

## الاصحاح البيئي Environmental sanitation

الاصحاح البيئي: هو المحافظة على الأوضاع الصحية في البيئة، من خلال إجراءات وطرق معالجة يتم اتباعها للسيطرة او الحد من العوامل البيئية ومسببات التلوث لتتناسب مع حياة الإنسان وجميع الكائنات الحية، وبالتالي لا يختلّ التوازن البيئي وتستمرّ الحياة من خلال بيئة صحية للحياة على الأرض.

### العوامل المؤثرة في البيئة

يمكن تقسيم العوامل والمؤثرات التي تؤثر على البيئة الى ثلاثة اقسام:

1. عوامل ومؤثرات طبيعية .
2. عوامل و مؤثرات بشرية
3. عوامل ومؤثرات طبيعية – بشرية

### اولا: عوامل ومؤثرات طبيعية

يقصد بها الحوادث التي تقع في البيئة ، نتيجة عوامل ومؤثرات خارجية عن نطاق الانسان ليس له علاقة مباشرة او غير مباشرة في حدوثها .

وتقسم العوامل والمؤثرات طبيعية في البيئة الى أربعة انواع:

1. عوامل ومؤثرات ارضية
2. عوامل ومؤثرات جوية
3. عوامل ومؤثرات مائية
4. عوامل ومؤثرات حيوية

**العوامل والمؤثرات الأرضية:** وهي الأحداث التي تحدث في باطن الأرض وتظهر أثارها على السطح ، وقد بدأت نشاطها منذ ان تكونت الأرض ولا زالت تحدث ومنها باطنية وتشمل البراكين و الزلازل والسطحية وتشمل التصدعات والانزلاقات وتعتبر البراكين والزلازل اهم العوامل التي تؤثر في البيئة ولها اثار ايجابية حيث تعمل البراكين على رفع مناطق وخفض مناطق اخرى من سطح الأرض ،كما وتخرج المعادن من باطن الأرض لسطحها اما اثارها السلبية عديدة انها تبتث الغازات والابخرة المضره فتسبب في تلوث البيئة بكافة اشكالها كما تسبب في اشعال حرائق الغابات وفي تدمير المستوطنات البشرية وقتل الانسان والحيوانات والنباتات

**العوامل والمؤثرات الجوية:** وتشمل الظواهر الجوية التي تقع في البيئة الجوية كالرياح والاعاصير والبرق والرعد وغيرها من الظواهر الجوية حيث تعمل الرياح على نقل الملوثات الى مناطق بعيدة عن مصادر تكوينها كما تعمل على تشتيت الملوثات العالقة في الجو بنشرها في الغلاف الجوي كما ان الرياح السريعة والقوية قد تسبب في تدمير البيئة .

**العوامل والمؤثرات المائية:** وتشمل الفيضانات والمياه الجارية والسيول والفيضانات: هو تراكم أو تجمع قدر كبير من المياه التي تغمر الأرض. وبمعنى "المياه المتدفقة"، يمكن أيضا أن تنطبق على تدفق من المد والجزر. يأتي الفيضان غالباً بسبب هطول الأمطار الغزيرة وقد تنجم عن زيادة حجم المياه في مجرى مائي، مثل النهر أو البحيرة، والتي تتجاوز أو تتعدى الجبايات، ونتيجة لذلك يتعدى بعضا من الماء حدوده الطبيعية. وأغلبها تكون ضارة، لأنها تتلف المنازل، وقد تتسبب في جرف الطبقة العليا للتربة تُوجد أسبابٌ مختلفة قد تنتج عنها الفيضانات، ومن أهمها الزيادة الكبيرة في مُعدّل تساقط الأمطار على منطقة مُعيّنة، حيث يكون مُعدّل الهطول أكبر من العادة لفترةٍ زمنيّةٍ قصيرة، أو بسبب ذوبان كمّيّات كبيرة من التلّوج بمُعدّلٍ أسرع من العادة، ممّا يسمحُ بتصريف مياهها، أو حتى بسبب انهيار السدود أو وقوف الانجرافات الأرضيّة التي تُؤدّي إلى انسداد المجرى النهريّ وحدوث فيضان في منطقة مُعيّنة. وبعض الفيضانات تحدث بشكلٍ سريعٍ ومُفاجئٍ، كالسيول، فقد لا تأخذُ سوى دقائق قليلة قبل وقوعها دون وجود أي علامات واضحةٍ مُسبقاً عليها، ومن الممكن أن تحدث أيضاً تدريجيّاً؛ إذ من المُمكن أن يستغرق حدوث الفيضان أيّاماً أو حتى

شهور تُعتبر المناطق المنخفضة أكثر عرضةً لحدوث الفيضانات؛ وذلك بسبب التدفق الطبيعي للماء نحوها من المرتفعات لا ينحصر أثر الفيضانات فقط على الأفراد، وإنما يتعدى لتتسع رقعته ويطل مجتمعات كاملة، مؤثراً على جوانب كثيرة؛ أبرزها النواحي الاقتصادية، والبيئية، والاجتماعية، ولكن الأثر بنوعيه الإيجابي أو السلبي يتباين في حدته وتأثيره تبعاً لعدة عوامل، مثل: موقع حدوث الفيضان، والسرعة التي يجري بها، ومدى عمق المياه فيه، ومدى تأثير البيئة الطبيعية والعمراية بقوته، ومن المعلوم أنّ الأثر المباشر للفيضانات على السكان يتمثل في أوجه عديدة، أبرزها: فقدان الأرواح البشرية، وما يلحق الممتلكات من أضرار، علاوةً على فقدان الثروات الحيوانية، وتدهور الصحة العامة؛ بسبب ما يخلفه الفيضان من أمراض منقولة عبر المياه، أما الأنشطة الاقتصادية فإنها تنال نصيبها من الضرر عندما تتعطل وتتضرر البنية التحتية، مثل: الجسور، والطرق، ومحطات الطاقة، وغيرها.

**العوامل والمؤثرات الحيوية:** تشمل مخاطر هذه العوامل في البيئة نتيجة لمؤثرات نباتية او

حيوانية كالامراض الفطرية التي تصيب النباتات ونمو الحشائش و النباتات الضارة بالمحاصيل الزراعية وكذلك ما يصيب الانسان والحيوان من امراض مختلفة نتيجة مسببات بكتيرية مثال ذ كمرض الطاعون والملاريا والكوليرا وغيرها او مسببات فيروسية كمرض الانفلونزا وكوفيد 19 وغيرها من الامراض الفايروسية الخطيرة التي تصيب الكائنات الحية .

### ثانياً: عوامل و مؤثرات بشرية

يزاول الانسان من اجل بقائه ورفاهيتها العديد من النشاطات الزراعية والعمراية والصناعية والتجارية وغيرها من النشاطات ويؤثر الانسان بنشاطاته المختلفة بشكل مباشر وغير مباشر في مكونات البيئة وقد كان لنشاط الانسان اثار ايجابية على البيئة فقد عمل على استصلاح الاراضي القاحلة وتوصيل المياه الى المناطق الجافة وتشجير المناطق الصحراوية اما الاثار السلبية فعمل الانسان على تلوث البيئة نتيجة للنشاط الصناعي والعمراي وازدياد الكثافة السكانية بالاضافة الى استنزافه لموارد ها وثرواتها الطبيعية

**ثالثا: عوامل ومؤثرات طبيعية – بشرية**

تتعرض مكونات البيئة الى عوامل ومؤثرات طبيعية وبشرية ينتج عنها تأثير مشترك يؤدي الى اتساع مساحة المنطقة المتأثرة او خطورة الضرر او اطالة عمره او زيادة الخسائر بصورة اكبر ومن المخاطر البيئية الناتجة عن عوامل طبيعية وبشرية كالتصحر يحدث عندما تنقطع الامطار لعدة سنوات وتفكك التربة وهذا سبب طبيعية ويزيد الانسان من التصحر بقطع الاشجار والرعي الجائر واثارة التربة بالمعدات والاليات المختلفة التعدين والتصنيع وغيرها من النشاطات التي يزاولها الانسان.

# التوازن البيئي



**التوازن البيئي :** هو بقاء مكونات وعناصر النظام البيئي على حالها والمحافظة عليها بأعداد وكميات مناسبة على الرغم من نقصانها وتجديدها المستمرين ، وأيضاً تُعرف بأنها مجموعة من العناصر الكائنات الحية وغير الحية التي تتقاسم فيما بينها لضمان العيش والبقاء على سطح الأرض.

ويهدف التوازن البيئي إلى المحافظة على النظام البيئي ومكوناته ولذا لا بد ان يكون هناك توازناً بين الإنتاج والإستهلاك والتحلل داخل النظام البيئي ومنع حدوث اختلالات في عمليات عناصره الحيوية حيث يؤدي التغيير فيها إلى اختلال توازن الكون، وتهديد حياة العديد من العناصر المكونة للنظام البيئي وإحداث تغيير في العلاقات البيئية الطبيعية المتبادلة بين هذه العناصر. وهذا يعني أن عناصر أو معطيات البيئة تحافظ على وجودها ونسبها المحددة كما أوجدها الله، لكن الإنسان بلغ في تأثيره على بيئته مراحل تنذر بالخطر، إذ تجاوز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية الطبيعية وإحداث اختلالات بيئية تكاد تهدد حياة الإنسان وبقائه على سطح الأرض . فالمواد التي تتكون منها النباتات، يتم امتصاصها من التربة، ليأكلها الحيوان الذي يعيش عليه الإنسان، وعندما تموت هذه الكائنات تتحلل وتعود إلى التربة مرة أخرى، فالعلاقة متكاملة بين جميع العناصر البيئية، فأشعة الشمس والنبات والحيوان والإنسان وبعض مكونات الغلاف الغازي تشكل اتزان مستمر فالكربون والنيتروجين والفسفور والكبريت والحديد وغيرها من المواد والمعادن تسير في دوارت مغلقة، وما يحدث هو أنها تتحول من شكل إلى آخر حيث أن المادة لا تفنى ولا تستحدث، وإنما تتحول من شكل إلى آخر في سلسلة طويلة تغذي بها الحياة على سطح الأرض، ومن الأمثلة على ذلك دوارت الماء والكربون والنيتروجين والفسفور

## دورة الاوكسجين:

يتواجد عنصر الأوكسجين بتركيز عالٍ في القشرة الأرضية بنسبة 46.4%، وفي الغلاف الجوي 21% ، وكذلك يتواجد في الغلاف المائي والحيوي و يوجد الأوكسجين في القشرة الأرضية على هيئة أيونات سالبة الشحنة متحدداً مع عناصر مختلفة ليكون الشق السالب لمجموعات المعادن مثل السليكات ( $\text{SiO}_4^{-4}$ ) والكربونات ( $\text{CO}_3^{-3}$ ) في الحجر الجيري؛ والفوسفات ( $\text{PO}_3^{-4}$ ) في صخور الفوسفات والكبريتات ( $\text{SO}_2^{-4}$ ) في بعض صخور المتبخرات كالجبس، ومجموعة النترات ( $\text{NO}^{-3}$ ) مثل صخور تشيلي وغيرها. وعندما تتحطم البنية الكيميائية للمعادن بفعل عمليات التجوية الكيميائية فإن الشق السالب من مجموعات هذه المعادن لا يتحطم، وإنما ينتقل بعد ذلك عبر مسارات المياه إلى المحيطات ذائباً في الماء، وإذا انتقلت إلى اليابسة تبقى أيضاً كما هي وبناءً على ذلك فإن الأوكسجين الذي يدخل في تركيب القشرة الأرضية تكون مساهمته في الدورة الكيميائية الحيوية محدودة جداً عدا الأوكسجين الذي يدخل في تركيب مجموعتي الكبريتات والنترات. أما وجود الأوكسجين في الغلاف الجوي فيعد نشيطاً كيميائياً إذ يوجد حراً على شكل جزيئات يحوي كل منها على ذرتين من ( $\text{O}_2$ ). ويوجد أيضاً على شكل  $\text{O}_3$  (بكميات قليلة)، كما يوجد مذاباً في الماء.

## مصادر الاوكسجين

1. عملية البناء الضوئي تحدث هذه العملية في النباتات الخضراء والطحالب الخضراء، إذ يتم إنتاج معظم ( $\text{O}_2$ ) الجوي.



2. لتحلل الضوئي للماء: وهذه العملية تنتج كمية قليلة من ( $\text{O}_2$ ) بفعل تأثير الأشعة فوق البنفسجية على جزيئات الماء

## فقدان الاوكسجين

1. التنفس: تتنفس الكائنات الحية الاوكسجين وهي عملية احتراق ولكنها بطيئة ومترجة عبر خطوات، وأنزيمات خاصة بكل خطوة حتى لا تنطلق الطاقة دفعة واحدة
2. تحلل المواد العضوية: وفي هذه العملية يتم استهلاك الأوكسجين المذاب في الماء في حالة وجود المادة العضوية، ويتم استهلاكه أيضاً في وجوده ضمن البيئة الهوائية المحيطة بالمادة العضوية.
3. احتراق الوقود الأحفوري: عند احتراق الوقود الاحفوري يتحد الأوكسجين الحر مع الكربون، أو النتروجين، أو الكبريت، أو الهيدروجين، وغيرها. وينتج من ذلك أكاسيد لهذه العناصر مثل ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO_2$ ) التي توجد على شكل غازات. وهذه الغازات تتصاعد إلى أعلى في الغلاف الجوي.
4. الأكسدة: ربما تعرف هذه العملية باسمها الأكثر شيوعاً وهو الصدأ، فعندما يتحد الأوكسجين مع معادن معينة فإنه يستهلك في عملية الصدأ، وهذا هو السبب في أن بعض العناصر المعدنية المتبقية في المناطق المعرضة للرطوبة (الهيدروجين والأوكسجين) تكون أكثر عرضة للتغطية بالصدأ، ومع ذلك فإن هذه العملية تستخدم الأوكسجين دون إعادته إلى الغلاف الجوي.
5. دورة الأوزون واحدة من أكثر عمليات التحلل الضوئي شيوعاً هي دورة الأوزون. وفيها تنقسم جزيئة الأوكسجين  $O_2$  إلى أوكسجين ذري عن طريق الأشعة فوق البنفسجية الآتية من أشعة الشمس. يتحد هذا الأوكسجين الحر بعدها مرة أخرى مع جزيئات  $O_2$  الموجودة لتشكيل ( $O_3$ ) أو ما نطلق عليه الأوزون. هذه الدورة مهمة لأنها تساعد في تحصين الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة وتحويلها إلى حرارة غير مؤذية قبل أن تصل إلى سطح الأرض.

## دورة الكربون

يوجد الكربون بأشكال ومواقع متعددة في الأرض، والغلاف الجوي، والكائنات الحية، وتحتوي الجزيئات الرئيسية التي تشكل أجسادنا ؛ مثل البروتينات ، والكربوهيدرات، والحمض النووي ، على الكربون كعنصر رئيسي فيها، ويوجد بوفرة في الغلاف الجوي على شكل ثاني أكسيد الكربون حيث يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 0.03% من الغلاف الجوي، وبزيادة كميته عن هذه النسبة تحدث المشاكل البيئية والصحية و يوجد أيضاً داخل الأرض على شكل وقود أحفوري، ويوجد الكربون في الجزء غير الحي من الغلاف المائي بشكل كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) في الحجر الجيري والمرجان

## مصادر الكربون

1. يتواجد الكربون بشكل عام في الغلاف الجوي على صورة ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكوناً مجموعة البيكربونات  $\text{HCO}_3^-$  بعملية البناء الضوئي التي تتم بواسطة النباتات الأرضية، والبكتيريا، والطحالب تعمل على تحويل ثاني أكسيد الكربون والبيكربونات إلى جزيئات عضوية، والتي بدورها تنتقل خلال سلاسل الغذاء فيتحول الكربون العضوي إلى غاز ثاني أكسيد الكربون مرة أخرى من خلال الزفير في عملية التنفس الخلوي بالكائنات الحية.
2. تعمل الكائنات المحللة أيضاً على تحليل المركبات العضوية وإنتاج الكربون العضوي وثاني أكسيد الكربون عند تحلل الكائنات الميتة والنفايات العضوية.
3. احتراق الوقود ينتج عن احتراق هذه المصادر غاز ثاني أكسيد الكربون ما يؤدي لارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وهذه الزيادة تؤثر بشكل واضح على المناخ وتعتبر مصدر قلق بيئي كبير في جميع أنحاء العالم.



