وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الحمدانية
كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم علوم الحياة
المرحلة الثالثة

المحاضرات النظرية لمادة
علم البيئة والتلوث

م.م أعراف خالد ذنون الطبو

المرحلة الثالثة

كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم علوم الحياة

1447 هـ
2026 م

الفهرس

تسلسل المحاضرة	عنوان المحاضرة	طريقة التعلم
1	مقدمة / علم البيئة / علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى / فروع علم البيئة	محاضرة
2	النظام البيئي	محاضرة
3	التوازن البيئي	محاضرة
4	الدورات الكيمياوية والارضية الحياتية / دورة المياه	محاضرة
5	دورة النتروجين	محاضرة
6	دورة الفسفور	محاضرة
7	العوامل المحددة و قوانين التحمل	محاضرة
8	العوامل اللاحياتية بوصفها عوامل محددة	محاضرة
9	الإنتاجية البيئية	محاضرة
10	السلاسل الغذائية	محاضرة
11	الشبكات الغذائية	محاضرة
12	الاهرام البيئية	محاضرة
13	السكان	محاضرة
14	العلاقات السلبية وتباين الأنواع	محاضرة
15	التعاقب البيئي وأنواع التعاقب البيئي	محاضرة
16	التعاقب البيئي في البيئات الأساسية	محاضرة
17	التلوث البيئي	محاضرة
18	تاثير الزيادة السكانية على البيئة	محاضرة
19	تلوث الهواء	محاضرة
20	أنواع ملوثات الهواء	محاضرة
21	ثاني أوكسيد الكاربون /اكاسيد النتروجين / اكاسيد الكبريت / كبريتيد الهيدروجين	محاضرة
22	الظواهر البيئية المسببة لتلوث الهواء / الاحتباس الحراري	محاضرة
23	طبقة الأوزون في الغلاف الجوي	محاضرة
24	التلوث الاشعاعي / التدخين	محاضرة
25	تلوث المياه	محاضرة
26	العوامل المسببة للمرض	محاضرة
27	المغذيات النباتية	محاضرة
28	المواد المشعة / التلوث الحراري / معالجة تلوث المياه/ التلوث بالنفط	محاضرة
29	تلوث التربة	محاضرة
30	المعادن الثقيلة / الزئبق / الرصاص / الكادميوم	محاضرة

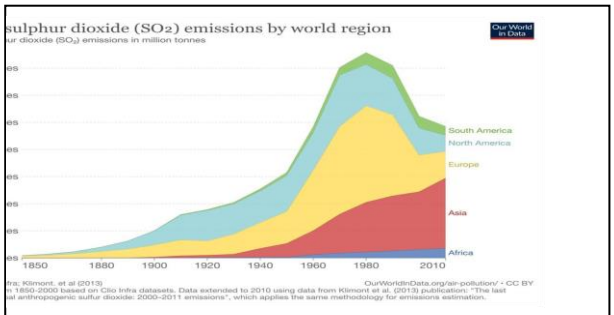
مقدمة

منذ أن خلق الله تعالى الإنسان على الأرض وهو في تفاعل دائم مع البيئة التي يعيش فيها ولذا فقد شكلت هذه البيئة الإطار الحياتي للإنسان الذي يستمد منه كل احتياجاته الأساسية من ملبس وغذاء وشراب ، كما أن البيئة شكلت مصدر رخاء للإنسان ورفاهيته من خلال استغلال مواردها وطاقاتها وخيرتها وتسخيرها جميعًا من أجل خدمته وكذا تحسين ظروف معيشته ، فالأكسجين الذي يتنفسه الإنسان و أشعة الشمس التي نستنير بها والماء الذي نروي به ظمئنا ونزيل به أوساخنا والتربة التي نقتات منها كلها من المقومات التي لا يمكن للإنسان الاستغناء عنها أو يعيش بدونها فهي أساسيات لحياة الكائنات الحية والإنسان على حد سواء .

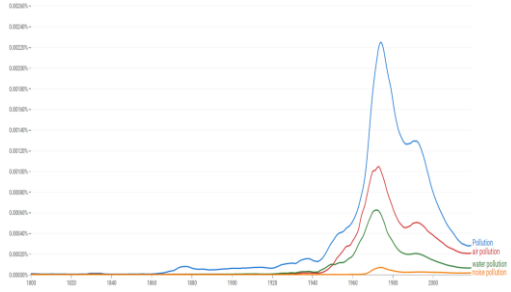
بدا انتشار التلوث في العصور الغابرة عندما اخذت مجموعات كبيرة من الناس تعيش معاً في المدن واتسع باتساع هذه المدن. وقد تسببت الممارسات غير الصحية وموارد المياه الملوثة في تفشي الاوبئة الجماعية في المدن القديمة. واصبحت المشاكل البيئية اكثر خطورة واتسع نطاقها في القرن الثامن عشر ومطلع القرن التاسع عشر خلال الحقبة المسماة بالثورة الصناعية التي بدات في انجلترا ثم انتشرت الى الاقطار الاوروبية الاخرى وامريكا الشمالية. وقد تميزت هذه الفترة بتطور المصانع وازدحام المدن بالعاملين في الصناعة.

كانت المصانع خلال فترة الثورة الصناعية تستمد معظم طاقتها من الفحم الحجري. واستخدمت معظم منازل المدن الفحم الحجري وقودًا للتدفئة. وادى احتراق الفحم الحجري الى اغراق اجواء لندن والمدن الصناعية الاخرى بالدخان والسناج. وبسبب سوء المرافق الصحية وصلت مياه المجاري الى موارد مياه الشرب في المدن حيث ادى الماء الملوث الى الاصابة بحمى التيفوئيد وغير ذلك من الامراض.

وفي الولايات المتحدة بدا تلوث الهواء يشكل خطورة كبيرة في مطلع القرن العشرين. فبحلول ثلاثينيات القرن العشرين امتلات اجواء كثير من مدن الشرق والغرب الاوسط بالدخان والسناج المنبعث من مصانع الفولاذ ومحطات القدرة



يلاحظ تزايد التلوث في القارات بثاني أوكسيد الكبريت خلال السنوات ما بين 1850-2010 م



يوضح تزايد التلوث ما بين عام 1800 وعام 2000 م

والسكك الحديدية ومحطات التدفئة. وفي بعض المدن الصناعية كانت كثافة الدخان تصل في الكثير من الاحايين حدًا يضطر معه السائقون الى استخدام المصابيح الامامية والاستعانة بمصابيح الشوارع اثناء النهار.

علم البيئة

صاغ عالم الحيوان الألماني إرنست هيكل كلمة "علم البيئة "،حيث أطلق عليها مصطلح "علم البيئة (oekologie) "للإشارة إلى "علاقة الحيوان ببيئته العضوية وغير العضوية". وتشتق الكلمة من الكلمة اليونانية " oikos " التي تعني "الأسرة" أو "المنزل" أو "مكان العيش". وبالتالي، يتعامل علم البيئة مع الكائن الحي وبيئته. ويشمل مفهوم البيئة كلاً من الكائنات الحية الأخرى والمحيط المادي. ويشمل العلاقات بين الأفراد داخل الجماعة وبين أفراد الجماعات المختلفة. وتشكل هذه التفاعلات بين الأفراد، وبين الجماعات، وبين الكائنات الحية وبيئتها، أنظمة بيئية، أوالنظم البيئية . **عُرِّف علم البيئة(Ecology) على أنه "دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية وبيئتها ومع بعضها البعض"، و"اقتصاد الطبيعة"، و وبيولوجيا النظم البيئية"**

وبعد هذا التعريف لأرنست هيكل 1866 اصبح علما مستقلا له فروعه وخصائصه المميزة .

ولعلم البيئة عدة مستويات يعالجها هي

- فرد(Organismal)
- جماعة/سكان(Population)
- مجتمع(Community)
- منظوم/نظام بيئي(Ecosystem)
- الغلاف الحيوي(Biospher)

علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى

علاقة علم البيئة بالعلوم الأخرى واسعة ومعقدة. اذا ان علم البيئة هو احد فروع علم الاحياء ويدرس العلاقات بين الكائنات الحية وبيئتها، ويدرس كيفية تفاعل الكائنات الحية مع بعضها البعض ومع محيطها المادي.

تتطلب القضايا البيئية المعقدة التي يواجهها العالم نهجًا وبحثًا متعدد التخصصات. لذلك لفهم البيئة الطبيعية لا بد من معرفة الفيزياء والكيمياء وعلوم التربة والجيولوجيا وعلم المناخ والتضاريس والجغرافيا، وغيرها. ولذلك، هناك ترابط وثيق بين علم البيئة وفروع العلوم الأخرى.

وفيما يلي اهم العلوم المرتبطة بعلم البيئة

1-علم الأحياء والبيئة

علم البيئة فرع من فروع علم الأحياء يُركز على تفاعلات الكائنات الحية مع بيئتها. يدرس هذا العلم توزيع الكائنات الحية ووفرتها وسلوكها وتكيفها مع مختلف الظروف البيئية. يوفر علم البيئة فهمًا عامًا لكيفية عمل العمليات البيولوجية على مختلف مستويات النظام البيئي .

2-علم البيئة والعلوم البيئية

يستخدم علم البيئة المعرفة المستمدة من مختلف العلوم لمعالجة القضايا البيئية، مثل التلوث وتغير المناخ وتدهور الموائل. ويوفر المبادئ والمفاهيم التي تُسهم في أبحاثه وإدارته.

3-علم البيئة وعلم الأحياء التطوري

يساعد علم البيئة على دراسة كيفية تأثير العوامل البيئية على توزيع الأنواع. من ناحية أخرى، يساعد علم الأحياء التطوري على فهم كيفية مساهمة هذه التفاعلات في تطور السمات والأنواع على مدار فترة زمنية. كما يُسهم في فهم مفاهيم الانتقاء الطبيعي والتكيف والتطور النوع

4-علم البيئة والجيولوجيا

يعتمد علم البيئة على التاريخ الجيولوجي لفهم الأنماط البيئية الحالية. يُقدم علم الجيولوجيا معلوماتٍ عن المناظر الطبيعية، وأنواع التربة، وتوافر الموارد المعدنية. وتُعدّ هذه المعرفة أساسيةً لدراسة توزيع الموائل وتطور النظم البيئية.

5- البيئة و الكيمياء

الكيمياء مهمة لعلم البيئة لفهم دورة العناصر الغذائية، وتأثيرات الملوثات، والتركيب الكيميائي للموائل. يساعد التحليل الكيميائي علماء البيئة على تحديد جودة الماء والهواء والتربة، وتقييم آثار المواد الكيميائية على الكائنات الحية والنظم البيئية.

6-علم البيئة والفيزياء

يستخدم علم البيئة الفيزياء لفهم تدفق الطاقة، وأنماط المناخ، والبنية الفيزيائية للموائل. وتساهم مفاهيم الديناميكا الحرارية، والإشعاع، وديناميكيات الموائع في دراسة انتقال الطاقة، وتنظيم درجة الحرارة، وحركة الكائنات الحية.

7- علم البيئة وعلوم الحاسوب وتكنولوجيا المعلومات

تُستخدم تحليل البيانات الكبيرة، الشبكات الإيكولوجية، الذكاء الاصطناعي للتنبؤ ومراقبة التنوع البيولوجي، كما تُستخدم في علوم مثل **علم الأحياء الحسابي** و**البيولوجيا الحاسوبية**

8-علم البيئة الرياضية

يستخدم علم البيئة النماذج الرياضية والتحليلات الإحصائية لقياس الأنماط والعمليات البيئية والتنبؤ بها. وتساعد هذه النماذج علماء البيئة في تحليل البيانات، ووضع الفرضيات، والتنبؤ بديناميكيات السكان، وتفاعلات الأنواع، ووظائف النظام البيئي. على سبيل المثال، تتطلب الدراسة التحليلية والتركيبية التفصيلية لأنماط المجتمعات في المراعي وغيرها من التجمعات النباتية معرفةً بالإحصاءات

9- علم البيئة والعلوم الاجتماعية مثل الاقتصاد والسياسة

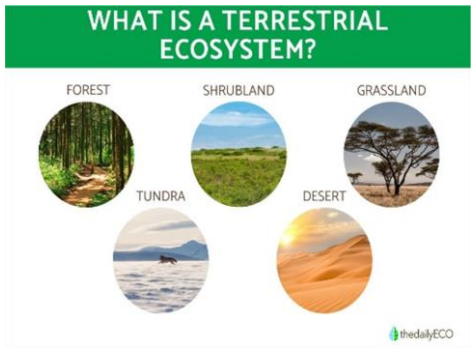
يرتبط بعدة مجالات مثل الاقتصاد البيئي (Ecological economics) التي تربط بين النظم البيئية والاقتصاد لمعالجة التلوث وإدارة الموارد .السياسية البيئية (Political ecology) تدمج بين العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية لفهم الصراعات البيئية واتخاذ القرار .

فروع علم البيئة

يقسم علم البيئة الى **فرعين أساسيين** هما علم البيئة اليابسة وعلم البيئة المائية

أولا :علم البيئة اليابسة (Terrestrial Ecology)

علم البيئة الأرضية هو دراسة النظم البيئية الأرضية، وتجمعاتها ومجتمعاتها من النباتات والحيوانات والميكروبات، وتفاعلاتها مع الغلاف الجوي والجداول والمياه الجوفية، ودورها في دورة الطاقة والمياه والعناصر البيوجيوكيميائية الرئيسية كالكربون والنيتروجين. تشمل مناهج البحث حملات وتجارب قياس ميدانية، وتحليلات مختبرية، وتحليل صور الأقمار الصناعية لدراسة التباين عبر التضاريس ومع مرور الزمن، والنمذجة الحاسوبية لاختبار فهمنا لكيفية عمل السكان والمجتمعات والنظم البيئية في الوقت الحاضر واستجابةً للتغير البيئي. يؤثر البشر على النظم البيئية الأرضية من خلال إدارة الأراضي والمياه، والتلوث، وتغير المناخ .

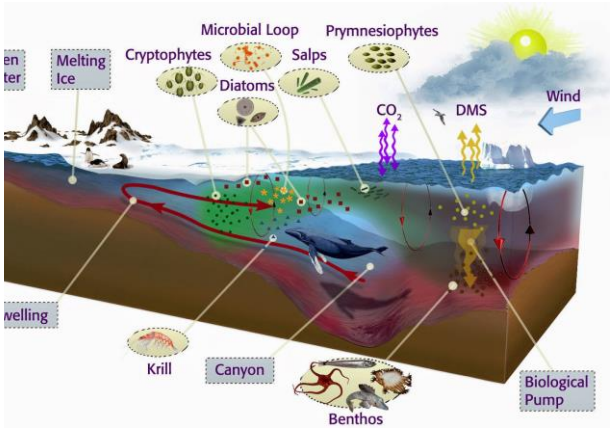


أنواع النظم داخل البيئة اليابسة

الغابات , التندرا, الصحاري, السفانا,أراضي عشبية

ثانيا :–علم البيئة المائية (Aquatic Ecology)،

يدرس التفاعلات بين الكائنات الحية (نباتات، حيوانات، ميكروبات) وبيئتها في **النظم المائية**—سواء كانت **بحرية** أو **عذبة**—ويشمل تحليل جودة المياه، دور الأنواع في المحيطات والأنهار، ودور هذه النظم في دعم الحياة وإدارة الموارد



وتصنف الى

النظم العذبة (Freshwater Ecosystems)

- تشمل: أنهار، جداول(Lotic) ، بُحيرات، وبرك (Lentic)، ومُستنقعات وجوفت(Wetlands)
- تمتاز بقابلية متفاوتة للضوء، درجات حرارة مختلفة، ومستويات مغذيات متنوعة
- تحتوي على نحو 41% من أنواع الأسماك المعروفة

ب. النظم البحرية(Marine Ecosystems)

تغطي 70%من سطح الأرض، وتشمل المحيطات، الشواطئ، المحاديات(Estuaries) ، والشعاب المرجانية

تُقسّم لمناطق مثل: الشاطئية(Intertidal) ، العمق المفتوح(Pelagic) ، القاع(Benthic) ، والأعماق السحيقة(Abyssal)

مياهها مالحة بمتوسط تركيز 35‰

النظام البيئي(Ecosystem)

النظام البيئي في علم البيئة هو أي مساحة طبيعية وما تحتويه من كائنات حية نباتية أو حيوانية أو مواد غير حية، البعض يعتبره الوحدة الرئيسية في علم البيئة، والنظام البيئي قد يكون بركة صغيرة أو صحراء كبيرة، ويمكن تعريف النظام البيئي كتجمع للكائنات الحية من نبات وحيوان وكائنات أخرى كمجتمع حيوي تتفاعل مع بعضها في بيئتها في نظام بالغ الدقة والتوازن حتى تصل إلى حالة الاستقرار وأي خلل في النظام البيئي قد ينتج عنه تهديم وتخريب للنظام

تركيب النظام البيئي

يتميز هيكل النظام البيئي بتنظيم مكوناته الحيوية وغير الحيوية. ويشمل ذلك توزيع الطاقة في بيئتنا ، بالإضافة إلى الظروف المناخية السائدة في تلك البيئة .يمكن تقسيم بنية النظام البيئي إلى عنصرين رئيسيين، وهما : المكونات الحيوية والمكونات غير الحيوية تترابط المكونات الحيوية وغير الحيوية في النظام البيئي. وهو نظام مفتوح تتدفق فيه الطاقة والمكونات عبر حدوده.

المكونات الحيوية للنظام البيئي	المكونات غير الحيوية للنظام البيئي
الكائنات المنتجة جميع الكائنات ذاتية التغذية، مثل النباتات. وتُسمى ذاتية التغذية لأنها قادرة على إنتاج الغذاء من خلال عملية البناء الضوئي. وبالتالي، تعتمد جميع الكائنات الحية الأخرى في أعلى السلسلة الغذائية على الكائنات المنتجة في غذائها.	المكونات غير الحيوية هي المكونات غير الحية للنظام البيئي. وتشمل الهواء، والماء، والتربة، والمعادن، وأشعة الشمس، ودرجة الحرارة، والمغذيات، والرياح، والارتفاع، والعكارة، وغيرها .
المستهلكات أو غيرية التغذية هي كائنات حية تعتمد على كائنات حية أخرى في غذائها. تُصنف المستهلكات إلى مستهلكات أولية، ومستهلكات ثانوية، ومستهلكات ثالثية.	
المُحلِّلات الكائنات المتعفِّنة كالفطريات والبكتيريا. تتغذى هذه الكائنات مباشرةً على المواد العضوية الميتة والمتحللة. تُعدّ المُحلِّلات أساسيةً للنظام البيئي، إذ تُساعد في إعادة تدوير العناصر الغذائية لاستخدامها من قِبَل النباتات.	

وظائف النظام البيئي

وظائف النظام البيئي هي كما يلي:

1. نظم العمليات البيئية الأساسية، ويدعم أنظمة الحياة ويضمن الاستقرار.
2. كما أنها مسؤولة عن دورة العناصر الغذائية بين المكونات الحيوية وغير الحيوية.
3. ويحافظ على التوازن بين المستويات الغذائية المختلفة في النظام البيئي.
4. يقوم بتدوير المعادن عبر المحيط الحيوي.
5. تساعد المكونات غير الحيوية في تركيب المكونات العضوية التي تنطوي على تبادل الطاقة.

أنواع النظم البيئية تشمل النظم البيئية اليابسة والنظم البيئية المائية ويوجد مصطلح الأنظمة البيئية غير الكاملة

ملاحظة ✎ يعرف النظام البيئي غير الكامل بانه نظام لا يحتوي على جميع المكونات اللازمة للاستدامة الذاتية، مثل عدم وجود منتجات (كائنات حية تقوم بإنتاج الغذاء) أو بسبب غياب بعض العوامل البيئية الضرورية .يمكن أن يكون هذا نتيجة لعمليات طبيعية أو بسبب تدخل بشري . ومن الأمثلة على النظم البيئية غير الكاملة أعماق المحيطات , الصحاري , المناطق التي تضررت بسبب شدة التلوث , التدخل البشري , العوامل الطبيعية.

المفاهيم المتعلقة بالنوع والفرد في النظام البيئي

الفرد (Individual) في النظام البيئي

- الفرد هو كائن حي واحد ينتمي إلى نوع معين.
- كل فرد له وجود مستقل ومميز داخل النظام البيئي.
- الأفراد تتفاعل مع بعضها البعض ومع مكونات البيئة (ماء، هواء، تربة، ضوء...) وتشكل شبكات غذائية وعلاقات تكافلية أو تنافسية.
- على سبيل المثال، شجرة واحدة (فرد من نوع معين) تعيش وتتفاعل مع الكائنات الأخرى مثل الحشرات، الطيور، والفطريات.

النوع (Species) في النظام البيئي

- النوع هو مجموعة من الكائنات الحية التي تتشابه في الخصائص الوراثية، الشكلية، والسلوكية، وقادرة على التزاوج فيما بينها لإنتاج ذرية خصبة.
- يعتبر النوع الوحدة الأساسية في تصنيف الكائنات الحية.
- في النظام البيئي، لكل نوع دور وظيفي معين، مثل: العاشب، المفترس، المحلل، الناقل، أو المنتج (كالنباتات).
- التنوع في الأنواع داخل النظام البيئي يُعرف بالتنوع الحيوي(Biodiversity) ، وهو عامل مهم لاستقرار ومرونة النظام.

