الفصل الخامس

قضايا البيئة

أنظمة الحياة الطبيعية
Ecosystems

مقدمة :
إن نظام الحياة الطبيعية أو الدورة البيولوجية أو الدورة البيئية و التي تحمل المصطلح العلمي Ecosystem هي حجر الأساس في دراسة البيئة حيث أنها تتضمن دراسة الكائنات الحية والوسط البيئي الذي تعيش فيه و التأثير المتبادل فيما بين الكائنات الحية ووسطها البيئي ، أول من استخدم المفهوم Ecosystem هو العالم A.G..Tansley عام 1935و أعطاه التعريف التالي : هو النظام الناتج عن التفاعل و التكامل بين العناصر الحية و الغير حية للوسط البيئي .
إن خاصية الاكتفاء الذاتي هي من أهم ملامح دورة الحياة الطبيعية ، أي أن عناصر هذه الدورة الحياتية تتفاعل مع بعضها و تكمل بعضها وهي بنفس الوقت مستقلة في دورتها الحياتية وغير مرتبطة أو متعلقة بدورة بيئية أخرى .
يمكن أن تكون الدورة الحياتية في منتهى الصغر مثل قطرة الماء و تسمى micro-ecosystem أو ضخمة وعملاقة مثال عليها عالم المحيط البيئي ، من الممكن أن تكون مؤقتة مثل حقل المحصول الزراعي أو نظام حياة بيولوجية دائم مثل الغابات و المحيطات ، الكرة الأرضية هي بحد ذاتها نظام لدورة حياتية تحتوي مكونات حية و غير حية تتفاعل مع بعضها بشكل متكامل.
إن نظام دورة الحياة الطبيعية يمثل أعلى مستوى من التكامل الطبيعي حيث يتم فيه : تحول للطاقة و تراكم للطاقة و نقل و للطاقة و يمكن اعتباره كوحدة معالجة للطاقة مرتبطة بوجود المغذيات و الماء الكافي .

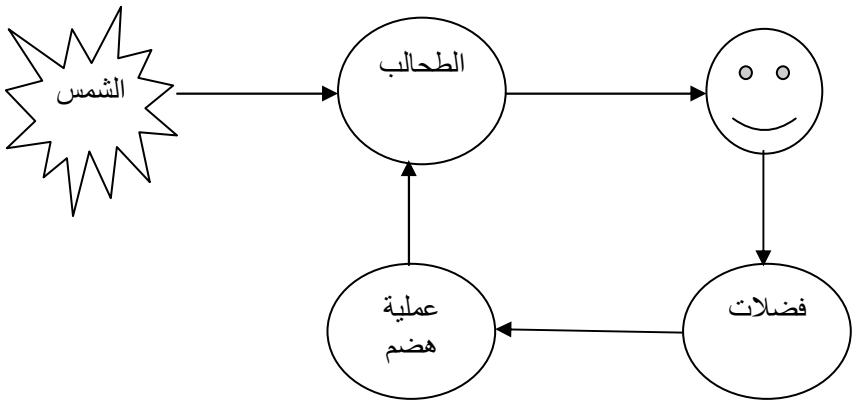
تعريف عملي :
يعرف نظام الدورة الحياتية بأنه أي نظام يحتوي العضويات ضمن منطقة محددة تتفاعل مع الوسط الذي تعيش فيه بحيث يحصل تدفق للطاقة و تكون محصلته التنوع الطبيعي و دورات تجدد المادة ضمن الوسط البيئي .
يمكن تشبيه نظام الدورة الحياتية كمركبة فضائية مصممة كي يعيش فيها عدد من رواد الفضاء لفترة زمنية طويلة و هو تشبيه نظري بحت .
لنفرض وجود حافظة زجاجية ضخمة ضمن المركبة الفضائية موضوعة عند نافذة المركبة ، هذه الحافظة تحتوي بداخلها على طحالب مجهرية ، و حيث أن الطحالب تتعرض لأشعة الشمس عبر نافذة المركبة فهي ستقوم بعملية التركيب الضوئي حيث ستقوم الطحالب بامتصاص ثاني أوكسيد الكربون و الماء و ستستخدم طاقة الضوء لتحويل هذين العنصرين إلى طاقة غنية بالغلوكوز.

في مرحلة متقدمة ستستخدم الطحالب هذا الغلوكوز مع مغذيات أخرى من الوسط التي تعيش فيه لتأمين عملية النمو ، في مرحلة التركيب الضوئي تصدر الطحالب عنصر الأوكسجين والذي سيتم نقله لخزان الأوكسجين الذي يتنفس منه رواد الفضاء ، عندما يقوم رواد الفضاء بعملية التنفس فإنهم يستهلكون الأوكسجين ويطلقون غاز ثاني أوكسيد الكربون وهو العنصر المهم للطحالب للقيام بعملية التركيب الضوئي.

عنما يحتاج رائد الفضاء لوجبة طعام يمكنه الحصول عليها من زجاجة الطحالب نفسها الغنية بالمغذيات (الغذاء على الطحالب) و حتى موعد الوجبة التالية تكون الطحالب قد تضاعفت ذاتياً بما يكفي لاستمرار وجودها .

الفضلات التي يطرحها جسم رائد الفضاء بعد مرور زمن من التحلل يتم إعادتها للحافظة الزجاجية لـتأمين الماء و المغذيات للطحالب .

الشكل(60) يلخص هذه العملية .



الشكل (60)

على سطح الكرة الأرضية كافة النباتات الخضراء تمتص ثاني أوكسيد الكربون و الماء ومغذيات أخرى من البيئة ،مع الطاقة الموجودة في أشعة الشمس تتحول هذه العناصر الأولية لمركبات كيماوية عديدة يستخدمها النبات في عملية النمو و يتم طرح الأوكسجين في الجو .

العنصر البشري و الحيوانات تعتمد على النباتات كغذاء لها و على الأوكسجين للتنفس .

عملية الاستقلاب الحيوي داخل جسم الحيوانات تعيد ثاني أوكسيد الكربون و مغذيات أخرى إلى البيئة ليتم استخدامها من جديد بواسطة النباتات .

منذ ظهرت الحياة على سطح الكرة الأرضية يتم تدوير و إعادة إنتاج بداية من البيئة غير الحية مروراً بالعضويات الحية و عودة للبيئة الأولى .

1-1-5مكونات نظام الدورة الحياتية :

هناك نوعان رئيسان :

1- مكونات غير حية .

2- مكونات حية .

المكونات غير الحية تتضمن :عوامل فيزيائية مثل الضوء ،الحرارة ، الرطوبة ، الرياح ، التربة...

مواد غيرعضوية و التي تشمل الماء ، المعادن ، الغازات المواد غير العضوية اللازمة لبناء المواد العضوية هي الجينات الحيوية biogenetic . المعادن و غازات الغلاف الجوي تدخل ضمن نظام الكائنات الحية (ضمن أجسام الكائنات الحية) عند موت هذه الكائنات و تحللها تعود الغازات للجو والمعادن إلى التربة . هذه العملية تسمى بالدورة الحيوية الكيميائية biogeochemical cycle المواد العضوية تتضمن البروتينات ، الكربوهيدرات ،الشحوم الحيوانية والنباتية ، النباتات المتحللة و يوجد عدد غير محصور من عمليات التفاعل الكيميائي الحيوي بين العناصر السابقة .
إن قوام أوتشكيلة الدورة الحياتية تعتمد بشكل أساسي على هذه العناصر.
خواص و قوام الدورة الحياتية قد يعتمد على عامل واحد حيوي و يسمى بالعامل الحدي أو عامل التحديد limiting factor ، مثلاً من أجل معظم الأراضي معدل الهطول المطري يكون هو عامل التحديد و الذي من شأنه أن يعطي التصنيف للدورة الحياتية .
نمو الأشجار يتطلب هطولاً مطرياً بمعدل 75 سنتمتر أو أكثر سنوياً ، فالمناطق التي تمتلك هذه المعدلات من الهطل تسمى غابات ، المناطق التي يكون فيها معدل الهطول بين 25 و 75 سنتمتر تسمى مناطق أعشاب ، المناطق التي يكون فيها الهطل أقل من 25 تسمى صحراء .

المكونات الحية : و تشمل كل العضويات الحية . و تصنف لمجموعتين رئيستين :

المنتجات : مثل النباتات الخضراء و البكتريات القادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي أي تحول الطاقة الإشعاعية إلى طاقة كيميائية ، 99% من العضويات الحية هي ضمن هذه المجموعة .
العضويات التي تتغذى على المنتجات تسمى مستهلك أولي و العضويات التي تتغذى على المستهلك الأولي تسمى مستهلك ثانوي أو آكلات اللحوم، المستهلكات التي تتغذى على النباتات و الأعشاب تسمى آكلات كل شيء ، الحيوان الذي يقتات على حيوان آخر يسمى المفترس .العضويات التي تتغذى على عضويات أخرى و تسبب لها الأذى دون قتلها تسمى الطفيليات ، الكائنات التي تتغذى على بقايا الحيوانات الميتة تسمى القَمامة .بقايا النباتات كالأخشاب و أوراق الشجر تتعفن و تتحلل بفعل عضويات مجهرية مثل البكتريا والفطور .
لتقدير التغير والتوازن في دورة الحياة هناك مفهومين اساسيين : الطاقة الكامنة الحيوية biotic potential و المقاومة البيئية environmental resistance .الطاقة الكامنة الحيوية هي قدرة الكائنات الحية على التكاثر و إعادة إنتاج نوعها ، أي اجتماع كل العوامل المساعدة في عملية إعادة إنتاج النوع مثل : معدل النسل والقدرة على الهجرة ،القدرة على الصمود في وجه المفترسات، القدرة على التكيف مع ظروف البيئة .
المقاومة البيئية يقصد بها كل العوامل التي تعيق توالد و بقاء الكائن الحي مثل :نقص الغذاء ،نقص الماء ، نقص الموطن الجيد ، ظروف المناخ الصعبة و عدم القدرة على التكيف ،الأمراض ، وجود المفترسات ،الطفيليات ، المنافسة على موطن الغذاء مع مجموعات أخرى من نفس النوع .
لكي يكون هناك توازن في نظام الدورة الحياتية لابد من حصول توازن بين العاملين السابقين و غياب التوازن عنهما يعني أن نظام الدورة الحياتية يخضع لتغيرات وهذه التغيرات قد تتسبب في تدمير الوسط البيئي.
على سبيل المثال قارة أوقيانوسية (استراليا) لم تعرف حيوان الأرنب على أرضها حتى جلبه لها بعض المهاجرين الإنكليز وتكاثر بمعدل كبير جداً مما شكل تهديداً خطيرا لقطعان الماشيةً بسبب استهلاك الأعشاب الخضراء من قبل الأرانب المتكاثرة بأعداد ضخمة .

5-1-2التنوع الطبيعي : Biodiversity

التنوع الطبيعي هو وجود الجينات الوراثية ،الأصناف الحية ، الدورة الحياتية في منطقة أو بقعة جغرافية محددة و هي تعني تنوع الحياة. the variety of life
التنوع الجيني Gentic diversity يشيرإلى تنوع الجين ضمن الأصناف الحية مثل مئات العروق البشرية التي تعيش على شبه القارة الهندية .
تنوع الأصناف species diversity هو عدد الأصناف الحية الموجودة في بقعة جغرافية معينة .
تنوع الدورة الحياتية Ecosystem diversity الفروقات بين كل دورة حياتية من حيث الكائنات الحية المستوطنة و أسلوب التكاثر و البقاء .
تكمن أهمية دراسة التنوع الطبيعي في ارتباطه الوثيق مع حاجات المجتمعات البشرية أي التوازن الصحيح بين حاجات الإنسان المختلفة للطبيعة و بين قدرة الطبيعة على توفير هذه الحاجات بشكل مستمر .