## دورة النيتروجين

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى عنصر النيتروجين الذي يدخل في تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات والمادة الوراثية مع أن غاز النيتروجين  $N_2$  يشكل 78% من الغلاف الجوي، إلا أن الكائنات الحية في النظم البيئية الطبيعية لا تستطيع استخلاصه مباشرة من الغلاف الجوي والاستفادة منه. إلا بعد تحول عنصر النيتروجين من الحالة الغازية الخاملة  $N_2$  إلى أيونات الامونيوم  $NH_4^+$  أو النترات  $NO_3^-$  وتسمى هذه العملية تثبيت النيتروجين ويمكن أن تتم بالطرق التالية :

**أولاً : التثبيت الحيوي :** والمقصود بالتثبيت الحيوي هو تحويل النيتروجين الغازي والموجود في الغلاف الجوي إلى نيتروجين عضوي يدخل في تركيب المركبات النيتروجينية العضوية. وتتلخص هذه العملية بقيام أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة المتخصصة البكتريا التعايشية المثبتة للنيتروجين مثل *Rhizobium* والتي تعيش في عقيدات على جذور البقوليات كالفول والحمص والعدس والتي لها القدرة على اختزال النيتروجين الجوي وتحويله إلى  $NH_3$  تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة وبالتالي يتحول إلى مركب عضوي . وعلى ذلك نجد ان الكائنات الدقيقة تقوم بدور هام في تحديد طبيعة دورة النيتروجين في الأرض حيث تتحكم في تحويل جزيئات النيتروجين الجوي إلى نيتروجين عضوي . وتعتبر هذه الطريقة من أهم الطرق في زيادة محتوى الأرض من النيتروجين ثم تقوم أنواع أخرى بتحويل الامونيوم إلى أيونات النترت  $NO_2^-$  وذلك باتجاه الامونيا مع الأكسجين. في النهاية تقوم بكتيريا أخرى بتحويل النترت إلى نترات  $NO_3^-$  والنترات هي المادة التي تستطيع النباتات الخضراء امتصاصها بجذورها واستعمالها في بناء مركباتها العضوية النيتروجينية.

**ثانياً : التثبيت الجوي :** ولا تقتصر عملية تثبيت النيتروجين على الأحياء بل تساهم الطبيعة حيث يمكن للطاقة الكبيرة الكامنة في البرق والصواعق في تثبيت كميات منه بواسطة التفريغ الكهربائي أثناء الزوابع الرعدية حيث يتحد النيتروجين مع الاوكسجين مكونا اكاسيد النيتروجين وهذه الاكاسيد سواء كان مصدرها التفريغ الكهربائي او الانبعاثات من محركات السيارات سوف تنزل مع مياه الأمطار الى التربة لتتحد مع مركبات اخرى وتمتص من قبل النباتات. غير ان كمية النيتروجين المثبتة بهذه الطريقة قليلة جداً إذا ما قورنت بطريقة التثبيت الحيوي.

**ثالثاً : التثبيت الإصطناعي :** ويتم هذا النوع من التثبيت في مصانع الأسمدة الكيمائية حيث تنتج صناعياً مركبات الامونيوم أو النترات أو غيرها التي تعتبر المكونات الرئيسية للأسمدة النيتروجينية.

**ما بعد التثبيت :**

وبعد تثبيت النيتروجين بإحدى الطرق السابقة تتمكن النباتات من الاستفادة منه واستعماله في بناء جزيئات البروتين النباتي. وبدوره ينتقل النيتروجين إلى المستهلكات عبر السلسلة الغذائية حيث يتكون البروتين الحيواني. وبعد موت النباتات والمستهلكات، تقوم المحلات من بكتيريا وفطريات بتحليل البروتين النباتي أو الحيواني وإطلاق الامونيا (قد تصعد إلى الجو) أو ايونات الامونيوم التي يمكن أن ينتج منها ايونات النترات وتصبح بدورها مصدرا جديدا للنيتروجين في التربة تمتصه النباتات التي تعيش فيها.

**أسباب اختلال التوازن البيئي :**

ساهمت العديد من الظروف والمتغيرات إلى إحداث تغيير في عناصر البيئة الطبيعية، وإدخال عناصر جديدة لم تكن موجودة في الطبيعة، وهذا أدى إلى اختلال في توازن البيئة الطبيعية، وتهديد حياة العديد من الكائنات الحية، ومن أهم أسباب هذا الاختلال ما يلي:

1. عمليات الرعي الجائر التي قضت على العديد من المساحات الخضراء.
2. قطع الأشجار بشكل مستمر مما أدى إلى قلة الغذاء للحيوانات العاشبة، وزحف التصحر على البيئات العشبية.
3. اصطياد الحيوانات من مختلف الأنواع، وهذا يؤثر على السلاسل الغذائية ويجعلها تتخذ نحوًا غير مألوف.
4. استخدام المبيدات الحشرية والهرمونات على المحاصيل الزراعية، وهذا أدى إلى إحداث طفرات جينية في التكوين الطبيعي للنباتات المختلفة.
5. تلوث الجو من خلال عمليات الانبعاث الحراري بواسطة عوادم السيارات والمصانع والآليات الثقيلة التي اخترعها الإنسان والتي أثر على حياة العديد من الكائنات الحية وهددت حياتها.
6. التوسع العمراني الهائل الذي سبب القضاء على مساحات خضراء شاسعة وأحدث الخلل في البيئة الطبيعية.

7. تلويث البحار والأنهار والمحيطات من خلال الناقلات النفطية وعمليات الصيد غير الطبيعية التي أخلت في النظام البيئي المائي
8. أسباب مرتبطة بتغير الظروف الطبيعية مثل الجفاف، فالجفاف يؤدي إلى دمار الغطاء النباتي، مما يلحق الضرر بصورة كبيرة في الحيوانات التي تقطن في منطقة الجفاف،

# المعالجة الحيوية Bioremediation



م.م. شيماء عبدالامير

# محاضرة ٣



# المعالجة الحيوية Bioremediation



شهدت السنوات الاخيرة ظهور طرائق عديدة للسيطرة على بعض انواع التلوث و معالجته ومن هذه الطرائق المعالجة الحيوية إذ تعد واحدة من الطرائق المهمة والمستعملة لأزالة الملوثات من البيئة إذ كان للتقدم العلمي في مجال الاحياء المجهرية دورا في التعرف على قدرة هذه الاحياء في التكيف والعيش في البيئات الملوثة والعوامل المؤثرة على نموها و في التعرف على نشاطها الفسيولوجي الذي يعكس كفاءتها في تحليل الملوثات الى ماء وثاني اوكسيد الكربون



**المعالجة الحيوية:** وهي عملية إزالة أو تحول الملوثات من البيئة الى مركبات أقل ضررا باستعمال الاحياء المجهرية او النباتية أو كلاهما معا وذلك لقدراتها الايضية المتنوعة على تحليل الملوثات. وتعد المعالجة الحيوية من الطرائق الصديقة للبيئة إذ تعتمد على قدرة الاحياء المجهرية على تحليل الملوثات السامة لأزالتها دون الضرر بالبيئة. ولاحظ الباحثون قدرة بعض أجناس البكتريا والفطريات على تكسير الملوثات العضوية مثل النفط الخام ومشتقاته و أستهلاكها بوصفها مصدرا للكربون للطاقة والنمو بواسطة عملية التكسير الحيوي

# التكسير الحيوي Biodegradation



تعمل الاحياء المجهرية كالبكتريا او الفطريات على تحويل المركبات المعقدة الى مركبات أبسط او تحويلها الى أحماض ، كحول ، ثنائي أوكسيد الكربون وماء ، أن تلك النواتج سوف يتطاير أغلبها و البعض منها يذوب

تعد عملية التكسير الحيوي للمركبات العضوية الملوثة عملية معقدة تعتمد على طبيعة الظروف البيئية و كمية وطبيعة التركيب الكيميائي للملوثات

المتواجدة



يعد النشاط الأنزيمي المفتاح والخطوة الأهم في تفكيك وتحلل المعقدات العضوية ، وذلك بأستعمال الأنزيمات الخارج خلوية Exo enzymes او الأنزيمات الداخل خلوية Endo enzymes أو الاثنان معا و تعد المعالجة الحيوية من أكفأ الطرائق لمعالجة التربة والمياه الملوثة بالهيدروكربونات دون أن تترك أثارا او بقايا لمكونات ذلك الملوث وهي من الطرائق الصديقة للبيئة وذات تكلفة واطنة

**:Biotransformation**

**Biotransformation:** وهو تحويل الملوثات في البيئة من شكل

الى آخر بواسطة الاحياء المجهرية وتكون هذه المركبات اقل خطورة

من الشكل الاصلي للملوث مما يقلل خطورته في البيئة

**Mycodegradation:** التكسير الحيوي بواسطة الفطريات فقط

**Bactriodegradation:** التكسير الحيوي بواسطة البكتريا فقط

# انواع المعالجة الحيوية



إن تلوث الترب بالمركبات الهيدروكاربونية النفطية له تأثير سلبي على  
نواحي الحياة المختلفة لذا هناك توجه عالمي لمتابعة تطوير أساليب  
المعالجة الحيوية والاستفادة منها أن امكن ذلك وتهدف تقنيات المعالجة  
المختلفة الى التقليل من نسب التلوث الى الحدود التي لا تشكل خطرا  
على صحة الانسان والبيئة

وتبع الاستعمالات الموقع تقسم تقنيات المعالجة الحيوية الى نوعين :

## □ المعالجة الحيوية داخل الموقع *In situ* bioremediation:

تشير الى المعالجة الحيوية التي تجرى في الموقع الاصلي للتلوث ،  
ويستعمل مفهوم المعالجة الحيوية في الموقع أساسا لعلاج التلوث في  
التربة والمياه الجوفية ويشترط لتطبيق المعالجة الحيوية داخل  
الموقع أن لا يكون بجوار الموقع الملوث مراكز حيوية كمصادر للمياه  
السطحية او أرض رطبة و أن يكون بالأمكان حجز الترب الملوثة عن  
النشاطات البشرية وبأندام توفر هذه الشروط نلجأ الى المعالجة خارج  
الموقع

## □ المعالجة الحيوية خارج الموقع *Ex situ* bioremediation:

هو الاسلوب الذي يعالج الملوثات بعيدا عن موقع التلوث، إذ يجري حفر الملوثات او ضخها من الموقع الاصلي ومعالجتها داخل البيئات الخاضعة للرقابة ، وتستعمل هذه التقنية في تنقية مجموعة واسعة من الهيدروكربونات او ازالة الملوثات السامة من الفضلات الصلبة او التربة يمكن التحكم في المعالجة الحيوية خارج الموقع وادارتها من خلال توفير الشروط الملائمة وتكون هذه المعالجة أكثر دقة وفعالية في المعالجة



# العوامل المؤثرة في المعالجة الحيوية



يتحدد مصير الملوثات في البيئة بشكل رئيس بعدة عوامل تؤثر في عملية التكسير الحيوي، فتتعرض الأحياء المجهرية المتواجدة في البيئة الى عدد من الظروف قد تؤثر ايجابا او سلبا على معدلات نموها وفعالية أنزيماتها ، إذ إن هناك ظروف مثالية يجب توافرها للكائن المجهرى حتى يستطيع النمو بصورة جيدة وبالتالي تنعكس على كفاءته في التحليل الحيوي للملوثات وأزالتها من البيئة ومن هذه العوامل :

١. **لمغذيات:** أحد العوامل المهمة التي تؤثر على نشاط الكائن المجهرى هو توفر المواد العضوية لتكون بمثابة مصدر للطاقة. ويعد الكربون والنايتروجن والفسفور من أهم العناصر المغذية الأساسية للأحياء المجهرية وبعض هذه العناصر يمكن أن تصبح عامل محدد ومن ثم تؤثر على عملية التحلل الحيوي ، فالأحياء المجهرية تحتاج الى الكربون بكميات كبيرة أكثر من بقية العناصر إذ تدخل هذه العناصر في بناء الكتلة الحية وفي تكوين الانزيمات اللازمة لعملية التفسير الحيوي وفي حالة عدم توفر المغذيات بالكمية اللازمة في البيئة فإن ذلك سوف يؤثر على نمو الكائن المجهرى وعلى تكاثره ومن ثم تؤدي الى انخفاض أعداد الكائنات المجهرية اللازمة لعملية التفسير الحيوي وتراكم الملوث

٢. درجة الحرارة: تتأثر الأحياء المجهرية بشكل مباشر بتغيرات درجة الحرارة وذلك

لتأثر العمليات الفسلجية داخل جسم الكائن المجهرى بدرجات الحرارة إذ أن الارتفاع

اولانخفاض الحاد يؤثر سلبا على نمو الاحياء المجهرية ومن ثم على عملية التكسير

الحيوي. وقد قسمت الاحياء المجهرية الى ثلاثة أنواع حسب درجة الحرارة المثالية

التي تفضلها للنمو في البيئة النوع الاول الأحياء المجهرية المحبة للحرارة المرتفعة

**Thermophilic microorganisms** درجة الحرارة المثلى لنموها تتراوح ما

بين ٥٠م° - ٦٥م° والنوع الثاني الاحياء المحبة للحرارة المعتدلة **Mesophilic**

**microorganisms** النمو الامثل لها بمدى يتراوح ١٥م° - ٣٥م° والنوع الاخير

**Psychrotrophic microorganisms** فهي المحبة للبرودة تفضل درجات

الحرارة المنخفضة ودرجة الحرارة المثالية لنموها ١٥م° فما دون



أما التأثير غير المباشر هو التأثير على طبيعة التركيب الكيميائي للمركبات المكونة للملوث ففي درجات الحرارة المنخفضة تزداد لزوجة النفط ويقل تطاير الألكانات ذات السلسلة القصيرة والتي تكون ذات سمية عالية ويزداد ذوبانها بالماء وهذا يؤخر التحلل الحيوي ، اما درجات الحرارة المرتفعة فتؤدي الى انخفاض لزوجة النفط ومن ثم زيادة قابليته للاستحلاب والانتشار مما يؤدي الى زيادة مساحة سطح البقعة النفطية التي سوف تتعرض للتحلل الحيوي وأن اعلى معدلات التكسر تحدث في نطاق ٢٠م° الى ٤٠م°

٣. الأس الهيدروجيني: أن الأس الهيدروجيني شديد التغير في البيئة لكن يجب أخذه بعين الاعتبار لما له من تأثير على عملية التحلل الحيوي للملوثات ، كما وجد أن للأس الهيدروجيني تأثير على نوعية الأحياء المجهرية المحللة الموجودة في التربة ، إذ كل كائن حي له pH معينة يعمل ضمنها مثال ذلك البكتريا تفضل الوسط القاعدي والفطريات تفضل الوسط الحامضي. فضلا عن ذلك إن الأس الهيدروجيني يؤثر على فعالية الانزيمات التي تسيطر وتحفز التحلل الحيوي وعلى التفاعلات الكيموحيوية التي تدخل في عملية التكسير الحيوي ليصل تأثيره على نمو وتكاثر الكائنات المجهرية التي تقوم بالتحليل الحيوي