العلاقة بين النوع والفرد في النظام البيئي

- **النوع** هو المجموعة التي تضم كل الأفراد الذين يشتركون في الخصائص نفسها.
- **الأفراد** هم الوحدات الحية التي تشكل النوع في الواقع.
-

مثال على ذلك الغابة

- في الغابة، هناك **أنواع** عديدة: أشجار، حيوانات، حشرات، فطريات، إلخ.
- كل نوع يحتوي على **أفراد** كثيرة، مثلاً آلاف أشجار البلوط.
- الأفراد تتفاعل مع البيئة من حولها (الطقس، التربة، الضوء).
- وجود أفراد من أنواع مختلفة يساعد على حفظ توازن الغابة، مثل: الأشجار تعطي مأوى للحيوانات. الحيوانات تساعد في نشر بذور الأشجار, المحللات تعيد العناصر الغذائية إلى التربة.

التوازن البيئي

تعريف التوازن البيئي

يُعرَّف التوازن البيئي (environment balance/balance of nature/ ecological balance) بعدة تعريفات منها أنه بقاء مكونات وعناصر البيئة الطبيعية على حالتها، ويُعرّف كذلك بأنه حالة من التوازن التي تحدث داخل مجتمع من الكائنات الحية بهدف المُحافظة على أنواعها وتنوّعها الجيني مُستقراً دون حدوث تغييرات جذرية وغير طبيعية فيه.

كما يتم تعريفه بأنّه حالة من التوازن والاستقرار في أعداد وأنواع الكائنات الحية بالبيئة، ويُطلق عليه كذلك اسم "توازن الطبيعة" وهو مُصطلح يستخدم للتعبير عن مدى التوازن بين الإنسان والحيوان والنبات في البيئة، وتساعد عملية التمثيل الضوئي التي تحدث في النظام البيئي على بناء البيئة الجيدة واستقرار الحياة بين مختلف الكائنات الحية بأنواعها.

أهمية التوازن البيئي

تَكْمُن أهمية التوازن البيئي في الحفاظ على استمرارية حياة الكائنات الحية على الأرض عن طريق تفاعلها الدائم مع البيئة عبر دورة متوازنة، إذ إن النباتات تستخدِم الطاقة المستمدة من الشمس، ثم تتحول النباتات بعدئذٍ إلى غذاءٍ لمخلوقات أخرى، وعند موت النباتات والحيوانات تستهلكها الكائنات الحية الدقيقة، وهكذا. وبشكلٍ مختصر، فإن التوازن البيئي يعد بمثابة الأداة التي تحافظ على الوجود، حيث يستمر الإنسان والحيوان والنبات والكائنات الدقيقة بأنواعها على قيد الحياة طالما هناك توازن بيئي، وتحصل جميع الكائنات على التكاثر الجيد عند توافر الغذاء المناسب لكل نوع والحفاظ على البيئة الخضراء.

أسباب اختلال التوزان البيئي

هنالك عدة أسباب تؤدي الى اختلال التوزان البيئي النظام البيئي وهي :-

1- **التلوث** :-والذي يُعد أحد الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى اختلال وتدمير النظام البيئي، وينتج التلوث بسبب النفايات، وانبعاث الغازات، وانسكابات النفط، والمبيدات، وجميعها من العوامل التي تؤدي إلى استنفاد الموارد البيئية وهجرة الحيوانات المحلية.

2- **التغير المناخي**:- يلعب المناخ دورًا جوهريًا في تدمير النظام البيئي؛ فالاحتباس الحراري مثلاً يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة، وارتفاع مستويات سطح البحر، وزيادة حموضة المحيطات ممّا يسفر عن اختلال توازن النظام البيئي الطبيعي.

3- **تطهير الأرض**:- حيث يؤدي الإفراط في تطهير الأراضي إلى تدمير النظام البيئي من خلال زيادة الكثافة السكانية التي تزداد حاجتها إلى مزيد من الأراضي للسكن المعيشي، فضلاً عن تمهيد الطرق والاستخدامات الخاصة بالثروة الزراعية والثروة الحيوانية، وهذا بدوره أدّى إلى تدمير عدد كبير من الأراضي وبالتبعية تدمير النظام البيئي.

4- **الافراط في استغلال الموارد** :-حيث إن عمليات الاستخراج المُتزايدة للموارد الطبيعية مثل عمليات التعدين وقطع الأشجار والتنقيب عن النفط وغيرها تُعرِّض النظام البيئي للتدمير.

5- **انخفاض اعداد الكائنات الحية** :-تعتبر الحيوانات مصدرًا حيويًا للغذاء بالنظام البيئي، ولها دور جوهري في تحقيق التوازن البيئي، علمًا بأن تناقص أعدادها بسبب تعرّضها للصيد الجائر من قبل الإنسان للاستفادة من جلودها وريشها وقرونها ولحومها يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي.

تأثير اختلال التوازن البيئي على الإنسان

- التعرُّض للفيضانات الناتجة بسبب تآكل التربة وتناقص عدد الأشجار، مما يؤدي إلى تدمير المنازل وإبادة الكائنات.
- ارتفاع مستوى سطح البحر بشكلٍ كبير نتيجةً لذوبان الجليد بفعل الاحتباس الحراري.
- حدوث اضطرابات بالسلسلة الغذائية نتيجةً لانقراض عددٍ كبير من الحيوانات المفترسة.
- تناقص مصادر المياه مما قد يجعل لدينا كميات محدودة من المياه الصالحة للشرب.
- نقص الموارد الغذائية بسبب تحوُّل الأراضي الزراعية إلى أرض قاحلة جرداء وتُصبح المحيطات خالية من الأسماك.
- فقدان التنوع البيولوجي مما قد يؤدي إلى اختفاء الكثير من الكائنات الحية بسبب إزالة الغابات.
- انتشار التلوث بشكل كبير بدرجة تجعل البيئة غير قابلة للإدارة بشكل جيد ويؤثر على صحة الإنسان.
- الارتفاع الكبير في درجات الحرارة والذي قد يلحق الضرر بجميع الكائنات الحية التي تعيش على سطح الكوكب.

بعض العمليات التي تساهم في المحافظة على التوازن البيئي

-استمرارية التبادل بين مواد النظام غير الحيوي مع الجو؛ مثل تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء والنباتات.

-الحفاظ على التوازن الغذائي داخل السلسلة الغذائية.

-تقويم الممارسات البشرية الخاطئة، مثل زيادة الاعتماد على الكهرباء والوقود الأحفوري بالإضافة إلى الصيد الجائر، إذ إن استنزاف الموارد البيئية وعدم استدامتها يؤثر سلبًا على التنوّع الحيوي وانقراض بعض أنواع الكائنات الحية، علمًا بأن أي ضرر يلحق بأحد الأنواع يؤدي إلى إحداث ضرر بالنظام البيئي ككل.

-الحدّ من تلوث المياه

الدورات الكيمياوية والارضية الحياتية (Biogeochemical cycles)

الدورات البيوجيوكيميائية هي عمليات دائرية داخل النظم البيئية حيث تمتص الكائنات الحية العناصر الغذائية لتنمو وتحافظ على الحياة ، ثم تعيد هذه المواد إلى البيئة عند الموت والتحلل – تتحرك هذه المواد الكيميائية باستمرار بين العالم البيولوجي والمكونات الجيولوجية للأرض ، وهي عملية تعرف باسم الدورة الكيميائية الحيوية. – يتبع كل عنصر أو مركب كيميائي دورته الفريدة ضمن هذه المسارات.

جميع الكائنات الحية تعتمد على ستة عناصر معدنية أساسية ضرورية لحياتها. هذه العناصر الرئيسية تشمل الكربون، الهيدروجين، الأكسجين، النيتروجين، الفسفور، والكبريت. بالإضافة إلى ذلك، تحتاج الكائنات إلى كميات صغيرة من عناصر أخرى مثل المغنيسيوم، الحديد، البوتاسيوم، والصوديوم. تتواجد معظم هذه العناصر في الطبيعة على شكل أملاح داخل الصخور وبفضل عمليات التعرية، تنتقل هذه العناصر إلى التربة والمياه الجوفية والأنهار، مما يساهم في دورات حيوية وكيميائية مستمرة تُعرف بالدورات البيوجيوكيميائية.

أي ان الدورات في الطبيعية تكون على ثلاث أنواع

1- دورة الماء

2- الدورات الغازية وهي (النتروجين , الكاربون, الكبريت, الاوكسيجين)

3- الدورات الرسوبية وهي (الفسفور)

أولا :- دورة الماء

الماء هو عنصر أساسي للحياة على سطح الأرض، حيث تعتمد عليه الكائنات الحية مثل الإنسان والحيوان بشكل كبير لاستمرار حياتها. يتواجد الماء في الطبيعة بأشكال متعددة: سائل في الأنهار، البحيرات، البحار، والمحيطات؛ غاز في الهواء على شكل بخار ماء؛ وصلب في صورة جليد على القطبين. يشكل الماء حوالي 97% من كمية المياه على سطح الأرض، معظمها موجود في المحيطات يومياً، يتبخر حوالي 775 كيلومتر مكعب من الماء، ويعود منها 875 كيلومتر مكعب على شكل أمطار، بينما يبقى جزء منه في الجو كبخار ماء بالإضافة إلى ذلك، تتبخر حوالي 160 كيلومتر مكعب من الماء من اليابسة يومياً، مما يساهم في دورة الماء المستمرة.

كيف تتم دورة المياه ؟

تستهلك النباتات والبشر المياه على حد سواء حيث تعود هذه المياه في النهاية إلى البيئة غالبا على شكل كما هو الحال في عملية النتح في النباتات إلى جانب التعرق والتبخر والزفير، بالإضافة إلى ذلك او على شكل سائل حيث تطرح المصانع والمنازل المياه ,تعتمد حركة المياه وتوزيعها بشكل مباشر على العمليات المختلفة المتأثرة بالظروف الجوية مثل درجة الحرارة والضغط الجوي والرياح وتدفق الأنهار والبحار وكذلك تسرب المياه إلى التربة. وتعمل دورة المياه من خلال الإجراءات المشتركة للتبخر والنتح ، وتبلغ ذروتها في التكثيف.

المياه تشكل نظامًا ديناميكيًا في الطبيعة يُعرف بدورة الماء. الطاقة الشمسية تلعب دورًا حيويًا كجسر جوي يربط بين المحيطات والقارات. المحيطات تحتوي على الجزء الأكبر من الماء، بينما القارات تحتوي على كميات أقل. الماء يتبخر باستمرار من المحيطات والقارات، ويتحول إلى بخار في الغلاف الجوي. الرياح تنقل بخار الماء عبر مسافات طويلة، حاملةً إياه إلى مناطق مختلفة. تبدأ عمليات معقدة في الغلاف الجوي تؤدي إلى تكوين السحب وارتفاعها إلى ارتفاعات شاهقة. هذه العمليات تؤدي في النهاية إلى هطول الأمطار، مما يعيد الماء إلى الأرض ويكمل الدورة. دورة الماء توضح كيف يتحرك الماء باستمرار بين الأرض والجو والمحيطات.

ثانيا : دورة النيتروجين (دورة غازية)

جميع الكائنات الحية تعتمد على عنصر النيتروجين، فهو ضروري لتكوين الأحماض الأمينية، البروتينات، والمواد الوراثية مثل الحمض النووي.(DNA) يشكل النيتروجين حوالي 78% من الغلاف الجوي، لكنه لا يمكن للكائنات الحية استخدامه مباشرة من الهواء. في النظم البيئية الطبيعية، لا تستطيع معظم الكائنات الحية استخراج النيتروجين الجوي والاستفادة منه إلا بعد تحويله إلى أشكال قابلة للاستخدام. يمكن تحويل النيتروجين الغازي الخامل إلى أيونات الأمونيوم (NH4+) أو النترات (NO3−) من خلال عملية تُعرف بتثبيت النيتروجين

التحولات يمكن ان تكون ناتجة عن عمليات مثل البرق أو النشاط البركاني قد تؤدي إلى تكوين مركبات نيتروجينية. تقوم البكتيريا الموجودة في التربة بتحويل النيتروجين إلى نترات، ثم تتحول هذه النترات إلى أحماض أمينية وبروتينات , وتلعب الكائنات الحية دورًا هامًا في تحلل الفضلات العضوية مما يساهم في إعادة تدوير النيتروجين حيث تقوم بعض البكتيريا بتحويل النيتريت (NO2) إلى نترات.(NO3) بعد ذلك، يمكن امتصاص النيتروجين من قبل جذور النباتات أو يعود إلى الجو على شكل غاز النيتروجين.(N2) هذه العمليات تشكل جزءًا أساسيًا من دورة النيتروجين في الطبيعة .

طرق تثبيت النتيروجين

1- التحلل البكتيري والفطري للكائنات الحية Decomposition
2- التثبيت الحيويBio fixation
3- التثبيت الفيزيائي Physical fixation

1-التحلل البكتيري والفطري للكائنات الحية Decomposition

تحدث تحلل المواد العضوية في التربة بوجود الأكسجين، حيث تقوم الكائنات الدقيقة بتحليل المركبات العضوية إلى مركبات أبسط. في هذه العملية، يتحول الأمونيوم إلى نترات عبر أكسدة متتابعة بواسطة بكتيريا متخصصة، تُعرف بعملية النترتة. تمتص النباتات النترات الناتجة لاستخدامها في نموها

التفاعلات الكيميائية الأساسية في النترتة.

- $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + 4H^+ + energy$
- $NO_2 + O_2 \rightarrow NO_3 + + energy$

اما في غياب الأكسجين، تقوم البكتيريا بتحويل النترات إلى نيتريت، ثم إلى غاز النيتروجين الذي يتصاعد إلى الغلاف الجوي. تُعرف هذه العملية عكس النترتة (Denitrification)

المعادلات الكيميائية لعملية عكس النترتة

$$NO3^- \rightarrow NO2^- \rightarrow NO \rightarrow N2O \rightarrow N2$$

$$NH3 \leftrightarrow NH2OH$$

2-التثبيت الحيوي Bio fixation

يتحول النيتروجين الموجود في التربة والماء من غاز خامل إلى مركبات مفيدة مثل الأمونيا والنترات من خلال عمل البكتيريا والطحالب المثبتة للنيتروجين. تشمل هذه الكائنات الحية

1- البكتيريا حرة المعيشة مثل الازوباكتر الهوائية و الكلستريديوم اللاهوائية
2- والطحالب الخضراء المزرقة مثل النوستك ،
3- والبكتيريا التكافلية المعيشة التي تعيش في العقد الجذرية مثل الريزوبيوم
4- ، والفطريات البسيطة المعروفة باسم الاكتينومايست

3-التثبيت الفيزيائي Physical fixation

يحدث التثبيت الفيزيائي عندما يؤين البرق غاز النيتروجين ، مما ينتج عنه النترات. تسقط هذه النترات مع المطر على التربة والمياه السطحية ، وتدخل دورة النيتروجين.

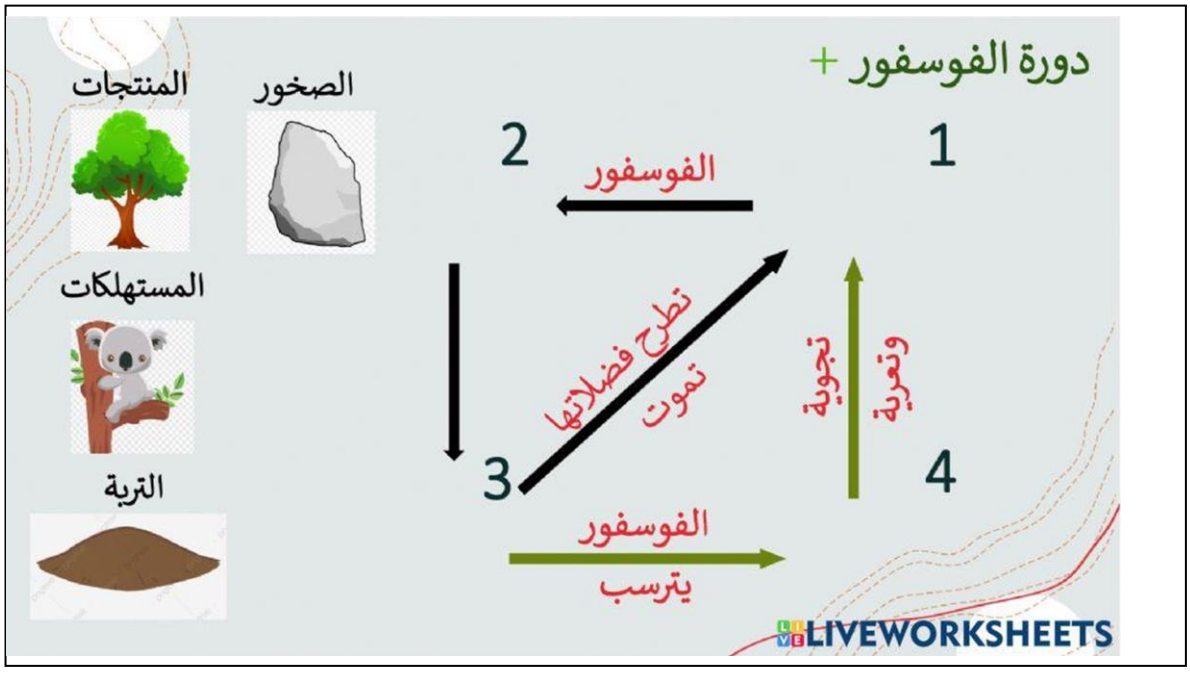
$$2O_2 + N_2 \xrightarrow{\text{lightning}} 2NO_2$$

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 \xrightarrow{\text{Rain}} 4HNO_3$$
Nitric acid

ثالثا :- دورة الفسفور(دورة رسوبية)

تختلف دورة الفوسفور اختلافا كبيرا عن الدورات الأولية الأخرى ، لأنها لا تشمل مرحلة غازية. يوجد الفوسفور بشكل أساسي في قشرة الأرض حيث يوجد كمركبات فوسفات. تتكون هذه الفوسفات من ذرة فوسفور واحدة مرتبطة بأربع ذرات أكسجين وتشكل أيون الفوسفات. غالبا ما يتحد هذا الأيون مع أيونات الكالسيوم لتكوين فوسفات الكالسيوم ، وهو مكون معدني رئيسي وفير في كل من الصخور النارية والرسوبية. تعمل عمليات التجوية على تكسير هذه الصخور المحتوية على الفوسفات وتطلق أيونات الفوسفات في التربة والماء. تمتص النباتات هذه الفوسفات من التربة وتدمجها في أنسجتها ثم تحصل على الفوسفور عن طريق استهلاك النباتات أو الكائنات الحية الأخرى مما يجعل الفوسفور عنصرا أساسيا في الخلايا الحية. يلعب دورا مهما في الجزيئات البيولوجية الحيوية مثل الحمض النووي والحمض النووي الريبي و ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات). وعندما تموت النباتات يعود الفوسفور إلى التربة والماء ، ويستمر في الدورة.

يتم دمج الفوسفور في العظام والأسنان. عندما تموت النباتات يؤدي تحللها إلى إطلاق الفوسفور مرة أخرى في التربة ، مما يجعله متاحا لنمو نبات جديد. توجد كميات كبيرة من الفوسفور في التربة ، وبعد استخدامه كسماد ، فإنه يدعم نمو المحاصيل التي يستهلكها الإنسان. تعتبر العوامل الجوية مثل المطر والرياح حيوية في نقل الفوسفور. تحمله الأنهار والبحار إلى النباتات المائية التي تمتصها ، وتدعم الكائنات الحية المختلفة التي تتغذى على هذه النباتاتو تعرف هذه الحركة المستمرة وتحول الفوسفور من خلال المكونات البيئية المختلفة باسم دورة الفوسفور . تستقر كميات كبيرة من الفوسفور في رواسب المحيطات والبحار ، مما يخلق خزانا طبيعيا



العوامل المحددة

يتأثر توزيع الكائنات الحية وانتشارها في الكرة الأرضية بطبيعة تحملها للتغيرات المناخية الطبيعية بصورة عامة والتي تشمل عددا من العوامل كالحرارة والرطوبة والضوء والرياح وطبيعة التربة ونوعية الأحياء المتواجدة في تلك المنطقة وغيرها من العوامل, وعلى هذا الأساس يمكن تفهم انماط الوفرة والأنتشار للمجاميع الحياتية نباتية او حيوانية او غيرها.

إن الكائنات الحية تنمو وتتكاثر وتنتشر في بالعامل المحدد، وقد يكون عامل واحد أو أكثر.

ويكون العامل البيئي عاملاً محدداً عندما يكون :

1-هذا العامل مفقود.

2-أو عندما يتناقص إلى مادون الحد الأدنى الضروري.

3-أو حتى عندما يتجاوز الحد الأعلى المسموح به.

إن بقاء الكائن الحي من عدمه يعتمد على مجموعة من العوامل والظروف المتباينة وان اي من هذه العوامل اذا مااقتربت من حدود التحمل او تعداه فهو يمثل عامل محدد, اي ان العامل المحدد له دور مؤثر في موت هذه الأحياء أو حياتها وبالتالي يؤثر على وجودها أو غيابها في أي وسط من الأوساط.