قيمة التنوع الطبيعي :

قيمة جمالية : على مر العصور تغنى الفنانون بوصف جمال الطبيعة سواء في الشعر أو الرسم أو النحت ، إن الجمال الطبيعي هو شيء مؤثر في النفس البشرية و بدونه تفقد الحياة نكهتها و متعتها و هي حق للأجيال القادمة يجب علينا ألا نضيعه .
منذ عام 1960 تطور مفهوم السياحة الطبيعية ecotourisim مثل زيارة الأدغال ، البحيرات والشلالات ، الصحراء ، قمم الثلوج كل هذه الأنشطة زادت من معدل النشاط السياحي العالمي.
قيمة علمية : المواد الأولية في المختبرات العلمية المختلفة كلها من مخزون الطبيعة مثلاً لو فكرنا بالمواد الأولية الداخلة في صناعة الأدوية لأدركنا تأثير الإخلال بالتنوع الطبيعي على صحة الإنسان
قيمة تجارية : إن أعمال قطع الأشجار و صيد السمك الجائر هي أكثر ما يهدد التنوع الطبيعي كذلك أعمال التعدين ، صيد اللؤلؤ ، المتاجرة بفراء الحيوانات ، عاج الفيل ، جلود الزواحف ....
الصيد الجائر لصنف معين من الأحياء قد يهدد بانقراض هذا الصنف و بالتالي توقف التجارة المرتبطة به .
قيمة استهلاكية : مثل تحويل غابة إلى أرض زراعية أو تجفيف أرض رطبة لبناء طريق.

أسباب خسارة التنوع الطبيعي :

- ازدياد التعداد السكاني و الاستهلاك المتزايد لمصادر الطبيعة .
- عدم وجود توازن أو تعويض لأعمال الصيد البحري و قطع الأشجار .
- السياسات الاقتصادية التي لم تنجح باحفاظ على البيئة و مواردها .
- النقص في المعرفة حتى الآن لا يزال العلماء مفتقرين للمعرفة الجيدة بطبيعة الدورة الحياتية و بخصائص العدد غير المحصور للأصناف الحية .

المناطق المهددة بيئياً في العالم :

و تسمى أيضاً المناطق الساخنة و هي المناطق المهددة بفعل النشاط البشري و تعد كمثال حي لخطورة حصول الانقراض لبعض الأصناف الحية ، كل هذه المناطق الغنية جداً بالتنوع الطبيعي
بسبب تشكيلها الجغرافي، كمثال 20 % من نباتات العالم تتواجد على مساحة تشكل 5% من سطح الكرة الأرضية ، تشمل البقاع الساخنة : كولومبيا ،الإيكوادور ، البيرو ،جزيرة مدغشقر ،شمال وشرق بورنيو ،شمال شرق استراليا ، غرب افريقيا ،و غابات البرازيل .
التنوع النباتي هو المقياس لاعتبار أي بقعة في العالم كبقعة ساخنة حيث يجب أن تحوي على الأقل 1500 صنف حي محلي و 5 % من الإجمالي العالمي .و بالنسبة لتأثير النشاط البشري يجب أن تكون البقعة قد فقدت مالايقل عن 70 % من موطنها أو أرضها الأصلية بفعل النشلط البشري.

إن كل بقعة ساخنة قد خسرت 70% من حيواناتها الفقارية .
يزداد خطر التهديد البشري لأي بقعة في العالم كلما ازدادت كثافة التنوع الطبيعي فيها ،ال 25 بقعة الساخنة في العالم تضم 44% من أصل كافة الأصناف النباتية في العالم و35 % من أصل كل الأحياء الفقارية و هي تشكل 1,4% من أصل مساحة الكرة الأرضية.
إن الكثير من البقع الساخنة في العالم هي جزر حيث أن ظهور الكائنات الحية تتطلب عزل الوسط لهذه الكائنات عن كائنات أخرى لحقبة جيولوجية طويلة، إن الدورة الحياتية البيئية في الجزر هي نظام ضعيف و هش حيث أن معظم الأصناف الحية التي انقرضت من على سطح الأرض تواجدت في الجزر، الأصناف الحية في الجزر ليست منتشرة في باقي بقاع العالم حيث أنها مقيدة بموطنها الأصلي الذي تكيفت معه بالإضافة أنها لا تستطيع التعايش مع أصناف جديدة يتم إدخالها لهذه الجزر
التنوع الطبيعي الغني للبقع الساخنة قد لفت نظر الإنسان إليها فغزاها الصيادون و من ثم أقام فيها المزارعون و انتشرت تجارة البضائع الثمينة من أصل حيواني أو نباتي كالفراء و جلود الزواحف و اللؤلؤ و البخور و..وغيرها ،خلال الخمسمائة عام المنصرمة تناقص عدد الكثير من المخلوقات حتى أصبح بعضها اليوم يعد على أصابع اليد .
11 بقعة ساخنة قد خسرت 90% من غطائها النباتي الأصلي .

3-1-5 أخطار تتهدد التنوع الطبيعي :

1- خسارة الموطن الطبيعي : إن خسارة الموطن الطبيعي هي العامل الأول في انقراض الكثير من الأصناف الحية ، فهي تهدد 89% من إجمالي الطيور في العالم و 83% من إجمالي الثدييات و 91% من إجمالي النباتات ،السبب الرئيس وراء فقدان الموطن الطبيعي هو النشاط البشري مثل الزراعة ، حفر المناجم و الأنفاق ، الصيد البحري والبري ....هذا التراجع في الموطن الطبيعي قد حصر تعداد الأصناف الحية في مساحات صغيرة ومعزولة و متبعثرة ، فأصبحت ظروف التكاثر أصعب و فرص البقاء على قيد الحياة لصغار الحيوانات أقل ،و مقدرة أقل على التكيف و مواجهة متغيرات البيئة ، و كنتيجة نهائية الانقراض .
إن الاستغلال الجائر البشري لموارد الطبيعة كالصيد يهدد 37% من إحمالي الثدييات و34% من إجمالي النباتات و 8% من إجمالي الزواحف ، هناك عامل آخر مهم هو غزو الأصناف الحية غير الأصلية و التي غالباً ما يجلبها الإنسان لزراعتها أو تربيتها في أرض ليست موطنها الطبيعي .
فقد تشكل الأصناف الجديدة منافساً على المرعى أو المغذيات أو تكون بحد ذاتها مفترساً للأصناف الأصلية التي لم تتكيف بيئياً مع هذا العدو الجديد .
غزو الأصناف الحية الجديدة يهدد 350 صنف من الطيور و361 صنف من النباتات ،الجزر هي البقع الجغرافية الأكثر عرضة وتأثراً بغزو الأصناف الغريبة .
بحدود نصف الغابات التي كانت تغطي العالم قد اختفت، و حيث أن الغابات قابلة للاستعادة بإعادة التشجير يجب دراسة معدل التشجير و معدل قص الأشجار، إن معدل قص الأشجار هو 10 أمثال معدل التشجير أي أن غرس شجرة واحدة يقابله قطع عشرة أشجار و المحصلة هي اختفاء الغابات ما لم يتم اتخاذ اجراءات فورية .
بحدود 60 % من الأراضي المائية wetlands في أوروبا قد تعرضت للتخريب على الرغم من كونها مصدر أساسي لمياه الشرب النظيفة .

2- التلوث البيئي : التلوث البيئي من شأنه أن ينقص التعداد للأصناف الحية أو إبادتها بالكامل في منتجع أوجكو الوطني في بولندا Poland’s Ojcow National Park 43 صنفاً حياً قد نفقت بسبب موجة شديدة من تلوث الهواء، كذلك الأحياء الدقيقة في التربة قد تضررت بفعل المعادن الثقيلة الناجمة عن المخلفات الصناعية و استخدام الأسمدة الكيماوية على نطاق واسع.
الأمطار الحامضية حولت الكثير من البرك والبحيرات في أمريكا الشمالية و اسكندنافيا إلى وسط لا حياة فيه بالكامل ،أيضاً تلوث الهواء قد دمر غابات بأكملها في أوروبا .

3- التغير المناخي : في العقود القادمة هناك تأثير جانبي للتغير المناخي و هو ارتفاع درجة حرارة الارض الذي سيؤثر بشكل خطير على وجود معظم العضويات الحية ، النشاط البشري و لاسيما الصناعة و استخدام وسائط النقل قد تسبب بازدياد نسبة 11 غاز من الغازات الموجودة في الغلاف الجوي وهذا يعني ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض بحدود 1 إلى 3 درجات مئوية خلال العقد القادم و سيرافقه ارتفاع في منسوب ماء البحر بين 1 إلى 2 متر ، إن ارتفاع درجة حرارة الأرض درجة مئوية واحدة يعني حصول تغير في حدود الأرض الطبيعية لبعض الأصناف الحية بحدود 125 كيلومتر باتجاه القطبين و 150 متر شاقولياً للأعلى فوق المرتفعات و قمم الجبال ، إن الأصناف الحية لن تكون قادرة على التكيف مع هذا التغير و من المؤكد أن خللاً سيصيب الدورة الحياتية.
في الولايات المتحدة 80 صنف حي مهدد بالانقراض في العقد القادم بسبب ارتفاع مستوى مياه البحر و التي ستغمر موطنهم الطبيعي .

4- النشاط الصناعي والزراعي : حتى هذا القرن نجح المزارعون في الحصول على تنوع واسع في المحاصيل الزراعية و مخلفاتها العضوية تتنوع و تختلف في كافة أرجاء العالم ،لكن التنوع الزراعي يتقلص باستمرار و السبب في ذلك يعود للبرامج الحديثة المتبعة في تطوير الزراعة و النتيجة كانت الحصول على نوعيات من المحاصيل الزراعية تتجاوب بشكل أفضل مع الماء، بأسلوب مماثل يتم تحويل الغابات إلى حقول زراعية منتجة أو غابة من الأشجار المثمرة.

5- الصيد الجائر للحيوانات البرية : يتم اصطياد و قتل الحيوانات البرية بعيداً عن رقابة القانون و ذلك للاستفادة من لحومها أو جلودها و فررائها ، أو عظامها (عاج الفيل) أو لممارسة هواية الصيد أو القتل عن طريق الحوادث ،أهم دافع وراء القتل غير المشروع للحيوانات البرية هو المتاجرة بأعضائها الذي يدر مالاً وفيراً ،مثلاً الدببة على اختلاف أنواعها ينتفع من أعضائها لصنع العقاقير الطبية الصينية TCM ، يتم اصطياد بعض الغزلان للاستفادة من مادة المسك في أجسامهم في صنع المستحضرات التجميلية ، اصطياد الطيور الملونة للمتاجرة بها كطيور للزينة ، ريش الطيور للديكور ، السلاحف من أجل اللحم والحساء .
تقدر قيمة التجارة بالحيوانات البرية و أعضائها بحدود 20 بليون دولار،و أكثر من ثلث هذه التجارة غير شرعي .

تلوث المياه
Water Pollution

2-5مصادر المياه في العالم :

الماء الهاطل من السماء على الأرض هو المصدر الأساسي لمياه الري، و هو عبارة عن هطول مطري في المناطق الحارة و هطول مطري و ثلجي في المناطق الباردة، و هناك مصادر للمياه تسمى المصادر الثانوية و تصنف كالتالي :

- مياه سطحية
- مياه جوفية
- المياه المساعدة أو المتممة

هناك مصادر أخرى تسمى المصادر المصغرى أو المصغرة Microsources و هي الرطوبة و قطرات الندى .

تتم الدورة المائية الحيوية بحيث تكون كمية الماء ثابتة أي أن هناك توازن بين كمية الماء الهاطل و الماء المتبخر والماء الجاري على السطح و الماء المختزن في جوف الأرض .

الجدول المبين في الأسفل يعطي فكرة تقريبية حول مخزون الماء في العالم

عنصر التخزين	حجم الماء المختزن / مليار متر مكعب/	نسبة مئوية
المحيطات	1350400	97,6
قمم المرتفعات الثلجية	26000	1,9
المياه الجوفية و التربة الرطبة	7150	0,5
بحيرات الماء العذب	125	0,009
البحيرات الملحية	105	0,008
الأنهار	1,7	0,0001
الغلاف الجوي	13	0,001
الكمية الكلية	1384000	100

مصادر المياه السطحية :

تتكون مصادر المياه السطحية من الماء الجاري مباشرة كالشلالات ، ذوبان الثلوج ، الينابع المنبثقة من المياه الجوفية ، مياه الري تعتمد بشكل رئيس على هذه المصادر.