٤. **الايوكسجين:** يعد الاوكسجين من المتطلبات المحددة لعملية التكسير الحيوي ،  
وتأتي الاهمية البالغة للاوكسجين كون أغلب الاحياء المجهرية التي تقوم بعملية  
التحلل الحيوي هي هوائية إذ تستهلك الاوكسجين للحصول على الطاقة اللازمة  
لعملية التحلل كما يعد الاوكسجين جزء لا يتجزأ من أنزيمات السلسلة التنفسية التي  
تستعمل الاوكسجين ولذا فإنه من المتطلبات المحددة لعملية التحلل الحيوي فضلا  
عن دور الاوكسجين في أكسدة بعض المركبات الكيميائية فيساهم في تحولها من  
شكل الى آخر فيسرع من عملية التحلل ومن ثم إزالة الملوث من البيئة  
ويعتمد محتوى التربة من الأوكسجين على نشاط الأحياء المجهرية ونسجة التربة  
ومحتوى الرطوبة والعمق

كما أن محتوى الأوكسجين المنخفض سوف يحد من وجود ونشاط الأحياء المجهرية في التربة الملوثة بالهيدروكربونات النفطية وفي حالة عدم توفر الأوكسجين تقوم الأحياء المجهرية اللاهوائية بالتحليل الحيوي للملوثات إذ وجد انها تستطيع استهلاك الكبريتات والنترات بوصفها مستلما للألكترونات بدلا من الأوكسجين فيكون معدل التحلل للهيدروكربونات النفطية بطيئا ويحتاج وقت أطول لتحليلها مثال ذلك البكتريا المختزلة للكبريت

٤. **الرطوبة:** عامل الرطوبة من أهم العوامل المؤثرة في سرعة تحلل الهيدروكربونات النفطية وجد أن أفضل تحلل للملوثات يحدث في التربة عند مستوى الرطوبة ما بين ٧٥%-١٠٠% من السعة الحقلية و أن الأحياء المجهرية تحتاج الى الرطوبة من اجل النمو وأستمرار فعاليتها الحيوية وان تعرض البيئة الى الجفاف يؤثر بشكل سلبي على عملية التحلل الحيوي وان مستوى الرطوبة يعتمد على خصائص التربة



٥. **خصائص التربة:** خصائص التربة عامل مهم في إنجاز عملية التحلل

الحيوي ، تحتوي التربة على عدة عوامل رئيسية محددة منها : قوام التربة و النفاذية والأس الهيدروجيني و قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء و درجة حرارة التربة ومحتوى التربة للمغذيات والاكسجين. كما أن نوع التربة سواء الغرينية ، الرملية والمزيجية يؤثر سلبا او ايجابا على عملية التحلل الحيوي ومن ثم على كفاءة إزالة الملوثات

# شروط الكائن المجهرى المستخدم في المعالجة الحيوية



- يجب ان يكون الكائن غير سام او ممرض
- التكاثر للكائن يكون سريع
- مقاومته عالية للكائنات المجهرية الاخرى للبيئة اي منافسته عالية
- فعاليتيه الانزيمية عالية ومتنوعة

# الاحياء المجهرية المستعملة في المعالجة الحيوية



ويمكن تقسيم الاحياء المجهرية المستعملة في عملية المعالجة الحيوية الى نوعين هما :

○ **Indigenous microorganisms** الاحياء المجهرية الاصلية:

وهي الاحياء المجهرية الموجودة أصلا في البيئة المعالجة والتي تستعمل في المعالجة الحيوية لإزالة الملوث

○ **Exogenous microorganisms** الاحياء المجهرية الدخيلة:

وهي الاحياء المجهرية المنتقلة والتي يجري ادخالها الى موقع المعالجة لإزالة التلوث

# المعالجة الحيوية BIOREMEDIATION

م. م. شيماء عبدالامير



# محاضرة ٤

# تقنيات المعالجة الحيوية

درس الانسان الاحياء المجهرية المختلفة وتنوع فعاليتها وحاول أن يستفيد منها في حياته اليومية في مجالات متعددة منها البيئية و الصحية و الصناعية و الزراعية وغيرها . أوحى هذه المجالات هي مشاكل التلوث البيئي بأنواعه إذ عمل على تسخير فعاليات الاحياء المجهرية في معالجتها، لذا أستعملت المعالجة الحيوية لإزالة وتكسير الملوثات من البيئة دون ترك آثار جانبية او بقايا لملوثات زارعية او صناعية

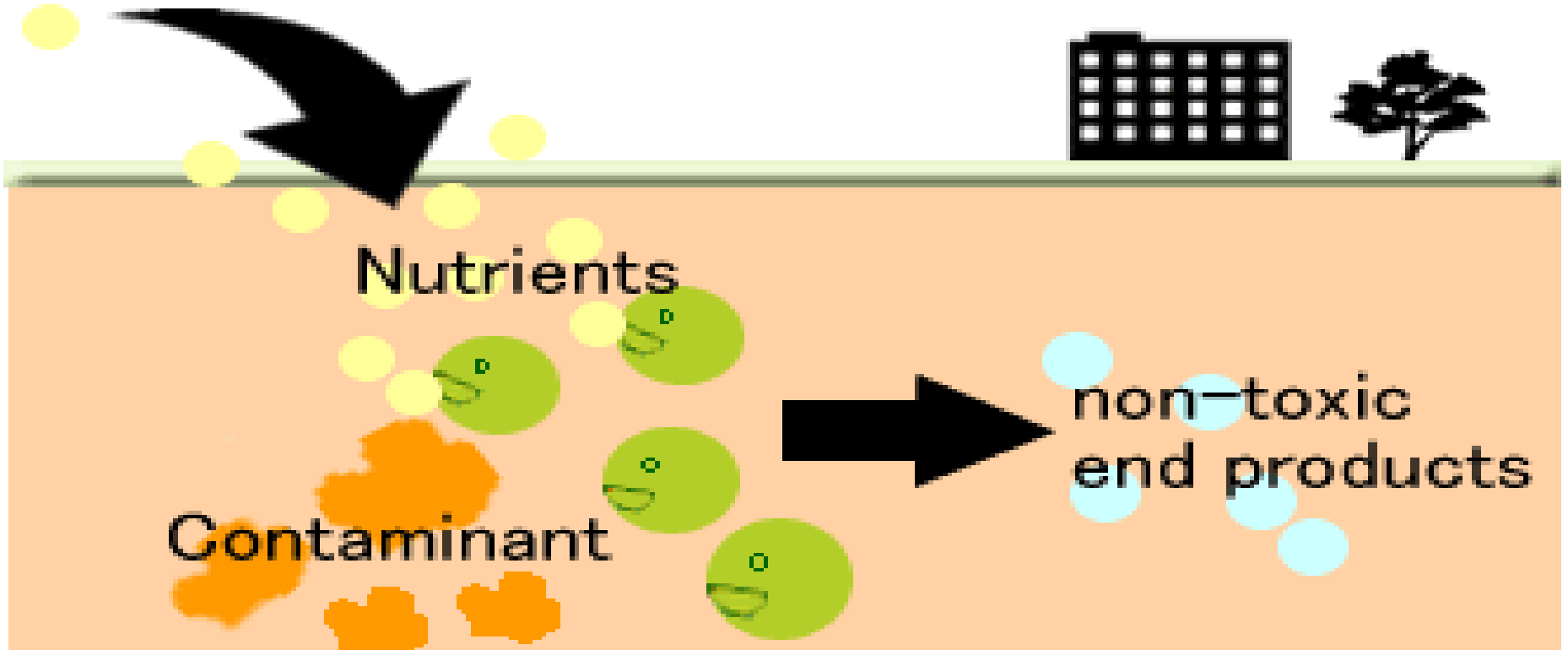
# اهم التقنيات الحديثة لعملية التفسير الحيوي هي:

□ **التحفيز الحيوي Biostimulation:** طريقة فعالة لإعادة التوازن

والظروف المثالية للبيئة الملوثة من خلال إضافة مواد مغذية  
واوكسجين كمحفزات للاحياء المجهرية لدعم نموها ومساعدتها على  
تحمل الظروف القاسية في البيئة الملوثة أن الهدف من التحفيز الحيوي  
هو تسريع عملية التحليل الحيوي للملوثات ومن ثم اختصار الفترة  
الزمنية لإزالة وتنظيف البيئة من الملوثات وخاصة الخطرة منها .  
وتشمل عملية التحفيز الحيوي اضافة كل من :

١. **اضافة المغذيات:** أفتقار الاحياء المجهرية الى المغذيات الضرورية لتحفيز نشاطها وزيادة الكتلة الحيوية هو أحد الاسباب التي تجعل من الاحياء المجهرية المكسرة مجهددة وغير قادرة على تحليل الملوثات بصورة سريعة كما تؤدي الزيادة المستمرة في طرح الملوثات للبيئة الى تغيير في نسبة المغذيات الاساسية C:N:P ومن ثم تصبح غير ملائمة لنمو الاحياء المجهرية فنجد على سبيل المثال المواقع الملوثة بالهيدروكربونات تكون غنية بالمادة الكربونية العضوية ولكنها فقيرة بعناصر اخرى مثل النتروجين والفسفور وهذين العنصرين مهمان في عملية تنشيط التكسير الحيوي لانهما يدخلان في تركيب DNA وهناك العديد من المحفزات التي يتم اضافتها للمواقع الملوثة كالسماذ العضوي وأوحال المجاري والقش.

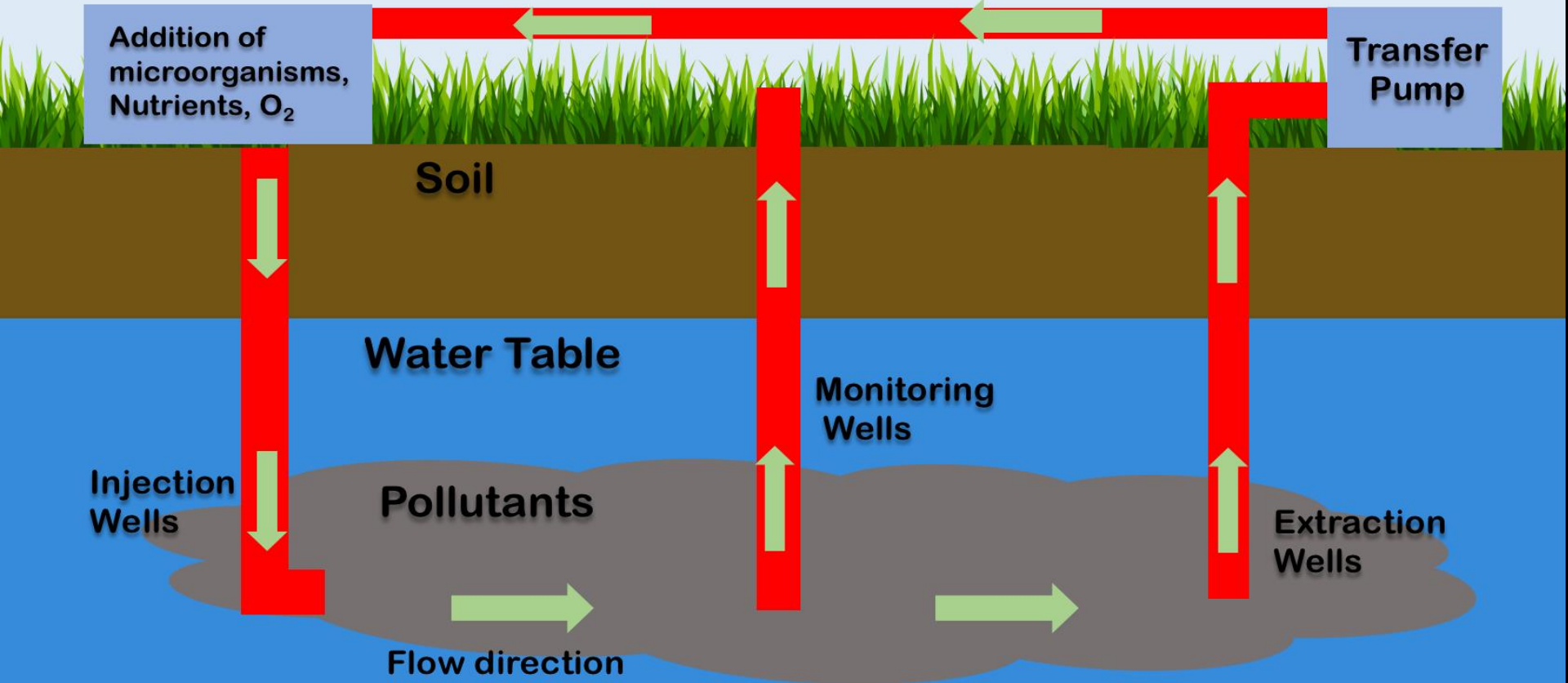
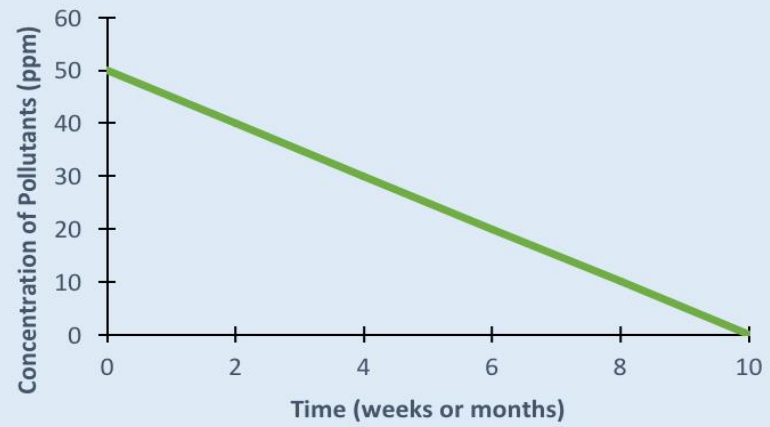
والنوع الاخر محفزات لاعضوية مثل المخصبات التجارية المحتوية على الفسفور والنايتروجين . قد تواجه تقنية اضافة المغذيات للبيئة بعض المشاكل منها ادمصاص هذه العناصر على مواد اخرى وتترشح الى داخل التربة فتصبح غير متوفرة للكائن المجهرى .



٢. اضافة الاوكسجين: يعد من اهم العوامل في انجاح عملية التكسير الحيوي خاصة اذا كان  $O_2$  مفقود في البيئة الملوثة إذ تعمل الملوثات على تغطية سطح التربة وتعمل كطبقة عازلة تؤثر على تهوية التربة بمنع نفاذ الغازات اليها وتعمل على سد المسامات بين دقائق التربة مما يجعلها رديئة التهوية. من جهة أخرى تستهلك الاحياء المجهرية الاوكسجين المتبقي في عملية تكسير الملوثات كل هذا سوف ينعكس على نشاط الاحياء المجهرية مما يجعل عملية التحليل الحيوي للملوثات يستغرق زمنا طويلا.

تواجه تقنية اضافة  $O_2$  الى داخل البيئة الملوثة صعوبات منها انتشاره يكون بطيء في الماء وذائبته قليلة مما يعرقل ايصاله الى كل الاماكن الملوثة التي تحتاجه لذلك تم تطوير تقنيات حديثة في اوصول  $O_2$  للمناطق الملوثة

هناك نظام يستخدم في معالجة البيئات الملوثة للتربة والمياه الجوفية في نفس الوقت ويتكون هذا النظام من مضخات تعمل على سحب المياه الجوفية من باطن الارض ودفعها الى السطح في داخل مفاعل حيوي **bioreactor** يحتوي على احياء مجهرة متطبعه لهذا النوع من الملوثات ولها قابلية عالية على تكسيرها بعدها يتم ضخ هذه المياه الى خزانات ليتم اضافة  $O_2$  مع المغذيات ثم يعاد حقن هذه المياه الى داخل التربة في بعض المواقع الملوثة نلجأ الى تنشيط التكسير الهوائي ولاهوائي في نفس الوقت حيث تحتوي بعض المركبات الملوثة على الهالوجينات بالاعتماد على كميتها يتم تحديد نوع التكسير فنلجأ الى التكسير في الظروف الهوائية اذا كانت الكميات قليلة والعكس صحيح بزيادة كمياتها يكون تكسيرها صعبا فنلجأ الى خلق ظروف اللاهوائية لكي ننشط الاحياء اللاهوائية لتعمل على ازالتهاء ليتم ضخ  $O_2$  للبيئة لتنشيط الميكروبات الهوائية لكي تكمل عملية التكسير الحيوي .