1-قانون ليبج للحد الأدنى Liebig law (law of minimum)

قبل اكثر من 100 سنة عبر العالم الالماني ليبج Liebig . j (1840) بوضوح عن المواد الكيمياوية اللازمة لنمو وديمومة النباتات والحيوانات في بيئتها الطبيعية حيث اوضح ان غلة المحاصيل كثيرا مالا تتحدد بتوفر الظروف والعوامل التي يحتاجها بكميات كبيرة مثل الاوكسجين والماء وثنائي اوكسيد الكاربون حيث تكون متوافرة عادة في البيئة الطبيعية ولكنها تتحدد ببعض المواد الاولية التي يحتاجها الكائن الحي بكميات قليلة جدا مثل البورون او بعض الفيتامينات او الانزيمات او الخارصين والتي تكون كمياتها نادرة وفي نفس الوقت يحتاج اليها الكائن الحي في نموها وديمومتها .

ان قانون ليبج ينص على ان المواد الاساسية المتوافرة في مواطن وجود الكائن الحي (Habitat) بكميات ضئيلة تتقارب مقدارها من الحد الادنى الحرج الضروري للكائن الحي في حياته ونموه تكون هي العامل المحدد اذلك النوع من الكائنات . ومنذ ذلك الحين يسمى قانون ليبج بقانون الحد الادنى (Law of mininmum) الذي اعتمد على عبارته المشهورة **(ان نمو النباتات يعتمد على كمية المادة الغذائية التي توفر له بمقدار الحد الادنى)** لقد وسع كثير من الباحثين عبارة ليبج لتشمل الكائنات الحية بصورة عامة وتضمنت عوامل اخرى غير

المواد الغذائية مثل العوامل الفيزياوية(الحرارة ، الضوء ، الرطوبة وغيرها) والعوامل الكيمياوية والبايولوجية يضاف اليها عامل الزمن

ان العوامل المحددة للنمو والتكاثر تختلف باختلاف الكائنات الحية فمثلا يتبين من المنشورات والدراسات العلمية ان السليكا هو المحدد للانتاجية في كثير من بحيرات بريطانيا وخاصة لانواع من اجناس الطحالب مثل ال Asterionella ، Cyclotella ، Melosira ، Tebelaria حيث ان تكاثر أي نوع من الانواع الاربعة يتحدد بتوفر السليكا وبتراكيز مختلفة بينما في المياه العراقية يلاحظ ان تراكيز السليكا لايؤثر في نمو وتكاثر هذه الانواع في حين ان الفوسفات والنتروجين تحدد الانتاجية فضلا عن الملوحة في المناطق الجنوبية .

2- قانون شيلفورد للحد الاعلى Shelford law (law of maximum)

لقد قام شيلفورد في عام 1913 بتوسيع قانون الحد الادنى واعلن عن قانونه الجديد المسمى قانون شيلفورد للتحمل (law of tolerance Shlford's)او قانون الحد الاعلى law of maximum حيث ذكر ان اية كمية او عامل يفوق الحد الاقصى الحرج يستطيع ان يوقف نمو وتكاثر الكائن الحي في بيئته الطبيعية وبالتالي يخرجه من المنطقة ، وان قيمة العامل وكميته يجب ان تبقى دون الحد الاقصى الحرج لتحمل الكائن الحي فاذا حدث أي تعد عن حدود التحمل لنوع معين فانه يؤدي الى اختفاء هذا النوع من المنطقة طالما كانت الظروف قائمة . وبصورة مبسطة يمكن القول بان قانون شيلفورد يمكن ان يعرف بما يلي : **(ان بقاء اوعدم بقاء الكائن الحي في منطقة ما يعتمد على عدد من العوامل المتداخلة والمعقدة وان زيادة كمية او نسبة أي من العوامل لتقترب من حدود تحمل الكائن الحي تحدد بقاءه)**

عليه فان قانون التحمل يناقض قانون ليبج الى حد ما حيث يذكر ان بقاء او عدم بقاء الكائن الحي لايحدده ندرة العامل او وجوده بكميات قليلة جدا فحسب بل ان الكثرة ايضا تحدد وجود الكائن الحي . فارتفاع درجات الحرارة او الضوء او زيادة كمية الامطار غالبا ما تكون المسبب الرئيس لمحو كثير من الكائنات الحية في مناطق مختلفة.

ان تطبيقات قانون التحمل قد مهد الطريق الى فهم الحدود التي يمكن ان تعيش ضمنها الحيوانات والنباتات المتنوعة في الطبيعة وهذا ساعد على ادراك توزيع وانتشار الكائنات الحية في الطبيعة .وبغض النظر عن ما سبق يمكن الوصول الى بعض المفاهيم الاساسية المهمة من نتائج تطبيقات قانون التحمل تجريبيا في الطبيعة بحيث يلاحظ ان اوسع الكائنات انتشارا في الطبيعة هي الكائنات ذات التحمل الواسع لجميع العوامل مع العلم انه يمكن ان يمتلك الكائن الحي مديات واسعة للتحمل لبعض العوامل ومديات ضيقة لعوامل اخرى وان نقص كمية او تاثير عامل واحد او اكثر في الطبيعة يؤثر ايجابيا او سلبيا على مدى التحمل بالنسبة الى عامل ثان فمثلا ان مدى

التحمل للعطش يزيد بانخفاض درجة الحرارة والعكس صحيح بالنسبة الى الملوحة . ان للتفاعلات السكانية (العلاقات الحياتية مثل : التنافس والمفترسات والتطفل وغيرها تاثيرا كبيرا على انتشار الكائنات الحية في مديات تحملها بالإضافة الى عوامل اخرى مثل نباتات الظل في المناطق الاستوائية .

ان فترة التكاثر تكون الفترة الحرجة عادة بالنسبة الى نمو الكائنات الحية حيث انه من المعروف ان حدود التحمل للاعضاء التكاثرية كالبيوض والبذور والبادرات والاجنة واليرقات ... الخ تكون اضيق من حدود تحمل الكائن البالغ فيلاحظ ان البادرات او الصغار من الكائنات تحدد انتشار الاحياء اساسا من حيث الظروف المناخية القاسية التي تطرأ احيانا .

وتختلف الكائنات بمدى تحملها فبيوض سمك السلمون مثلا تنمو بين درجة صفر و 12 م^0 بينما بيوض الضفدع Rana pipiens المنتشر في العراق تنمو بين درجتي صفر و30 م^0 وهذا يعني ان بيوض الضفدع لها مدى تحمل اوسع من بيوض سمك السلمون.

مفهوم الجمع بين قانوني الحد الاعلى والحد الادنى للعوامل المحددة

ينص القانون الثالث المتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل ان بقاء او عدم بقاء الكائن الحي يعتمد على جملة من الظروف والعوامل المتباينة وان أي من العوامل اذا اقترب من حدود التحمل او تعداه يقال عنه انه العامل المحدد . عليه توجد الكائنات المختلفة كمجموعات او انواع في الطبيعة في هذا المجال بالنسبة الى العوامل المحددة فانتشار وتوزيع الكائنات الحية على الكرة الارضية تحدد بالضرورة على هذا النمط أي ان العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب ان تتواجد بحد ادنى على الاقل في المحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي وان يكون ضمن مدى تحمل الكائن الحي في ذلك النظام البيئي .

ان اختلاف اهمية العوامل باختلاف الكائنات الحية من جهة وباختلاف المواطن البيئية من جهة اخرى تؤثر في تطبيقات علم البيئة من جهة والتوزيع الجغرافي للكائنات الحية فعلى سبيل المثال يكون الاوكسجين متوفرا بالنسبة الى الكائنات الارضية و لا يحتمل ان يكون محددا بصورة عامة في حين يلاحظ ان اهميته كبيرة بالنسبة الى البحيرات والبيئة المائية بصورة عامة . فضلا عن اختلاف تأثيرات العوامل البيئية باختلاف فترات دورات المياه بالنسبة للكائنات الحية وخير مثال هي دورة حياة الحشرات اذ يلاحظ ان الظروف التي تعتمد عليها الشرنقة في نموها تختلف عن الفراشة البالغة وعن البيضة او الحورية.

عند ملاحظة توزيع الكائنات الحية على بقاع الارض المختلفة نجد ان هناك كائنات متمركزة في مناطق محددة من الكرة الارضية في حين هناك كائنات اخرى تلاحظ في مناطق واسعة بل حتى هناك من الكائنات ما تنتشر

في جميع بقاع الارض وهذا ينطبق على علم بيئة اليابسة والبيئة المائية فعلى سبيل المثال يلاحظ البطريق في المناطق القطبية فقط والجمال في الصحارى والغزلان في البراري ، كما ان الكائنات الحية في المناطق الاستوائية تختلف عن الكائنات الحية في المناطق المعتدلة او القطبية وينطبق هذا حتى في مناطق محددة المساحة ايضا فيلاحظ البلوط في شمال العراق بينما النخيل في الجنوب والوسط . هذا بالنسبة للكائنات المتمركزة في مناطق محددة بينما عند ملاحظة وردة الجوري او الانسان نجد ان انتشاره في جميع هذه المناطق من الاقطاب الى الغابات الاستوائية وعند تعليل هذا التوزيع الطبيعي يلاحظ انه كلما زاد تحمل الكائن الحي للظروف البيئية المحيطة به ازداد انتشاره ومقاومته والعكس صحيح عليه فان مقاومة البطريق والبلوط للظروف البيئية هي اقل من مقاومة وردة الجوري والانسان .

وهناك نقطة اخرى جديرة بالملاحظة وهي ان مدى تحمل الكائن الحي للظروف البيئية يختلف باختلاف الكائن فيلاحظ ان البطريق والجمل هما من الكائنات قليلة التحمل ولكن باختلاف واضح حيث يلاحظ البطريق في المناطق الباردة لايتحمل الحرارة العالية بينما الجمل يتمركز في المناطق الحارة و لايتحمل البرودة مع العلم ان انتشار الاثنين يكون محددا .

اما بالنسبة الى البيئة المائية فيلاحظ وجود كائنات بحرية محددة لاتوجد في المياه العذبة مثل الزبيدي والحوت بينما توجد كائنات محددة بالمياه العذبة مثل الشبوط والبز وهذا يعني ان مدى تحمل الزبيدي للتغيرات في الملوحة قليلة جدا وكذلك الشبوط والقطان بينما يلاحظ وجود السلمون في جميع البيئات وكذلك انواع الهائمات الحيوانية والنباتية مثل الدايتومات والطحالب الاخرى والهدبيات .

ان اختلاف الكائنات في المناطق المختلفة تشكل دلائل على مدى التحمل وعندما يراد توفير الخضراوات الصيفية في الشتاء يجب التفكير بايجاد ظروف بيئية ملائمة تشبه الصيف والعكس صحيح عليه فان البيوت الزجاجية ماهي الا وسائل كفيلة بايجاد الظروف البيئية المناسبة لنمو المحاصيل الصيفية في الشتاء . ان مدى التحمل يشمل جميع العوامل الفيزياوية والكيمياوية المحيطة بالكائن الحي فهناك كائنات واسعة التحمل او ضيقة التحمل بالنسبة الى عوامل محددة فكلما كان الكائن الحي واسع التحمل لعدد من العوامل كلما زاد انتشاره وتواجده في المناطق المختلفة

وبما ان تأثير العوامل على الكائن الحي يختلف باختلاف الكائن من جهة وتوفر العوامل المحيطة ومدياتها المختلفة من جهة اخرى فضلا عن تواجد مجاميع اخرى من الاحياء ان تطبيق هذه النظرية في الانتاجية يكون معقدا جدا وانه من الضروري ان يكون المطبق داركا للكثير من القواعد والاسس البيئية الثابتة بغية الحصول على انتاج ومحصول افضل في تطبيقاته العملية او على الاقل ان يستشير عالما او ممارس بيئيا في عمله . فمثلا انه من

المعروف ان الحاجة الى المياه بالنسبة للانسان تزداد بزيادة ملوحة غذائه من جهة وارتفاع درجة حرارة الجو من جهة اخرى كعوامل خارجية فضلا عن ازدياد الحاجة اليها بازدياد مجهوده العضلي وهذا ينطبق على النباتات ، حيث ان توفر النتروجين يتطلب زيادة في الفسفور وزيادة قوة الرياح تتطلب سقيا زائدا وهكذا .

العوامل اللاحياتية ذات الأهمية بوصفها عوامل محددة

1-دجة الحرارة 2- الرطوبة 3- الضوء 4-الرياح
5-التربة 6- الحرائق 7-الملوحة 8- درجة الاس الهيدروجيني
9-الغازات 10- المغذيات 11- التيارات والضغوط

1- درجة الحرارة :-

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل اللاأحيائية. تؤثر على معدل التفاعلات الكيميائية داخل الكائنات الحية، بما في ذلك التمثيل الضوئي والتنفس. تؤثر على توزيع الكائنات الحية وانتشارها. الكائنات الحية تتكيف مع نطاقات حرارية معينة. التعرض لدرجات حرارة غير مناسبة يمكن أن يسبب الإجهاد الحراري أو الصقيع

2- الرطوبة :-

-تشير إلى كمية بخار الماء في الهواء.

-تؤثر على توافر الماء للكائنات الحية.

-تؤثر على معدل التبخر وفقدان الماء من الكائنات الحية.

-الرطوبة العالية يمكن أن تعزز نمو الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات

-تؤثر على انتشار الأمراض

3- الضوء

-يعتبر مصدر الطاقة الرئيسي للنظام البيئي.

-يستخدم في عملية التمثيل الضوئي لإنتاج الغذاء في النباتات.

-يؤثر على سلوك الكائنات الحية، مثل هجرة الطيور والنشاط الليلي والنهاري.

-يؤثر على نمو النباتات وتطورها.

-الضوء غير الكافي يمكن أن يعيق عملية التمثيل الضوئي.

-تغيرات في شدة الضوء يمكن أن تؤثر على التوزيع المكاني للكائنات الحية.

4- الرياح :- الرياح، باعتبارها عاملاً لا حيوياً في النظام البيئي، تلعب دوراً هاماً في تشكيل البيئات المختلفة وتأثيرها على الكائنات الحية .تُحدث الرياح تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على النباتات والحيوانات، بما في ذلك التعرية، ونشر البذور، وتوزيع الرطوبة، وتغيير درجات الحرارة، وحتى التأثير على صحة الكائنات الحية.

5- التربة :- التربة هي عامل غير حيوي أساسي في النظام البيئي، حيث توفر الدعم المادي والغذائي للكائنات الحية، وتلعب دورًا حيويًا في توازن النظام البيئي.

6-الحرائق:- تستفيد النظم البيئية من الحرائق الدورية لأنها تُزيل المواد العضوية الميتة. عندما تبدأ النباتات الميتة أو المتحللة بالتراكم على الأرض، فقد تمنع الكائنات الحية داخل التربة من الوصول إلى العناصر الغذائية أو تمنع الحيوانات على الأرض من الوصول إليها. يمكن أن تُؤدي هذه الطبقة من المواد العضوية الميتة أيضًا إلى اختناق نمو النباتات الجديدة أو الأصغر حجمًا. عندما يُجري البشر حرقًا مُخططًا له، يكون الهدف هو إزالة طبقة التحلل تلك بطريقة مُحكمة، مما يسمح للأجزاء السليمة من النظام البيئي بالازدهار. علاوة على ذلك، تعود العناصر الغذائية المُنطلقة من المواد المحروقة، والتي تشمل النباتات والحيوانات الميتة، إلى التربة بسرعة أكبر مما لو اضطرت إلى التحلل ببطء مع مرور الوقت. بهذه الطريقة، تزيد النار من خصوبة التربة.

7-الملوحة :- تؤثر الملوحة على النظام البيئي باشكال مختلفة فتؤثر على النباتات اذ ان زيادتها تمنع النباتات من امتصاص الماء بشكل طبيعي (الضغط الأسموزي). تتسبب في ذبول النباتات، تباطؤ النمو، واصفرار الأوراق.تؤدي إلى انخفاض الإنتاجية الزراعية أو حتى موت النباتات الحساسة, وتؤثر على التربة سلبا على بنية التربة، مما يجعلها متماسكة وصلبة. تقلل من تنفس التربة وحركتها الحيوية. تحدّ من وجود الكائنات الحية الدقيقة المفيدة. ارتفاع ملوحة الأنهار أو المياه الجوفية يجعلها غير صالحة للشرب أو الري. يؤثر على التنوع البيولوجي المائي بعض الكائنات لا تتحمل الملوحة العالية

8- الأس الهيدروجيني (pH) -::هو مقياس لحموضة أو قاعدية وسط ما)(ماء، تربة، محلول، إلخ)، يؤثر على توافر العناصر الغذائية للنبات. بعض العناصر مثل الحديد والفوسفور تصبح غير متاحة للنبات في التربة القلوية جدًا. بينما في التربة الحمضية، قد تزداد سمّية بعض العناصر مثل الألمنيوم والمنغنيز. يؤثر على نشاط الكائنات الدقيقة المفيدة (مثل البكتيريا المثبتة للنيتروجين)، التي تفضل pH معتدل. يغير من هيكل التربة ومساميتها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء.وفي المياه يؤثر على صحة الاحياء المائية

9- الغازات :- تأثير الغازات على النظام البيئي يعتمد على نوع الغاز وتركيزه وطبيعة البيئة التي يتواجد فيها. هناك غازات طبيعية مهمة للحياة، وغازات ملوثة أو سامة لها آثار سلبية على التوازن البيئي وصحة الكائنات.

10- المغذيات :- المغذيات هي مواد كيميائية يحتاجها الكائن الحي (نبات أو حيوان أو ميكروب) للنمو، التكاثر، والبقاء على قيد الحياة. وتشمل المغذيات:

- العناصر الكبرى (Macronutrients) مثل: النيتروجين(N) ، الفوسفور (P) ، البوتاسيوم(K) ، الكربون، الكبريت، الكالسيوم.
- العناصر الصغرى (Micronutrients) مثل: الحديد، الزنك، المنغنيز، النحاس

11- التيارات والضغوط :-

الضغط الجوي يحرك الرياح، والرياح تدفع التيارات المائية.

التفاعل بين التيارات والضغوط يحدد:

1-أنماط **المناخ**.

2-توزيع **الأمطار والحرارة**.

3-طبيعة **البيئات** (رطبة/جافة، حارة/باردة)

الإنتاجية البيئية Productivity

يهتم علم البيئة اهتماما كبيرا بمصادر الطاقة في النظم البيئية وتحول هذ الطاقة في الكائنات الحية ومن الأفضل التفكير في الطاقة من حيث تدفقها وليس من حيث دوراتها , وقد تتحرك الطاقة في اتجاها مختلفة داخل النظم الحية لكنها لاتعود تلقائيا الى حالتها الاصلية .

لذلك هنالك وجهة مهمة من وجهات علم البيئة هي محاول قياس مسارات وكفاءات انتقال الطاقة كيف تدخل الطاقة وكيف تمر خلال النظام البيئي ؟ وما مقدرا الطاقة التي تفقد عندما تتحول طاقة شمسية الى طاقة كيميائية للبروتوبلازم النباتي خلال عملية البناء الضوئي؟ ومامقدار الذي يفقد عنما تستهلك النباتات من قبل الحيوانات ؟ وكيف يستطيع الانسان ان يستفاد افضل فائدة من نماذذ تدفق الطاقة ؟

خطوات الإنتاجية ومراحلها

الانتاجية البيئية Productivity والانتاجية الأولية Primary Productivity

يرتبط موضوع الانتاجية بشكل اساسي بالمنتجات التي تستخدم طريقة البناء الضوئي او البناء الكيميائي في توفير الطاقة وتخزينها علي شكل مواد عضوية . وهذه المواد العضوية المخزنة في انسجة الكائنات الحية المنتجة تسمي بالإنتاجية الابتدائية . ومن المهم ان نميز بين نوعين من الانتاجية الابتدائية والتي هي:-

1- **الانتاجية الابتدائية الاجمالية Gross Primary Productivity** والتي تعني الانتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة الطاقة الضائعة علي شكل تنفس. Respiration . وبمعنى اخر هي معدل عملية التركيب الضوئي في مساحة معينة وفي زمن معين . وتتباين انتاجية النظم البيئية النموذجية من نصف غرام من المادة العضوية (المواد الكربونية) لكل متر مربع في اليوم الي مايقرب من عشرين غرام لكل متر مربع لكل يوم . وقد تصل الي 60 غرام لكل متر مربع لكل يوم في المناطق الزراعية المكثفة الا ان هذه الانتاجية سرعان ما تتناقص او تتوقف نتيجة لنقص الموارد الغذائية .

2- **الانتاجية الابتدائية الصافية Net Primary Productivity** هي عبارة عن المقدار المتبقي من المواد العضوية في انسجة المنتجات بعد استيفاء الاحتياجات اللازمة لتنفس النبات . الانتاجية الابتدائية الصافية = الانتاجية الابتدائية الاجمالية – معدل التنفس وتقاس الانتاجية عن طريق حصاد المحصول المتكون في وحدة المساحة وخلال فترة زمنية محددة ومن ثم حساب كتلته الحيوية Biomass ويقدر علماء البيئة ان الانتاجية الصافية في الطبيعة تشكل حوالي 5% من الانتاجية الاجمالية في النظم البيئية المختلفة.