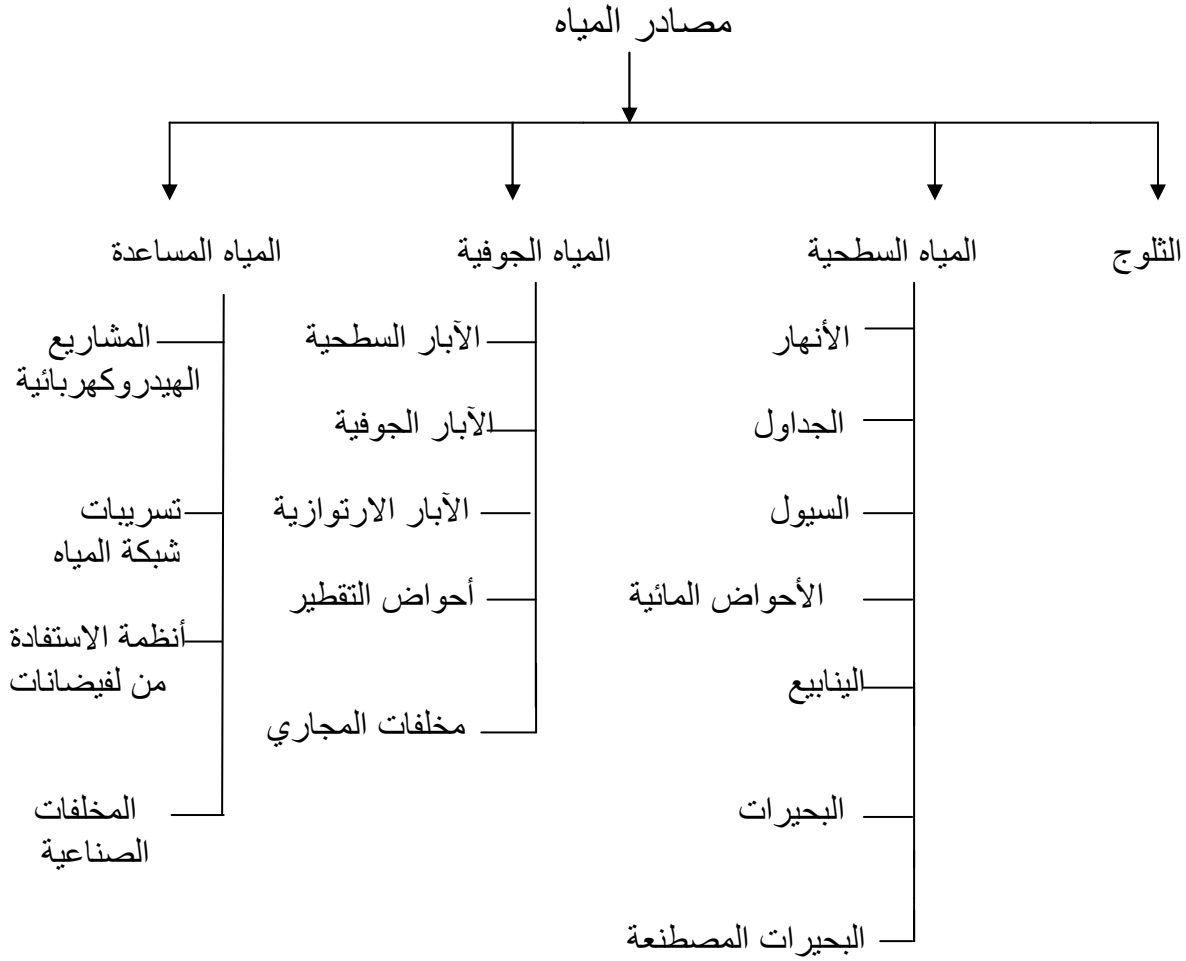
مصادر المياه الجوفية :

إن مصادر المياه الجوفية متبدلة و غير ثابتة وهي تزداد بازدياد أعمال الري و تعتمد على عاملين أساسيين : الهطول المطري و الطبيعة الجيولوجية للأرض.

المياه المساعدة :

و هي تشكل الفائض المتبقى أو مخلفات الماء الذي قد تم استخدامه للأغراض الرئيسية و التي هي غير استهلاكية أو نصف استهلاكية ،هذا الماء يمكن الاستفادة منه لأغراض الري سواء تمت معالجته أم لم تتم ، فمثلاً مخلفات المياه من مشاريع الطاقة الهيدروكهربائية ، ماء المجارير غير المالحة و ماء مشاريع التدفئة المركزية ، مخلفات الماء من المنشآت الصناعية ، إن بعض الماء يحتاج لمعالجة قبل استخدامه مثل معالجة مياه الصرف الحي .

هناك مشاريع الاستفادة من الفيضانات flood control system وهي تشكل مصدراً للمياه المساعدة حيث يتم اختزان جزء من مياه الفيضان ضمن بحيرات اصطناعية .



5-2-2مصادر تلوث المياه :

العناصر الملوثة للمياه منشأها مصدرين هما الطبيعة نفسها و النشاط البشري ،فمثلاً قسم من جزيئات الزئبق الموجودة في الغلاف الجوي مصدرها القشرة الأرضية في حين أن القسم المتبقي مصدره الانبعاثات الغازية الناجمة عن النشاط البشري .

يتم تصنيف مصادر تلوث المياه إلى مصدرين أساسيين مصدر نقطي point source و مصدر غير نقطي non-point source في المصدر النقطي يتم نقل التلوث إلى البيئة بواسطة الأنابيب المخصصة لأغراض الصرف الصحي ، محطات الصرف الصحي ،مخلفات المصانع .

هذا النوع من التلوث سهل المعالجة وذلك بوضع التشريعات اللازمة و مع هذا يمكن ظهور عوامل ليست في الحسبان .

التلوث غير النقطي ينشأ من ملوثات التربة و التي تدخل إلى الأجسام المائية من مناطق واسعة وليس من مجرد نقاط ،يحدث هذا النوع من التلوث عندما تتحرك الرواسب داخل وعلى سطح التربة حاملة معها الملوثات التي تم ضخها إلى الأنهار ،البحيرت ،المياه الجوفية ،مصبات الأنهار و المحيطات ، على الرغم من تبعثر و عدم تركيز هذا النوع من التلوث إلا أن آثاره التراكمية كبيرة جداً ، هذا النوع من التلوث يشمل : الزراعة ، مخلفات أعمال المناجم ، و الرواسب الناشئة عن أعمال التشييد .

المخلفات الزراعية :

المخلفات الزراعية تنشأ من النواتج المائية الفائضة للحقول الزراعية و مزارع تربية الحيوانات الزراعة الحديثة تستخدم عدداً كبيراً من المركبات الكيماوية و ذلك على شكل أسمدة كيماوية ، أسمدة عضوية ، المبيدات الزراعية ، المغذيات المختلفة ... جميع الأشكال الكيميائية لهذه المواد مع البقايا العضوية لمخلفات المحاصيل الزراعية تنحصر ضمن الماء الفائض، الماء الفائض من الحقول الزراعية غني بالمغذيات للتربة مثل النتروجين ، المواد العضوية ،الفوسفور...الخ.

المخلفات الصناعية :

المخلفات الصناعية لها تأثير أكبر من الزراعية في تلويث المياه ،إن مكونات المخلفات الصناعية تتغير و تتفاوت من صناعة إلى صناعة أخرى و أحياناً تتفاوت ضمن الصناعة الواحدة و ذلك حسب المواد الأولية المستخدمة في مرحلة التصنيع و عوامل التشغيل، يمكن أن تضم المخلفات الصناعية ملوثات من كل الأصناف بدأً من المركبات العضوية البسيطة وصولاً للمركبات الكيماوية شديدة السمية.

إن بعض الصناعات مثل صناعة السكر ،الألبان ،الورق ،دباغة الجلود ، التقطير تكون مخلفاتها غنية بالمواد العضوية ،في حين أن صناعات مثل تصفيح المعادن تطرح كميات كبيرة من المعادن الثقيلة و السيانيد في مخلفاتها ، الصناعات الكيماوية تطرح مخلفات ذات تنوع كيماوي واسع و له تأثير حمضي أو قلوي على الطبيعة .

مخلفات الصرف الصحي :

مخلفات الصرف الصحي تحتوي نسبة 99% من الماء و 1% من الأجسام الصلبة ،الأجسام الصلبة تحتوي مواد عضوية بنسبة 70% و مواد غيرعضوية بنسبة 30 % بالوضع الطبيعي، المواد العضوية تتكون من 65% بروتينات 25% كربوهيدرات 10 % مواد دسمة، المواد اللاعضوية تشمل الأملاح ،الحبيبات الرملية ،المعادن وذلك بنسب غير ثابتة .

مخلفات الصرف الصحي الغير معالجة أو المعالجة جزئياً يتم ضخها لأقرب مسطح مائي حيث تتسبب بحدوث تلوث للماء .

المياه الفائضة المتسربة :

الدخول الطبيعي للملوثات إلى المسطحات المائية يمكن أن يحدث من خلال : الأمطار من الغلاف الجوي باالدخول الجاف ،التفاعلات ،انغمار نباتات بالماء لفترة زمنية طويلة دون تجفافها بأشعة الشمسو على سطح الماء ،إن الماء الفائض المتسرب من المناطق المأهولة سكانياً و لاسيما المناطق الريفية يكون غني بالمغذيات ،الماء المتسرب من المناطق الحضرية يحمل العناصرالملوثة المختلفة القادمة من جوانب الطرق و الصرف الصحي وأسطحة الطرق و المناطق المفتوحة بالإضافة لمخلفات المنازل و المتاجروالمطاعم.

3-2-5تصنيف العناصر الملوثة للماء :

1- الملوثات المستهلكة للأوكسجين Oxygen Demanding Pollutants
الملوثات المستهلكة للأوكسجين هي تلك المواد التي تتأكسد عند دخول الأجسام أو المسطحات المائية و بالتالي تنقص من كمية الأوكسجين المنحل في الماء ،إن قيمة الأوكسجين المنحل بالماء هي بحدود 8 إلى 18 ميللي غرام لكل ليتر،و هي تتعلق بدرجة الحرارة و مقدار الملوحة،إن انخفاض قيمة الأوكسجين المنحل بالماء بسبب دخول هذا النوع من الملوثات سيؤثر سلباً على الأحياء المائية،بالإضافة لذلك فإن عملية الأكسدة لبعض العناصر غير العضوية يتسبب بانخفاض نسبة الأوكسجين المنحل بالماء ، رمي مخلفات النباتات و جثث الحيوانات النافقة في الماء سيؤدي لنفس النتيجة .
هناك عدة مقاييس عالمية لقياس معدل انخفاض الأوكسجين في الماء،منها المقياس البيوكيماوي BiochemicalOxygen Demand و يرمز له (BOD) و المقياس الكيماوي و يرمز له(COD)، المقياس BOD هو الأكثر استخداماً لمعرفة مستوى التلوث بالمواد العضوية و انخفاض قيمته هو دليل على فعالية أي منشأة لمعالجة المياه .

تفسير ظاهرة نقص الأوكسجين المنحل بالماء :
عند إلقاء مادة ملوثة عضوية في الماء فإن عضويات مجهرية ولاسيما البكتريا تتجمع عليها و تتغذى منها و تفتتها لأجزاء صغيرة عضوية و غير عضوية، عندما تحدث العملية السابقة بوسط هوائي (وجود الأوكسجين) تكون هناك نواتج كيماوية لهذا التحلل مثل ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) أكاسيد الكبريت (SO_4) رباعي الفوسفات (PO_4) و مركبات النترات (NO_3)
يمكن فهم العملية السابقة من خلال المعادلة الكيميائية التالية :

عضويات + O_2 ⟶ CO_2 + H_2O + نواتج مستقرة + خلايا جديدة

إن المؤشر BOD هو كمية الأوكسجين اللازم للعضويات المجهرية لتقوم بعملية التفكيك للعضويات المتحللة في الماء و ذلك ضمن وسط هوائي و عند درجة حرارة معينة .
المؤشر ($BOD_5 20\ ^0C$)هو مؤشر بريطاني من الهيئة الملكية البريطانية للتخلص من مخلفات الصرف الصحي ، الرقم(5) يقصد به خمسة أيام وذلك أن كل الأنهار في بريطانيا لا تحتاج أكثر من خمسة أيام لتصب في البحر ،كذلك فإن درجة الحرارة الوسطى لمياه الأنهار في فصل الصيف هي 20 درجة مئوية ،بشكل عام بحدود 70% من عملية الأكسدة تكون قد حصلت خلال فترة زمنية مقدارها خمسة أيام لذلك اعتمد هذا المؤشر عالمياً .