٣. إضافة المستحلبات : هي عبارة عن جزيئات أحد اطرافها محب للماء والاخر محب للزيت ( كاره للماء ) حيث تجعل من الممكن للماء والزيت ينتشران وبالتالي تزداد كفاءة الكائن المجهري في تكسيرها .قد تكون المستحلبات طبيعية biosurfactant او مصنعة surfactant industrial او chemical surfactant عمل هذه المستحلبات مشابهة لعمل المنظفات حيث تعمل على تغطية الاطراف الدهنية الكارهة للماء في الملوث وتزيد من ذائبته في الماء ويؤدي الى زيادة قابلية اخذه من قبل الكائن المجهري .

## التدعيم او التعزيز الحيوي **Bioaugmentation**: واحدة من الطرائق المهمة والتي

توفر أختزال ومعالجة أنواع متعددة من الملوثات في آن واحد وتعتمد على تدعيم مجاميع

الاحياء المجهرية المتواجدة اصلا في البيئة الملوثة بمجاميع أخرى خارجية ذات قدرة

كامنة على تحليل الملوثات ولها القدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية. إذ وجد أن

المواقع التي تتعرض لانسكابات عرضية او بصورة مزمدة للملوثات تحتوي على أكثر

من نوع واحد من الملوثات و قد تلاقي الاحياء المجهرية الاصلية صعوبة في تحليل تلك

الملوثات لذلك من المستحسن إضافة أحياء مجهرية مختلفة تمتلك القدرة على تحليل

مختلف الملوثات في الموقع المطلوب معالجته. أن أستعمال سلالات فطرية وأنواع

بكتيرية مختلفة أفضل من أستعمال سلالة فطرية واحدة او نوع بكتيري واحد كما أن مزج

الاحياء المجهرية فطريات و بكتريا كانت الاكفا في المعالجة

إذ أن الملوثات ذات التركيب البسيط والاوزان الجزيئية الصغيرة من السهل أستغلالها كمصدر للطاقة لبعض الاحياء المجهرية بينما يلاحظ أن الملوثات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة والتي تكون الاكثر تعقيدا هي أكثر مقاومة للتكسير والتحليل بواسطة الاحياء المجهرية ، لذا فإن إزالة هذه المركبات المعقدة والتي تكون مواد مسرطنة وخطرة من الضروريات للحفاظ على صحة وسلامة الانسان والبيئة وبهذا اتجهت المؤسسات المعنية بالتلوث خلال السنوات الاخيرة الى استعمال احياء مجهرية معدة مختبريا تسمى Superbug organisms تمتلك مدى انزيمي واسع في تحليل الملوثات ومقاومة للظروف البيئية او استعمال احياء مجهرية معدلة وراثيا من اجل تحسين قابليتها على تحليل الملوثات البيئية.

من انجح الطرق في ادخال الكائن المجهرى للبيئة هو بواسطة المفاعل الحيوى تحت ظروف خاصة والطريقة الاخرى طريقة البذار seeding وفيها يتم اضافة المجاميع الميكروبية المتطبعة للبيئة على السطح

تواجه تقنية التدعيم الحيوى بعض الصعوبات منها قد لا تستطيع الميكروبات التثبيت في البيئة والتكاثر فالاحياء المجهرية الاصلية قد تستطيع التغلب عليها ففي كثير من الاحيان الاحياء المجهرية المضافة قد لا تبقى حية في البيئة الا عدة اسابيع وللتغلب على ضعف او تكاثر او موت الاحياء المجهرية المضافة يتم ادخال وتدعيم المواقع الملوثة باستمرار وبفترات زمنية محددة

# اختيار نوع المعالجة !

✓ نوع البيئة

✓ كمية ونوعية وسمية الملوث الموجود في الموقع المعالج

✓ طبيعة الكائن المجهرى الذي يقوم بعملية التكسير الحيوى

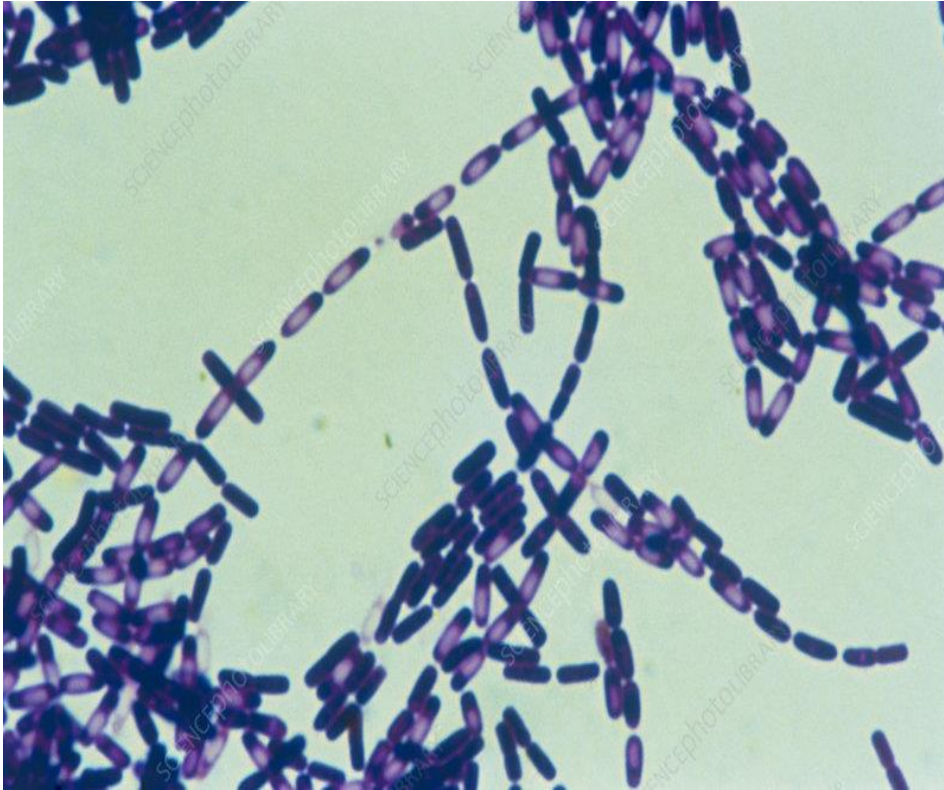
✓ طبيعة العوامل البيئية السائدة في الموقع الملوث من حرارة ،رطوبة ،

او كسجين وغيرها

# دور البكتريا في المعالجة الحيوية

البكتريا هي كائنات حية دقيقة وحيدة الخلية ، وتعد البكتريا من أول أشكال الحياة على سطح الارض وهي واسعة الانتشار في جميع البيئات. عدد كبير من البكتريا ينتشر في البيئات الملوثة وتمتلك القدرة على تحليل الملوثات . تمتلك البكتريا المكسرة للنفط الخام ومشتقاته نظام أنزيمي خاص بها له القدرة على أكسدة المركبات الهيدروكاربونية النفطية وتحويلها الى مركبات أقل سمية و أقل خطرا على البيئة ويتضمن النظام الانزيمي للبكتريا نوعين من الانزيمات Dioxygenases و Monooxygenase وتتبع البكتريا العديد من المسارات الايضية في عملية تكسيرها للمركبات الهيدروكاربونية النفطية

و على الرغم من ذلك قد تكون نواتج التحلل سامة للبكتيريا إلا أنها لا تكون بالمدى  
الكبير الذي يثبط نموها و عندما تكون عملية التكسير داخل خلوية فإن النتيجة النهائية  
للعملية يكون ثنائي اوكسيد الكربون و ماء مثل بكتيريا *Bacillus sp.* و  
*Pseudomonas sp.*



# المعالجة الحيوية للماء

تفضل البكتريا في المعالجة الحيوية للماء بسبب

✓ لا تحتاج الى وسط تلتصق عليه فبقاءها عائمة في عمود الماء لا يؤثر

على تكاثرها في المياه

✓ تمتاز بكثرة اعدادها في الماء مما يجعلها بتماس مع الملوثات الذائبة في

عمود الماء

✓ قابلية انتاجها المستحلبات اكثر من الفطريات وهي صفة تتميز بها



# دور الفطريات في المعالجة الحيوية

الفطريات هي كائنات حية محللة واسعة الانتشار في التربة والبيئة المائية وتمتلك أنزيمات خارج خلوية متنوعة فلها قدرة عالية على تكسير الملوثات البيئية بشكل كامل أو تحويلها الى مركبات اخرى تكون أقل ضررا على البيئة عادة وبذلك تسهم في إعادة تدوير النفايات والملوثات المطروحة للبيئة إذ تستطيع الفطريات النمو على المركبات العضوية المعقدة وأستعمالها في عمليات الأيض كمصدر للطاقة او تحويلها الى مركبات عضوية أقل تعقيداً وضرراً وتستطيع كائنات أخرى في البيئة المائية او الارضية الاستفادة منها مثل *Aspergillus niger* و *Penicillium sp.*

# المعالجة الحيوية للتربة

تفضل الفطريات في المعالجة الحيوية للتربة بسبب

✓ نموها الخيطي حيث يكون الفطر خيوط فطرية تمتد لمسافة ١٠ م في التربة

بمختلف الاتجاهات تجعل الفطر بتماس مع الملوثات في التربة

✓ افراز الفطريات لانزيمات خارج خلوية متنوعة يجعلها تتحمل نسبة أكبر من

الملوثات المتراكمة في التربة

✓ للفطريات قابلية التحمل لظروف الجفاف

# المعالجة النباتية PHYTOREMEDIATION

المعالجة النباتية: هي تقنية استعمال النباتات بالإضافة الى الاحياء المجهرية المرافقة لها في ازالة او حجز او تكسير الملوثات من التربة والمياه والرواسب معتمد على قدرة النباتات الفريدة في اخذ الملوثات من قبل النظام الجذري او اجزاء النباتات الاخرى إذ تضم عمليات النقل والتراكم الحيوي والقابلية على تحليل الملوثات

# ميكانيكيات المعالجة النباتية

١ - الانتزاع النباتي : Phytoextraction ميكانيكية يستعملها النبات لإزالة الملوثات اللاعضوية كالعناصر والنظائر المشعة من الترب والرواسب والحمأة من خلال الامتصاص بواسطة النبات وحجزها وانتقالها وتراكمها في الأجزاء العليا ويتم التخلص منها بحصاد النبات لإزالة الكتلة الحية الملوثة وتعالجتها بالحرق والطمر الصحي بالحرق والطمر الصحي أو باستخلاص واستخلاص العناصر من النبات من النبات . وتمتاز بكونها اقتصادية وغير مكلفة

٢ -التكسير النباتي : Phytodegradation هي تقنية استعمال النبات والأحياء

المجهرية المرافقة لها لامتصاص وتكسير المركبات العضوية بمساعدة الجذر لإزالة سمية ملوثات التربة العضوية والحمأة والرواسب والمياه الجوفية والسطحية بفعل الإنزيمات المنتجة داخل النبات .

٣ -التكسير الجذري : Rhizodegradation ميكانيكية تكسر وتحلل الملوثات

العضوية في التربة أما بواسطة الأدمصاص على سطح الجذور أو الامتصاص من قبل الجذور وفيها تتكسر الملوثات العضوية عن طريق زيادة فعالية الأحياء المجهرية في المنطقة الجذرية التي تعد غذاءً لها ونواتج التكسير مصيرها أما التطاير أو تتأيض داخل الأحياء المجهرية في المنطقة الجذرية

٤ -التطاير النباتي : Phytovolatilization طريقة تُمتص فيها ملوثات التربة القابلة للتطاير مثل الزئبق Hg والسليسيوم Se من قبل النبات وتنتقل الى الغلاف الجوي بعمليات نتح النبات هدفها إزالة الملوثات من التربة وتكسيروها وانتقالها إلى داخل النبات وتحويلها الى مركبات قابلة للتطاير ومن مميزاتا تحول الملوثات إلى مركبات أقل خطورة ومحدداتها يبقى جزء من الملوثات داخل النبات .

٥ -التثبيت النباتي : Phytostabilization ميكانيكية تحجز أو تقلل توافر الملوثات من الترب والرواسب من خلال ترسيبها أو تقييدها وشل حركتها وحجزها بالتربة في المنطقة الجذرية اما على سطحه أو داخله ومنع ترشحها إلى المياه الجوفية . ومميزاتا إنها لا تحتاج إلى حصاد النبات وان وجود النبات يقلل تعرية التربة و هي فعالة عندما يكون الهدف حماية المياه الجوفية والسطحية من التلوث. ومحدداتها إنها تبقى الملوثات في التربة وتتطلب المتابعة المستمرة لمعرفة مستويات الملوثات فيها.

٦- الترشيح الجذري : Rhizofiltration تقنية تمتص وتركز وتزيل الملوثات اللاعضوية كالعناصر من المياه الملوثة السطحية و العادمة ذات التراكيز الواطئة بواسطة النباتات وبهذه الطريقة تمتص وتدمص الملوثات بواسطة جذور النباتات وقليلًا ما تنتقل إلى أجزاء النبات الأخرى وتمتاز بأنها يمكن تطبيقها داخل الموقع **Insitu** أو خارجه **Exsitu** ومحدداتها يحتاج النبات الى النمو بظروف البيت الزجاجي وضبط الأس الهيدروجيني إلى القيمة المناسبة لنمو النبات



# ميكانيكات النبات لازالة الملوثات

١ -الادمصاص adsorption : يعد سطح الجذر هو الأساس لأنه يمتص

المغذيات و العناصر لتي تربط الملوثات إذ يحصل تفاعل بين جذور النبات والوسط الذي توجد فيه الملوثات مما يؤدي إلى امتصاصها بواسطة الجذر .

٢ -التراكم والنقل : transportation and Accumulation تلعب

البروتينات والبيبتيدات الناقلة دورا في هذه العملية التي تزيد من ربط العنصر

بالنبات ويمكن أن تحسن تحمل العنصر والتراكم وهناك بعض العوامل

المساعدة مثل المواد الكلابية agent chelating المضافة إلى الماء أو التربة

التي تساهم وتزيد من التوافر الحيوي والامتصاص والنقل للعناصر الثقيلة .

٣- النقل : Translocation بعد امتصاص خلايا الجذر العناصر الأيونية تنقلها

إلى الأجزاء العليا من النبات وللغشاء الناقل دور أساسي في هذه العملية.

٤- إزالة السمية : Detoxification تمتلك النباتات المراكمة خاصية كبيرة وفعالة

لإزالة السمية ولحجز الملوثات دون إظهار السمية نتيجة لادمصاص كميات كبيرة

من العناصر الثقيلة وحجزها في الفجوات التي تمثل المكان لخزن العناصر الثقيلة

داخل أنسجة النبات وهذا الحجز هو الطريقة الأولى للسيطرة لأجل مقاومة تأثيرات

العنصر الضارة والحفاظ على أجزاء النبات الأخرى و الطريقة الثانية في إزالة

السمية هي التطايرية أي تحول العناصر داخل النبات إلى شكل أقل خطورة وسمية

وتطرح بعمليات نتح لنبات إلى الغلاف الجوي.

٥- التراكم المفرط : Hyperaccumulation يتركز العنصر في الكتلة الحية

للنبات .

# الأصاحح البيئي

م.م. شيماء عبدالأمير

# تلوث الهواء مصادره وأنواعه

## محاضرة 5

# تلوث الهواء

---

تعد قضية تلوث الهواء من القضايا التي أضحت تؤرق الإنسان في جميع المجتمعات لا سيما وأن الهواء يعتبر ضرورياً للإنسان شأنه شأن الماء ، بل هو أكثر أهمية وضرورة .