العوامل المؤثرة علي الانتاجية الابتدائية:

أ- المجتمعات البحريةMarina Communities

الضوء : يعتبر العامل الاهم المؤثر علي الانتاجية الابتدائية في البحار ' والمهم في الامر هو العمق الذي يمكن ان يصله الضوء والذي يمثل منطقة الانتاجية الابتدائية Zone Of Primary Production ويلاحظ ان الماء يمتص مامقداره نصف الاشعاع الشمسي الساقط في اول متر عمق في الماء ' ويشمل ذلك معظم الاشعة تحت الحمراء وحتى في المياه الصافية. وقد ثبت علميا أنه كلما كان المعامل عاليا او كبيرا دل ذلك على شدة عكورة الماء . في البحيرات العكرة يرتفع معدل الانتاجية وفق نسبة اختراق الضوء مع العمق أما في البحيرات الصافية فترتفع نسبة اختراق الضوء الا أن معدل الانتاجية يتناقص اذا بشكل عام فأن انتاجية البحار اقل من اليابسة ويعود ذلك لمحدودية الضوء والمغذيات بشكل اساسي

ب- اما بالنسبة لمجتمعات المياه العذبة كالأنهار والبحيرات العذبة ' فتؤثر العوامل التالية في انتاجيتها

- **العوامل الرئيسية** :-الضوء ودرجة الحرارة يصعب هنا فصل تأثير درجة الحرارة حيث انها مرتبطة بشدة الاضاءة ويمكن تقدير مستوى الانتاجية لبحيرة ما من كمية الاشعاع الشمسي الساقط عليها . عنصر الفسفور (يؤثر علي الطحالب عامة) والسليكون.
- **عوامل متوسطة التأثير** : النيتروجين والحديد والمنغنيز والموليبدينوم
- **عوامل ضعيفة التأثير** : الكربون ' الكوبالت ' الكبريت ' وعوامل اخرى مهمة للنمو .

لقد ثبت علميا انه يمكن زيادة الانتاجية في البحيرات عند اضافة الاسمدة (بطريقة علمية وغير عشوائية) وخصوصا الفوسفات وسلفات الامونيوم . وقد لوحظ ايضا انه عند اضافة هذه الاسمدة ترتفع الانتاجية الي أربع أو خمس أضعاف الانتاجية في بحيرات لم تتعرض لمثل هذه الاسمدة

طرق حساب الانتاجية في المجتمعات البيئية:

1 -طريقة الحصادBiomass

وتعتمد هذه الطريقة علي تحديد مساحة معينة تمنع المستهلكات الاولي (اكلات الاعشاب) من دخولها وبعد انقضاء فترة زمنية محددة غالبا ماتكون سنة يتم حساب وزن كل مافي هذه المساحة من مواد عضوية

2 –طريقة قياس الاوكسجينOxygen Production

حيث ان هناك علاقة طردية بين الاكسجين المنتج والمواد العضوية المتكونة من قبل النباتات الخضراء فأن معدل الانتاج من الاكسجين قد يستخدم كمقياس للانتاجية الابتدائية وتستخدم هذه الطريقة عادة في النظم البيئية المائية ويصعب استخدامها في النظم البيئية الارضية.

3 –طريقة قياس ثاني اكسيد الكربونCO2 Production

وتستخدم عادة في النظم البيئية الارضية وتعتمد علي مقدار استهلاك ثاني اكسيد الكربون الموجود في الجو والمستخدم في عملية التركيب الضوئي في نبتة معينة وفي مدة محددة من الزمن.

4– طريق اختفاء المواد المغذية (الاولية) للنباتات Nutrient depletion وتتطلب هذه الطريقة وجود اتزان متكامل بين التربة والنبات ويقاس معدل اختفاء المعادن (المواد المغذية للنباتات) من التربة للتعبير عن مقدار ماصنع من غذاء في عملية التركيب الضوئي . حيث يستخدم معدنا معينا للقياس مثل النيتروجين او الفوسفور وتزود التربة بتركيز معين من هذا المعدن مرة واحدة في بداية السنة ويعبر معدل تناقص تركيز المعدن في فترة زمنية محددة عم مقدار الانتاجية الابتدائية .

5– طريقة استخدام المواد المشعة Radioactive marking حيث يستخدم الكربون المشع ويوضع في الماء علي شكل كربونات ثم تجمع النباتات (الطحالب) وتفصل عن الماء وتجفف وتوضع في جهاز لقياس نسبة المواد المشعة وبالتالي تعرف الكمية التي اخترنت في انسجة هذه النباتات أثناء عملية التركيب الضوئي.

6–طريقة الكلوروفيل Chlorophyll Content وتحسب عن طريق حساي كمية الكلوروفيل الموجودة في النباتات وبالتالي في النظام البيئي بأكمله كتعبير عن مقدار مايمكن انتاجه من الغذاء اثناء عملية التركيب الضوئي .

سريان الطاقة والقوانين ذات العلاقة

ان المصدر الأساسي للطاقة للكائنات الحية هو الشمس فهي تعطي قدرا هائلا من الطاقة لسطح الأرض . تنعكس او تمتص معظم الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الأرض وهكذا اما ان تنتشر او تتحول الى حرارة . ومن الضوء الساقط على النباتات الخضراء ينعكس حوالي 98% ويمتص ما يقارب حوالي 2% ومن ال2% الممتصة يكون حوالي النصف فقط في الاطوال الموجية التي يستخدمها الكلوروفيل في عملية البناء الضوئي وهكذا تكون الكفاءة البيئية للنباتات الخضراء هي عادة 1% او اقل . اما في المجمعات المائية فيكون انعكاس الطاقة اكبر لذلك تكون الكفاءة البيئية للنباتات الخضراء في المحيط هي 0.18% فقط .

إن القانون الأول للديناميكية الحرارية ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وإنما تتحول من نمط إلى آخر كما هو الحال في تحول الطاقة الضوئية إلى الطاقة الحرارية والطاقة الحركية وهكذا.

بينما ينص القانون الثاني على أنه ليست هناك عملية تحويل طاقة إلا وهناك تناثر من صورة مركزة إلى مشتتة . وبما أن بعض الطاقة تتشتت عند كل تحول عليه فإنه ليست هناك تحول للطاقة بكفاءة 100. %

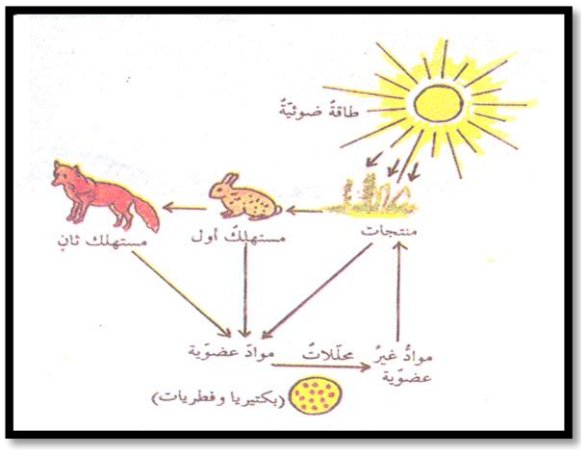
لذا فإن علماء البيئة عملوا بقياس مسارات وكفاءة انتقال الطاقة ضمن المستويات الاغتذائية المتعاقبة في النظام البيئي لأجل الوصول إلى معرفة كيفية الحصول على أفضل فائدة من نماذج تدفق الطاقة بغية تحسين كمية المؤونة الغذائية ونوعيتها للكائن الحي. يتبين من هذه الحقائق أن كتلة المنتج يجب أن تزيد دائماً عن كتلة المستهلك الأولي والتي تزيد كتلتها عن المستهلك الثانوي آخذين بنظر الاعتبار أن الكتلة هي إحدى الوسائل للتعبير عن الطاقة التي ينطبق عليها قانون نيوتن الثاني.

ولمتابعة انتقال الطاقة في أي نظام بيئي يكون من الضروري معرفة ذلك الجزء من الإنتاجية الصافية الذي يسبب تكوين الأنسجة الجديدة وبالتالي زيادة الكتلة الحية Biomass وكذلك معرفة كمية الطاقة المستهلكة بوساطة أكلات الأعشاب أو من خلال موت الأجزاء أو الأفراد وعليه تكون:

الإنتاجية الصافية = زيادة الكتلة الحية + الطاقة المستهلكة بوساطة أكلات الأعشاب + الطاقة المستهلكة خلال موت بعض الأجزاء أو الأفراد.

عند التعرف على توزيع الإنتاجية المستهلكة والمحصول القائم في العالم فإن المعلومات المتوافرة تشير إلى أن الغطاء النباتي على اليابسة من الكرة الأرضية يكون ما يقارب 30% من تلك المساحة ويجهز هذا الغطاء 62% من الكمية للإنتاجية الأولية والتي يقدر مجموعها بحوالي 100 مليون طن في السنة. وتوضح التقديرات لإنتاجية مختلف الأنظمة البيئية أن الغطاء البيئي الصحراوي لا ينتج أكثر من 250 غم وزن جاف للمواد العضوية في المتر المربع الواحد في السنة، في حين أن المناطق الاستوائية الرطبة تصل إنتاجية غاباتها إلى حوالي 5000 غم في المتر المربع في السنة. بينما إنتاجي مياه المصبات Estuaries تصل إلى 4000 غم في المتر المربع في السنة.

السلاسل الغذائية Food chain



(تعرف السلسة الغذائية بأنها تمثيل خطي لما يجري في النظام البيئي من انتقال للطاقة بين المستويات الاغتذائية المتعاقبة).

تتضمن السلسلة الغذائية في ابسط صورها ثلاث عمليات رئيسة هي :-

1-**الإنتاج** :- والتي تقوم به المنتجات أو (الكائنات ذاتية التغذية) وتقوم بتصنيع الغذاء بواسطة عملية التركيب الضوئي وتبدأ عندما يمتص اليخضور (الكلوروفيل) أشعة الشمس، وتستعمل النباتات هذه الطاقة لتجمع بين ثاني أوكسيد الكربون الذي تمتصه من الجو، والماء الذي تحصل عليه من التربة، لتصنع الكربوهيدرات، كالسكريات والنشويات والسيليلوز، وتطلق الأوكسجين نتيجة عملية التركيب الضوئي. ويعد التمثيل الضوئي عملية إنتاج ضخمة تتضاءل أمامها كل صناعات الإنسان، والمنتجات لا توفر الغذاء لنفسها فحسب بل توفر الغذاء للأحياء الأخرى بشكل مباشر أو غير مباشر

2- **الاستهلاك** :- يتضمن الاستهلاك أشكالا مختلفة من الفعاليات التغذوية لأكلات الأعشاب واكلات اللحوم والقوارت مما يؤدي الى استعمال وإعادة تكوين المواد العضوية المتكونة أصلا في النباتات . وتوجد عدة مستويات للمستهلكين (المستهلك الاولية , الثانوية , الثالثية , العليا)

3- **التحلل** :- وفيه يتم تكسير المواد العضوية الى مركبات ابسط يمكن استخدامها مرة أخرى في دورة السلسلة الغذائية . وتشمل المحللات (البكتريا والفطريات) التي تتغذى بقايا الكائنات الحية بعد موتها مما يؤدي الى تحول المواد العضوية الى مواد غير عضوية تعاد الى التربة مرة أخرى لتستفاد منها المنتجات وهكذا تكتمل دورة الحياة .

تختلف السلاسل الغذائية باختلاف النظم البيئية ومواقعها على سطح الكرة الأرضية فمنها ما تكون طويلة تصل الى أربع أو خمس حلقات ومنها ما تكون قصيرة تقتصر على ثلاث حلقات فقط , وان كمية الطاقة الموجودة في أي حلقة تتناسب طرديا مع قربها من بداية السلسلة الغذائية وعليه تكون الطاقة المكتسبة من اكل لحم البقر اقل من الطاقة المكتسبة من أكل الحبوب التي تستمد طاقتها من الشمس مباشرة.

أنواع السلاسل الغذائية

1-**السلسلة الرعوية:** تُعد سلسلة الغذاء الرعوية من أشهر النماذج التي يمكن من خلالها فهم ماهي السلسلة الغذائية؟. تبدأ هذه السلسلة بالنباتات. ثم تنتقل إلى الحيوانات العاشبة مثل البقر. الأغنام. والغزلان. وبعدها إلى الحيوانات آكلة اللحوم كالنمور. الأسود. والذئاب. في هذه السلسلة. تحصل الكائنات على الطاقة من المستوى الغذائي الأدنى. وذلك من خلال النباتات التي تُعد كائنات ذاتية التغذية. تستخدم البناء الضوئي لإنتاج غذائها. وتُعتبر هذه النباتات الركيزة الأساسية في أغلب النظم البيئية على الأرض. بينما تتكون السلسلة الغذائية من ثلاث مكونات هي: المنتج (النباتات). المستهلك (الحيوانات). والمحلل. ويمكن تمثيل هذه العلاقة بوضوح في هرم السلسلة الغذائية. الذي يوضح انتقال الطاقة بين المستويات المختلفة

2-**السلاسل الرمية** :- ضمن أنواع السلاسل الغذائية. نجد سلسلة الغذاء الرمية. وهي سلسلة تعتمد على تحلل المواد العضوية الميتة للنباتات والحيوانات. تشمل هذه السلسلة أنواعًا مختلفة من الكائنات الحية مثل: الطحالب. الفطريات. البكتيريا. الحشرات. الديدان. والكائنات الأولية. يتم تحليل هذه المخلفات بواسطة كائنات تُعرف بـ"آكلات المخلفات" و"المحللات". وهي تمثل مكونًا أساسيًا من مكونات السلسلة الغذائية الثلاثة. وتتغذى عليها كائنات أخرى مثل الحيوانات آكلة اللحوم. وتشمل أمثلة عليها: اليرقات. الضفادع. والثعابين. تُعد الفطريات والبكتيريا من أبرز الكائنات المحللة. وهي تسهم في إعادة تدوير الطاقة داخل النظام البيئي. وهو ما يعكس إحدى صور سلسلة غذائية للحيوانات ضمن النظم الطبيعية.

الشبكات الغذائية

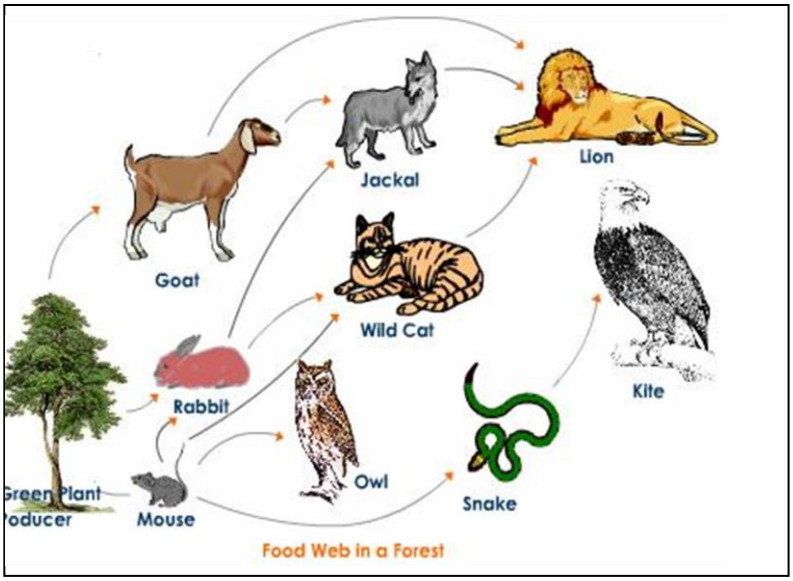
السلاسل الغذائية يعبر عنها بشكل خطي الا انها متداخلة ومتشابكة فيما بينها مؤلفة بذلك ما يعرف بالشبكة الغذائية Food Web اذ ان الحيوانات المختلفة في أي نظام بيئي تستهلك أنواعا متباينة من الأغذية وذلك باختلاف أنواعها وإحجامها وأعمارها فضلا عن الظروف المحيطة حيث ان وجبات الغذاء تتغير بشكل كبير فيلاحظ ان المفترس في مرحلة من مراحل عمره في النظام البيئي يتحول الى فريسة في فترة أخرى .

أي بمعنى اخر

الشبكة الغذائية هي مجموعة من السلاسل الغذائية المتشابكة، وكل سلسلة غذائية هي مسار واحد لانتقال الطاقة في الشبكة .

أهمية الشبكات الغذائية

- **فهم التفاعلات البيئية :**تساعد الشبكات الغذائية على فهم كيف تتفاعل الكائنات الحية المختلفة في النظام البيئي وكيف يؤثر بعضها على بعض .
- **تدفق الطاقة والمغذيات** :توضح الشبكات الغذائية كيفية انتقال الطاقة والمغذيات من مستوى غذائي إلى آخر، وكيف تفقد الطاقة في كل مستوى .
- **الحفاظ على التوازن البيئي** :فهم الشبكات الغذائية يساعد في الحفاظ على التوازن البيئي وحماية الأنواع المهددة بالانقراض .



الاهرام البيئية

عبارة عن تمثيل هندسي يمثل سريان الطاقة او انتقالها بين المستويات الاغتذائية المتعاقبة في الطبيعة وبشكل تصاعدي حيث تقل الطاقة في المستويات المتعاقبة .

الاهرامات البيئية وسيلة لتحديد العلاقات الكمية بين الاحياء وهي ذلك تختلف عن السلاسل الغذائية والشبكات الغذائية بالتمثيل الكمي للعلاقات .

تقسم الاهرام البيئية الى ثلاث أنواع هي :-

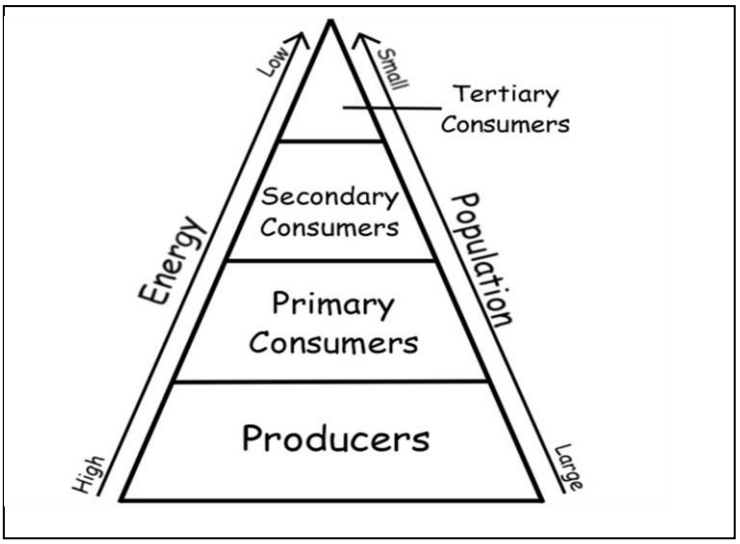
1- الأهرامات العددية Pyramid of Number
2- اهرامات الكتلة الحية Pyramid of Biomass
3- أهرام الطاقة Pyramid of Energy

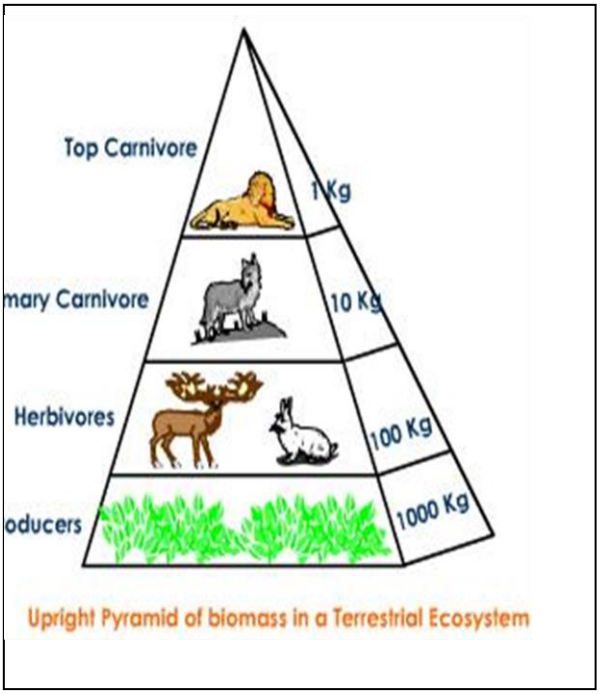
1-الاهرامات العددية

في الأهرام العددية تكون المنتجات دائما في قاعدة الهرم ومن ثم يأتي المستهلك الاول ثم المستهلك الثاني ولا تدخل الكتلة في الحساب مطلقا (العدد فقط) أي النبتة الصغيرة تتساوى مع النبتة الكبيرة .