إن المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف تشمل مجموعتين رئيسيتين : المواد الكربونية و المواد الآزوتية ،المقياس BOD للمواد الكربونية هوكمية الأوكسجين اللازمة للعضويات المجهرية لتنجز عملية التحلل و التفكيك للمواد الكربونية ضمن الوسط المائي، و هي المرحلة الأولى لعملية الأكسدة المقياس BOD يعرف بأنه المؤشر الأولي .
بعد العملية السابقة تبدأ المواد الآزوتية بالتحلل و تسمى هذه المرحلة بمرحلة استهلاك الأوكسجين الثانية ، في الواقع الماء الملوث سيستمر بامتصاص الأوكسجين لفترة زمنية طويلة .
القيمة المطلقة BOD للماء الملوث هي نفسها كمية الأوكسجين المعادلة لوجود المواد العضوية أي أننا قمنا بقياس كمية المواد العضوية في الماء .
لقياس المؤشر بشكل تجريبي نحتاج وضع عينة من الماء الملوث ضمن زجاجة محكمة الإغلاق

من ثم قياس تركيز الأوكسجين المنحل في الماء عند بداية الاختبار ثم إجراء نفس القياس بعد مضي خمسة أيام ،الفرق بين القياسين هو المؤشر BOD_5 .
يجب عدم تعريض محتويات الزجاجة لأشعة الشمس لتجنب إضافة المزيد من الأوكسجين عن طريق عملية التركيب الضوئي ، بعدها يتم تخفيف تركيز الماء ضمن الزجاجة و الماء المخفف يتم إشباعه بالأوكسجين بتعريضه لتيار هوائي و هو يحتوي بذور المغذيات الأساسية ، حيث أن استهلاك الأوكسجين هو بحدود بضعة مئات من الميللي غرام لواحد ليتر قيمة الإشباع DO للماء عند درجة 20 سيلسيوس هي 9,1 ميللي غرام / ليترلهذا فإنه من الضروري تخفيف تركيز العينة للحفاظ على نسبة DO أكبر من الصفر .
المؤشر BOD_5 لعينة غير مخففة التركيز يحسب بالمعادلة التالية :

$$BOD_5 = (DO_i - DO_f) / P$$

DO_i : كمية الأوكسجين الأولية المنحلة للعينة .
DO_f : كمية الأوكسجين المنحلة بعد خمسة أيام .

P : عامل التركيز و يحسب بالعلاقة التالية :

عامل التركيز = (الحجم الكلي للماء الملوث) ÷ (حجم الماء الملوث + حجم الماء المضاف)

المؤشر الكيماوي COD :

المؤشر الحيوي BOD يستغرق على الأقل فترة زمنية مقدارها خمسة أيام و هي طويلة نسبياً بالنسبة للزمن اللازم لإتمام عملية معالجة الماء ، يمكن اللجوء للمؤشر الكيماوي كبديل من أجل حساب كمية المواد العضوية ،في عملية القياس الكيماوية يتم استخدام عنصر مؤكسد ضمن وسط حمضي لقياس كمية الأوكسجين المكافىء لوجود المواد العضوية ، تستخدم مركبات البوتاسيوم لإضافتها للعينة حيث يتم غليها ضمن الوسط الحمضي لمدة ساعتين و من ثم يتم تبريدها ، يتم قياس الرواسب المتبقية باستخدام كبريتات الأمونيوم .
يستخدم هذا النوع من القياس لقياس كمية المواد العضوية في المخلفات الصناعية الحاوية على مواد سامة للعنصر البشري .
من أجل نفس منشأة المعالجة القيمة COD/BOD_5 تتغير ضمن المجال 1,25 إلى 2,5 والرقم أكبر من 2,5 يعني أن الماء الملوث من الصعب جداً معالجته .

الكشف عن وجود الطفيلات :

كمثال على الطفيلات الدقيقة الموجودة ضمن وسط مائي هو بكتريا الكوليرا، التيفوس ،الزحار الحمى ، أو الفيروسات المسببة لأمراض عدة أيضاً. الديدان الطفيلية أيضاً من العضويات التي تعيش وتتطفل على حساب العضوية المضيف .
إن بعض المخلفات العضوية التي تلقى في الماء(جثث الحيوانات النافقة) هي مستودع لمئات الطفيليات المختلفة و التي ستتسبب بانتشار الأوبئة في الماء.
الأمراض المائية المنشأ هي التي يتم بها تلقي الطفيليات ليس عن طريق ماء الشرب فقط بل أيضاً عن طريق الماء المستخدم لغسيل الخضار و تنظيف اليدين،في البلدان النامية لا يمكن استخدام مياه الآبار السطحية و الينابيع مباشرة بسبب خطر الطفيلي Giardia و هو يصيب الأمعاء الدقيقة و يتم نقله

بواسطة الحيوانات البرية أو الإنسان و هو يشكل تهديداً كبيراً لسطح الماء و يعيش لفترة طويلة تصل لبضعة شهور و لا يمكن تدميره بالتعقيم بواسطة الكلور.
من الأمراض مائية المنشأ يرقة cercaria و هي نوع من الطفيليات تسبح ضمن الماء وتلتصق بجلد الإنسان لتخترقه و تصل إلى الدورة الدموية .
أمراض تصيب الجلد مثل الجرب و الجذام وورم الجلد الاستوائي ،أمراض تصيب العينين مثل Trachoma كلها ناجمة عن عدم معالجة الماء بالشكل السليم بما يحافظ على الصحة العامة للأفراد

المغذيات :
المغذيات هي العناصر الكيماوية مثل : الهيدروجين، الفوسفور، الكربون ،الكبريت ،الكالسيوم ، البوتاسيوم ، الحديد ، المنغنيز ...الضرورية لنمو وتطور العضويات، تحت شروط جودة و صحة الماء تعتبر العناصر السابقة ملوثات إذا ما تجاوزت نسبته في الماء نسبة معينة بحيث تؤثر سلباً على كل أو أحد استخدامات الماء الحيوية .
المصادر الرئيسة للنتروجين و الفوسفور هي الماء الفائض المتسرب ،المخلفت الحيوانية ،الأسمدة الكيماوية ، النتروجين أو الآزوت يمكن أن ترتفع نسبته في الماء عن طريق الأمطار الحامضية و بكتريا خاصة و بعض الأنواع من الطحالب الزرقاء التي تستمد النتروجين من الغلاف الجوي مباشرة ،المصدر الوحيد للفوسفور هو مواد التنظيف .
التركيز المرتفع لمادة النترات يتسبب بمرض methamoglobinemia أو الطفل الأزرق و تصيب الأطفال الرضع .

الأملاح :
الماء بالوضع الطبيعي يحتوي ضمنه تشكيلة من الأجسام الصلبة المنحلة أو الأملاح و ذلك عندما يخترق التربة والصخور، املاح مثل الصوديوم ،الكالسيوم ، المغانيزيوم ،البوتاسيوم و بعض الشوارد الكيماوية مثل شوارد الكلور و شوارد الكبريت و البيكربونات.
الطريقة الشائعة لقياس درجة ملوحة الماء هي الكم الكلي للأجسام الصلبة المنحلة total dissolved solids و يرمز بالاختصار (TDS) و يقاس بواحدة ميللي غرام لكل ليتر (mg /l)
بعض الأمثلة لقيمة TDS موضحة بالأسفل :
ماء عذب ..... أقل من 1500
ماء متوسط الملوحة ... 1500 – 5000
ماء مالح ..... أكثر من 5000
النشاطات البشرية التي تزيد من نسبة الملوحة في الماء هي :الصناعة ،الماء المالح الفائض المتسرب حصول التبخر من مسطحات الماء العذب ، الأراضي الزراعية .

الحرارة :
إن بعض مراحل التصنيع لبعض الصناعات يتطلب استهلاك كميات ضخمة من مياه التبريد، على سبيل المثال المفاعل النووي يرفع درجة حرارة 40 متر مكعب من الماء خلال ثانية واحدة فقط 10 درجات مئوية و ذلك أثناء مرور الماء ضمن جهاز التكثيف ، إذا تم اطلاق هذه الكمية من الحرارة إلى مصادر المياه فستعكس ذلك سلباً على الحياة المائية ،حيث أن الارتفاع في درجة الحرارة سيزيد الطلب على الأوكسجين و بالتالي ستزداد معدلات عمليات الاستقلاب الحيوية و تنقص نسبة الأوكسجين المنحل .

المعادن الثقيلة :
المعادن الثقيلة هي تلك المعادن التي تمتلك جاذبية أرضية أكبرمن 5 و هي شديدة السمية، و هي تشمل : الألمنيوم ، الزرنيخ ، بيريلليوم ، البزموت، الكادميوم ،الكوبالت ،النحاس ،الحديد ،الرصاص المنغنيز ،الزئبق ،النيكل ،السيلينيوم ، الثاليوم ، القصدير ، التيتانيوم و الرصاص .
و لهذه المعدن آثار مختلفة : اضطراب الجملة العصبية ، أضراربالكلية ، التسبب بالصمم و تحريض الأورام المختلفة .

المركبات العضوية الطيارة :
هي من أكثر الملوثات انتشاراً ضمن المياه الجوفية ، ونادراً ما تظهر ضمن المياه السطحية، وهي في معظمها إما مسببة للسرطان أو مغيرة للجينات .
مادة الفينيل كلورايد هي مادة معروفة من حيث تسببها بالسرطان للإنسان و تستخدم لإنتاج صمغ البولي فينيل كلورايد .
رباعي كلور الإيتلين يسبب أنواعاً من الأورام للحيوانات و يستخدم كمادة مذيبة ، ووسط ناقل للحرارة. يستخدم كمادة منظفة لتنظيف القطع الالكترونية و المحركات النفاثة و هو أيضاً مسبب للسرطان .
ثنائي كلور الإيتان مزيل شحوم المعادن و يستخدم في صناعة الغازات و الأبخرة الكيميائية و يدخل في صناعة مركبات الصابون ، يتسبب بتخريب الجهاز العصبي و الكبد و الكلى .
رباعي كلور الكربون يستخدم كمادة مذيبة و مادة إطفاء للحريق و هو ذو سمية عالية .

الملوثات النفطية :
النفط هو مزيج معقد من مواد كربوهيدراتية ونسبة ضئيلة من المعادن، و هو شديد السمية للحياة المائية و ينتشر بالماء على شكل بقعة طافية على سطح الماء أو على شكل مزيج زيتي غير متجانس منتشر أو مادة منحلة أو تراكمات حيوية ،إن سبب التلوث بالنفط هو الحوادث الواقعة لناقلات النفط البحرية ، التسريب من هذه الناقلات ، مصافي التكرير ، مخلفات وسائط النقل .