تلوث الهواء يعتبر من أخرج وأخطر قضايا التلوث هذا الموضوع الذي شغل اهتمام العالم لما يحمله هذا العنصر الهام في حياة الإنسان من أهمية و أن كل المشاكل الصحية التي تتعرض لها البشرية فضلا عن المشاكل التي تؤثر على المياه و التربة أو بعبارة أخرى المحيط الخارجي الذي يعيش فيه الإنسان سببها هو التلوث الذي أصاب الهواء سواء بفعل الإنسان أو بفعل الطبيعة

---



# الغلاف الجوي

- **طبقة التروبوسفير :** هي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي والملاصقة لسطح الأرض تعدّ هذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي الأرضي، يبلغ متوسط ارتفاع هذه الطبقة حوالي ١٢ كم يختلف سمك هذه الطبقة بين خط الاستواء والأقطاب وذلك بسبب الاختلاف في درجات الحرارة في هذه المنطقتين تحتوي طبقة التروبوسفير على حوالي ٧٥٪ من مجمل الهواء الموجود في طبقات الغلاف الجوي ومجموع بخار الماء تقريباً (الذي يشكل السحب والمطر). تعدّ طبقة التروبوسفير الطبقة الفعالة في تغيرات المناخ إذ يطلق عليها "الطبقة المناخية" لأنه يحدث بها جميع الظواهر الجوية. تمتاز طبقة التروبوسفير بانخفاض في درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل ٦ درجات مئوية لكل كيلومتر حيث يقل معدل التناقص هذا إلى ارتفاع ١٥ كم إلى أن يتوقف هذا التناقص تماماً على ارتفاع نحو ٢٠ كم. أن الانخفاض الكبير في درجة الحرارة مع الازدياد في الارتفاع هو نتيجة لانخفاض الضغط الجوي.



---

**طبقة الستراتوسفير:** تمتد هذه الطبقة من ارتفاع ٢٠ كم الى نحو ٦٥ كم فوق سطح

البحر . وتمتاز هذه الطبقة بالاستقرار التام في جوها حيث ينعلم فيها بخار الماء وتكون جافة وتحتوي على معظم الأوزون في طبقات الغلاف الجوي، تحدث الزيادة في درجة الحرارة مع الارتفاع نتيجةً لامتصاص الأوزون للأشعة فوق البنفسجية UV من الشمس.

• **طبقة الميزوسفير:** تسمى المنطقة الواقعة فوق الستراتوسفير بالميزوسفير، هنا تنخفض درجات الحرارة نسبياً مرةً أخرى مع الازدياد في الارتفاع إذ تصل إلى ما لا يقل عن -٩٠ درجة مئوية

---





- 
- **طبقة الثيرموسفير :** ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدًا ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي لبقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي تزداد فيها درجات الحرارة مع الارتفاع، هذه الزيادة في درجة الحرارة ناتجة عن امتصاص الأشعة فوق البنفسجية النشطة والأشعة السينية من الشمس. وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة من مصادر كونية أخرى بطبقة الثيرموسفير، فإن بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء أي تتأين. وتُسمى هذه الذرات المشحونة بالكهرباء أيونات لذلك تسمى هذه المنطقة أيضًا بالأيونوسفير. تحتوي الأجزاء العليا منها بشكل رئيسي على الهيدروجين والهليوم. تختلف درجة حرارة لثيرموسفير بين الليل والنهار
- 



---

وبين الفصول كما تختلف أعداد الأيونات والإلكترونات الموجودة فيها أيضًا.  
تعكس الأيونوسفير الموجات الراديوية وتمتصها، ما يسمح لنا بتلقي البث  
الإذاعي على الموجات القصيرة من مسافات بعيدة للغاية.



# الغلاف الجوي - Atmosphere

4 طبقات أساسية



# مكونات الهواء

إن الهواء الجوي الجاف النقي (غير الملوث) يتكون من :

✓ ٧٨% نايتروجين

✓ ٢١% اوكسجين

✓ ٠,٩% ارجون

✓ الباقي عبارة عن تراكيز قليلة من ثاني اوكسيد الكربون والنيون والهليوم

والهيدروجين وغيرها بالاضافة الى بخار الماء .

**تلوث الهواء:** نقصد بتلوث الهواء هو حدوث تغير في تركيبته نتيجة وجود مواد

صلبة أو سائلة أو غازية فيه بكميات من شأنها أن تضر بصحة الإنسان والحيوان

والنبات والبيئة التي يعيش فيها.



# مصادر تلوث الهواء

هناك مصدران لتلوث الهواء هما :

□ **مصادر طبيعية :** وهذه المصادر لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها

ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرائق الغابات

والأتربة الناتجة من العواصف وحبوب اللقاح بالإضافة الى الجراثيم هذه

المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست

جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى

□ **المصادر غير الطبيعية:** وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي

أخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة

ومتنوعة وأحدثت خلافا في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي



# المصادر الغير طبيعية

---

١. الصناعة .
٢. وسائل النقل البرى والبحري والجوي .
٣. النشاط الإشعاعي
٤. المخلفات والاستخدامات المنزلية
٥. النفايات الصلبة
٦. احتراق الوقود الاحفوري
٧. المبيدات





# انواع تلوث الهواء

## ❖ تلوث الهواء بالغازات

١. **اكاسيد الكربون** : والمقصود بغازات الكربون هما غاز أول أكسيد  $CO$  وغاز  $CO_2$ ، ينتج غاز أول أكسيد الكربون من الاحتراق غير الكامل للوقود المحتوي على المواد العضوية، ومن صفات هذا الغاز أنه لا لون ولا طعم ولا رائحة له، وينحل في بلازما الدم بقدر ما ينحل في الماء يمكنه الاحتراق لكنه لايساعد على الاحتراق ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الغازات السامة ، وترجع خاصية السمية إلى قوة اتحاده مع هيموغلوبين الدم حيث يحل محل  $O_2$ ، مما يحد من قابلية الدم لنقل  $O_2$  من الرئتين إلى خلايا الجسم مما قد يسبب الموت.



---

أما غاز ثاني أكسيد الكربون فهو عديم اللون ، والرائحة ، وذو طعم غير مقبول يتكون غاز ثنائي أكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم وزيت البترول ويعتبر غاز ثنائي أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء. أن عملية الاتزان البيئي التي تذيب غاز ثنائي أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوناً حامضاً ضعيفاً يعرف باسم حامض الكربونيك ويتفاعل مع بعض الرواسب مكوناً بيكربونات وكربونات الكالسيوم . وتساهم النباتات أيضاً في استخدام جزء كبير منه في عملية البناء الضوئي.

---



---

وتجدر الإشارة الى أن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من المساحات الخضراء ساهم في ارتفاع نسبة غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو والذي قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري.

## ٢. أكاسيد النتروجين : أكاسيد النتروجين عديدة أشهرها غاز $NO_2$ ، وغاز $NO$

وتتكون هذه الأكاسيد عند اتحاد الأوكسجين والنيتروجين ، تحت درجات حرارة عالية ، كحترق البنزين ، والسولار في المركبات، وهذه الغازات تعتبر سامة، إذا وصلت نسبتها في الهواء إلى ٠,٠٧ % فإنها تؤدي إلى الموت خلال نصف ساعة

---



---

ويعتبر عادم المركبات ، ومصانع حامض النتريك ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية من أهم مصادر أكاسيد النتروجين . وتساهم غازات أكاسيد النتروجين مع المركبات الهيدروكربونية في تكوين الغيوم السوداء التي نشاهدها في سماء المدن الصناعية

### ٣. أكاسيد الكبريت : أكاسيد الكبريت عديدة ، وأشهرها على الإطلاق غاز ثاني

أكسيد الكبريت  $SO_2$  ويتصف هذا الغاز بأنه عديم اللون ، قابل للاشتعال له رائحة نافذة إذا بلغ تركيزه ٣ جزء في المليون يتصاعد غاز  $SO_2$  من حرق الكبريت ، أو الكبريتيد ، أو مركبات الفحم ، والبتروول المحتوي على مركبات الكبريت ، حيث يوجد الكبريت في الفحم ، والبتروول بنسب متفاوتة



---

وبصفة عامة يمكن القول إن غازات الكبريت ، وما ينتج عنها من ملوثات ثانوية ، من أخطر ملوثات الثانوية على النظام البيئي ، فهي شديدة الخطورة لكل من الإنسان والحيوان والنبات على حد سواء لذا فإن انتزاع الكبريت من الفحم لو دور فعال في الحد من مشكلة التلوث

٤. **غاز كبريتيد الهيدروجين H<sub>2</sub>S** : يتصف بذا الغاز برائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد ، ينتج من تخمر المخلفات البشرية السائلة ، ومن احتراق المواد التي تحتوي على الكبريت ومن الصناعات الجلدية ، وتكرير البترول ، وصناعة المطاط ، وهو من الغازات شديدة السمية يدخل الى الجسم إما عن طريق التنفس أو عن طريق الجلد .

---



---

٥. الأوزون O<sub>3</sub>: يتواجد هذا الغاز بصورة طبيعية في المستويات المنخفضة في الجو ، وتتزايد درجة تركيزه نتيجة الملوثات المتزايدة المنطلقة من عوادم السيارات ، يتواجد في الهواء الطبيعي بنسبة ٠,٠٢ جزءاً في المليون ويلعب هذا الغاز في طبقات الجو العليا دوراً هاماً في حماية الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية، ويتفاوت تركيزه في الطبقات السفلى تبعاً لساعات اليوم، حيث يرتفع عند الظهر في المدن والضواحي السكنية . كما يؤثر الأوزون في النباتات ، فيسبب تبقع الأوراق ، ويظهر التأثير جلياً في نباتات البرسيم ، والقمح ، والبطاطا ، وغيرها .

---



## ❖ تلوث الهواء بالمركبات وبالغناصر الثقيلة

١. **الرصاص** : يعد الرصاص من أكثر المعادن السامة انتشاراً في الهواء ، وهو أخطرها على الإطلاق ، لذا فإن هذا المعدن جدير بأن يهتم به أكثر من غيره ، لما له من أضرار بالغة ، والسبب في ذلك أن المعادن لا توجد بنسب عالية إلا في بعض المناطق ، أي أن انتشارها محدودٌ ، بينما الرصاص يعتبر معدناً واسع الانتشار ، ويعتبر ملوثاً عالمياً ، وللسيارات الدور الأساسي في ذلك يضاف الرصاص لبنزين وقود السيارات لزيادة معدل الأوكتان . يخرج الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثاً تلوثاً به وخاصة في المدن المزدهمة والتي تستخدم وقود أو البنزين المحتوي على الرصاص






---

فضلا عن ذلك ويستخدم الرصاص ومركباته كمواد خام ، كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات ، والدهانات ، وصناعة البطاريات

**٢. مركبات الكلوروفلوروكاربون:** تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها

الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق وكذلك يمكن استخدام مركبات الكلوروفلوروكاربون على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد ثلاجات المنازل . كما أن الاحتراق غير الكامل للنفايات المنزلية يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الجو

---




---

**٣. الزئبق:** يعتبر الزئبق المعدن الوحيد الموجود في حالة السيولة ، ويتبخر عند درجات الحرارة العادية ويدخل الهواء على شكل بخار الزئبق ، ويستخدم هذا العنصر في صناعة الأدوات الكهربائية ، وصناعة الكلور ، ومحطات الطاقة الكهربائية العاملة على الفحم الحجري ، ومعامل تصنيع الزئبق ، ويستخدم كمبيد للفطريات

**٤. الزرنيخ:** يعتبر هذا العنصر من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ، ويستخدم في صناعة مبيدات الآفات الحشرية ، وتحضير بعض المواد الطبية

---



---

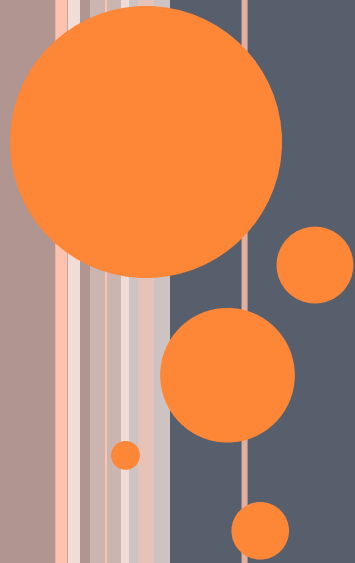
يتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ ، حيث يقوم بعض أنواع من الفطريات بتحويل الزرنيخ إلى بخار الزرنيخ السام ، وقد يصل إلى الإنسان أيضاً عن طريق الغذاء ، ويتراكم بعد ذلك في أنسجة الجسم ، ويرجع سبب سمية هذا العنصر إلى أن الزرنيخ يعمل على إحباط تفاعلات الأكسدة الفسفورية في الجسم بسبب تنافس الزرنيخ مع الفسفور في التفاعلات الحيوية

---

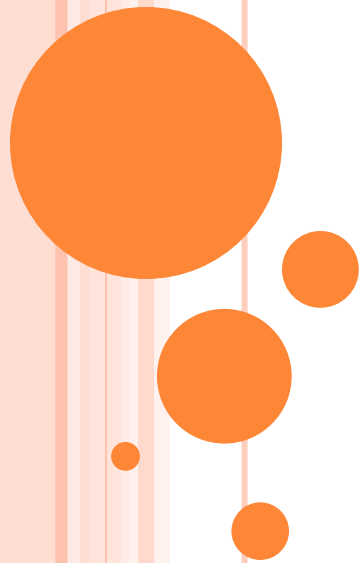


# الأصاحح البيئي

م.م. شيماء عبدالامير



# محاضرة ٦



## ❖ تلوث الهواء بالجسيمات

الجسيمات أو الدقائق في لغة التلوث الهوائي تشمل مواد صلبة ، أو سائلة منتشرة في الجو وبأحجام تتراوح بين جزئيات صغيرة قطرها حوالي ٠,٠٠٠٢ ميكرون وجسيمات كبيرة قطرها حوالي ٥٠٠ ميكرون هذه الذرات ممكن أن تترسب في ثوانٍ وقد تستقر في الجو لعدة أشهر والتلوث بالجسيمات يكون مرئياً في حالتين:

- ✓ - عندما يكون حجم الجسيمة ١٠٠ ميكرون (أي ما يعادل حجم نقطة الكتابة ) فهو يرى بالعين المجردة .
- ✓ - عندما تمتلك الجسيمات الأصغر حجماً خصائص تعمل على حجب ، أو امتصاص ، أو عكس أشعة الشمس ، وبذلك يظهر تأثيرها على شكل ضباب خفيف ، وتتكون الجسيمات التي يزيد حجمها على ١٠ ميكرون من أنشطة ميكانيكية



كطحن المواد المختلفة ، وعمليات الرش ، واحتكاك إطارات السيارات ، أما الجسيمات التي يتراوح حجمها من ١ - ١٠ ميكرون ، والتي تظهر على شكل دخان ، فإنها تكون نواتج لعمليات الحرق ، وغبار التصنيع والأملاح المتطايرة من البحار، أما الجسيمات التي يقل حجمها عن ١ ميكرون فنتج من عمليات الحرق أو التكثيف.

وتصنف الجسيمات تبعاً لحجمها وطبيعتها على النحو التالي :

## تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها

- **الجسيمات المتساقطة :** تتكون هذه الجسيمات من جزئيات يزيد قطرها عن ١٠ ميكرون ، ولا تلبث هذه الجسيمات أن تتساقط بعد دقائق من انطلاقها من مصدرها ، وقد تحملها الرياح الشديدة مرة أخرى ، وللجسيمات المتساقطة تأثير ضعيف على المجاري التنفسية ؛ لأن الشعيرات التنفسية تعمل على ترسيب جزء كبير من جزئيات وخاصة التي يزيد قطرها عن ١٠٠ ميكرون ، ولكن لها آثار بالغة على حياة النبات ، وتلحق أضراراً كبيرة بالحيوان ووسائل النقل والمباني

- **الجسيمات العالقة:** يتراوح قطرها بين ٠,١ - ١٠ ميكرون ، وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء ، أما ترسبها فيكون بطيئاً ، ويتوقف على الظروف المناخية من رطوبة ، ودرجة حرارة ، ورياح وغيرها ، وهي من أخطر الجسيمات الملوثة للهواء ، حيث من الممكن أن تصل إلى الرئتين وتستقر هناك ، وتشمل الجسيمات العالقة عدة أنواع تختلف تبعاً لمسبباتها سواء أنشطة عمرانية أم صناعية .