في الأهرامات العددية يمكن ان تكون المنتجات الأولية أنواع كثيرة من النباتات الصغيرة تكون قاعدة الهرم وكلما تقدمنا نحو القمة تختزل الأعداد وتكبر الأحجام وتقل الأنواع

ان شكل هرم الأعداد يختلف كثيرا باختلاف المناطق و المجتمعات والفصول فضلا عن نوعية الكائنات الحية الموجودة في النظام البيئي فمثلا الأفراد المنتجة قد تكون صغيرة مثل العوالق والهائمات النباتية في المسطحات المائية في البرك و البحيرات اوقد تكون من أشجار الحمضيات والبلوط في الغابات





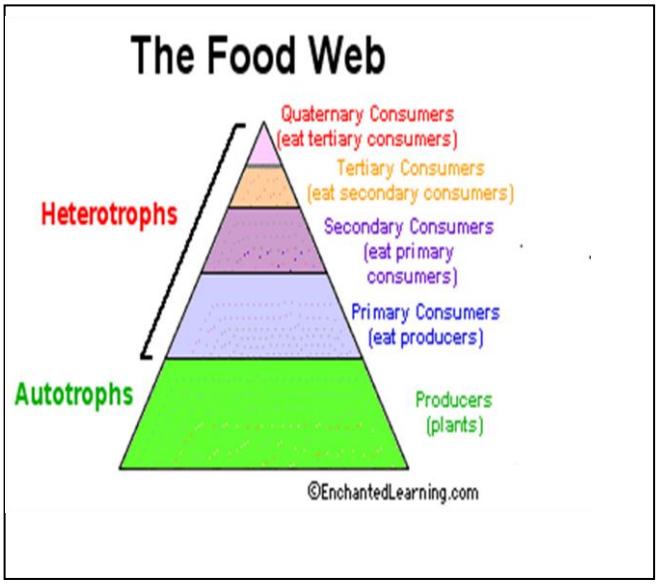
2-هرم الكتلة الحية يعبر عن كمية المادة الحية في تدريج معين من الهرم حيث تكون الكتلة أكبر ما تكون في القاعدة و تتناقص كلما ارتفعنا إلى قمة الهرم

عبارة عن نموذج هندسي لما يجري من تفاعلات وعلاقات بين المستويات الاغتذائية على أساس أوزانها (الوزن الجاف او الطري) وهو تعبير أكثر دقة لما يجري في النظام البيئي فيما يتعلق بسويان الطاقة وخزنها بشكل كتلة حية وغالبا ما يكون الشكل الناتج قريب من الهرم ويساعد على ذلك اذا كان حجم الأفراد متجانسا والعامل الرئيس المسبب للاختلافات هو وزن الماء في الكائنات الحية لذلك يجب تحديد فيما اذا كان الوزن رطب ام جاف ويكون الحساب بأحدهما لجميع المستويات

-وحدات هرم الكتلة كغم \ م2اسنة أو غرام ام2 ايوم

3- هرم الطاقة

يختلف هرم الطاقة عن الهرم العددي او الكتلوي حيث انه لا يعبر عن حجم او وزن او عدد الكائنات في النظام البيئي بينما يعبر عن مخزون الطاقة او معدلات مرور الطاقة بالسلسلة الغذائية وحين تأخذ جميع مصادر الطاقة ومساراتها ضمن السلسلة الغذائية يكون الهرم دائما بوضع



ممزات هرم الطاقة

1-يمتاز الهرم بقاعدة عريضة تعقبها مستويات ذات قيم أوطأ بقليل مما يعطي الهرم تدرج صحيح او طبيعي.

2-الطاقة المصروفة لأغراض التنفس تكون غير محسوبة في هذه الأهرامات

3- أحيانا تضاف للهرم قاعدة هي الطاقة الشمسية التي تستهلكها النباتات

4- وحدات هرم الطاقة هي :- سعرة ام2 اسنة او كيلو سعرة ام2 اسنة أو كيلو جول ام2اسنة

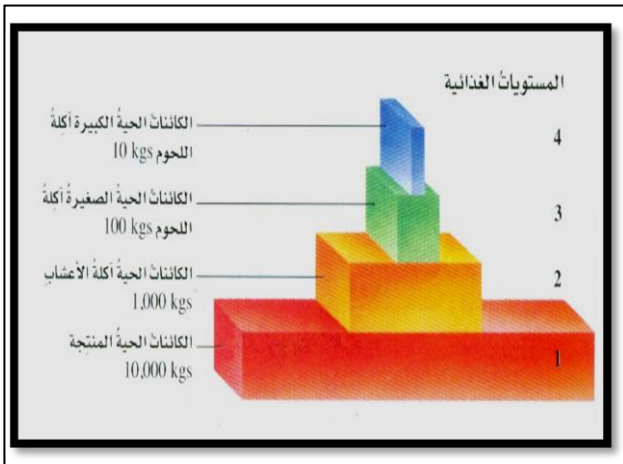
كميات الطاقة المنتقلة

يتم إدخال ما يقارب 10% من الطاقة الإجمالية المستهلكة من قبل أحد المستويات الغذائية إلى الكائنات المنتمية إلى المستوى الغذائي الذي يليه.

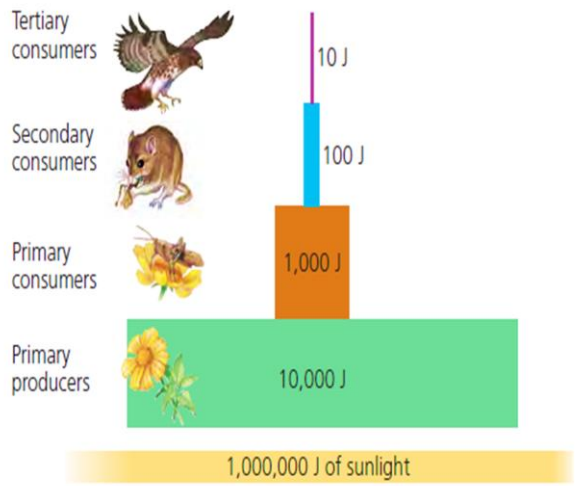
تعرف قاعدة الـ 10% في السلسلة الغذائية بانها قانون يوضح أن كل مستوى غذائي ينقل 10% من طاقته إلى المستوى الذي يليه في السلسلة الغذائية. أما الـ 90% المتبقية من طاقتها فتُفقد على شكل حرارة أو تُستخدم للنمو والتكاثر.

نتيجة لفقدان الطاقة في كل مستوى غذائي، يقل عدد الكائنات الحية في المستويات الأعلى، وتقل كمية الطاقة المتاحة في السلسلة الغذائية .هذا يحد من طول السلسلة الغذائية وعدد المستويات الغذائية التي يمكن أن يدعمها النظام البيئي

تساعد قاعدة الـ 10% في فهم كيفية انتقال الطاقة عبر النظم البيئية وكيفية تأثيرها على توزيع الكائنات الحية



يمثل هذا الشكل انتقال الطاقة عبر4مستويات غذائية. يمكن لكمية الطاقة المنتقلة من مستوى غذائي إلى آخر أن تتفاوت. وبهذا يمكن للبنية الظاهرة أن تتغير. مع كل ذلك، ما يبقى صحيحاً وعلى الدوام، هو أن المستوى الأعلى أصغر بكثير من المستوى الأدنى. وبالتالي تكون هذه الأشكال هرمية الشكل تقريباً دائماً.



▲ **Figure 55.11 An idealized pyramid of net production.** This example assumes a trophic efficiency of 10% for each link in the food chain. Notice that primary producers convert only about 1% of the energy available to them to net primary production.

السكان Population

السكان في النظام البيئي هم مجموعة من الأفراد من نفس النوع يعيشون في منطقة معينة ويتفاعلون مع بعضهم البعض, يدرس علماء البيئة السكانية العوامل التي تؤثر على حجم السكان وبنيتهم وتغيرهم داخل النظام البيئي .

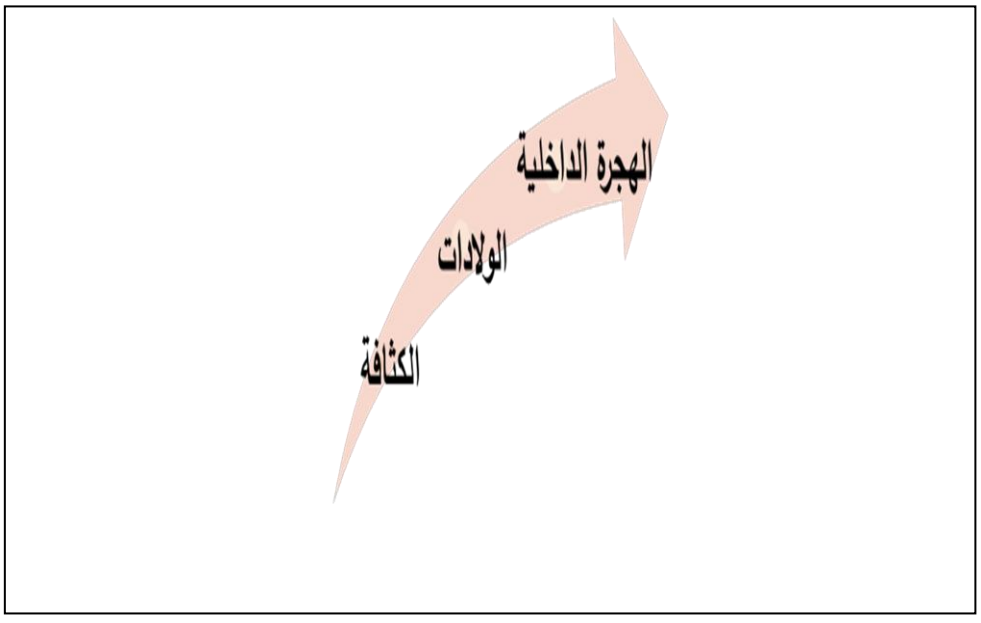
يساعد علم البيئة السكانية في فهم كيفية تأثير العوامل الحيوية واللا حيوية على حجم السكان وانتشارهم وتوزيعهم.

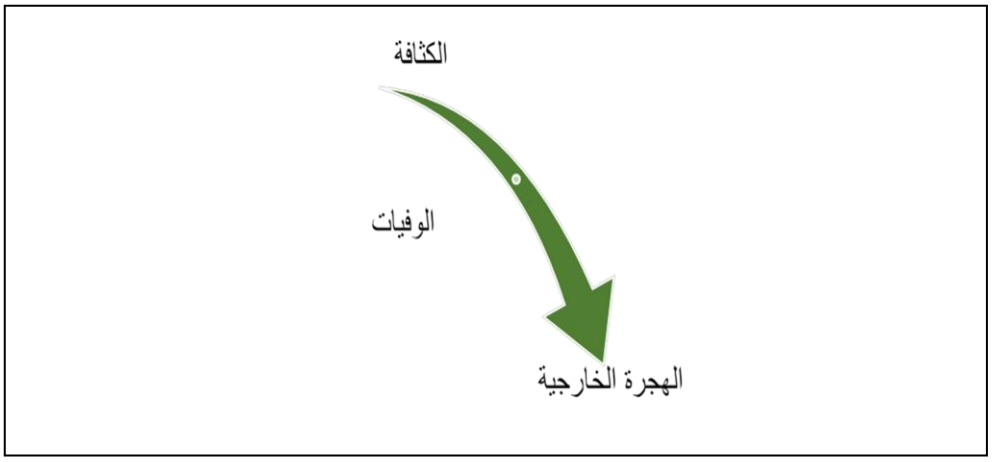
خصائص الجماعة السكانية Population group properties

1- الكثافة Density :- هي عدد الأفراد أو الكتلة الحية في وحدة مساحة أو حجم وقد تتباين الكثافة السكانية من بضعة أفراد إلى ملايين وطريقة تقدير الكثافة السكانية لأي نوع تختلف عن طريقة تقديرها لنوع آخر , كما يجب الأخذ بنظر الاعتبار عند حساب الكثافة لأي نوع عدد من العوامل منها الحجم و الحركة والموقع

تعد الكثافة صفة أساسية لأي مجموعة سكانية وتتحدد صفة الكثافة بأربعة عوامل هي

1- الولادات 2- الوفيات 3- الهجرة الخارجية 4- الهجرة الداخلية .





اما الصفات الثانوية للجماعات السكانية هي

1-التبعثر و الانتشار Dispersion :- هو نمط تجمع أو تبعثر أفراد المجموعة السكانية أحدهما نسبة إلى الأخر وتشمل الأنماط التالية :-

أ:- التوزيع أو الانتشار المنتظم :- وهو الانتشار بمسافات متساوية تقريبا وهو نمط نادر في الطبيعة ما عدا الأحياء ذات السلوك الإقليمي أو الأحياء المجهرية وكما هو الحال في المناطق المزروعة من قبل الإنسان .

ب:- التوزيع العشوائي :- يكون فيه موقع الفرد غير معتمد على موقع الفرد الآخر كما هو الحال في انتشار النباتات البرية .

ج:- التوزيع التجمعي :- هو أكثر الأنماط شيوعا في الطبيعة للحيوانات و النباتات حيث تنتشر الأفراد في مناطق معينة متقاربة وبكثافة عالية وتخلو مناطق أخرى منهم كليا وهو ما يعرف بالتوزيع التجمعي المتطرف .

2- التوزيع العمري Age distribution :- يوجد في كل مجموعة سكانية أعداد مختلفة من الأعمار بصورة طبيعية يعرف كل منها بالفئة العمرية ,(أجيال جديدة , يافعين , بالغين ,مسنين) ونسبة كل فئة إلى المجموع الكلي يسمى التركيب العمري .

3- الولادات Natality:- وهي عدد الأفراد الجدد في وحدة الزمن أو هي إنتاج أفراد جدد بأي من طرق التكاثر لذلك النوع كالتكاثر اللاجنسي (التبرعم , الانشطار , السبورات) أو عن طريق التكاثر الجنسي .

4-الوفيات Mortality:- وهي عدد الهلاكات في مجموعة سكانية في وحدة الزمن . وتحدث الهلاكات بسبب

أ:- الهلاكات لأسباب فسلجية Physiological mortality(أي الشيخوخة).
ب:- الهلاكات لأسباب بيئية Ecological mortality (كالكوارث البيئية وموجات الحر و البرد) .

5- الهجرة Migration :- تحرك وانتقال أفراد من السكان من مكان لآخر وقد تستغرق الهجرة ساعات أو أيام أو شهور أو سنوات وهنالك أنواع من الهجرة فقد تكون الهجرة قصيرة الأمد أو طويلة الأمد أو هجرة موسمية .

التنظيم السكاني :- التنظيم السكاني، أو التخطيط السكاني، هو عملية توجيه نمو وتوزيع السكان في منطقة معينة. يهدف إلى تحقيق توازن بين الموارد المتاحة والاحتياجات السكانية، مع مراعاة الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. **ويشمل التنظيم السكاني عدة جوانب، منها:**

الإقليمية السكانية :-

هي دراسة توزيع السكان داخل منطقة جغرافية محددة، مع التركيز على عوامل مثل الكثافة السكانية، والتركيبة السكانية، وأنماط الهجرة، والتغيرات السكانية.

مراتب الهيمنة :-

تشير إلى الترتيب الهرمي داخل مجموعة، حيث يتم تحديد الأفراد أو المجموعات المهيمنة بناءً على قوتهم وتأثيرهم. هذه المراتب قد تتشكل من خلال التنافس على الموارد أو فرص التزاوج، وتظهر في سلوكيات مثل العدوانية، أو التسامح .

امثلة على مراتب الهيمنة:

الهيمنة الذكورية: في العديد من المجتمعات، هناك هيمنة ذكورية، حيث يتمتع الرجال بسلطة ونفوذ أكبر من النساء في مختلف جوانب الحياة .

التسلسل الهرمي الطبقي: في المجتمعات ذات الطبقات الاجتماعية، توجد مراتب هيمنة مرتبطة بالثروة والوضع الاجتماعي والاقتصادي .

التركيبة السكانية: يمكن أن تتشكل مراتب الهيمنة بناءً على التركيبة السكانية، مثل العمر والجنس والعرق، حيث قد يكون للأفراد من خلفيات معينة وصول أكبر إلى الموارد والفرص.

السلوك الاجتماعي في تنظيم السكان

لقد أوضح العالم واين ادواردز V.C. Wynne-Edwards دور السلوك الاجتماعي في تنظيم السكان فقد افترض هذا العالم بأن مستوى الجماعة الأساس على المدى البعيد لحيوانات عديدة ينشأ بصورة مطلقة نتيجة لوفرة الغذاء والموارد . ومع ذلك فإن للسلوك الاجتماعي تأثيراً منظماً مباشراً أكثر من حجم السكان وكثافته. ولقد شعر أن لهذا التأثير للسلوك الاجتماعي دوره قبل الوصول إلى مستويات جماعي حرجة، وبمعنى آخر قبل أن يصبح السكان و / أو العدوان العنيف الضار واضحاً.

أي ان السلوك الاجتماعي يلعب دورًا مهمًا في تنظيم السكان من خلال تأثيره على القرارات المتعلقة بحجم الأسرة، والمباعدة بين الولادات، واستخدام وسائل تنظيم الأسرة. يمكن أن يؤثر السلوك الاجتماعي أيضًا على كيفية استجابة الأفراد للمعلومات والخدمات المتعلقة بتنظيم الأسرة.

المجتمع The Community

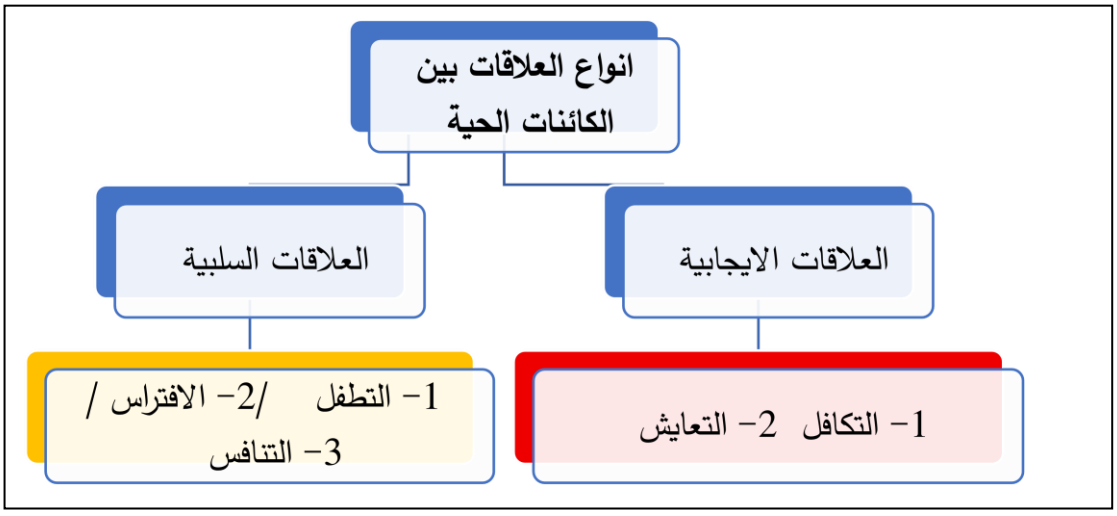
يعرف المجتمع في النظام البيئي بانه مجموعة الكائنات الحية (مثل النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة) التي تعيش في منطقة معينة وتتفاعل مع بعضها البعض. هذه التفاعلات تشمل العلاقات الغذائية (مثل الافتراس والتطفل والتعايش)، والتنافس على الموارد (مثل الغذاء والماء والمأوى)، والتأثيرات المتبادلة على البيئة. ويجب التمييز بين **النظام البيئي والمجتمع** من خلال اهم نقاط الاختلاف بينهما كما موضح بالجدول

اختلاف	المجتمع	النظام البيئي
تعريف	مجموعة من الكائنات الحية التي تعيش وتتفاعل مع بعضها البعض فقط تشكل مجتمعًا.	تشكل العديد من المجتمعات، بكل مكوناتها الحية وغير الحية وتفاعلاتها، نظامًا بيئيًا.
مستوى	المجتمع هو جزء من النظام البيئي؛ وبالتالي، فهو على مستوى أصغر.	يتألف النظام البيئي من عدة مجتمعات، وبالتالي فإن النظام البيئي يشغل مستوى أكبر.
عناصر	المجتمع يتكون فقط من مكونات حية أو حيوية.	يتضمن النظام البيئي مكونات حية (حيوية) وغير حية (غير حيوية).
التفاعلات	في المجتمع، تحدث التفاعلات فقط بين الكائنات الحية أو المكونات الحيوية.	في النظام البيئي، تحدث التفاعلات بين المكونات الحية والمكونات الحية وغير الحية.
مثال	البركة، والغابة، والبرج، وما إلى ذلك، هي أمثلة على المجتمع البيئي.	جميع الطيور والحيوانات والنباتات والكائنات الدقيقة وما إلى ذلك، التي تعيش في الغابة تشكل مجتمعًا.

العلاقات بين الكائنات الحية والتداخل بين الأنواع

العلاقات بين الكائنات الحية وأنواع التداخل بينها هي مواضيع مهمة في علم البيئة. تشمل هذه العلاقات التنافس، والافتراس، والتعايش، والتكافل . تحدث التفاعلات بين الأنواع بين مجموعات متنوعة من الكائنات الحية، بما في ذلك:

- النباتات و النباتات
- النباتات و الحيوانات
- الحيوانات و الحيوانات
- الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا والفطريات مع الحيوانات والنباتات



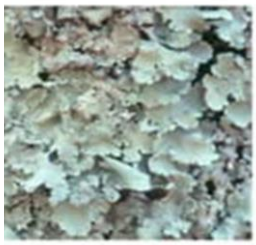
1- العلاقات الإيجابية:-

حيث يستفيد طرف أو أكثر من العلاقة دون ضرر للآخر وهي نوعين :-

أ- **التكافل Mutualism التفاعل(+/+).**

التكافل المتبادل، والمعروف أيضًا باسم التكافل التكافلي ، يصف علاقة حيث يحصل كلا النوعين المعنيين على فوائد ويمكن أن تكون هذه العلاقة إلزامية، أي أن أحد النوعين أو كلاهما يعتمد عليها من أجل البقاء، أو اختيارية، حيث يمكن لأحد النوعين أن يعيش بشكل مستقل عن الآخر.