5-2-4الأضرار الناجمة عن تلوث المياه :

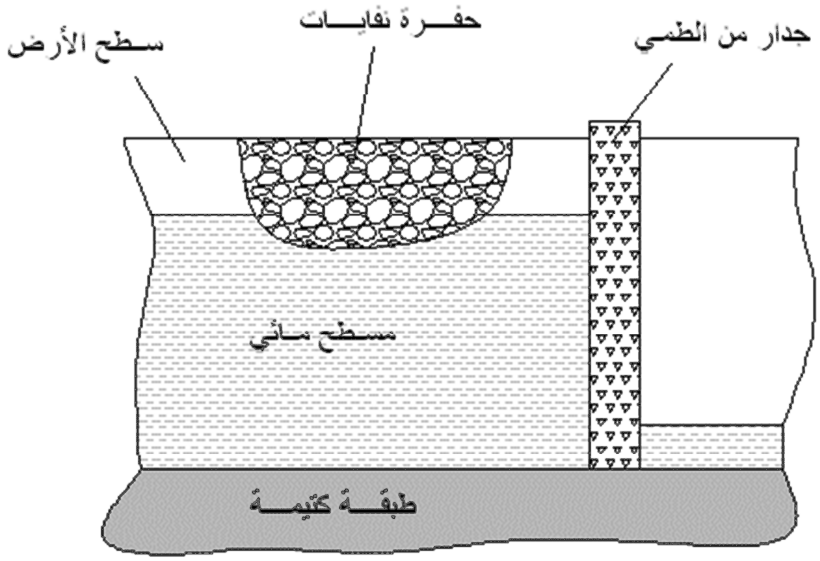
- الملوثات تعطي الماء لوناً و طعماً و رائحة فيصبح غير قابل للاستخدام و يفقد خاصيته الجمالية
- التغير الحاصل في الماء بنسب الأوكسجين، درجة الحرارة ،درجة القلويةpH يتسبب بتغير الخواص الكيماوية للماء و حدوث تفاعلات كيميائية جديدة ينتج عنه مركبات ضارة.
- المواد العضوية في الماء الملوث تخفض المؤشر DO .
- المغذيات في الماء الملوث تتسبب بانتشار و نمو الطحالب المختلفة.
- عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها الطحالب تطلق غاز ثاني أوكسيد الكربون و تزيد من درجة القلوية بسبب تشكل كربونات الكالسيوم وهذا يزيد من مخزون الرواسب التي تظهر بشكل طمي .
- الطفيليات المنتشرة بالماء الملوث تتسبب بظهور أمراض مائية المنشأ .
- المعادن الثقيلة و الكيماويات السامة المتراكمة بتراكيز عالية ضمن السلسلة الغذائية تتسبب بحدوث أضرارصحية جسيمة .
- الطحالب في المياه العذبة حساسة جداً تجاه الملوثات و غياب هذه الطحالب و عضويات أخرى مفيدة يكسر القانون الطبيعي (فريسة - مفترس) فهذه العضويات المفيدة هي غذاء طبيعي لكائنات مائية مفيدة .
- وجود المعادن الثقيلة ،السيانيد خارج الحدود المسموح بها سيخرب الحياة المائية .

حماية المياه الجوفية من النفايات :

إن المخزون من محتوى المياه الجوفية في العالم أصبح واحداً من أخطر القضايا العالمية، الجهود تبذل لحماية المخزون المائي الجوفي من التعرض لأي نوع من الملوثات، ففي المناطق التي لا تملك حمايات طبيعية للمياه الجوفية مثل الحواجز الطبيعية المكونة من الطمي وأحجار البازلت و الجليد, و الصخور الغرانيتية ، عند اختيار أماكن مكبات النفايات يجب التأكد من وجود حواجز طبيعية بين حفرة النفايات و حوض تجمع المياه الجوفية .

في حال عدم توفر الحواجز الطبيعية يتم بناء الحواجز الاصطناعية وهي نوعان : الحواجز الصلبة والحواجز الهيدروليكية ، الحواجز الصلبة تتكون من ستائر من الملاط grout curtains أو جدران من الطمي أو كومة من الصفائح المتراصة توضع حول حفرة تجمع النفايات Landfill لتمنع تسرب السوائل الملوثة باتجاه الحوض المائي ،الشكل (60 – ب) يوضح طريقة استخدام جدار الطمي حيث يتم حفر قناة ضمن طبقة صخرية كتيمة ثم يتم ملؤها بالماء والغضار (الفخار) ومادة البينتونيت وهذه الأخيرة تستخرج من الرماد البركاني وتستخدم كمادة عازلة حيث أن تعرضها للرطوبة سيجعلها تتمدد 8 إلى 10 مرات من حجمها الأصلي.

طريقة ستارة الملاط تعتمد على حفر عدة آبار قريبة من بعضها البعض وعلى خط مستقيم ومن ثم حقنها بخليط من المواد العازلة لسد مسامات التربة.



الشكل(60 – ب)

في طريقة الحواجز الهيدروليكية يتم حفر آبار متلاصقة على خط مستقيم ثم ضخ الماء منها على امتداد شاطىء البحر لمنع اختلاط الماء العذب بالماء المالح واستخدمت هذه الطريقة بنجاح في لوس انجلس وكاليفورنيا .

التنقية الذاتية لمجرى مائي طبيعي :

عندما يتم ضخ الماء الملوث إلى مجرى مائي طبيعي فإن المواد العضوية يتم تفكيكها بواسطة بكتريا إلى العناصر التالية :الأمونيا ، النترات ، الكبريتات ،الكربون ..الخ ، في هذه المرحلة من الأكسدة المحتوى من الأوكسجين المنحل للماء الأصلي يتم استهلاكه و يحصل نقص في الأوكسجين ، عندما تتوازن كمية المواد العضوية الزائدة تعاد الدورة من جديد ، مقدارالأوكسجين المفقود يتم تعويضه بالتعرض للهواء عن طريق احتكاك الريح بسطح الماء .نواتج عملية الأكسدة المذكورة سابقاً يتم استخدامها من قبل الطحالب و النباتات لإنتاج الكربو هيدرات و الأوكسجين .

مقاييس جودة نوعية الماء تتمثل على قدرته بصيانة أو تعويض نسبة معينة من الأوكسجين المنحل الذي سيحمي الدورة الطبيعية ضمن المجرى المائي .

طرق ومراحل معالجة مياه الصرف :

هناك ثلاثة طرق رئيسية لمعالجة مياه الصرف : المعالجة الفيزيائية ،المعالجة الكيميائية ،المعالجة البيولوجية ، أما مراحل المعالجة فهي :

1- المعالجة التمهيدية أو ماقبل الأولية Pre treatment وتشمل : كشط السطح لإزالة الأجسام الطافية ، نزع الحصيات المعلقة بالماء ، و مرحلة ما قبل المعالجة بالكلور .

2- المعالجة الأولية Primary treatment و هي طريقة فيزيائية حيث يتم التخلص من معظم الشوائب الصلبة بطريقة الترسيب Sedimentation .

3- المعالجة الثانوية Secondary treatment تعتمد أسلوب المعالجة البيولوجية .

5-2-5 معالجة مياه الصرف بالترسيب :

تحت تأثير قوى الثقالة الأرضية (وزن الأجسام) تتجه الأجسام المعلقة ضمن الوسط المائي بفعل وزنها نحو سطح القعرفي حين تبقى الأجسام خفيفة الوزن طافية قرب سطح الماء وهذه العملية تتأثر بالوزن الحجمي للأجسام ضمن الماء والوزن الحجمي للماء نفسه أو خليط السوائل .

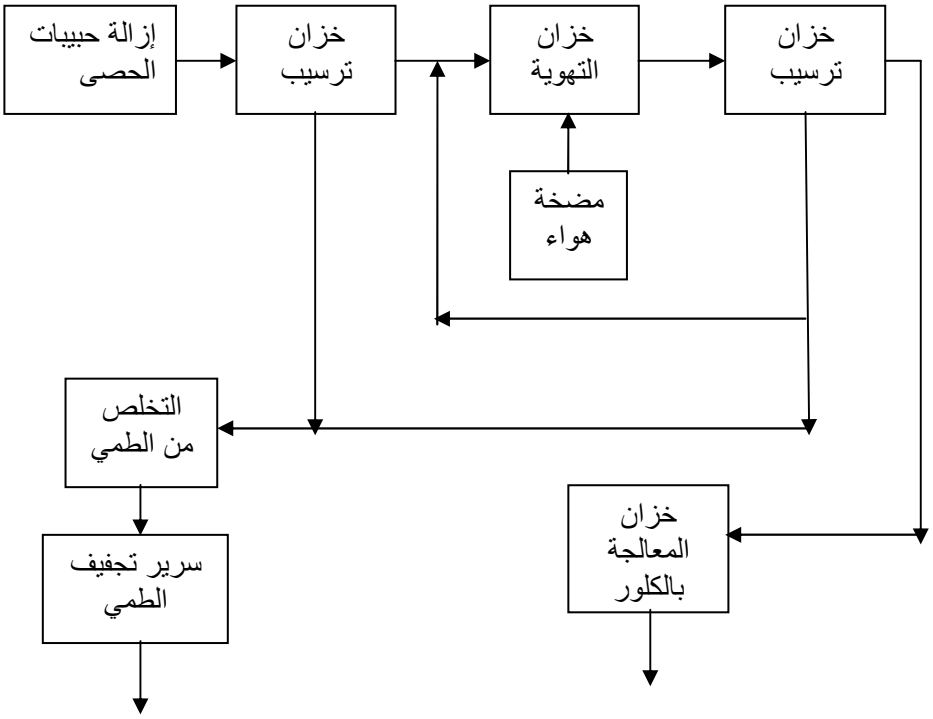
لو قمنا بوضع عينة من ماء الصرف ضمن أسطوانة زجاجية لوجدنا أن عمود الماء الأسطواني يتألف من عدة طبقات متوضعة فوق بعضها البعض وهي كالتالي من الأعلى نحو الأسفل :

- طبقة الماء النقي .
- طبقة انفصال الأجسام المعلقة، تبدأ الأجسام المعلقة بفعل وزنها بالاتجاه نحو قعر الأسطوانة
- طبقة الترسيب الأولى وتكون كمية الأجسام المعلقة أكثر من الطبقة الأولى .
- طبقة القعر الأولى تتراكم الأجسام فوق بعضها (تتوقف عن الحركة) مع وجود بعض الفراغات بين الأجسام .
- طبقة الترسيب السفلى (قاع الأسطوانة) تتوضع الأجسام المترسبة بشكل مضغوط (تتكدس بكثافة عددية كبيرة وينضغط حجمها نسبياً بحيث لا يبقى فراغات فيما بينها.

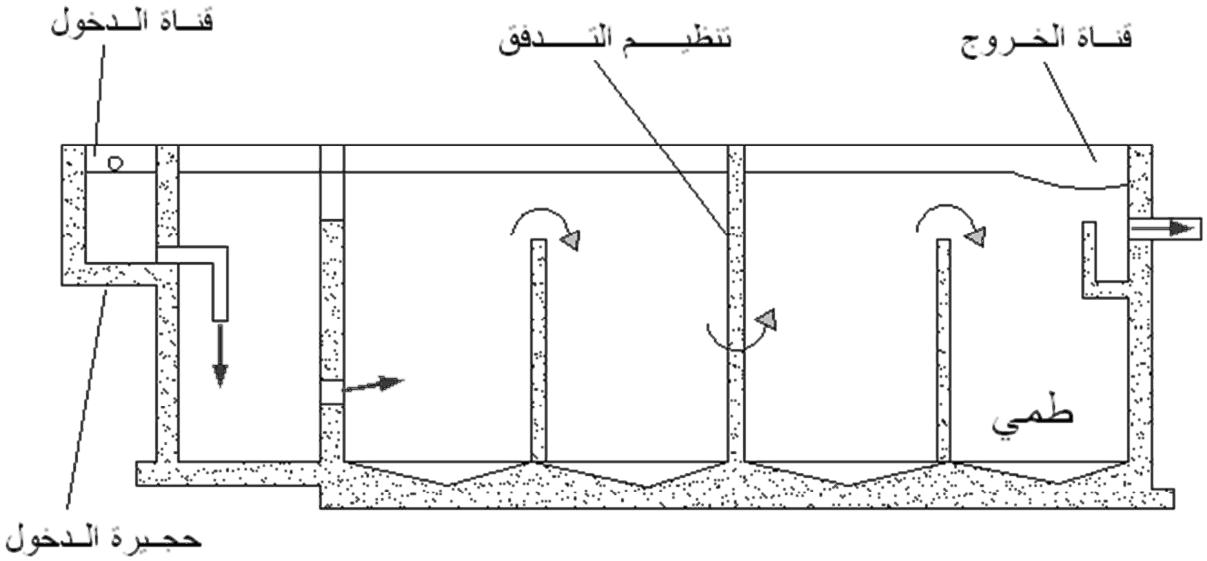
الزمن اللازم للأجسام حتى تستقر على سطح القعر يسمى بزمن الإعاقة أو التأخير القسري Detention period .