- **الجسيمات الدقيقة :** وهي جسيمات متناهية في الدقة قطرها أقل من ٠,١ ميكرون تصل إلى الرئتين بسهولة ، ومع ذلك فهي لا تشكل خطراً على صحة الانسان.





## تصنيف الجسيمات تبعاً لطبيعتها:

أ - الجزيئات الرملية : وهي عبارة عن جزيئات صلبة معلقة في الهواء ، مصدرها العواصف الرملية بالدرجة الأولى .

ب - الغبار : وهي عبارة عن جزيئات أدق من الرمال ، معلقة في الهواء تنتج عن تفتت الأجسام الصلبة وتطايرها إلى الجو .

ج - الدخان : جزيئات صلبة دقيقة جداً من الذباب الناجمة عن عمليات الاحتراق كما في دخان المصانع والمعامل والمنازل ، قطرها أقل من ٢ ميكرون .

د - الرماد : تنبعث هذه الدقائق مع غاز المداخن وقد تحمل معها وقوداً غير محترق .

و - الأبخرة المعدنية : وهي عبارة عن جسيمات من المعادن ، والمواد العضوية .



ه - الرذاذ : وهي قطرات من سائل معلق في الهواء ، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة ، وقد تتكون من الضباب ، والدخان مكونة الضباب الدخاني ، كما يتكون الضباب الرقيق من الرذاذ ، والغبار ، والغازات الملوثة ، ويخلق هذا الضباب انخفاضاً في الرؤية في المدن الملوثة .

ز - الأيروسولات : وهي عبارة عن جزيئات صلبة أو سائلة ، غالباً ما تبقى معلقة في الهواء نظراً لصغر حجمها ، وقطرها بصورة عامة أقل من ميكرون



## ❖ تلوث الهواء بالكائنات الدقيقة او الميكروبات

تنتشر في الهواء أنواع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة وتصيب الإنسان

إذا توفرت الظروف الملائمة ومن أجناس البكتريا Streptococcus

, Mycobacterium , أما الفطريات Candida , Aspergillus

ويعتبر فيروس الأنفلونزا أكثر الفيروسات انتشارًا في الهواء .تستخدم الميكروبات في

الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء وتسبب أمراضًا فتاكة بالإنسان ومن

اشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر COVID-19 المسبب له فايروس

كورونا ومرض الجمره الخبيثة التي تسببها Bacillus anthrax ويمكن انتشار

غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون و الجدري.



## ❖ الملوثات الثانوية

تتكون الملوثات الثانوية للهواء نتيجة لتفاعل الملوثات الهوائية الأولية مع الملوثات الغازية بمساعدة أشعة الشمس كمصدر للطاقة، أي انطلاق ملوثات أولية متعددة إلى الهواء مع توفر الأوكسجين والنيتروجين وبخار الماء وأشعة الشمس يؤدي ذلك إلى دخول هذه الملوثات في تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تكوين ملوثات أخرى هي الملوثات الثانوية والتي من أشهرها والتي من أشهرها الضباب الدخاني والأمطار الحامضية ولها آثار بالغة على عناصر البيئة لا تقل خطورة عن تأثيرات الملوثات الأولية .



# اضرار واثار تلوث الهواء

**الضبخان Smog** او الضباب الدخاني ، وهو خليط من الدخان والضباب يتكون فوق

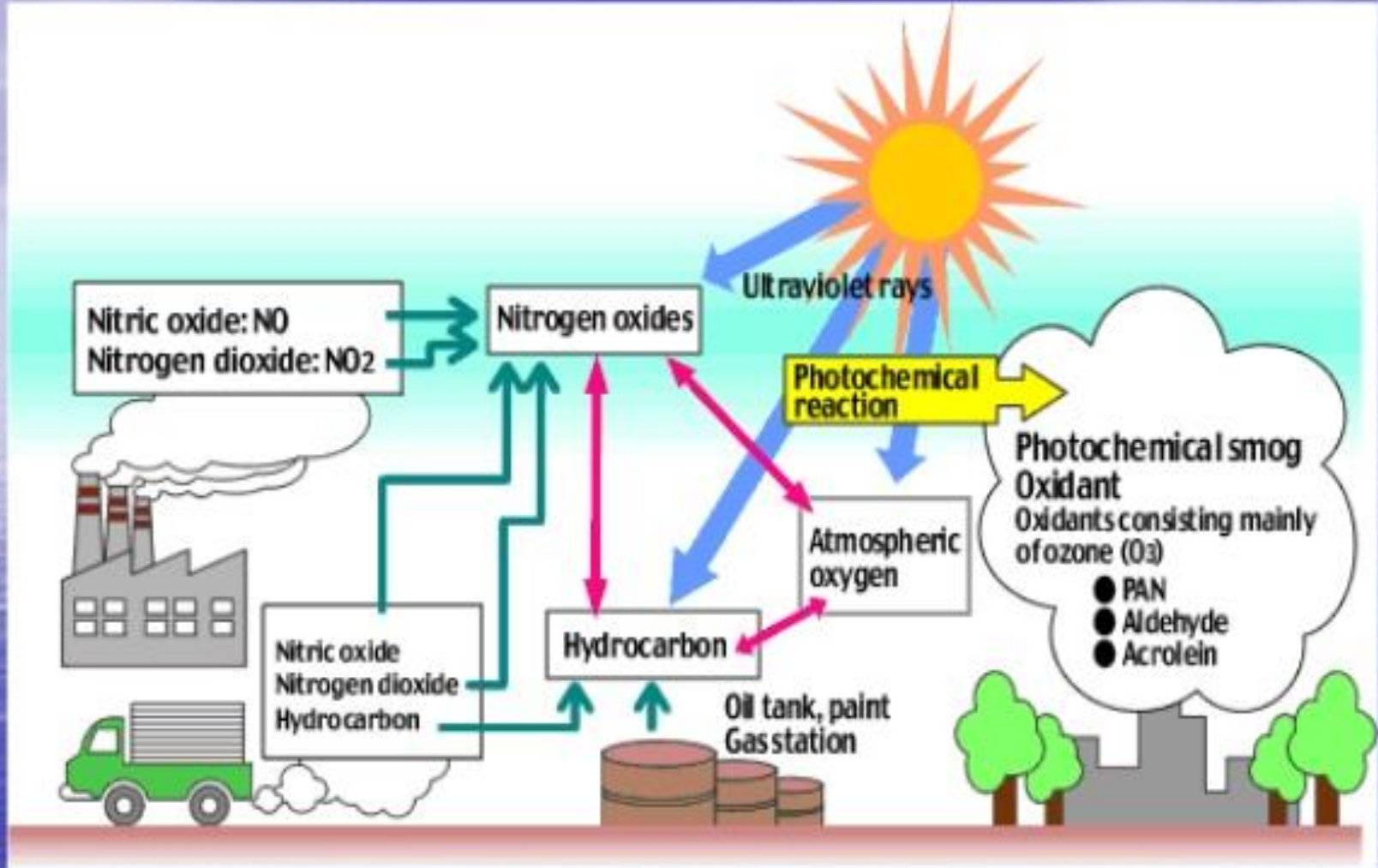
المدن والمناطق الصناعية، عرفت ظاهرة الضبخان منذ القرن التاسع عشر عندما حدثت في مدينة لندن وادت الى وفاة ٧٠٠ شخص وبعدها تكررت في مدن عدة. كان قديما يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة وكان ينتج عن اختلاط الدخان بثاني أوكسيد الكبريت. ينقسم الضبخان تبعا لنوع الملوثات الى نوعين

□ الضبخان الرمادي اللون Gray smog: يحدث بسبب انبعاث الغازات والرماد والجسيمات الصلبة من عمليات الاحتراق المكشوفة مثل حرق القمامه والمخلفات الحيوانية والنباتية وغيرها من المواد التي تنبعث منها غاز اول اوكسيد الكربون وثاني اوكسيد الكربون واكاسيد النتروجين



□ الضبخان البني اللون Brown smog: يحدث بسبب انبعاث الغازات والجسيمات الصلبة من عمليات الاحتراق للوقود الاحفوري في المصانع ومحركات وعوادم السيارات والتي ينبعث منها اكاسيد الكبريت والنتروجين واول اوكسيد الكربون في الامونيا والهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس حيث يحدث تفاعل كيميائي ضوئي ينتج عنه تكون غازات مثل الاوزون واول اوكسيد النايتروجين والبيروكسيدات والفورماليهايد معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس أنجيليس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسيب خطرة من الضبخان.



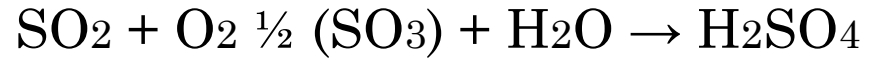






## ○ الأمطار الحامضية Acid Rain

تنتج الأمطار الحامضية من تلوث الهواء بثنائي أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النايتروجين الناتجة من حرق كميات ضخمة من الوقود في المصانع وتحملها الرياح إلى مسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه . ويعتقد أن غاز ثنائي أكسيد الكبريت وأكاسيد النايتروجين تتفاعل مع بخار الماء الموجود في الجو كما يلي



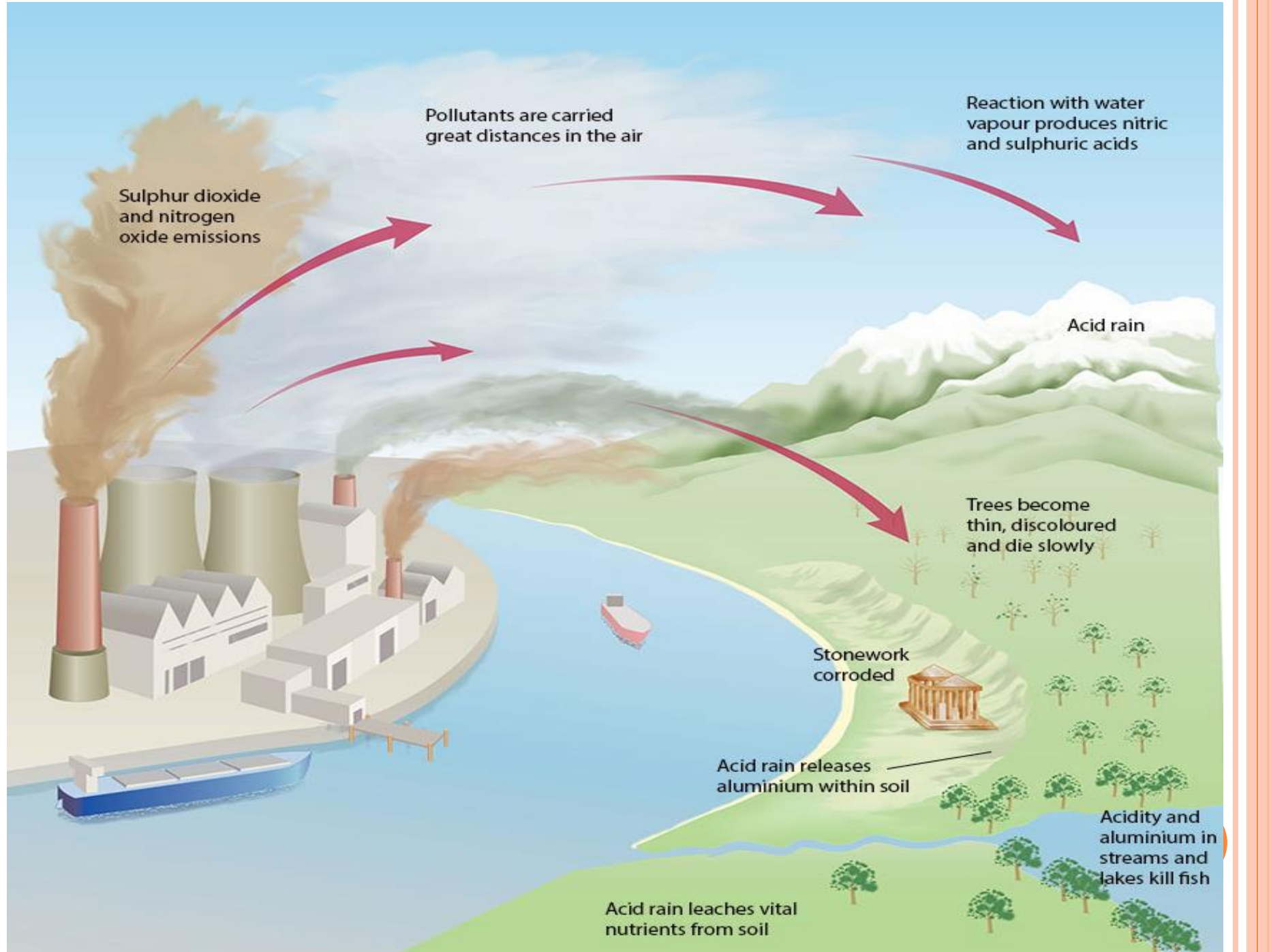
وتبقى هذه الأحماض معلقة في الهواء على هيئة رذاذ وتسقط مع الأمطار، وفي البلدان قليلة الأمطار مثل دول الخليج تلتصق المركبات الحامضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحامضي الجاف وأحياناً يسمى الترسيب الحامضي. وللأمطار الحامضية أو الترسيب الحامضي آثار سيئة على البيئة منها:

- التربة القلوية : تتفاعل معها وتتعاذل معها فعلى الأرض الجيرية مثلا تكون الكالسيوم وتجرفه إلى الأنهار وكذلك تذيب بعض المعادن أو الفلزات الهامة للنبات وتبعدها عن جذور النبات ومن أمثلة ذلك الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي تحملها مياه الأمطار الحامضية بعيدًا عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية.

- في التربة الجرانيتية : كما في دول السويد والنرويج تؤدي إلى تفتيت الصخور وترفع من درجة حموضة البحيرات.

- في البحيرات تؤدي الأمطار الحامضية إلى زيادة الحموضة في مياه البحيرات وبالتالي قد تسبب في عدم صلاحيتها للأسماك والكائنات الدقيقة.