بعض الأمثلة على علاقات التكافل



تتشكل الاشنات من خلال علاقة تكافلية حيث يتشارك الفطر مع الطحالب؛ يتم التعرف على الطحلب على أنه فيكوبيونت، والفطر على أنه ميكوبيونت. , يتميز المكون الفطري بقدرته على امتصاص الماء والمعادن الأساسية، مما يضمن بيئة مستقرة وفي الوقت نفسه، يقوم الشريك الطحلبي بتحويل ضوء الشمس إلى كربوهيدرات ومواد عضوية أساسية أخرى عن طريق عملية التمثيل الضوئي، مما يوفر الغذاء للفطريات.

ومن الأمثلة الكلاسيكية على التكافل عملية التلقيح التي تشمل النباتات المزهرة وزوارها من الحشرات أو الطيور الطنانة .تحصل هذه الملقحات على غذائها من خلال جمع الرحيق أثناء زيارتها وفي الوقت نفسه، تستفيد النباتات من انتقال حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى، مما يسهل عملية التكاثر

ب_ التعايش Commensalism التفاعل (+/0)

هي علاقة يستفيد فيها كائن حي من كائن حي آخر، بينما لا يتأثر الكائن الآخر إيجابًا أو سلبًا .

مثال :- ينمو النبات الهوائي على نبات آخر للحصول على مزيد من ضوء الشمس والرطوبة. له جذور خاصة تمتص الرطوبة والمغذيات من الهواء، فلا يعتمد على النبات المضيف. مثال: بساتين الفاكهة

أهمية العلاقات الإيجابية في النظام البيئي :

1- الحفاظ على التوازن البيئي
2- زيادة الإنتاجية
3- الحماية من الأضرار
4- تحسين البيئة

2- العلاقات السلبية

العلاقات السلبية بين الكائنات الحية في النظام البيئي تؤدي إلى تضرر أحد الأطراف أو كليهما، مما يؤثر على التوازن البيئي. تشمل ثلاث أنواع وهي الافتراس، التنافس، والتطفل.

أ- الافتراس Predation التفاعل (+/-)

يحدث الافتراس عندما يتغذى كائن حي من نوع واحد (المفترس) على كائن حي آخر من نوع مختلف (الفريسة)، إما جزئيًا أو كليًا. يمكن تصنيف الحيوانات المفترسة إلى حيوانات عاشبة، تستهلك النباتات، أو حيوانات آكلة اللحوم، تستهلك الحيوانات الأخرى.

وفي هذا التفاعل يستفيد طرف المفترس بينما يخسر الطرف الاخر الفريسة .

ب-التنافس Competition التفاعل (-/-)

تنشأ المنافسة عندما تتنافس أنواع متعددة على نفس الموارد النادرة. خلال هذا الصراع، يؤثر الأفراد سلبًا على بعضهم البعض أثناء بحثهم عن الأساسيات مثل الطعام أو الأرض أو الأصدقاء او الأزواج وتحدث المنافسة إما بين أفراد من نفس النوع (داخل النوع) أو بين أنواع مختلفة (بين الأنواع) .

مثال/ تحجب الأشجار الطويلة ضوء الشمس عن النباتات الصغيرة مما يحد من نمو النباتات الصغيرة .

موسم التزاوج عند ذكور الغزلان الحمراء مثال على التنافس داخل النوع الواحد .

ج- التطفل Parasitisim التفاعل (+ /-)

هو تغذي الطفيليات على العائل، مُسببةً له الضرر دون قتله عادةً. تعيش الطفيليات على العائل أو داخله، وغالبًا ما تكون طويلة الأمد. وتشمل الفيروسات والبكتيريا والطلائعيات والفطريات والنباتات والمفصليات. تُمثل الطفيليات حوالي 50% من أنواع الأرض، وتتغذى عادةً على نوع واحد أو عدد قليل من أنواع العائل.

ويتم تصنيف التطفل الى صنفين :-

- **تصنيف حسب العلاقة بين الطفيلي والمضيف واعتماد دورة الحياة:**

1. الطفيليات الإجبارية: تعتمد كليًا على مضيفها لتلبية متطلبات دورة حياتها.
2. الطفيليات الاختيارية: قادرة على البقاء على قيد الحياة بدون مضيف، وليست معتمدة بشكل كامل.

- **التصنيف بناءً على موقع الطفيلي بالنسبة للمضيف:**

1. الطفيليات الخارجية: هي الكائنات الحية التي تسكن الأسطح الخارجية لمضيفيها (على سبيل المثال، بعض أنواع العث).
2. الطفيليات الداخلية: هي تلك التي تتواجد داخل البيئة الداخلية للمضيف (على سبيل المثال، جميع الديدان الطفيلية).

تباين الأنواع

يعرف النوع بأنه مجموعة من الكائنات الحية التي تمتلك سمات مشتركة ومميزة ويمكنها التكاثر بنجاح مع بعضها البعض، مما يؤدي إلى إنجاب ذرية صحية وخصبة.

اما مصطلح تباين الأنواع" فانه يشير إلى تنوع وعدد الأنواع المختلفة داخل موطن محدد.على سبيل المثال، قد تحتوي غابة مطيرة استوائية على 150 نوعًا من الطيور، و300 نوع من النباتات، و40 نوعًا من الثدييات، بينما قد يحتوي النظام البيئي الصحراوي على عدد أقل بكثير من الأنواع، مثل 10 أنواع من الطيور، و20 نوعًا من النباتات، و5 أنواع من الثدييات. ويتأثر تنوع الأنواع الموجودة بشكل كبير بالمناخ؛ على سبيل المثال، تميل المناخات الأكثر دفئًا ورطوبة إلى دعم عدد أكبر من الأنواع مقارنة بالمناخات الأكثر برودة وجفافًا.

كم عدد الأنواع الموجودة على كوكبنا ؟

قام العلماء بتصنيف حوالي 1.8 مليون نوع من الكائنات الحية في جميع أنحاء العالم، وتشكل الحشرات وحدها حوالي مليون نوع منها. يكتشف الباحثون كل عام أنواعًا جديدة، وتشير التقديرات إلى أن الأرض قد تكون موطنًا لما يتراوح بين 5 إلى 30 مليون نوع في المجموع. في المتوسط، يتم اكتشاف حوالي 13,000 نوع جديد سنويًا. على سبيل المثال، في عام 2013، أُضيفت أفعى نخيل الحوفة الخضراء السامة إلى القائمةوفي العام التالي، 2014، تم اكتشاف حيوان الأولينجيتو، وهو حيوان ثديي آكل للحوم موطنه الأصلي كولومبيا .تعد الغابات المطوة الاستوائية من أهم المناطق للتنوع البيولوجي، حيث تغطي 7% فقط من أراضي الأرض ولكنها تؤوي ما يقرب من نصف جميع الأنواع المعروفة. تُجسّد كوستاريكا هذا الثراء الطبيعي، إذ تضم أكثر من 1400 نوع من زهور الأوركيد، و1200 نوع من الفراشات، و600 نوع من الطيور. كما أنها موطن لثدييات رائعة مثل

يُعدّ التنوع الهائل للأنواع على كوكبنا أساسيًا لاستدامة النظم البيئية المتوازنة. ولكل نوع دوره المميز؛ فعلى سبيل المثال، يُعدّ النحل مُلقّحًا أساسيًا يُساعد النباتات على التكاثر، وتُنظّم الذئاب أعداد الفرائس للحفاظ على توازن النظام البيئي، وتُحسّن ديدان الأرض صحة التربة بتهويتها وإثرائها. بالإضافة إلى توفير الغذاء، تساهم مجموعة واسعة من الأنواع في تقديم خدمات بيئية حيوية مثل ترشيح وتنقية المياه (نباتات الأراضي الرطبة)، وإنتاج الأكسجين (الغابات)، وإثراء خصوبة التربة (الكائنات الحية الدقيقة)، وتثبيت المناخ (أشجار عزل الكربون)، وامتصاص الملوثات (أشجار المانجروف)، وتوفير المواد اللازمة للبناء (الخيزران)، والسيطرة على تفشي الأمراض (الخفافيش)، وتوفير الموارد الطبية (النباتات والفطريات المختلفة).

التعاقب البيئي Ecological Succession

التعاقب البيئي

هو التغير الحاصل في المجاميع السكانية لبيئة معينة بما يؤدي الى خلق مجتمعات إحيائية جديدة ووصولها الى حالة التوازن الديناميكي ثم اختفائها بعد فترة قد تطول وقد تقصر لتحل محلها مجتمعات أخرى بدلا عنها , و يحدث التعاقب في أوساط مائية (برك ، مستنقعات ، انهار)...(تعاقب مائي) ويحدث أيضا في الأوساط الصخرية وفي التربة (تعاقب أرضي او الجفافي) .

مـراحل نشوء التعاقب

يحدث التعاقب البيئي من خلال اربع مراحل هي

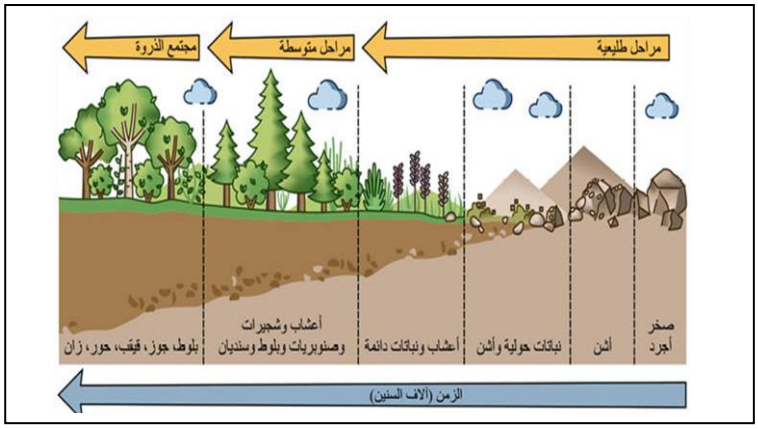
1- مرحلة التعرية والتجريد يحدث التجريد لأي نظام بيئي نتيجة للكوارث المدمرة مثل البراكين والفيضانات والحرائق حيث تعمل على القضاء على إشكال الحياة فضلا عن

2- مرحلة الاجتياح يقصد به وصول الأجزاء التكاثرية للأنواع المختلفة من الكائنات الحية ونجاحها في الانبات في البيئة الجديدة , وتعد النباتات الأحياء الرائدة في هذا المجال وتتم عملية الاجتياح بثلاث مراحل.

3- مرحلة التفاعل والتنافس يحصل تنافس بين أفراد النوع الواحد بسبب الزيادة العددية في الأفراد وقد يحدث التنافس بين أفراد الأنواع المختلفة سواء التي تأتي إلى البيئة الجديدة أو تلك التي توجد فيها أصلا

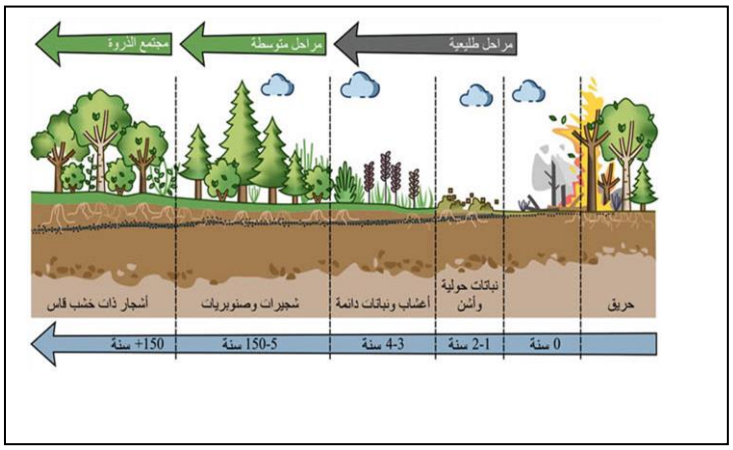
4- مرحلة الاستقرار والذروة عند نهاية التعاقب يصل المجتمع إلى مرحلة الاستقرار حيث تنشأ بين الكائنات الحية علاقات منسقة تبقي تركيب المجتمع ثابتا

أنواع التعاقب البيئي:



أ التعاقب الأولي :Primary Succession

ويبدأ هذا النوع من التعاقب بوجود صخور مثل الصخور البركانية بعد أن تبرد، إذ تظهر في هذه الحالة مرحلة الرواد Pioneer Stage، وتمثلها الأشنات والطحالب، ثم السرخسيات، ثم الأعشاب والشجيرات والأشجار والكائنات الحية الأخرى.



ب- التعاقب الثانوي Secondary Succession

وهو تعاقب يظهر نتيجة لما يحدثه تدمير طبيعي أو كارثة طبيعية، أو تدمير صناعي مثل قطع أشجار الغابات أو حرقها، إذْ تبدأ بعدها خطوات هذا التعاقب معتمدة على وجود التربة أساساً لاحتضان بذور النباتات.

العوامل الداعمة للتعاقب البيئي:-

1- توفر المياه.
2- عامل الحرارة.
3- عامل الرطوبة.
4- عامل الضوء.
5- عوامل المناخ و نوع التربة.
6- طبوغرافية الأرض.
7- عامل التنافس .

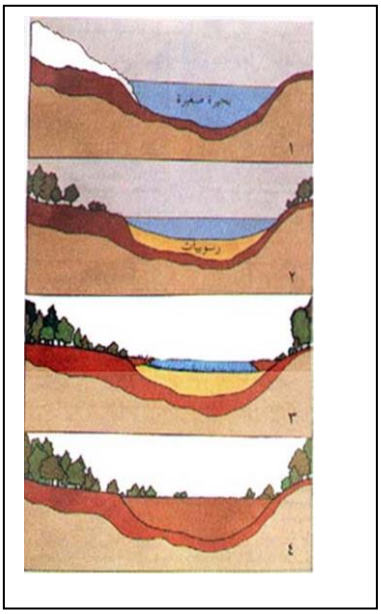
التعاقب في البيئات الأساسية

هناك اختلاف في طبيعة التعاقب واسلوبه باختلاف البيئة الأساسية , لذا اعتمادا على البيئات الأساسية يوجد نوعين من التعاقب

1- التعاقب المائي Hydrach Succession

2- التعاقب الجفافي Xerach Succession

1- التعاقب البيئي المائي (في المياه العذبة)



تختلف أنماط في المياه العذبة تبعا لحجم المسطحات المائية وطبيعة حركة المياه فيها , حيث تلعب عمليات التجمع التدريجي للطين (عملية التغرين) دورا مهما في إحداث التعاقب حيث إن تراكم المواد الطينية القادمة بواسطة الأنهار و الجداول يؤدي الى حالة التناقص تدريجي لعمق الماء مع الارتفاع التدريجي لمستوى طين القعر وعند ذلك يتعاقب ظهور النباتات المغمورة بنباتات ذوات الأوراق الطافية والتي تستبدل بمجتمعات المستنقعات التي تتميز بنباتات البردي و التي لها أوراق و سيقان هوائية بينما تكون جذورها مائية وبعد عدة سنوات يمكن لهذا المجمع المستنقعي ان يكون غابة.

2- التعاقب الجفافي

يتميز هذا النوع من التعاقب بان الرطوبة غير متوفرة او قليلة لا تسد حاجة النباتات والحيوانات وتشمل هذه الظروف المناطق الصحراوية الجافة التي قد تمر عليها عدة سنوات دون سقوط الامطار عليها .واغلب الأحيان تكون التربة رملية لا تحتفظ عادة بالرطوبة لفترة طويلة . يكون التعاقب الجفافي بصورة عامة ابطأ من غيره لكنه يتميز الى التقدم نحو المجتمعات ذات الكمية معتدلة الرطوبة في التربة.

أي التعاقب الجفافي هو سلسلة من التغيرات التي تطرأ على مجتمع نباتي في بيئة جافة، مثل الصخور أو الكثبان الرملية، حيث تبدأ الأنواع النباتية المتأقلمة مع الجفاف (مثل الأشنات والحزازيات) باستعمار المنطقة، ثم تتطور تدريجياً لتشمل نباتات أكثر تعقيداً، وصولاً إلى مجتمع الذروة (climax community) الذي قد يكون غابة أو مجتمع نباتي آخر مستقر في تلك البيئة .

الجزء الثاني / التلوث البيئي

التلوث البيئي Environmental Pollution

يعتبر التلوث من اخطر المشاكل التي تواجه الانسان وبيئته التي يعيش فيها وتزداد مشكلة اللوث يوما بعد بعد خاصة بعد حدوث مايسمى الانفجار السكاني إضافة الى النشاطات التي يقوم بها الانسان التي تهدد الحياة البشرية وتؤدي الى اخلال التوازن البيئي .

التلوث

هو تقديم الفضلات أو الطاقة الزائدة من قبل الإنسان إلى البيئة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة مسببه للأشخاص الآخرين إضرارا. أفراد البيئة أو الذين لهم علاقة مباشرة بالشخص المسبب للتلوث

كما **عرف التلوث** بأنه التغير الحاصل في الخواص الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية للهواء أو التربة أو الماء ويترتب عليه ضرراً بحياة الإنسان في مجال نشاطه اليومي والصناعي والزراعي مسبباً الضرر والتلف لمصادر البيئة الطبيعية.

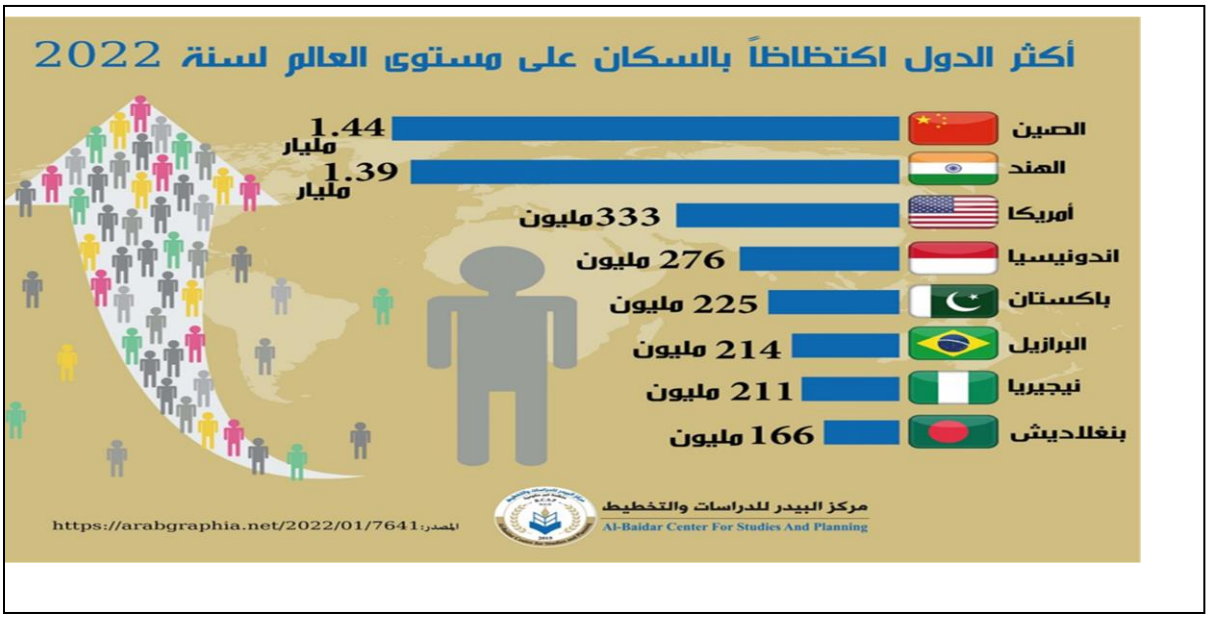
اذا فالتلوث البيئي هو التغيرات غير المرغوبة التي تحصل في محيطنا أهمها التي تنتج من نشاطات الإنسان ومن خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في تغير شكل الطاقة ومستويات الإشعاع والبيئة الكيمائية والطبيعية للكائن الحي . وهذه التغيرات سوف تؤثر بصورة مباشرة في الإنسان أو من خلال تزويده بالماء والزراعة والمنتجات الحية أو المواد الطبيعية أو الممتلكات أو من خلال المجالات الترفيهية أو الإعجاب بالطبيعة

يحدث التلوث نتيجة إلقاء النفايات للتخلص منها مما يفسد البيئة ونظافتها بحيث يحدث تغير وخلل في الموازنة التي تتم بين العناصر المكونة للنظام الأيكولوجي بحيث تشمل فعالية النظام وتفقده القدرة على التخلص الذاتي من الملوثات بالعمليات الطبيعية.

فالتلوث البيئي يعني الإخلال بالطبيعة وتوازنها ويعني التغير الكمي والكيفي في عناصر الغلاف الجوي بشكل يؤدي إلى عدم استيعاب البيئة لهذه المواد الجديدة.