تبدأ عملية المعالجة بمرور الماء الملوث على مسطح خاص حيث يتم إزالة الأجسام الطافة الكبيرة بعدها يدخل الماء إلى حجرة إزالة حبيبات الحصى هنا يتم ترسيب الحصى الصغيرة جداً وحبيبات الرمل وهنا يتم الإستعانة بجهاز يسمى communitor و هو عبارة عن شفرات يقودها محرك كهربائي (مطحنة كهربائية) تقوم بطحن وتنعيم الحصى الخشنة بحيث يصبح من السهل التعامل معها يمكن لخزان الترسيب أن يكون مستطيل الشكل أو دائري الشكل، العامل المهم هنا هو تحديد معدل تدفق السائل ضمن الخزان بدقة حيث يجب تخميد الجريان وتشتيت الطاقة الحركية للسائل عند دخوله الخزان ومن المهم أيضاً التقاط وجمع الأجسام والعوالق الصلبة المستقرة في القاع بدون إحداث تيارات وجريان للماء خزان الترسيب يكون مزود بكاسحات للطمي المركز تدور ضمن خزانات الترسيب الدائرية الشكل و أحياناً يتم استخدام مضخات طاردة مركزية للتخلص من الطمي

المخطط الصندوقي التالي يشرح مراحل عملية معالجة ماء الصرف بالترسيب



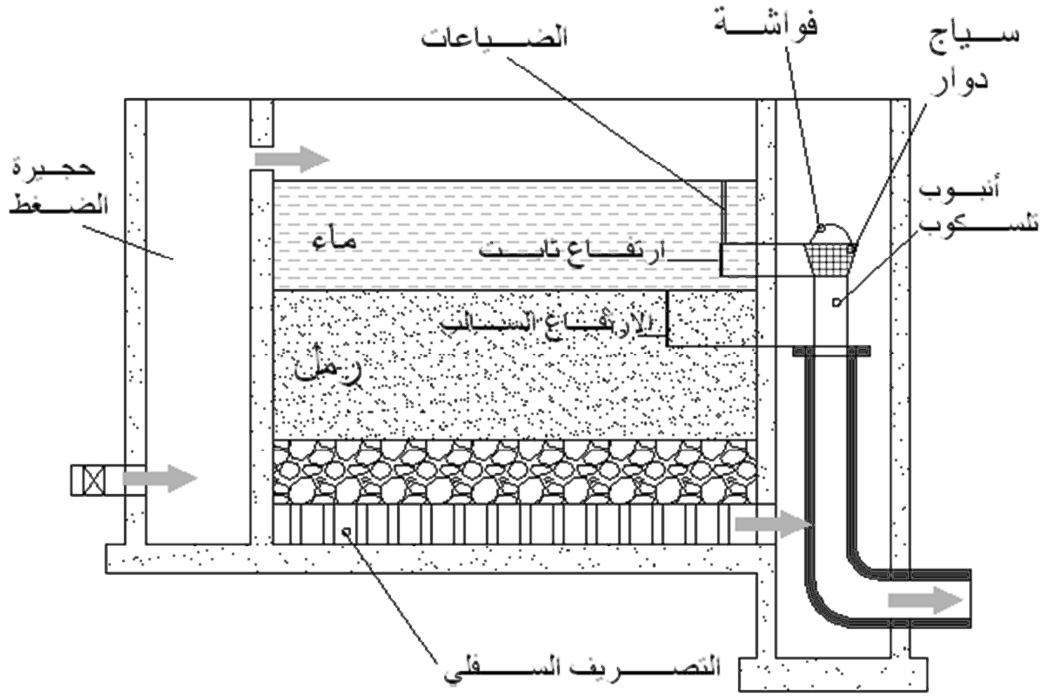
استخدام عملية الطحن والتنعيم تزيد من مردود محطة المعالجة كما تزيد من عمر التشغيل للمحطة
.الشكل (61) يوضح خزان ترسيب من النوع المستطيل



الشكل(61)

عملية الفلترة Filtration :
القشط من السطح :عندما يتم تمرير الماء ضمن شبكة مسامية فإن الأجسام العالقة تبقى على سطح الشبكة المسامية وهذه طريقة فعالة أكثر من طريقة الترسيب لكنها تصلح مع الأجسام الكبيرة نسبياً

عملية الفلترة السريرية Bed Filtration :
تجمع هذه الطريقة بين ثلاثة عمليات : الجزيئات الكبيرة الحجم التي لا تنفذ عبر ثقوب المصفاة تلتصق مع المصفاة .
الجزيئات صغيرة الحجم أصغر من ثقب المصفاة تعبر ثقوب المصفاة .
جزيئات أخرى مختلفة الأحجام تلتصق مع الجزيئات المصفاة وتشكل كتلاً معها .
مردود عملية الفلترة السريرية تعتمد على عدة عوامل : حجم ومقاس السرير ،نوعية وطبيعة الشوائب التي سوف تصفى ،درجة القلوية ، لزوجة السائل ،الضغط الهيدروليكي للسائل ،
هذه العملية تستخدم لتخليص الماء من الطمي والوحل .
الشكل في الأسفل (62) يوضح هذه العملية .



الشكل(62)

التنقية بالتبخير :
تحت تأثير الحرارة الماء وباقي مزيج السوائل ذات درجة الغليان المنخفضة تتبخر تاركة وراءها جسيمات صلبة غير منحلة ومعلقة ،هذه الطريقة تقلل من كفاءة السائل على تركيز المواد الكيماوية السامة بتدمير السوائل منخفضة درجة الغليان ، معدل التبخر يعتمد على الفروقات الحرارية بين السائل والوسط المحيط ، سطح السائل المعرض للهواء ،مقدار الأبخرة التي يتم إبعادها عن سطح السائل .

6-2-5المعالجة الهوائية : Aerobic Treatment
بوجود الأوكسجين المنحل في الماء والظروف البيئية المناسبة فإن بعض العضويات المجهرية تقوم بامتصاص المخلفات العضوية والتغذي عليها محولة إياها إلى شكل أبسط من المركبات الكيماوية مثل ثاني أوكسيد الكربون ،النترات ،الكبريتات ،والماء .
الأنسجة للخلايا المعقدة والمواد البروتينية تتحد وتتجمع كجزيئات يتم التخلص لاحقاً منها عن طريق عملية الترسيب ، هذه الطريقة تستخدم لإزالة العضويات، عملية التنقية أو المعالجة

البيولوجية الهوائية للمخلفات المائية الصناعية تتطلب اجتماع عدة عومل مع بعضها : عضويات مجهرية ، وسط مغذ للعضويات ، كمية مناسبة من الأوكسجين المنحل بالإضافة للظروف البيئية المناسبة ، إن أي مادة عضوية باستثناء الكربوهيدرات و الإيثر يمكن أكسدتها ضمن هذه العملية تأثير درجة الحرارة وطبيعة النشاط البشري الصادرة عنه المخلفات و المواصفات الفيزيائية للأجسام الصلبة ضمن الماء الملوث كلها عوامل تحدد قيمة المردود للعملية .
مواد السيانيد والفينول يمكن تدميرها بواسطة عضويات مجهرية خاصة لكن يلزمها فترة زمنية من التحلل ضمن الوسط .

عملية الوحل المنشط Activated sludge process :

في هذه المرحلة تتم عملية الأكسدة الهوائية للماء الملوث بواسطة نظام تعليق للأجسام الصلبة يتم تحضيره مسبقاً بحيث يكون هناك تغير وازدياد لبيئة البكتريا و بحيث يسمح للعضويات المجهرية أن تكون على تماس مع الماء الملوث ضمن خزان التهوية.
الماء الملوث وبعد عملية الترسيب الأولية يتم جلبه ليحتك مع الوحل الحاوي على كمية كبيرة من البكتريا كما يتم ضخ الهواء الحاوي على الأوكسجين لبقاء العضويات المجهرية ، العضويات المجهرية تقوم بامتصاص المخلفات العضوية وتحويلها إلى مركبات الكبريت والكربون.
النواتج الخارجة من خزان التهوية تمرر على خزان الترسيب حيث يستقر الوحل في القعر داخل خزان الترسيب وحيث أن البكتريا ستتواجد حتى بدون وجود أي مخلفات عضوية فإنها ستصبح نشطة لاكتساب المغذيات اللازمة للنمو، لهذا السبب تسمى هذه المرحلة بالنمو المنشط في هذه العملية يتم إعادة تدوير قسم من الوحل وتنشيطه من جديد وما تبقى من الوحل يتم التخلص منه .
مردود هذه الطريقة من المعالجة البيولوجية تتحكم به ثلاثة عوامل نسبة البكتريا الموضوعة ونسية المغذيات العضوية ضمن الماء وزمن عملية التهوية .
عملية التهوية يمكن أن تتم بطريقة التهوية بالخطوة step aeration حيث تتم عملية ضخ الهواء على خطوات بينها فواصل زمنية ثابتة مع بداية كل خطوة يتم ضخ كمية محددة من ماء الصرف و هناك أيضاً عملية التهوية المتناقصة Tapered aerationحيث يتم ضخ الهواء بكمية كبيرة مع بداية العملية ثم يتناقص الضخ بشكل تدريجي .
التهوية بالأكسجين : هذه الطريقة للتهوية هي الأكثر فعالية وتضاعف من مردود عملية المعالجة مبدأ عملها أن حجماً معيناً من الأوكسجين يمكن أن يمد البكتريا بالقدرة على الحياة لمدة أطول بكثير فيما لو استخدم نفس الحجم من الهواء .
يتم ضخ الأوكسجين إلى عدة حجيرات مغلقة ضمن كل منها مراوح توزيع سريعة الدوران التكلفة الزائدة باستخدام الأوكسجين الصرف يمكن تعويضها بزيادة المردود الكبيرة للعملية
المزايا الإيجابية لاستخدام الأوكسجين :
- ازدياد النشاط البكتيري بشكل كبير ، انقاص حجم الوحل ، تحسين مواصفات الوحل الفيزيائية مما يسهل عملية الترسيب .

المعيار Sludge Volume Index: SVI

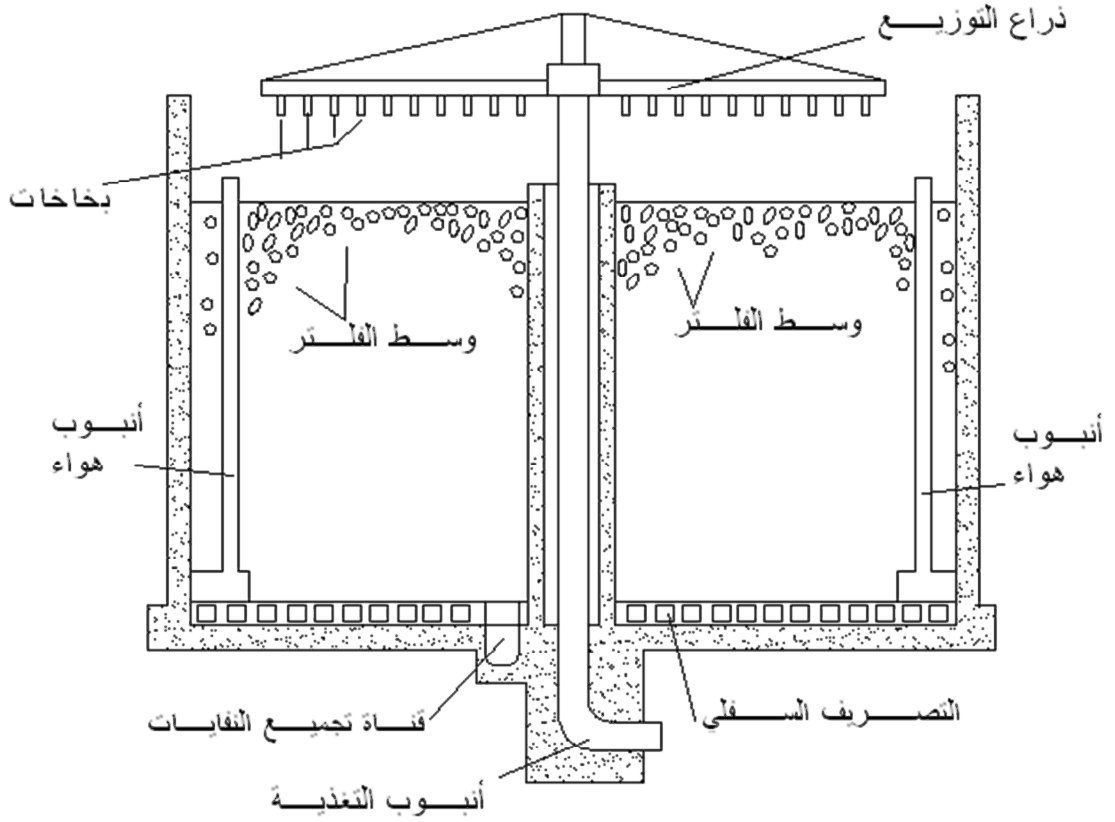
أحد العوامل المهمة في نجاح عملية المعالجة بالوحل المنشط هي القدرة على فصل المجهريات العضوية ضمن خزان الترسيب ،عملية ترسيب الجهريات الضعيفة يقابلها قيمة مرتفعة ل SVI و أسباب ذلك تعود إلى :
- التغيرات في درجة الحرارة .
- التركيز العالي للمعادن الثقيلة .
- النسبة غير الصحيحة بين البكتريا المطروحة والغذاء العضوي ضمن الماء .