- على المحاصيل الزراعية والغابات : كثير من النباتات لم تستطع العيش مع الأمطار الحامضية فذبلت



## الاحتباس الحراري

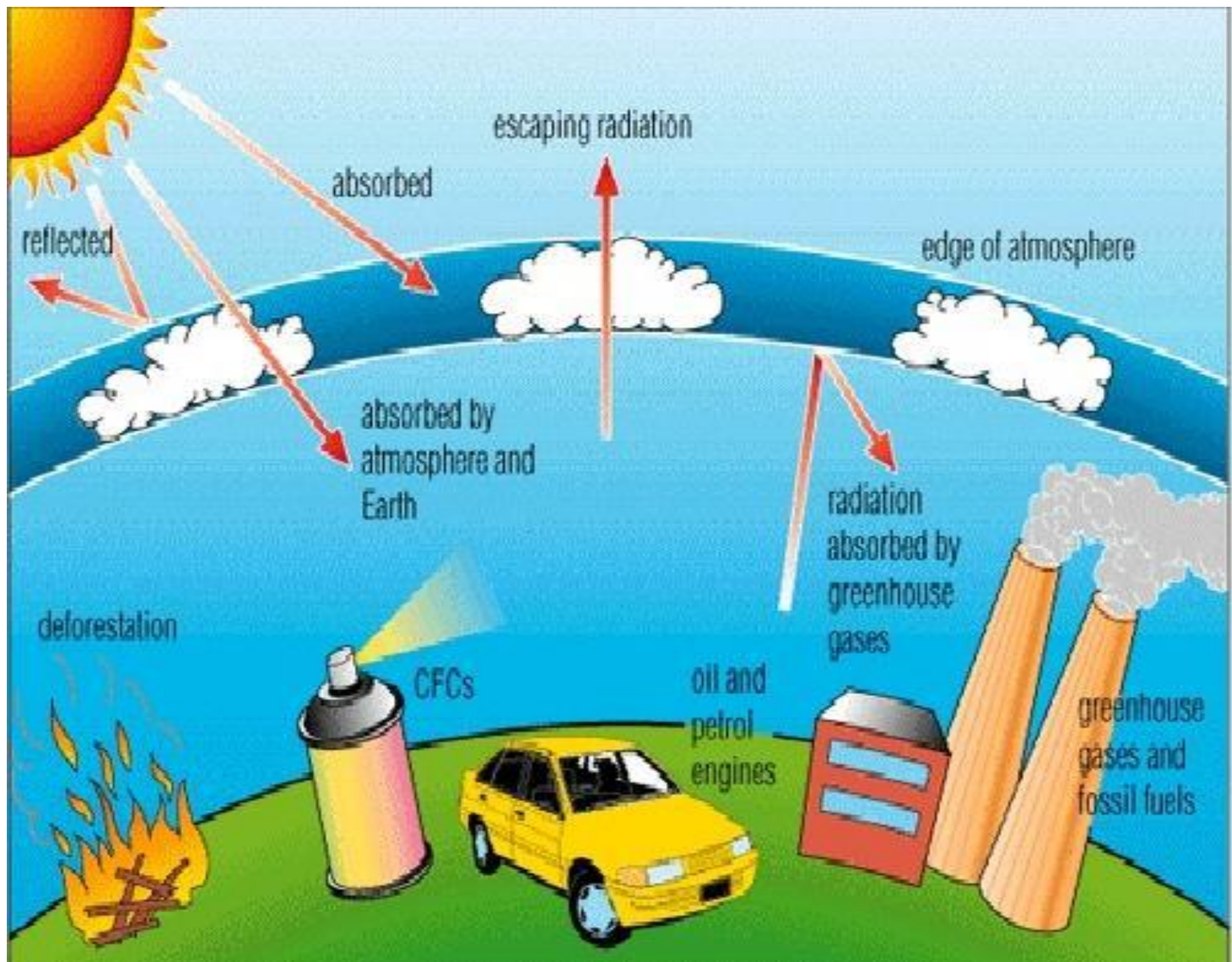
هي الزيادة التدريجية في درجة حرارة أدنى طبقات الغلاف الجوي المحيط بالأرض، ما يرفع بالتالي درجة حرارة الأرض، ويحصل ذلك بسبب زيادة انبعاثات الغازات التي يتكون معظمها من بخار الماء، وثنائي أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والأوزون، وهي غازات طبيعية تلعب دوراً مهماً في تدفئة سطح الأرض حتى يمكن الحياة عليه، فبدونها قد تصل درجة حرارة سطح الأرض إلى ما بين ١٩ درجة و ١٥ درجة مئوية تحت الصفر، حيث تقوم تلك الغازات بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطح الأرض كانعكاس للأشعة الساقطة على سطح الأرض من الشمس، وتحتفظ بها في الغلاف الجوي للأرض، لتحافظ على درجة حرارة الأرض في معدلها الطبيعي يعود الاهتمام الى مشكلة الاحتباس الحراري بسبب الأضرار التي تنتج عنها

## اضرار الاحتباس الحراري

- ارتفاع درجة حرارة كوكب الارض مما يسبب تمدد المياه وذوبان الجليد عند القطبين الامر الذي يهدد بارتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات وغرق الجزر المائية والمدن الساحلية وحدوث الفيضانات
- تصحر الاراضي الزراعية وفقدان المحاصيل الزراعية ونتيجة لذلك تحدث موجات الجفاف والتصحر وانقراض الكائنات الحية و انتشار الامراض المعدية
- حدوث حالات التطرف في المناخ
- ارتفاع درجة حرارة الجو حتى في فصل الشتاء مما يعمل على تقصير مدته







## تاكل طبقة الاوزون

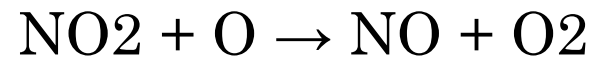
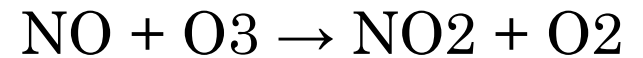
الاوزون Ozone غاز سام وشفاف يمل إلى الزرقة ويتكون الجزيء منه من ثلاث ذرات أوكسجين . ويتواجد الأوزون في طبقتي الجو السفلى التروبوسفير وطبقة الجو العليا الأستراتوسفير اذ يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحوي الهيدروكربونات ( الفريون – الذي يدخل في الثلاجات وأجهزة التكييف وكثير من الصناعات الأخرى ) . وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من المكونات الخطيرة على صحة الإنسان لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يحدث الوفاة.

أما الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين مع الأوكسجين الحر الذي ينتج من هذه انشطار هذه الجزيئات بفعل الأشعة فوق البنفسجية :



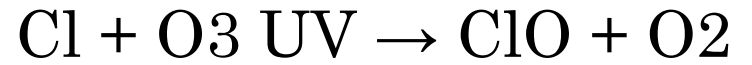


ومن نعم الله على خلقه أن جعل طبقة الأوزون في Stratosphere تعمل كدرع أو مرشح واقى يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة ولا يسمح إلا بمرور جزء يسير من هذه الأشعة . ولولا وجود طبقة الأوزون هذه لزالَت الحياة من الكرة الأرضية . ومع بداية السبعينيات بدأ الاهتمام بالملوثات الصادرة من نشاط الإنسان علي طبقة الأوزون فقد وجد أن أكاسيد النيتروجين تفتت جزيئات الأوزون :



وبذلك يعود أكسيد النيتروجين إلى حالته الأصلية ليعيد الدورة مرة أخرى وبذلك يختل التوازن الطبيعي. وكذلك وجد أن مركبات الكلوروفلوروكاربون ( بعضها معروف صناعيًا الفريون ) تقوم بتفتيت جزئ الأوزون. ونظرًا لزيادة استخدام هذه المركبات في كثير من الصناعات مثل البخاخات المعطرة والمزيلات لرائحة العرق وتسمي ايروسول

و على هيئة سائل في معدات التبريد وتكيف الهواء وفي الصناعات الإلكترونية من حاسبات وتلفزيونات وأجهزة استقبال وإرسال . وان خطر هذه المادة هو انبعاثها في الهواء وصعودها لطبقات الجو العليا حيث يتحرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية من مركبات الكلوروفلوروكاربون وهذا الكلور هو الذي يعمل على تدمير الأوزون وهو أحد أسباب ثقب الأوزون وتقليل نسبته في الغلاف الجوي



وتجدر الإشارة إلى أن غاز الكلوروفلوروكاربون له عمر طويل وهناك غازات أخرى لها تأثير مماثل كالهيدروجين والنايتروجين فضلاً عن عوادم الطائرات النفاثة والطائرات الأسرع من الصوت وان إطلاق الصواريخ للفضاء يخلف أطناناً من الغازات الضارة بطبقة الأوزون . فقد ورد في إحصائية أن كل عملية إطلاق صاروخ ( مكوك فضائي ) تدمر مليون طن من غاز الأوزون .

## السيطرة على تلوث الهواء

يتم استخدام بعض الوسائل للسيطرة على التلوث عن طريق الصناعة ووسائل النقل . وهذه الوسائل إما يمكنها أن تقضي تمامًا على المواد الملوثة أو تعمل على فصل هذه المواد عن العادم المنطلق قبل أن ينبعث في الغلاف الجوي . ولغرض السيطرة على الجسيمات المادية تستعمل :

✓ المجمعات الميكانيكية التي تعمل على تنقية الهواء من الغبار .

✓ المرسبات الكهروستاتيكية التي هي عبارة عن وسيلة لجمع الجسيمات تقوم بإزالة أي جسيمات توجد في أي نوع من أنواع الغازات المنطلقة (مثل الهواء) وذلك باستخدام قوة الشحنات الكهربائية المستحثة. وتعد المرسبات الكهروستاتيكية من أكثر وسائل التنقية فاعلية حيث تقوم على الأقل بإعاقة مجموعة الغازات المنطلقة، كما أنها تستطيع بسهولة إزالة الجسيمات المادية الناعمة مثل ذرات الغبار والدخان من تيار الهواء.



✓ أكياس مرشحات (فلاتر) مصممة للتعامل مع الأتربة الثقيلة

✓ أجهزة غسيل الغاز الرطبة يعد جهاز غسيل الغاز الرطب أحد أنواع التكنولوجيا المستخدمة في السيطرة على تلوث الهواء

✓ إعادة تدوير (استخدام) غاز العادم

✓ استخدام المحول الحفاز (وذلك من أجل السيطرة أيضاً على المركبات العضوية المتطايرة)

✓ استخدام أنظمة الامتزاز مثل الكربون النشط

✓ أنابيب اللهب flares وهي عبارة عن أنابيب توجد داخل المداخن من أجل التخلص

من الغازات الضارة المنبعثة وفي نهاية هذه الأنابيب تنبعث ألسنة من اللهب



# مقترحات للحد من تلوث الهواء

- الوعي الذاتي لدى الشخص بأن التلوث ما هي إلا كارثة تحتاج إلى جهد إيجابي منه لأنها تنذر بفنائه.
- وقف تراخيص مزاولة النشاط الصناعي الذي يدمر البيئة.
- تهجير الصناعات الملوثة للبيئة بعيدًا عن أماكن تركز البشر بخطة زمنية محددة، لوقف تبوير الأراضي الزراعية ولعدم الإضرار بصحة الإنسان.
- تطوير أساليب مكافحة تلوث الهواء، فالحل لا يكمن في مزيد من الارتفاع في أطوال المداخل لأنه لا يمنع التلوث بل يرحله إلى أماكن أبعد.
- تطوير وسائل التخلص من القمامة والنفايات، وخاصة لتلك العمليات التي تتضمن على الحرق في الهواء الطلق التي تزيد من التلوث.

- اللجوء إلى الغاز الطبيعي كإحدى مصادر الطاقة البديلة عن مصادر الطاقة الحرارية والذي لا يخرج معه كميات كبيرة من الرصاص والكبريت.
- اللجوء إلى استخدام المبيدات العضوية
- إلزام المصانع القائمة علي تنقية عوادم المداخن بأجهزة فصل الأتربة وامتصاص الغازات
- الاستفادة من المخلفات من خلال محاولة تدوير عناصرها
- القيام بعمليات التشجير على نطاق واسع للتخلص من ملوثات الهواء وامتصاصها.
- الكشف الدوري للسيارات، لأن عوادمها من إحدى العوامل الرئيسة المسببة للتلوث.



# الإصحاح البيئي

م.م. شيماء عبدالامير

# تلوث المياه وطرق معالجته

محاضرة V



# تلوث الماء Water Pollution

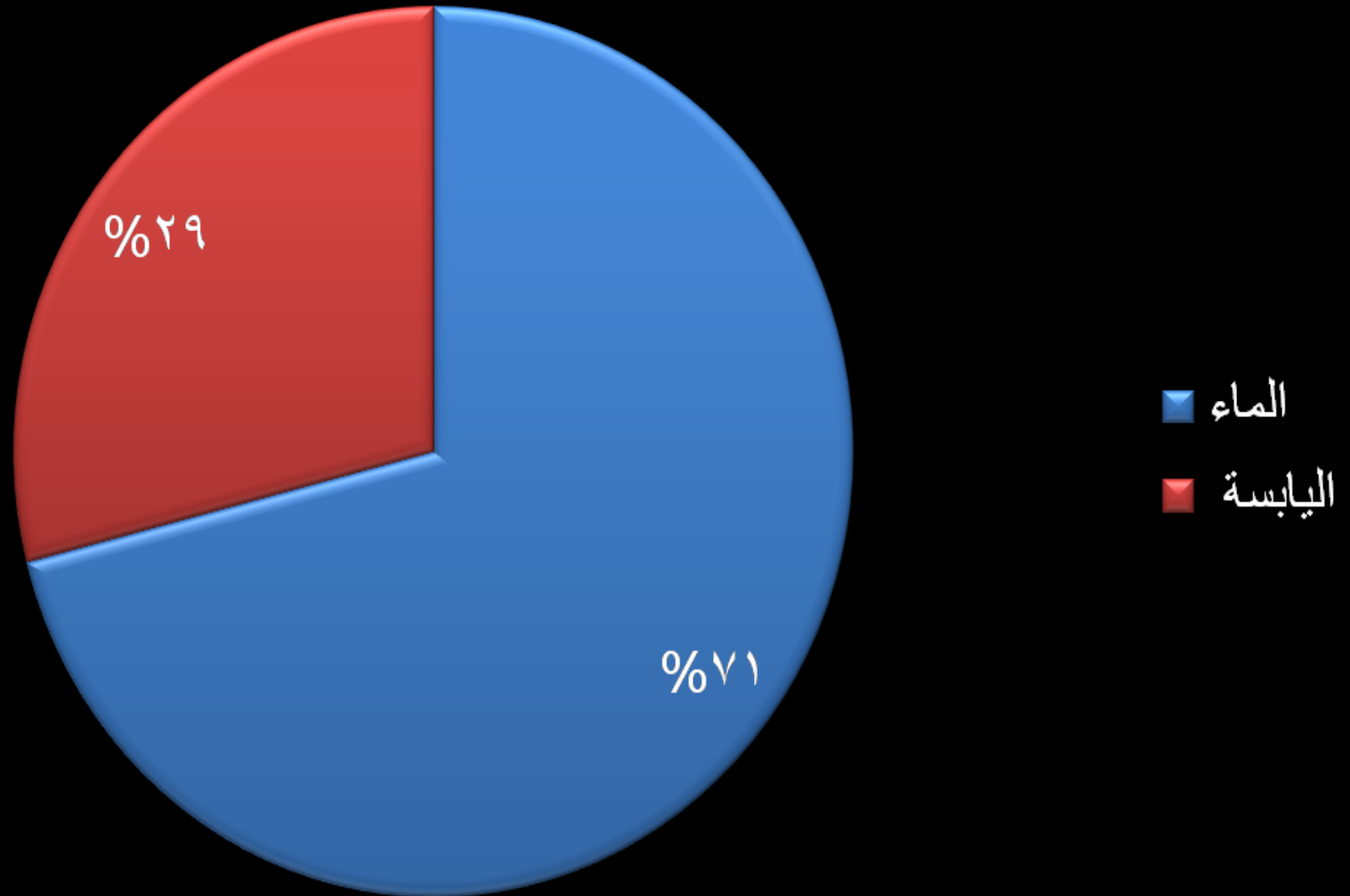
يعتبر الماء أساس حياة كل الكائنات الحياة في القديم والحديث، وبدون نعمة الماء نفقد كل مظاهر وألوان الحياة على هذا الكوكب الأزرق.

ولكن مع الأسف اليوم نجد تلوث المياه هي أكبر مشاكل وتحديات القرن الحادي والعشرين، فهذه المشكلة الكبيرة تهدد استمرار الحياة على سطح الأرض، ومع ذلك نجد المصانع والشركات لا تولي هذا اهتمامًا، وتتجاوز كل التحذيرات والإرشادات وتقوم بضخ نفاياتها والتي تكون في أكثر الأحيان سامةً في مياه الأنهار والبحار والمحيطات، مسببة تلوثًا وتلفًا في المياه، والمياه العذبة والجوفية.

