتي من قياس واحد ميكرون، وتأمين حماية للغشاء المرن الخاص بوحدة التناضح العكسي لضمان جودة أداء الغشاء في الوحدة بعد إزالة المواد القاسية كاملة.**

المرحلة الرابعة: **مرحلة التناضح العكسي وذلك باستخدام الغشاء الرقيق المرن (TFC) ذو النوعية العالمية عالية الجودة والتي تسمح بتنقية المياه المطلوبة يومياً. تقوم تقنية التناضح العكسي بمنع الأملاح الذائبة في الماء من المرور عبر الغشاء المرن، وبالتالي تمنع الرصاص، النحاس، الباريوم، الكروم، الزنبق، الصوديوم، الكالسيوم، الكادميوم، الفلور، النترات، النتريت والزرنيخ، أو مركباتها الكيميائية من المرور.**

المرحلة الخامسة والأخيرة: **الفلتر الفحمي الحبيبي المنشط ذو الفعالية العالية المضاعفة، يسمح هذا الفلتر باستخدام تقنية NSF لتحسين صفات الماء النوعية من طعم ولون ورائحة مما يجعله عذباً مستساغاً للشرب.**

التنقية التخصصية للماء (Pro - Purification Water)

التقطير الومضي وتعد تقنية التفريق بوساطة الأغشية بمثابة ثورة في معالجة المياه وتعتمد هذه التقنية على القضاء فيزيائيا على الملوثات المجهرية بدون استعمال المواد الكيميائية وهي تقنية مكلفة جدا إلا أنها تمكننا من الحصول على درجة عالية من متطلبات النقاء والصفاء والرائحة والمذاق مهما كانت مواصفات الماء المعالج وتستعمل هذه التقنية حاليا في القطاع الصناعي. ومن الجدير بالذكر أن إدخال التقنيات الحديثة على محطات المعالجة التقليدية قد تستوجب تغييرات جذرية في المحطات القائمة وفي طرق التصميم للمحطات المستقبلية ويعني ذلك ارتفاعا حادا في تكلفة معالجة المياه، ويمكن تفادي ذلك أو الإقلال من أثره بوضع برامج مدروسة للترشيد في استخدام المياه والمحافظة على مصادرها من التلوث.

ومن تقنيات المعالجة الحديثة ـ تقنية معالجة المياه المتلوثة بالميكروويف هذه التقنية تتميز بقلة تكلفة التشغيل وضيق الحيز المطلوب واستهلاك الكهرباء المنخفض. وباستخدام هذه التقنية الجديدة، لا تستغرق عملية معالجة المياه المتلوثة سوى 7 دقائق وتضاهى نوعية المياه المعالجة جودة المياه السطحية من الدرجتين الأولى والثانية. لذا فان هذه التقنية أفضل من التقنيات المتبعة حاليا في معالجة المياه المتلوثة من حيث كافة مؤشرات البارامترات الفنية.

الكيمياء البيئية