يعرف المعيار SVI على أنه الفراغ الذي يشغله واحد غرام من الوحل بعد مدة زمنية قدرها ثلاثون دقيقة بدأً من لحظة وضعه في أسطوانة ترسيب حجمها واحد ليتر .
قيمة المعيار حتى الرقم 200 هي قيم مقبولة و أكثر من ذلك تكون غير مقبولة .

7-2-5 الفلترة بالتقطير Trickling filtration:

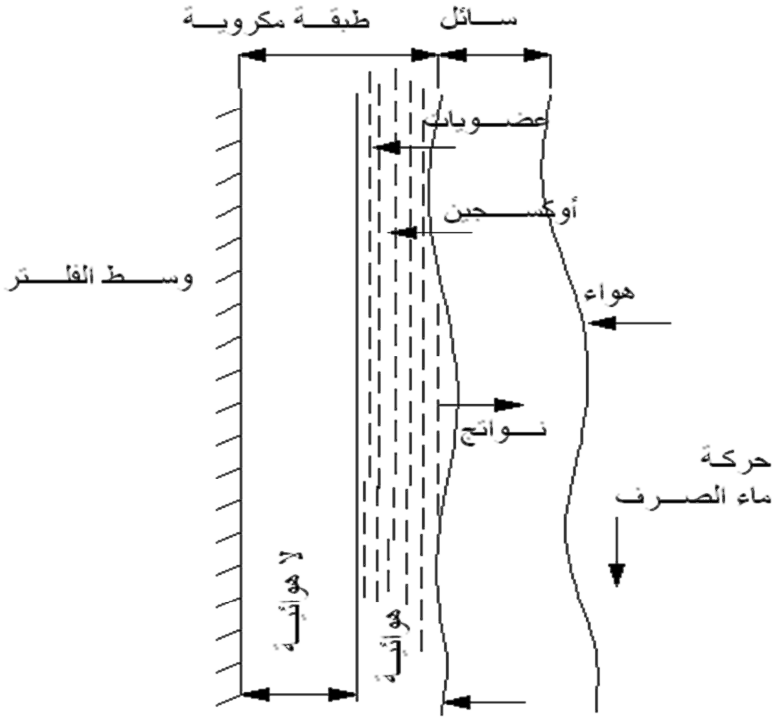
في هذا النوع من المعالجة يتم تجميع البكتريا وباقي العضويات المجهرية في سرير مسامي ذو مساحة كبيرة نسبياً حيث تسمح بنمو البكتريا على هذا السطح ويتم تمرير الأوكسجين ضمنها ، يتم بخ الماء الملوث فوق السرير بواسطة بخاخات متوضعة على ذراع دوار الماء يتغلغل ببطىء ضمن السرير في حين يتم أكسدة العضويات عند سطح السرير والبكتريا تقوم بنزع المواد العضوية من الماء.
في البداية استخدمت الصخور كسرير ووسط بيولوجي ثم استبدلت بالبلاستيك الذي يوفر مساحة سطح أكبر ويشغل حيزاً حجمياً أقل .
يجب إيصال الأوكسجين لقعر الفلتر لضمان حصول عملية التفاعلات البيولوجية للبكتريا لذلك يتم إدخال أنبوب هواء إلى أسفل الفلتر لمزج الأوكسجين بشكل جيد ضمن الوسط البكتيري .
النواتج الغازية يتم التخلص منها، المخلفات الصلبة الناتجة عن ألياف الخلايا العضوية تلتصق إلى الجسم المسامي لفترة من الزمن ثم تطرح مع المخلفات ، النواتج والمخلفات يتم جمعها على قناة أرضية من البلاط الفخاري أو ضمن خزان أسفل فلتر البلاستيك.

هذا النوع من الفلترة مناسب أكثر من طريقة الوحل المنشط في حال وجود مواد سامة ضمن ماء الصرف لكن إضافة كمية من المواد السامة بشكل مفاجىء وغير متدرج ستخل من عمل نظام الفلترة .الشكل (63) يوضح طريقة عمل هذا النظام .



الشكل(63)

تعتبر هذه العملية عملية نمو ملحق attached growth process لأن المؤكسدات التي تؤكسد المواد العضوية تلتحق بوسط الفلتر .الشكل (64) يوضح هذه العملية .



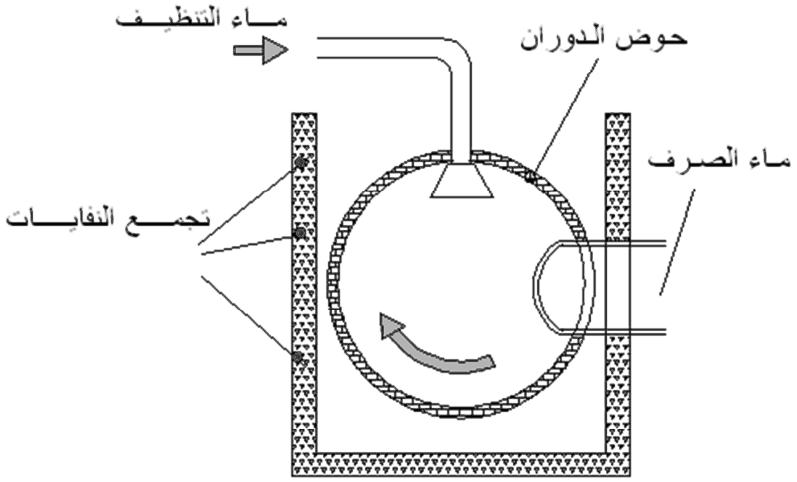
الشكل(64)

التنقية بالتخثير الكيميائي Chemical coagulation :

هذه الطريقة تستخدم للتخلص من الأجسام الصلبة المعلقة وذلك بتجميع الجزيئات الصغيرة بعضها مع بعض بواسطة مواد كيماوية خاصة بحيث يكبر حجمها ويثقل وزنها بحيث تترسب في خزانات الترسيب ، المواد الكيماوية المستخدمة تتعلق بخواص الأجسام المعلقة الكيميائية .
ويتبع هذه العملية الترسيب والفلترة.
تتيح هذه الطريقة بتجميع وتراكم المواد عل السطح ،المواد الكيماوية المستخدمة هي الألمنيوم ، مركبات الحديد ، مركبات الكلسيوم .
في السنوات الأخيرة تم استخدام البوليميرات ،أشهر المواد الكيميائية المستخدمة هي كبريتات الحديد ، كلورات الحديد ،كبريتات الألمنيوم ،أوكسيد الكالسيوم ، ماءات الكالسيوم ،كربونات الصوديوم .

استخدام المايكروسترينر The microstrainer :

الشكل(65) يوضح مبدأ عمل المايكروسترينر
يعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على القوة الطاردة أو القوة النابذة المركزية في حال الحركة الدورانية الجهاز عبارة عن حوض مغلق دائري الشكل له شكل الطبل يدور حول مركزه بسرعة دوران ثابتة جدران الحوض عبارة عن نسيج شبكي معدني، النسيج الشبكي يحتفظ بالعوالق كبيرة الحجم ضمن الحوض الدوار، يدخل الماء الملوث عبر فتحة خاصة إلى الحوض وهناك فتحة علوية يتم بواسطتها رش ماء نظيف للغسيل بضغط عال نسبياً لدفع الأجسام الصلبة باتجاه جدران الحوض ثم إلى قناة خاصة حيث تتجمع الأجسام الصلبة ومن ثم ترسل لخزان الترسيب ، النفايات السائلة والعوالق صغيرة الحجم جداً تعبر مسامات الشبك وتتجمع خارج الحوض ضمن قنوات خاصة.



الشكل(65)

8-2-5 الأحواض البيولوجية Lagooning :

هذه الطريقة منخفضة التكاليف وسهلة التصميم والتشغيل وهي تشبه إلى حد ما طريقة الوحل المنشط، يتم تعريض الماء الملوث الموضوع ضمن حوض قليل العمق(1 إلى 1,5 متر) إلى تيار من الأوكسجين بواسطة ضاغط هواء أو عن طريق تهوية السطح بواسطة مراوح ،تهدف المعالجة بهذه الطريقة لإزالة المواد العضوية المعلقة .

خلال فترة التهوية(الأكسدة) لا يوجد تناقص ملحوظ في محتوى ماء الصرف من المواد العضوية جزء من المواد العضوية الخام وغير المعقدة تتحول إلى خلايا طحلبية مستقرةAlgae cells هذه الأخيرة تسهم في توليد الأوكسجين بالاعتماد على ضوء الشمس.، البكتريا المجهرية تستفيد من الأوكسجين الذي تولده الطحالب في تغيير الموادالعضوية ضمن الماء .

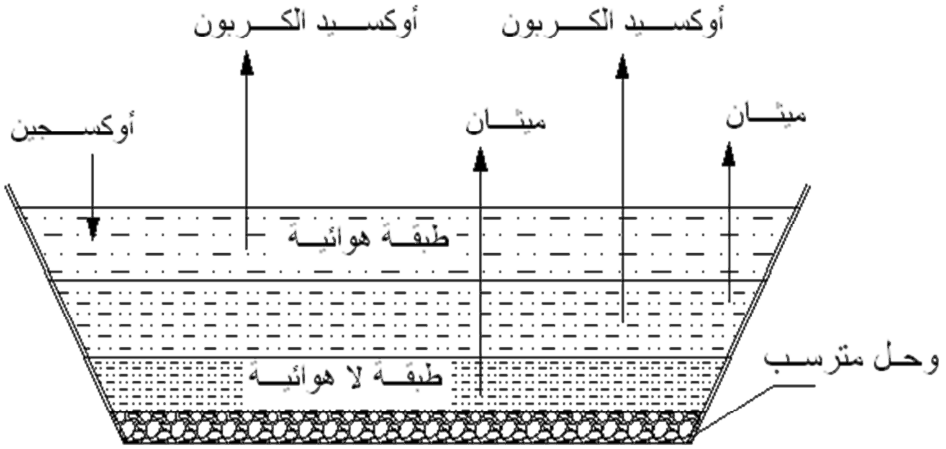
عوامل مؤثرة مثل درجة الحرارة ، درجة القلوية ،تركيز الأوكسجين المنحل بالماء ،ضوء الشمس وعامل آخر مهم هو وجود المغذيات بنسبة كافية لضمان تكاثر الطحالب .

هذا النوع من محطات المعالجة يجب أن يتم إنشاؤه على مسافة بعيدة عن التجمعات السكانية بسبب الرائحة الكريهة الصادرة عنه وبسبب استقطابه للحشرات .