مخاطر النمو السكاني

ان القول بان العالم يمر بمرحلة نمو سكاني سريع تتأكد حقيقته في كل يوم ، غير ان هذا النمو السريع يمثل ظاهرة ترتبط بالدول النامية دون المتقدمة ، فقد كان العالم حتى سنة 1950 يضيف لسكانه في المتوسط نحو 38 مليون نسمة سنوياً ، ثم ارتفع هذا المعدل في المدة المحددة (1950–1990) إلى 70 مليون نسمة سنوياً ، واليوم يستقبل العالم نحو 95 مليون نسمة سنوياً ، 95 % منهم في الدول النامية ، فضلا عن ذلك اصبح كل بليون جديد من البشر يضاف بصورة اسرع من سابقه ، اخذ العالم مدة 2 إلى5 ملايين سنة ليصل عدد سكانه إلى بليون نسمة سنة 1800 ، ولكن بعد ذلك بنحو 130 سنة (1930) صار عدد السكان بليونين ، وبعد ثلاثين سنة اخرى (1960) صار ثلاثة بلايين ، وفي عام 1976 صار اربعة بلايين نسمة ، وفي عام 1990 صار خمسة بلايين نسمة ، وفي عام 1999 اضاف العالم البليون السادس إلى سكانه ، بعد نحو تسع سنوات فقط من اضافة البليون الاخير ، ويضم العالم اليوم ستة بلايين نسمة ، منهم 20 % في الدول المتقدمة مقابل 80% في الدول النامية ، ، وتؤكد توقعات الامم المتحدة ان سكان العالم سيصل إلى اكثر من 9.6 بليون نسمة عام 2050 وإلى اكثر من 11 بليون نسمة بحلول عام 2200 وتتمتع الدول النامية بمعدلات عالية للنمو السكاني تصل في المتوسط إلى 2.9 % ، في الوقت الذي يبلغ فيه متوسط معدلات النمو السكاني في الدول المتقدمة نحو 1.5 % ، بالتالي بينما يتضاعف سكان الدول المتقدة في المتوسط بمعدل مرة كل 70–80 سنة ، فان سكان الدول النامية يتضاعفون مرة كل 25–30 سنة ، مع تباين مدة التضاعف هذه من دولة إلى اخرى ، ففي الوقت الذي يتضاعف فيه سكان اندونيسيا مرة كل 24 سنة ، يتضاعف سكان المملكة المتحدة مرة كل 140 سنة .



بالعودة إلى العلاقة بين الانسان والبيئة ، **يتم الإشارة الى ان النمو المتزايد في عدد السكان الذي يمثل مشكلة رئيسة للبيئة** ، من تداعياته صعوبة توافر الغذاء ومتطلبات الحياة البشرية الاخرى لهذا العدد الهائل من السكان الذي بات يهدد البشـرية بأكملها بمشـكلة الجوع ومشـكلات البيئة الاخرى كالتلوث واسـتنزاف الموارد المتجددة وغير المتجددة ومشكلات ازدحام المدن والضوضاء وغير ذلك .

تاثير الزيادة السكانية على البيئة

1- استهلاك الموارد الطبيعية

مع زيادة عدد السكان، يزداد الطلب على الموارد الطبيعية مثل المياه، والغذاء، والطاقة. يؤدي هذا إلى استنزاف الموارد بشكل سريع، مما يهدد استدامتها.

2-التلوث تساهم الزيادة السكانية في زيادة معدلات التلوث من خلال:

-**النفايات** :زيادة عدد السكان تعني مزيداً من النفايات، مما يؤدي إلى تلوث التربة والمياه.

-**الانبعاثات** :تزايد استخدام وسائل النقل والطاقة يؤدي إلى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة، مما يسهم في تغير المناخ.

3- فقدان التنوع البيولوجي

تؤدي الأنشطة البشرية الناتجة عن الزيادة السكانية مثل قطع الأشجار وتطوير الأراضي إلى فقدان المواطن الطبيعية للعديد من الأنواع، مما يهدد التنوع البيولوجي.

4-تغير المناخ

تساهم زيادة عدد السكان في تفاقم مشكلة تغير المناخ، حيث يؤدي الطلب المتزايد على الطاقة والموارد إلى زيادة الانبعاثات الكربونية.

5- التحضر

مع نمو السكان، ينتقل المزيد من الناس إلى المدن، مما يؤدي إلى زيادة التحضر. يمكن أن يكون لهذا مجموعة من الآثار البيئية، بما في ذلك تدمير الموائل، وتلوث الهواء، وزيادة استهلاك الطاقة.

مصادر التلوث

1- المصادر الطبيعية :- الظواهر الطبيعية (مثل البراكين , الزلازل , الفيضانات , حرائق الغابات الطبيعية وغيرها من الظواهر الطبيعية التي تسبب في تلوث البيئة بشكل مباشر وغير مباشر)

2- المصادر البشرية :- مثل (الأنشطة الصناعية , الازحام المروري , النفايات الصلبة والسائلة , التوسع العمراني وغيرها من الأنشطة التي يقوم بها الانسان وتؤدي الى تلوث البيئة)

أنواع التلوث البيئي

1-تلوث الهواء

2-تلوث المياه

3- تلوث التربة

4- التلوث الاشعاعي

5- التلوث الضوضائي

6- التلوث البصري

7- التلوث الحراري

8- التلوث النفطي

1- تلوث الهواء

يعتبر الهواء من اساسيات الحياة فانقطاعه لدقائق معدودة يعد كافيا لهلاك الانسان لذا اصبح موضوع تلوث الهواء يثير الاهتمام في الأوساط العلمية .

تكمن خطورة الهواء عند تلوثه كونه لا يرى ولكن الانسان ياخذه عن طريق الجهاز التنفسي وهذا يعني إمكانية وصوله الى الدم ومن ثم الى مراكز الإحساس والتركيز في الجسم خلال عدة ثوان . ان الاثار الضارة للتلوث الهوائي لا تعود الى كميته المنبعثة بقدر ما تعود الى تراكيزها في هذه الأجواء.

طبيعة الغلاف الجوي

لم تتغير مكونات الغلاف الجوي الرئيسية، وهي النيتروجين (78%) والأكسجين (21%)، إلا قليلاً على مدى ملايين السنين. وضمن نسبة الواحد بالمائة المتبقية، توجد غازات أثرية مثل الأرجون ومجموعة من الغازات تُعرف مجتمعةً باسم **غازات الدفيئة**، والتي تؤدي دورًا هامًا في احتجاز الحرارة التي تستقبلها الأرض من الشمس، مما يجعل الكوكب صالحًا للحياة.

يمتد الغلاف الجوي لحوالي 120 كيلومترًا (حوالي 75 ميلًا) من سطح الأرض، ويتألف من أربع طبقات رئيسية: التروبوسفير، والستراتوسفير، والميزوسفير، والثرموسفير. تحتوي الطبقة السفلى، التروبوسفير، على غالبية كتلة الغلاف الجوي بأكمله (حوالي 80%). مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ينخفض الضغط الجوي بشكل كبير. على ارتفاع 8 كيلومترات، وهو ارتفاع جبل إيفرست، يوجد حوالي ثلث كمية الأكسجين، وعلى ارتفاع 80 كيلومترًا، يكاد يكون الأكسجين منعدمًا تمامًا.

الغاز	الرمز الكيماوي	النسبة المئوية على أساس الحجم
النيتروجين (الأزوت)	N2	78.084
الأكسجين	O2	20.946
الأرجون	Ar	0.934
ثاني أكسيد الكربون	CO2	0.0325
الهيليوم	He	0.000524
النيون	Ne	0.001818
الكسيون	Xe	0.0000087
الكريبتون	Kr	0.000114
الميثان	CH4	0.00014
الهيدروجين	H2	0.00005
الأمونيا	NH3	0.0000006
أكسيد النيتروز	N2O	0.000025
أول أكسيد الكربون	CO	0.000008
الأوزون	O3	0.0000025

المصادر الرئيسية لتلوث الهواء

1- محطات الطاقة : تعتبر محطات توليد الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري (مثل الفحم والنفط والغاز) من أهم مصادر تلوث الهواء

2- المنشآت الصناعية: تتسبب المصانع في إطلاق مجموعة متنوعة من الملوثات في الهواء، بما في ذلك الغبار والغازات والملوثات العضوية المتطايرة.

3- حرق النفايات: حرق النفايات، سواء في المكبات أو في أماكن غير مخصصة، يطلق ملوثات خطيرة في الهواء

4- وسائل النقل

5- المصادر الطبيعية مثل البراكين , حرائق الغابات , الغبار , حبوب اللقاح , رذاذ البحر .

6- مصادر أخرى مثل التعدين , النشاطات المنزلية , البناء والتشييد .

أنواع ملوثات الهواء : يمكن تقسيم الملوثات الى نوعين

أولا : الدقائقيات الجسيمات الدقيقة، هي مجموعة متنوعة من المواد الصلبة والسائلة المعلقة في الهواء، وتعتبر من الملوثات الهوائية الرئيسية .تشمل هذه الجسيمات موادًا مختلفة مثل الغبار والدخان والسخام والجسيمات المتكونة في الغلاف الجوي .تتسبب الدقائقيات في مشاكل صحية كبيرة، خاصة الجسيمات الأصغر حجمًا) مثل PM2.5 و (PM10) التي يمكن استنشاقها والوصول إلى الرئتين وحتى مجرى الدم.

اهم المجاميع الرئيسية للدقائقيات في الهواء

تكون الرمال دقائق صلبة عالقة في الهواء يزيد قطرها عن 500 ميكرون . و**الغبار الطبيعي** هو دقائق صلبة عالقة في الهواء يتراوح قطرها بين 200-25 ميكرون، وهي من أكثر أنواع الدقائقيات شيوعاً في الهواء.

اما الجسيمات العالقة مزيج من المواد الصلبة والسوائل، ويشمل الغبار والأوساخ والسخام والدخان وقطرات السوائل. الجسيمات الدقيقة (PM2.5) هي الأصغر والأكثر خطورة، حيث يبلغ قطرها 2.5 ميكرون أو أقل، ويمكن أن تصل إلى الرئتين وتسبب مشاكل صحية.

ثانيا :- الملوثات الغازية وهي تشمل عدة مجاميع هي

1- الهيدروكربونات الملوثة للهواء هي مركبات كيميائية تتكون من الكربون والهيدروجين فقط، وتعتبر من الملوثات الهوائية الرئيسية. من المصادر الطبيعية للهيدروكربونات غاز الميثان الذي ينتج حوالي 200 مليون طن في السنة نتيجة التفسخ البكتيري في المستنقعات او الاحراش او الاهوار . وكذلك تنشأ هذه الهيدروكربونات من مصادر مختلفة، بما في ذلك الاحتراق غير الكامل للوقود في وسائل النقل والمصانع، والانبعاثات الصناعية، وعوادم السيارات، وحرق النفايات.

أنواع الهيدروكربونات الملوثة للهواء :

أ- الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات:(PAHs) تتشكل نتيجة الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية، وتوجد في دخان التبغ، ودخان المصانع، وعوادم السيارات، ومحارق النفايات

ب_ المركبات العضوية المتطايرة:(VOCs) تنبعث من مصادر مختلفة مثل الطلاء، والمذيبات، ومنتجات العناية الشخصية، وبعض المواد البلاستيكية.

2- غاز اول أوكسيد الكاربون CO

غاز سام عديم اللون والرائحة ينتج عن عمليات الاحتراق غير آلكامل للوقود والمواد العضوية ويمثل اكبر نسبه من ملوثات الهواء. يختلف تركيز أول أوكسيد الكربون في المناطق العمرانية باختلاف الظروف السائدة في كل من هذه المناطق وتعتمد أساساً على مدى كثافة حركة المرور ويؤثر أول أوكسيد الكربون على الصحة العامة خاصة على هيموجلوبين الدم حيث أن له قابلية شديدة للاتحاد معه ومن ثم فإنه يؤثر تأثيراً خطيراً على عمليات التنفس في الكائنات الحية بما فيها الانسان ويتسبب في كثير من حالات التسمم ويمكن الحد من تأثير أول أوكسيد الكربون بتزويد البيئة المحيطة بالآوكسجين الكافي لاتمام عملية التأكسد وتكوين ثاني أوكسيد الكربون ويلزم ذلك لمواجهة حالات التسمم بالغاز . يتحد أول أوكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كاربوكسي هيموجلوبين وبذلك يمنع الاوكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الاوكسجين. وتعتمد سمية أول أوكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز 0,01% من أول أوكسيد الكربون يعادل 20% من كاربوكسي هيموجلوبين ويؤدي الى صداع، دوخة، وإرهاق عام نتيجة نقص الأوكسجين في أنسجة الجسم، وإذا استمر التعرض قد يسبب تقيؤ وتشوش في الرؤية وضعف في التركيز .**أما**

عند ارتفاع تركيز أول أوكسيد الكربون أكثر من ذلك فقد تظهر أعراض أشد مثل **فقدان الوعي وتشنجات**، وفي الحالات الشديدة يمكن أن يؤدي إلى الوفاة بسبب فشل الجهاز التنفسي والدوران

3- ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2

ثاني أكسيد الكربون (CO 2) غاز عديم اللون وغير قابل للاشتعال في درجات الحرارة والضغط الطبيعيين. يتكون جزيء ثاني أكسيد الكربون من ذرة كربون واحدة وذرتي أكسجين. كما يلعب ثاني أكسيد الكربون دورًا في دورة الكربون على الأرض ، وهي مجموعة العمليات التي تُعيد الكربون إلى أشكاله المتعددة في جميع أنحاء البيئة.

لا يُعتبر ثاني أكسيد الكربون ملوثًا للهواء، إذ يوجد طبيعيًا فيه بتركيز 0.03% ومع ذلك، فقد ارتفع تركيزه في الغلاف الجوي بشكل ملحوظ نتيجةً للنشاط البشري.

في الهواء الطلق، ينتشر ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير، حيث لا تختلف مستوياته كثيرًا حتى في أرجاء المدينة. أما في الداخل، فالأمر مختلف: يُعد ثاني أكسيد الكربون أحد المؤشرات الرئيسية لجودة الهواء الداخلي. ولأن البيئات الداخلية عبارة عن أنظمة بيئية مغلقة، فإن انبعاثات الكربون من الأشخاص والمصادر الأخرى يمكن أن تتراكم بسرعة لتصل إلى أضعاف تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي الطبيعي

هناك مصادر طبيعية وأخرى من صنع الإنسان لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون . تشمل المصادر الطبيعية التحلل، وإطلاق المحيطات، والتنفس، والتمثيل الضوئي. التنفس ، العملية التي تُحرر بها الكائنات الحية الطاقة من غذائها، يُصدر ثاني أكسيد الكربون أيضًا من التمثيل الضوئي ، العملية الكيميائية الحيوية التي تُنتج بها النباتات وبعض الميكروبات الغذاء، يُعادل التنفس الطبيعي من خلال سحب ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي .

تتكون المصادر البشرية لثاني أكسيد الكربون بشكل رئيسي من حرق الوقود الأحفوري، كالفحم والنفط والغاز، وذلك بإطلاق الكربون المُخزّن مباشرةً في الهواء مع إطلاق الطاقة المُخزّنة على شكل حرارة. يُصدر إنتاج الأسمنت ثاني أكسيد الكربون عند استخدام الطاقة المُستمدة من الوقود الأحفوري لحرق المواد الأساسية للأسمنت في الفرن، والتفاعل الكيميائي الناتج عن تعرض الخليط للحرارة. إضافةً إلى ذلك، تُطلق إزالة الغابات الكربون المُخزّن من المناظر الطبيعية للغابات إلى الغلاف الجوي. تُسمى العملية العكسية لنمو الغابات، وبالتالي تخزين فائض الكربون في جذوع الأشجار وجذورها، "العزل". تُساهم التغيرات الأخرى في استخدام الأراضي، كالزراعة والحراجة، في حوالي 23% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ ، بالإضافة إلى مُلوّثات الهواء الأخرى .

3- اكاسيد النتروجين (NOX)

أكاسيد النيتروجين هي نواتج ثانوية عالمية لعملية الاحتراق عالية الحرارة ، وتُسبب سمومًا ضارة في الغلاف الجوي. لأكاسيد النيتروجين المنبعثة آثار سلبية عديدة على صحة الإنسان والبيئة والنظم البيئية الحيوية، مثل استنزاف طبقة الأوزون والأمطار الحمضية. وكما يتضح انه تُساهم انبعاثات أكاسيد النيتروجين(NO) (NO2) من المصادر المتنقلة بما يقرب من نصف إجمالي إنتاج أكسيد النيتروجين .

4- اكاسيد الكبريت (Sox)

يحتوي الوقود الاحفوري (الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي) على كميات متفاوتة من الكبريت، وأثناء عملية احتراق هذا الوقود، يتصاعد الكبريت مع الدخان على شكل ثاني أوكسيد الكبريت. إن غاز ثاني أوكسيد الكبريت SO2عديم اللون نفاذ وكريه الرائحة له أثار ضارة إذا ما تواجد بمعدلات تزيد على 3 جزء في المليون في الهواء ويتحول ثاني أوكسيد الكبريت في الهواء إلى حامض الكبريتيك نتيجة لتأكسده إلى ثالث أوكسيد الكبريت SO3وتفاعله مع بخار الماء .ولكل من ثاني أوكسيد الكبريت وحامض الكبريتيك تأثيراً ضاراً بالجهاز التنفسي للانسان والحيوان كما يشارك ثاني أوكسيد الكبريت مع ملوثات أخرى في إحداث مشاكل بيئية منها الامطار الحامضية.

5- كبريتيد الهيدروجين H_2S

كبريتيد الهيدروجين هو مركب كيميائي يحمل الصيغة H_2S وهو غاز عديم اللون قابل للاشتعال وهو كريه الرائحة تشبه رائحته عفن البيض. وهو غاز أثقل من الهواء ولذلك تجده في الأماكن العميقة في حالة تسربه. يستخرج من الغاز المصاحب للبترول ويتم فصله بالحرارة وتتم معالجته وتكثيفه لتسهيل عملية نقله حيث يتم تصديره إلى الخارج.

الكوراث الطبيعية التي تسبب في تلوث الهواء

1- الثورانات البركانية :- تسبب الثورانات البركانية تلوثًا كبيرًا للهواء من خلال إطلاق الرماد البركاني والغازات في الغلاف الجوي يمكن أن يؤدي هذا التلوث إلى مشاكل صحية خطيرة، خاصة للأطفال وكبار السن والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي.

2- حرائق الغابات :- تُعدّ حرائق الغابات من المصادر الرئيسية لتلوث الهواء، حيث تُطلق كميات هائلة من الملوثات في الغلاف الجوي، مما يؤثر سلبًا على صحة الإنسان والبيئة. تتسبب هذه الحرائق في انبعاث

جسيمات دقيقة وغازات سامة مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، بالإضافة إلى مواد عضوية متطايرة، والتي يمكن أن تنتشر لمسافات طويلة وتلوث مناطق واسعة.

3- العواصف الترابية :- تعتبر العواصف الترابية أحد العوامل الرئيسية التي تساهم في تلوث الهواء، حيث تزيد من تركيز الجسيمات العالقة في الجو، مما يؤثر سلبًا على الصحة العامة والبيئة.

الظواهر البيئية المسببة لتلوث الهواء

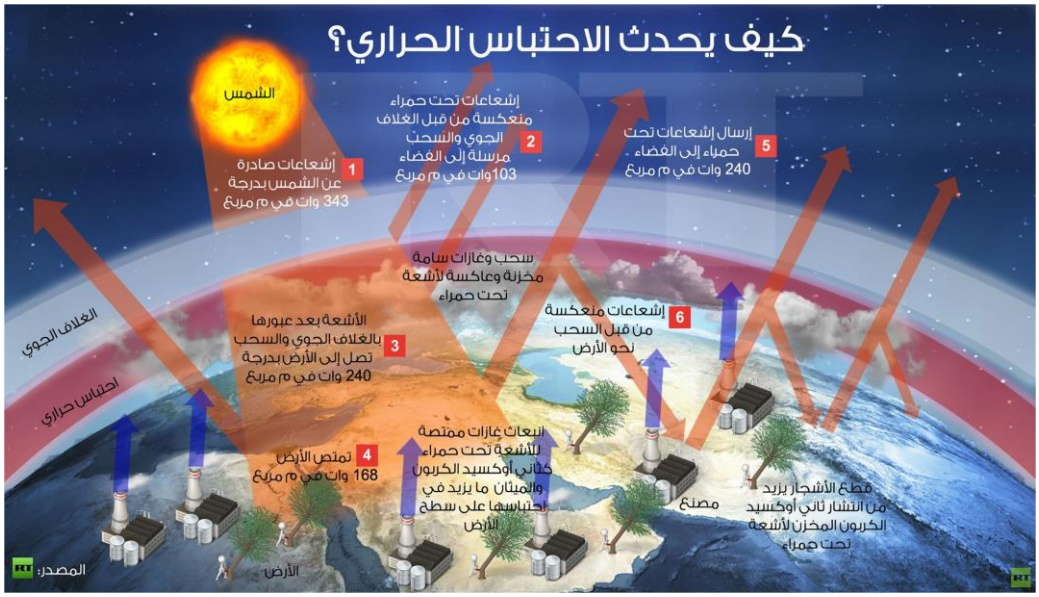
أولا: الاحتباس الحراري

ظاهرة بيئية تتعلق بزيادة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكاربون في الغلاف الجوي وهو لا يختلف عن ظاهرة البيت الزجاجي Green hose effect, أن غاز ثنائي أوكسيد الكاربون غير سام للكائنات الحية ونسبته بالهواء بحدود 300 جزء بالمليون في الهواء الجاف الغير ملوث ولكن زيادة تركيز هذا الغاز يؤدي الى تقليل انتشار الحرارة من جو الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي بفعل ظاهرة تأثير البيت الزجاجي مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة على سطح الكرة الأرضية. **يعرف الاحتباس الحراري** بأنه ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بشكل عام على المدى الطويل، بسبب ارتفاع مستوى غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وبعض الغازات الأخرى التي تسمى بـ"الغازات الدفيئة "منها أكسيد النيتروز (أكسيد النيتروجين الثنائي) والغازات المهجنة وأكسيد النيتروجين.