# الماء على سطح الأرض

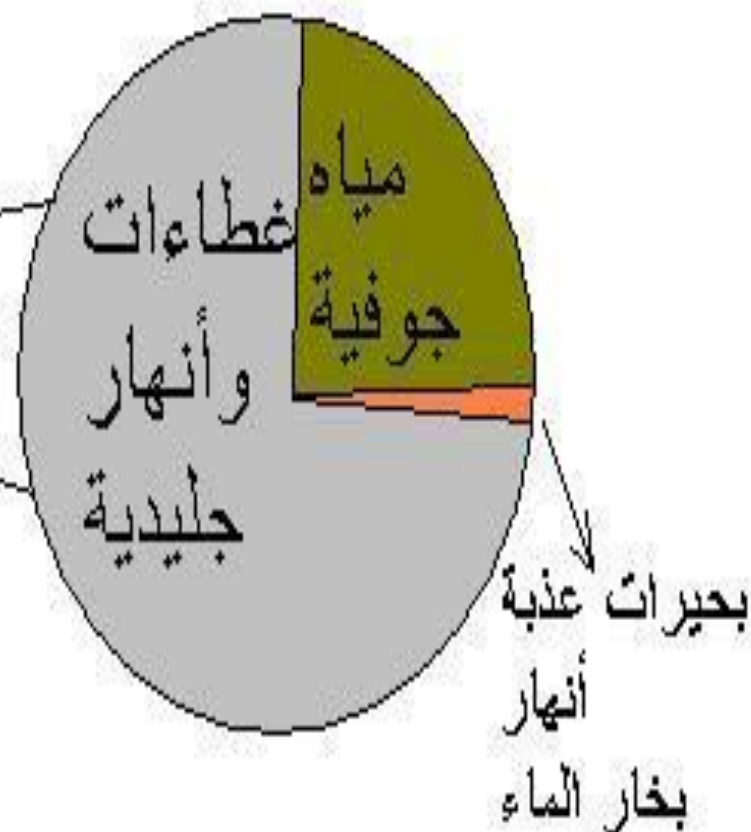
تشكل المياه النسبة العظمى من هذا الكوكب وتصل إلى حوالي ٧١% من سطح الأرض، وتوزع هذه النسبة على المحيطات والأنهار والبحار والبحيرات والمياه العذبة والجوفية ومياه الينابيع وغيرها، ولكن نسبة المياه الصالحة للشرب هي ٢,٨% من نسبة المياه الموجودة على هذا الكوكب، وتغلب عليها المياه الجوفية والجليد.

# نسبة اليابسة والماء في الكرة الأرضية





توزيع المياه على سطح الأرض



المياه العذبة  
2.15%

**تلوث المياه:** هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريق مباشر أو غير مباشر، يؤثر سلباً على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة.

ويؤثر تلوث الماء تأثيراً كبيراً في حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية، فالماء قد يكون سبباً رئيسياً في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثاً.

## **اهم ملوثات المياه**

**أن مصادر التلوث كثيرة خاصة مع التقدم التكنولوجي والاستخدام الشديد للكيمياويات ، فمخلفات المصانع التي تلقى في البحار والمحيطات تؤدي الى تلوثه وقتل الحياة البحرية و كذلك ناقلات النفط التي تسرب النفط فيها وهناك التلوث بالمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية وغيرها من المخلفات الزراعية وقد يجعل تلوث المياه غير قابلة للمعالجة او الاستخدام فقد تسبب المواد الضارة في المياه الى تعكيرها او تغير لونها او رائحتها او طعمها وكذلك وجود الميكروبات والبكتريا وغيرها من الكائنات الدقيقة الضارة تجعل المياه ملوثة**

## □ الانسكابات النفطية Oil spills

يعتبر النفط ومشتقاته من أهم مصادر التلوث المائي وينسكب النفط أو مشتقاته إلى المسطحات المائية إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة وتسهم ناقلات النفط بدور كبير في تلويث المياه بما ينسكب منها عادة من نـفـط أثناء عمليات الشحن والتفريغ وتنظيف الخزانات أو حوادث تصادم الناقلات أو انفجارها أو حتى حوادث انفجار حقول النفط ذاتها ومما يعكس خطورة التلوث بالنفط







## □ مخلفات المصانع Industrial Waste

وتشمل هذه المخلفات على المواد العضوية وغير العضوية وقد تكون السائلة اوالصلبة او الغازية وتأتي خطورة هذه المخلفات في أنها تفسد طبيعة المياه وتحولها من مياه باعثة على الحياة إلى مياه مسببة للمرض والموت ويمكن أن تكون النفايات الصناعية سامة أو تفاعلية أو قابلة للاشتعال، وبالتالي فإن المخلفات الصناعية في المياه تسبب في تلويثها وإحداث ضرر على الحياة المائية وعلى صحة الإنسان. فهذه المخلفات سامة جدا للأحياء المائية وضارة أيضاً بالإنسان



## المخلفات الزراعية Agricultural waste

يتم استهلاك ما يقارب ٧٠ % من إجمال استهلاك المياه في الزراعة في جميع أنحاء العالم، كما وتعد المخلفات الزراعية واحدة من أكبر المصادر التي تؤثر في تلوث المياه، حيث تؤثر الأنشطة الزراعية على تلوث المياه عن طريق عمليات التسميد وعمليات تكثيف الزراعة لزيادة الإنتاجية، وذلك عن طريق زيادة تآكل التربة والملوحة ونقل الرواسب إلى المياه، وتلوث المياه بالمبيدات بأكثر من وسيلة منها الانتقال العرضي من المناطق المجاورة أثناء عملية الرش او من جراء التسرب من الاراضي التي تتعامل مع المبيدات بالتزامن مع حركة الماء او يحدث التلوث المباشر عند استخدام المبيدات في القضاء على النباتات المائية مثل زهرة النيل التي تنتشر على صفحة نهر

**النيل في مصر وحاليا انتشرت في العراق كما يمكن أن  
تتسبب مبيدات الآفات التي تستخدم في الزراعة بتلويث المياه  
الجوفية والسطحية حيث يتسرب جزء من الكيماويات  
المستخدمة في الحقول عن طريق صرف بعض مياه هذه  
الحقول الزراعية نحو الأنهار والشواطئ المحاذية وتعمل هذه  
المواد على تنشيط نمو الطحالب والأعشاب المائية في المياه  
وبعضها يكون سام كالتترات والتي مكن ان تصل الى المياه  
الجوفية عن طريق الارتشاح او عن طريق المياه العادمة  
الزراعية وبالتالي تمثل المبيدات مشكلة خطيرة سواء بالنسبة  
لصحة الانسان من حيث تأثيرها على الجهاز التنفسي والجلد  
والعين او باعتباره مهلك للأسماك والكائنات المائية الأخرى**





## □ المياه العادمة Domestic sewage

تعرف المياه العادمة أيضًا باسم مياه الصرف الصحي، حيث تعد المياه العادمة هي المصدر الأساسي لمسببات الأمراض والمواد العضوية المتعفنة، وعادةً ما تنتقل هذه المياه العادمة إلى مختلف المسطحات المائية عبر أنابيب الصرف الصحي القادمة من منازل المدن، كما تعد المواد العضوية المتعفنة الموجودة في المياه العادمة من أكبر تهديدات نوعية المياه وجودتها، حيث تتسبب هذه المواد بخفض مستوى الأكسجين، وبالتالي التأثير على إمكانية عيش الأسماك والكائنات البحرية الأخرى في مثل هذه الظروف يمكن أن تؤثر مياه الصرف الصحي على جودة المياه عن طريق توفير مصدر تغذية كالنترات والفوسفات لنمو الطحالب مما قد يتسبب إلى نمو كثيف



**للطحالب، وعند موت هذه الطحالب سيتم استهلاك كميات كبيرة من الأوكسجين لتحللها، وبالتالي سيؤدي ذلك إلى الموت المبكر للكائنات المائية، ومن الجدير بالذكر أن عملية معالجة مياه الصرف الصحي، يمكن أن تساهم في تخفيض تلوث هذه المياه إلى أنها لا تقضي عليها تمامًا**



## □ نفايات المدن

وتتمثل نفايات المدن في مياه المجاري الصحية و القمامة وعادة ما تستخدم المسطحات المائية كمستودع لإلقاء هذه النفايات





# المواد المشعة Radioactive Substances

المواد المشعة أو ما يعرف باسم التلوث الإشعاعي، وهي مجموعة من النويدات المشعة المنبعثة في البيئة، وتعرف النويدات المشعة بأنها ذرات ذات نواة غير مستقرة تمتلك طاقة زائدة، فعند تحليلها تنبعث منها أشعة جاما والتي تكون مضرّة في المياه والبيئات المختلفة، لمواد المشعة أو ما يعرف باسم التلوث الإشعاعي، وهي مجموعة من النويدات المشعة المنبعثة في البيئة، وتعرف النويدات المشعة بأنها ذرات ذات نواة غير مستقرة تمتلك طاقة زائدة، فعند تحليلها تنبعث منها أشعة جاما والتي تكون مضرّة في المياه والبيئات المختلفة وعادةً ما تتسبب هذه المواد في تلوث المياه من خلال عمليات

**استخراج وتصنيع خامات المواد المشعة والمياه المصرفة من المفاعلات النووية والتي يتم استخدامها في المنشآت النووية بالإضافة إلى بعض الحوادث مثل حادث تشيرنوبيل التي حدثت عام ١٩٨٦ فتدوب بعض هذه الملوثات في الماء عند الوصول اليه وتتعلق على شكل معادن تسبب امراضا كثيرة عند وصولها بحسم الانسان يمكن أن تكون المواد المشعة إما غازية أو سائلة أو صلبة، وقد تستمر في التأثير من بضع ساعات إلى مئات الآلاف من السنين ومن الجدير بالذكر أن هنالك أكثر من ١٦ عنصر كيميائي مشع موجود في المحيطات والذي يؤثر على تلوث المياه، ونظرًا لخطورة المواد المشعة ظهرت اتفاقية منع التلوث البحري والمعروفة باسم اتفاقية لندن**

والتي تنص على منع إلقاء النفايات بما في ذلك النفايات المشعة في البحر، ولقد بدأ تنفيذ هذه الاتفاقية في ٣٠ أغسطس من عام ١٩٧٥.



## التلوث الحراري Thermal pollution

تعد الحرارة أحد أهم مصادر تلوث المياه، حيث تساهم درجات الحرارة المرتفعة في تقليل كمية الأكسجين المذاب في المياه، ويمكن أن يكون تلوث المياه عن طريق الحرارة إما طبيعيًا أو ناتج عن أنشطة بشرية، إذ تعد الينابيع الساخنة والبرك الضحلة في الصيف تلوث حراري طبيعي، بينما يشمل التلوث الحراري الناتج عن الأنشطة البشرية بالدرجة الأساس من محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل بالوقود الأحفوري وبالطاقة النووية ومن الصناعات النفطية والمصافي ومن صناعة الحديد والصلب، حيث يستخدم الماء في هذه المنشآت لغرض تبريد المكائن والآلات والمراجل والمولدات، ومن الجدير بالذكر أن بقاء الأسماك والنباتات البحرية على قيد الحياة يتطلب درجات حرارة



**ومستويات أكسجين معينة، وبالتالي فإن التلوث الحراري للمياه  
يحد من تنوع الحياة المائية كما يؤثر ارتفاع درجة حرارة الماء  
على كل خصائصه الطبيعية كالكثافة والشد السطحي وذوبان  
الغازات في الماء واللزوجة واذابة الزيوت وبعض المعادن  
الثقيلة وعسر الماء وغيرها من مؤثرات التلوث**



# □ الملوثات الحيوية

ينتج التلوث الحيوي عن عدة أسباب، وهي:

• تواجد أعداد كبيرة من الديدان والطحالب والكائنات الحية

الدقيقة، كالفيروسات، والبكتيريا في الماء

• تحلل المواد العضوية ومُخلفات الحيوانات.

• استخدام طرق غير سليمة للتخلص من النفايات البشرية.

التي تصل إلى الماء مع فضلات الإنسان والحيوان

وتنتقل هذه الكائنات الممرضة إلى الإنسان والحيوان عن طريق

شربه للماء الملوث بها

## الاضرار الناتجة عن تلوث المياه

- اتلاف نوعية المياه مما يجعل استخدامها للشرب او في الزراعة او الصناعة محفوفاً بالمخاطر.
- استنزاف كميات كبيرة من الأوكسجين المذاب في الماء، نتيجة ما يخلط من مخلفات الصرف صحي والزراعي والصناعي، مما يؤدي إلى تناقص أعداد الأحياء المائية.
- تؤدي زيادة نسبة الملوثات في المياه إلى تسمم الأحياء، فتكاد تخلو أنهار من مظاهر الحياة بسبب ارتفاع تراكيز الملوثات فيها.
- ازدهار ونمو البكتيريا والطفيليات والأحياء الدقيقة في المياه، مما يقلل من قيمتها كمصدر للشرب أو للري أو حتى للسباحة والترفيه.

- **قلة الضوء الذي يخترق المياه لطواف الملوثات مثل الملوثات النفطية على سطح المياه، وكما هو معروف بان الضوء ضرورياً لنمو الأحياء النباتية المائية كالطحالب والعوالق**
- **للنفت تأثير سام على الكائنات البحرية عندما تمتصه، فتتجمع المواد الهيدروكربونية المكونة للنفت في الأنسجة الدهنية وكبد وبنكرياس الأسماك، والتي تقتل بدورها الإنسان بعد إصابته بالسرطان، وتؤثر سلباً على اللافقرات والعوالق والمحار والثدييات والطيور والشعب المرجانية**
- **يمتد تأثير التلوث السلبي على الشواطئ والسواحل والمناطق السياحية والترفيهية مما يفقدها أهميتها الاقتصادية والترفيهية نتيجة التلوث**



- ظهور أعراض مظاهر الحساسية الصدرية والربو وتصلب الشرايين، وظهور أعراض السرطان
- تدمير العناصر الوراثية في الخلايا، وتكوين أجنة مشوهة

## حلول تلوث الماء

- سرعة معالجة مياه الصرف الصحي قبل وصولها للتربة أو للمسطحات المائية الأخرى، والتي يمكن إعادة استخدامها أخرى في ري الأراضي الزراعية وبدون تلوث للتربة والنباتات
- تمرير تيار هوائي قوي؛ وذلك لإزالة الغازات والمواد المتطايرة الذائبة في المياه، مثل غاز كبريتيد الهيدروجين
- منع القاء المخلفات الصناعية السائلة قبل معالجتها وتقليل نسب الملوثات فيها الى الحد الآمن
- منع ناقلات النفط والسفن الكبيرة من التخلص من نفاياتها النفطية بإلقائها في المياه والزامها بان تتزود بجهاز لتنقية مياه الموازنة من النفط قبل القائها في البحار

- **الابتعاد عن استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية السامة ، والتي لا تتحلل مع الوقت، أو التي ترتشح إلى المياه الجوفية، والتي تحتاج وقتًا كبيرًا للتحلل، واستبدالها بالأسمدة الطبيعية العضوية سهلة التحلل**
- **القيام بحفر حفر بالوعية للمياه العادمة غير القابلة لإعادة الاستخدام في مناطق بعيدة عن التجمعات السكنية، أو مناطق تواجد المياه الجوفية.**
- **محاولة إعادة تدوير بعض نفايات المصانع بدلاً من إلقتها في المصارف ووصولها إلى المياه الجوفية بالمثل طالما لا يوجد ضرر من إعادة استخدامها مرة أخرى.**
- **استبدال الكلور السام بغاز الأوزون في عملية تعقيم المياه**

• التحليل الدوري الكيميائي والحيوي للماء بواسطة مختبرات متخصصة، لضمان المعايير التي تتحقق بها جودة المياه وعدم تلوثها.

• سن قوانين يتم بموجبها حماية مصادر المياه من التلوث مثل: منع البناء في مناطق معينة ومنع استخدام المواد الكيماوية في مناطق محددة وذلك لحماية المياه من التلوث.