الشكل (66) يوضح مكونات الحوض البيولوجي حيث تتجمع الأوحال والطمي في قعر الحوض تنطلق غازات الميثان وثاني أوكسيد الكربون من الطبقات الثلاثة للحوض الطبقة العلوية الملامسة للأوكسجين والطبقة العميقة اللا هوائية والطبقة الوسطى وتسمى Faculative Zone .

إزالة الأجسام المنحلة في ماء الصرف :

الأجسام المنحلة يمكن أن تتكون من عناصر عضوية وغير عضوية ،المواد غير العضوية المنحلة تظهر بنسب تركيز أعلى ضمن مخلفات ونواتج عمليات المعالجة الثانوية ، وهي عادة تحتوي على نسب من المعادن والفوسفات والنتروجين ووجود هذه العناصر الكيميائية ضمن المخلفات والنواتج يجعل من الضروري معالجة هذه المخلفات .



الشكل(66)

المواد العضوية في المخلفات لها ثلاثة مصادر رئيسية :
- المواد صعبة المعالجة ضمن عملية الوحل المنشط .
- المواد ضمن ماء الصرف والتي من الصعب تغييرها بيولوجياً .
- المواد العضوية المتسربة والتي تسربت من مراحل المعالجة .

الطرق الرئيسية لمعالجة الأجسام المنحلة هي :

1- المعالجة بالكربون المنشط Activated carbon process

يسمح للماء الملوث بالاحتكاك مع الكربون النشط لمدة زمنية قدرها ساعة واحدة حيث تقوم جزيئات الكربون بامتصاص الأجسام المنحلة ونزعها من الماء ثم تكون عملية الفصل بواسطة الفلترة، الماء الناتج سيكون خالياً من المواد العضوية المنحلة.
يتوفر الكربون النشط في الأسواق بشكل بودرة أو حبيبات ناعمة ولها القدرة على إزالة 80 % من المواد العضوية المنحلة في الماء .

2- المعالجة بتبادل الشوارد Ion exchange process :

هذه الطريقة هي الأكثر شيوعاً واستخداماً منذ حوالي ربع قرن وهي الأنسب للتخلص من الأملاح المعدنية مثل الحديد والمنغنيز و إزالتها من مياه الشرب .
وهي تعتمد على الخاصية الكيميائية لبعض العناصر على تبادل الشوارد الكيميائية مع العناصر الموجودة ضمن الماء كشوائب يراد التخلص منها ، حيث الأملاح غير العضوية الموجودة على شكل شوارد كيميائية تتبادل الشوارد .
يتم التفاعل على مرحلتين مع العنصر الكيماوي المسمى مبادل الشوارد RH ، ROH في التفاعل التالي أملاح كلور المغنيزيوم تطلق شاردة الكلور لتحل مكان الهيدروجين في تركيبة مبادل الشوارد ، يتم مبادلة الشوارد الموجبة cation:

$$2RH + MgCl_2 \longrightarrow R_2Mg + 2HCl$$

الشوارد السالبة anion مثل: CO_3^{--} ,Cl^- ,SO_4^{--} يتم مبادلتها بواسطة التفاعل التالي :

$$ROH + HCl \longrightarrow RCl + HOH$$

بعد استخدام مبادل الشوارد من الممكن إعادة تنشيطه لاستخدام جديد وذلك بالمعالجة بالحمض في حال تم حصول التفاعل الأول RH أو باستخدام مادة قلوية في حال حصول التفاعل الثانيROH حيث يتم استخدام حمض الكبريت كالتالي :

$$R_2Mg + H_2SO_4 \longrightarrow 2RH + MgSO_4$$

كما يتم استخدام الصود الكاوي كمادة قلوية للتفاعل من النوع الثاني حسب التفاعل التالي:

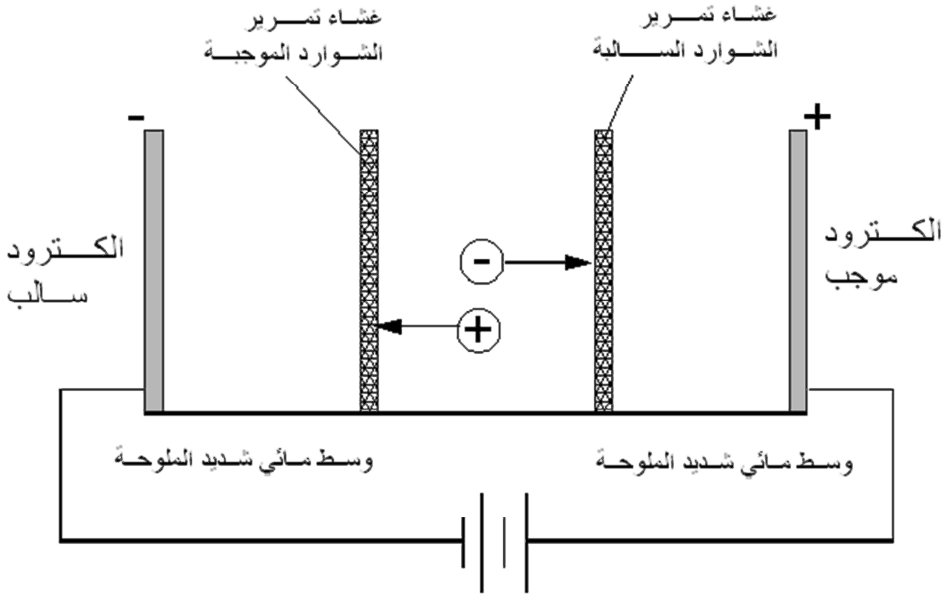
$$RCl + NaOH \longrightarrow ROH + NaCl$$

هناك صعوبة تكمن في حال كون الماء الذي سيتم نزع الشوارد منه يحتوي أجساماً صلبة معلقة حيث هذه الأخيرة سوف تسد وتعيق عمل مبادل الشوارد فتصبح عملية المعالجة أصعب .
و صعوبة أخرى تكمن في التكلفة العالية باستخدام هذه الطريقة.

المعالجة باستخدام المحلل الكهربائي Electrodialysis :

تعتمد هذه الطريقة على تقنيتين اثنتين :الأولى هي استخدام غشاء نفوذي ينتقي الأجسام أو الشوارد التي ستمر من خلاله ، والثانية هي استخدام عملية تحليل كهربائية لنزع الشوارد الكيميائية من ماء الصرف .

الشكل (67) يوضح مبدأ عمل المحلل الكهربائي



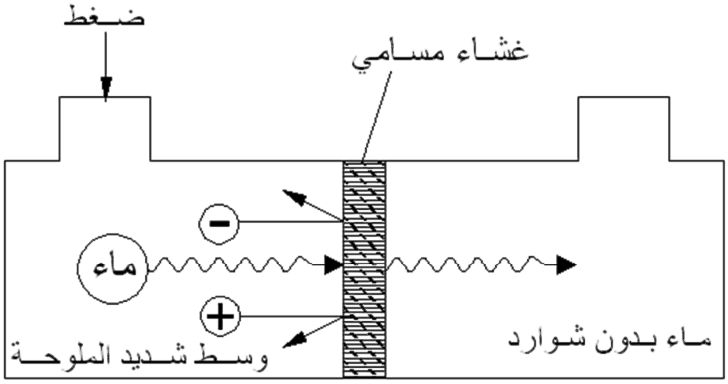
الشكل (67)

يتم وضع ماء الصرف ضمن حوض أو خلية ويمرر عبر الماء تياراً كهربائياً بواسطة مدخرة كما يتم غرس قطبين كهربائيين ضمن الماء (مصعد ومهبط) ،الشوارد الموجبة تتجه نحو القطب السالب والشوارد السالبة تتجه نحو القطب الموجب.
يتم وضع غشائين نفوذين على التعاقب ضمن الماء بحيث يصبح :

أحد الغشائين يسمح بمرور الشوارد السالبة فقط في طريقها نحو القطب الموجب في حين الغشاء الآخر يسمح للشوارد الموجبة فقط بالانتقال نحو القطب السالب.
الحيز أو المنطقة الحجمية من الماء بين الغشاء النفوذي و أحد الأقطاب الكهربائية (الكترود) يصبح شديدة الملوحة Brine وباقي الحيز الفراغي ذو تركيز منخفض من الملح ، الماء بين الغشائين هو ماء منخفض التركيز ومنزوع الشوارد Deionised water
من سلبيات هذه الطريقة صعوبة التخلص من الماء شديد الملوحة و عدم القدرة من إزالة الجزيئات العضوية الموجودة ضمن ماء الصرف .

5-2-9طريقة التناضح العكسي Reverse osmosis :

تسمى هذه الطريقة بالفلترة القصوى Super filtration أو الفلترة المختلطة Hyper filtration
مبدأ العمل يرتكز على القاعدة الكيميائية التالية :
في حال وجود سائلين أحدهما عال التركيز والآخر منخفض التركيز متوضعين على جانبي غشاء مسامي فإن الماء سينتقل من الوسط منخفض التركيز إلى الوسط العالي التركيز.
في طريقة التناضح العكسي يتم إحداث تدفق للماء معاكس للتدفق المذكور حسب القاعدة الكيميائية السابقة .
يتم هنا إجبار الماء الملوث وتحت تأثير ضغط كبير على المرور عبر غشاء مسامي نصف نفوذي يسمح بمرور الماء فقط ويمنع مرور الشوارد المنحلة ،عندها يمكن الحصول على ماء نقي خال من الشوارد الكيميائية ، قيمة الضغط المطبق لدفع الماء هي بحدود 600 psi لإجبار الماء النقي على المرور ضمن الغشاء.
الشكل (68) يوضح هذه العملية حيث يلاحظ الماء عالي تركيز الملوحة على الجانب الأيسر للغشاء في حين ينفذ الماء المنقى من الشوارد عبر الغشاء ويستقر على الجانب الأيمن له .



الشكل(68)

لهذه العملية من التنقية ميزة هامة وهي إزالة الشوائب العضوية وغير العضوية من المخلفات والنواتج لعمليات معالجة المياه ، الغشاء النفوذي المستخدم في عملية التناضح العكسي وعملية المحلل الكهربائي يجب أن يمتلك صفتين أساسيتين :السماح بتدفق الماء ومنع واستبعاد الأملاح لذلك يصنع الغشاء من مزيج من الأسيتون ،المغنيزيوم ،السيليلوز ، الفورم أميد وهذه المواد قد أثبتت نجاحها .
الغشاء المسامي يتم استبداله في المستقبل بعد فترة معينة من التشغيل ومن المواد الاقتصادية التي يصنع منها الغشاء مادة بوليميرات الإيثيلين .

يجري تطوير أبحاث حول نفس المبدأ في التنقية باستخدام **الكلية الصناعية** Industrial Kidney والتي تشابه في وظيفتها وعملها كلية الحيوان .

10-2-5المعالجة اللاهوائية Anaerobic Treatment :

في الظروف التي ينعدم أو يقل وجود الأوكسجين وعند فقدان الأوكسجين المنحل في الماء فإن نوعاً معيناً من العضويات والبكتريا المجهرية اللاهوائية تقوم بامتصاص المواد العضوية المركبة الموجودة ضمن ماء الصرف ومن ثم هضمها، وهي نوعان العضويات المائية والعضويات المصنعة للميثان ، العضويات المائية تقوم بتحويل المواد العضوية المعقدة إلى جزيئات قليلة الوزن على شكل حمض وكحول ، ثم يأتي دور البكتريا المشكلة للميثان حيث تحول النواتج السابقة لميثان وثاني أوكسيد الكربون .

هذه الطريقة تستخدم لإزالة المركبات المعقدة العضوية والأجسام الصلبة الطيارة.

ميزة هذا النوع من المعالجة أن العملية يمكن أن تتم في قعر الماء دون الحاجة لسطوح مائية كبيرة معرضة للهواء، هي قليلة التكلفة لكن من سلبياتها أن النفايات و الفضلات ذات نوعية رديئة ليست بجودة تلك الناتجة عن المعالجة الهوائية حيث أن لونها قاتم وذات رائحة وخازة وتمتلك نسبة عالية من BOD .