ومن الأسباب التي تزيد من الاحتباس الحراري

1. تغير في كمية الإشعاع الشمس الواصل إلى الأرض.
2. الانفجارات البركانية لأن دقائق الغبار تؤثر في توازن الجوي وتزيد في درجات الحرارة.
3. الغازات الناتجة من الملوثات العضوية مثل فضلات المواشي.
4. قطع الأشجار يؤدي إلى تقليل كمية الأوكسجين من الغلاف الجوي.
5. التقدم الصناعي يؤدي إلى حرق كميات من الوقود وبالتالي زيادة ثنائي أوكسيد الكاربون.
6. استخدام الأسمدة الكيمياوية وهي من اشد العوامل تأثيراً.
7. تلوث الهواء والذي يزيد من كمية الغازات الدفينة ومنها غاز ثنائي أوكسيد الكاربون.

إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي في الحصيلة النهائية إلى التأثير في مستوى سقوط الأمطار عالمياً وزيادة التصحر وانخفاض معدلات الإنتاج الزراعي كما أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية في القطبين وبالتالي ارتفاع مستويات المياه في المحيطات وحدوث الفيضانات المدمرة.



ثانياً: طبقة الأوزون في الغلاف الجوي

طبقة الاوزون عبارة عن غاز الأوكسجين ثلاثي الذرات(O_3) وهو احد الغازات الطبيعية للهواء تبلغ النسبة الحجمية (0.02) جزء بالمليون، لذا فهو من الغازات النادرة إذ لا تتجاوز نسبته الكلية في كامل الغلاف الجوي عن 200 بالمليون طن وله القابلية على امتصاص الأطياف الموجية الأقصر من (300) نانو متر (الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس)

ورغم تركيز الغاز الضئيل لكنه يعد كافياً وضرورياً لحماية الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية يتواجد هذا الغاز في طبقة الستراتوسفير بتركيز 90% واعلى تركيز له في هذه الطبقة يوجد على ارتفاع (10–50) كم فوق سطح الأرض.

للغاز القابلية على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجبة التي تتراوح ما بين 280–320 نانومتر وان تناقص غاز الأوزون سيؤدي زيادة شفافية الغلاف الجوي تجاه الأشعة فوق البنفسجية للأطوال اعلاه مما يترتب عليه تأثيرات سلبية على الحياة على سطح الأرض بما يشمل الأنسان كذلك.

تعتبر الشمس هي المصدر الطبيعي والرئيسي للأشعة فوق البنفسجية، وتختلف شدتها التي تصل إلى الأرض وفق لعدة عوامل، وهي:

- الوقت:- تكون الأشعة فوق البنفسجية أقوى في الفترة ما بين الساعة العاشرة صباحًا وحتى الرابعة عصرا.

- الفصل :- الأشعة فوق البنفسجية اقوى خلال فصلي الربيع والصيف.
- البعد عن خط الاستواء:- كلما زاد العد عن خط الاستواء قلت الأشعة فوف البنفسجية.
- الغيوم:- فأحياناً تعكس الأشعة واحياناً أخرى تعكس الأشعة وتزيد من تعرض الكائنات الحية لها.
- الارتفاع عن سطح الأرض:- كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض زادت الأشعة فوق البنفسجية.
- الانعكاسات على الأسطح :-يمكن أن ترتد الأشعة من بعض الأسطح مما يزيد من الأشعة فوق البنفسجية.
- مكونات الهواء:- طبقة الأوزون تقوم بامتصاص بعض الأشعة فوق البنفسجية.

مجموعة النشاطات البشرية التي سببت اطلاق الانسان لكميات من الغازات الملونة للعلاف الجوي والتي اثرت على طبقة الأوزون

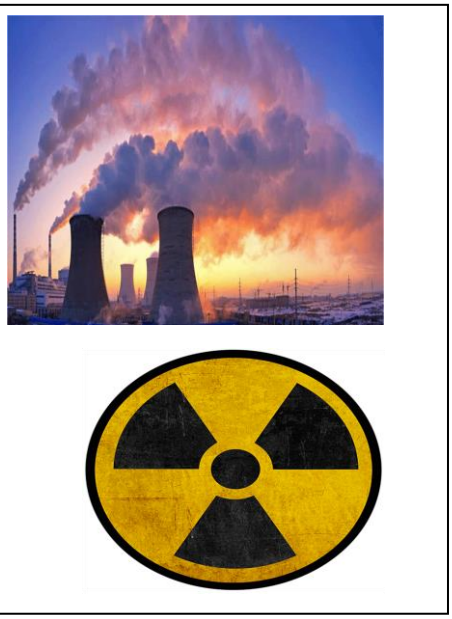
1- المركبات الكلورية العضوية مثل مبيدات DDT والكلوردين والالدرين.

2-مركبات الكلوروفلور كاربونات المعروفة تجارياً باسم غاز الفريون المستعمل في أجهزة التكيف والثلاجات والمجمدات.

3- غاز أحادي أوكسيد النتروجين الذي ينطلق من الطائرات النفاثة العملاقة.

هذه الملوثات أسهمت في تلاشي طبقة الأوزون من خلال تفاعلات كيمياوية متعددة تعمل على تحويل غاز الأوزون إلى أوكسجين.

ثالثا :-التلوث الاشعاعي



يعد التلوث الاشعاعي ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان من كل مكان في حياته اليومية وقد أدى نشاط الأنسان إلى زيادة تركيزه في بعض المواقع أو بسبب الحوادث العرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما يؤدي إلى حالات تلوث خطيرة. فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والأقمار الاصطناعية.

يعرف التلوث الإشعاعي أنه انبعاث إشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلات النووية أو النفايات المشعة أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو الغذاء.

التأثيرات البيولوجية للإشعاع

تعتمد التاثيرات علة شدة الاشعاع ومدته كما تعتمد على نوع الخلايا المصابة في عموم الجسم، ففي الخلايا الجسمية على سبيل المثال تفقد سيطرتها على آلية الانقسام مما يقود إلى تكون مرض سرطاني، في الخلايا الجنسية التي تتعرض إلى الإشعاع قد تؤدي إلى تشوهات خلقية.

تؤثر الأشعة في الخلايا فعند وصولها إلى الدورة الدموية فأنها تظهر أعراضها مثل الصداع المصحوب بارتفاع الحرارة والإسهال والام البطن ولها تأثير على الأنسجة المكونة للدم كالنخاع العظمي والكبد والطحال وغيرها من التأثيرات المختلفة في أعراض الجسم.

رابعا :- التدخين

يعد التدخين ضمن التلوث الذاتي إذ أن الشخص المدخن يقوم بتلويث ذاته بصيغة طوعية ومع ذلك تؤدي عملية التدخين الى تلويث الأماكن التي يرتادها المدخنون وبذلك يصح استخدام مصطلح التدخين السلبي وهو عبارة عن تعرض الأشخاص الذين يعيشون أو يقيمون مع المدخن وقتياً أو دائمياً إلى التلوث بدخان التبغ المحترق دون رغبتهم. ويساهم التدخين في تلوث الهواء من خلال انبعاث مواد كيميائية سامة وغازات مسببة للاحتباس الحراري وجسيمات ضارة في الهواء، مما يؤثر على جودة الهواء ويضر بالبيئة وصحة الإنسان.

تلوث الهواء الداخلي (داخل المنزل والمؤسسات)

لا يزال هناك حوالي 2.1 مليار شخص يطهون طعامهم بحرق الوقود الصلب (من قبيل الحطب والمخلفات الزراعية والفحم العضوي والفحم العادي والروث) والكيروسين، باستعمال نيران مكشوفة ومواقد مسرّبة للدخان، وهم معظمهم من الفقراء ويعيشون في بلدان منخفضة الدخل وأخرى متوسطة الدخل. وثمة تباين كبير في إتاحة بدائل الطهي الأنظف بين المناطق الحضرية وتلك الريفية: ففي عام 2021 اعتمدت نسبة 14٪ فقط من سكان المناطق الحضرية على أنواع الوقود والتكنولوجيات الملوّثة مقارنة بنسبة 49٪ من سكان الأرياف في العالم.

وينجم تلوّث الهواء داخل المنزل عن استعمال أنواع الوقود والتكنولوجيات غير الفعالة والملوّثة للهواء داخل المنزل وحوله، والتي تحتوي على طائفة من الملوّثات المضرّة بالصحة، بما فيها جسيمات صغيرة تتوغّل عميقاً داخل الرئتين وتدخل مجرى الدم. ويمكن في المساكن الرديئة التهوية أن يحتوي الدخان المنبعث داخل المنزل على جسيمات دقيقة بمعدلات تتجاوز المعدلات المقبولة بمقدار 100 مرة، والتي يرتفع تحديداً معدل التعرّض لها في صفوف النساء والأطفال الذين يقضون معظم وقتهم قرب المواقد المنزلية. كما يتطلب الاعتماد على أنواع الوقود والتكنولوجيات الملوّثة وقتاً طويلاً لطهي الطعام على وسيلة غير فعالة وجمع كميات الوقود وإعدادها لتشغيلها.

هناك عدة طرق لمعالجة وصيانة الهواء والحد من تلوث الهواء

1. ضرورة إصدار القوانين والتعليمات الخاصة بالهواء النقي وتحديد طرق تنقية الهواء من الشوائب الضارة والزام كافة المؤسسات الهوائية الصناعية التقييد بها.
2. اختيار المواقع للمنشئات الصناعي بعيداً عن المناطق السكنية.
3. تصميم المداخن الضخمة مع الأخذ بنظر الاعتبار الارتفاع المطلوب للمدخنة وسرعة قذف الملوثات منها
4. ضرورة إيجاد الطرق الفنية التي تقلل من نسبة خروج الشوائب إلى الجو خلال عملية الاحتراق
5. معالجة النفايات الصناعية المختلفة قبل أطلاقها إلى البيئة
6. نشر الوعى والثقافة البيئية بين عامة الناس
7. وضع القيود الصارمة على إضافة نسبة الرصاص في البنزين المستخدم في السيارات.
8. إيجاد طرق جديدة لأتمان عملية الاحتراق الكامل لمواد الوقود بحيث لا تؤدي الى بث شوائب عالقة ملوثة للهواء.
9. التخطيط لاستغلال الطاقة البديلة النظيفة وغير الملوثة كالطاقة الشمسية والرياح والمد والجزر
10. تخطيط المدن بصورة أفضل على وفق أسس بيئية
11. عقد المؤتمرات والندوات واللقاءات العلمية والاجتماعية والإعلامية للوصول إلى برامج وأهداف مشتركة بين بلدان العالم لحل مشاكل تلوث الهواء.

2- تلوث المياه

يلعب الماء دوراً كبيراً في حياة الكائنات الحية:(الانسان ,الحيوان ,النبات) , وهو عصب الحياة وأهم مكون من مكوناتها وصدق الله عز وجل إذ يقول في كتابه العزيز (وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون).(الانبياء/30) اذ يشكل الماء71% من الكرة الارضية و 70% من جسم الأنسان ، وهو العنصر الاساسي لاستقرار الانسان وازدهار حضارته وأينما وجد الماء وجدت مظاهر الحياة وبذلك يعتبر تلوث الماء من احد اهم مشاكل تلوث البيئة . حيث يأخذ التلوث أشكالاً مختلفة ، ويحدِث تداعيات مختلفة .

يعرف التلوث في المياه أنه زيادة الخواص الكيماوية أو الفيزياوية أو البيولوجية بتركيز أو بصفة تجعل من الماء ضاراً بالإنسان أو الأحياء المائية أو بالممتلكات، وهناك تعريف آخر وهو أن الماء يعد ملوثاً عندما لا يكون بنوعية عالية المواصفات بما تلائم مع أعلى المتطلبات المعيشة الإنسان بخاصة للشرب ثم الاستخدامات الأخرى.

لقد ساهم نمو وتطور المجتمعات الإنسانية وتقدم الزراعة والصناعة وزيادة الرفاهية والقضاء على الأوبئة والأمراض الأمر الذي أدى إلى إطالة عمر الإنسان ونتجت الزيادات الانفجارية في أعداد السكان وما صاحب ذلك من نمو المدن والحضارة التي باتت تغرز أشكالاً من النفايات والملوثات لم تكن تعريفها المياه مسبقاً. وهكذا تحولت المسطحات المائية الطبيعية إلى مستودعات للمياه القذرة وإلى برك ومجار متسممة تنعدم فيها العديد من أشكال الحياة المائية.

أي تغير في الخواص الفيزياوية والكيماوية للمياه حيث تجعله غير صالح للاستخدامات المعروفة أو لمعيشة الأحياء المائية يعد ملوثاً. وقد وردت عدة طرق التصنيف ملوثات المياه من بينها التصنيف المستخدم من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية وشملت **ثمانية ملوثات أساسية وهي:**

اولاً: الفضلات المتطلبة للأوكسجين Oxygen demanding wastes

تشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية وبعض الفضلات الصناعية *Industrial discharges*، وعندما تتحلل هذه المركبات من قبل البكتريا فإن الأوكسجين سوف يستهلك من الماء، وبذلك تقلل الأحياء المائية كافة الأكسجين المذاب فيه. ومن المعروف أن هناك أنواع عمليات تؤثر على نسبة الأوكسجين المذاب في المياه، وهي:

1-الاستهلاك الحيوي2- اكسدة المعادن 3- البناء الضوئي 4- التنفس

وتعد العمليتان الأولى والثانية تزيدان نسب الأوكسجين، في حين تعمل الثالثة والرابعة على تقليلها.

هناك طرق عديدة لدراسة علاقة الأوكسجين بالتلوث الحاصل في المياه، ومن أكثرها استخداماً هي:

الطلب أو الاحتياج الحيوي للأوكسجينBiological Oxygen Demand

ويستخدم هذا الغاز القياس على نطاق واسع حيث يمكن بوساطته تقدير كمية الفضلات العضوية في نموذج ماء، من خلال قياس كمية الأوكسجين اللازمة للبكتيريا لأكسدة الفضلات هوائياً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. ويرمز له بالرمز BOD كما تم ذكره مسبقاً.

ويتم استعمال قيمة BOD لأي نموذج مائي عند حفظه في إناء مغلق لمدة خمسة أيام بدرجة حرارة 20°م. ويتم حساب كمية الأوكسجين المذاب قبل وبعد حفظ النموذج. ولا تتجاوز قيمته العامة، التي عن جزء واحد بالمليون، وتكون القيم مقبولة في قيمة 3 أجزاء بالمليون، في حين حالتها الحرجة في القيمة المساوية إلى خمسة اجزاء بالمليون، وقد تتجاوز القيمة الـ 10000 جزء بالمليون كما في المياه العادمة من معامل التعليب والمسالخ مثلاً، مما يشكل هذه الفضلات خطورة كبيرة في نوعية المياه عند رميها إلى الأنهار أو المسطحات دون معالجة. ورغم أن قيمة فحص الـ BOD ذات استخدامات واسعة وجيدة إلا أنها تتطلب وقتاً طويلاً لإجرائها لا يقل عن خمسة أيام على الأقل.

الطلب أو الاحتياج الكيميائي للأوكسجينChemical Oxygen Demand

ويُرمز له COD ويهدف هذا الفحص إلى قياس كمية المواد القابلة للأكسدة كيميائياً بوسائل كيميائية، باستخدام مواد مؤكسدة قوية مثل ثاني كرومات البوتاسيوم بحمض الكبريتيك (المحمضة)، وذلك في فترة محدودة سبع دقائق أو ساعة. ويتم تحديد النسبة الناتجة عن هذا الفحص كمؤشر لكمية المواد العضوية القابلة للأكسدة في المياه، سواء كانت قابلة للتحلل بيولوجياً أو غير قابلة للتحلل.وغالباً ما تكون قيمة COD أعلى من قيمةBOD ، بسبب الأكسدة الشاملة لجميع المادة العضوية (قابلة وغير قابلة للتحلل)، كما قد تكون الكائنات الدقيقة غير قادرة على أكسدة بعض المركبات العضوية المعقدة التي يتم أكسدتها بوسائل كيميائية بالطريقة الأولى. كما يمكن أن تتسبب بعض المواد اللاعضوية كما في بعض المواد الصناعية في تقليل قيمة الفحص عن طريق التداخل مع طريقةCOD .

الكربون العضوي الكليTotal Organic Carbon

ويُرمز لهTOC ، وهو أحد الفحوصات التي لا تتأثر بالمواد اللاعضوية ويعتمد على حرق المادة العضوية بوجود المحفزات الخاصة، بدرجات حرارة تتراوح بين 900–1000 مئوية، حيث يتحول الكربون في المادة العضوية إلى غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يتم قياسه للحصول على قيمة TOC في عينة المياه الكلية. ويوجد حالياً أجهزة متطورة أوتوماتيكية لقياس قيم.TOC

ثانياً: العوامل المسببة للمرضagents causing Disease

تشمل مجاميع الكائنات الدقيقة الممرضة المختلفة والتي تدخل إلى الماء عادة مع فضلات الإنسان فتنتقل إلى الآخرين عن طريق الشرب أو الاستخدامات المختلفة للمياه.

تسبب المياه الملوثة وفاة 25 ألف شخص يوميا في العالم ويعاني ثلثا سكان العالم من عدم توفر مياه آمنة ونقية خالية من المسببات المرضية .Pathogens كما يبلغ مجموع وفيات الأطفال دون من الخامسة في العالم ما يقرب عن 4.6 مليون طفل / سنة بسبب الإصابة بالإسهال الذي ينتقل عادة بالمياه الملوثة.

تتلوث المصادر المائية بكثرة بالمسببات المرضية خلال تصريف الفضلات البشرية أو الحيوانية إليها.

تشمل هذه المسببات العديد من الكائنات الحية مثل البكتيريا والأحياء المجهرية وحيدة الخلية الحيوانية Protozoa والطفيليات المعوية التي تنتقل على هيئة بيوض أو أطوار أخرى وغيرها من الأحياء، فضلاً عن الفيروسات. ولقد زاد الاهتمام في الآونة الأخيرة بدراسة الفيروسات المعوية التي تصيب الإنسان ولكثير من حيوانات الدنيا وتسبب أمراضاً في الجهاز الهضمي بخاصة تلك الفيروسات المحمولة بوساطة المياه والتي تسبب الالتهابات الكبدية ذات العدوى الانتقالية.

إن المصادر الرئيسة للبكتيريا والفيروسات المتسببة في عدوى الإنسان هي براز وبول الحيوانات. كما يمكن أن تكون بكتيريا القولون Coliform من مصادر عديدة أهمها البراز الذي يكون مسؤولاً عن 90%، لذا فإن بكتيريا القولون الإشريكية Escherichia Coli يمكن استخدامها في تقييم جودة المياه. وتعتمد هذه البكتيريا بوصفها دليل حيوي indicator Biological. ففي حالة العثور عليها فإن ذلك يعد دليلاً أكيداً على تلوث هذه المياه بفضلات بشرية أو حيوانية وبذلك فإن احتمال وجود أي مسبب مرضي من المسببات المرضية التي يعرف انتقالها عن الكفيلة بالوقاية منه مثل تعقيم المياه بإحدى الطرق المعروفة أو تجنب استهلاكها.

يقدر العدد المطروح من البكتيريا القولونية الايشريكية في غائط الانسان يومياً في حدود 100–400 مليار بكتيريا، وهي عديمة الضرر للإنسان، بل أن لها فائدة بعد طرحها في البيئة مع الغائط حيث أنها تعمل على تكسير المواد العضوية فتحولها إلى مواد بسيطة التركيب. ولأجل إقرار نوعية المياه فيجب قياس مجموع البكتيريا هذه. وهناك

حدود معينة يمكن القبول بها أحيانا كمياً. فلا يزيد تعداد بكتيريا القولون الايشريكية E.coli بمفردها عن 3 بكتيريا لكل 100 سم 3 في نماذج عشوائية فقط وعلى أن لا تكون متعاقبة. كما لا يزيد تعداد مجموع البكتيريا القولونية coliform Totalعن 5000 بكتيريا لكل 100 سم كمعدل شهري. إن الحاجة ما زالت قائمة إلى المزيد من طرق الكشف المستعملة حول الكائنات المرضية المحمولة بالماء بخاصة ما يتعلق بمعدلات انتشارها وطرق تواجدها في المياه الترفيهية كالبكتيريا المسببة للأمراض مثل الكوليرا والحمى التايفوئيدية والدزانتري وفايروسات شلل الأطفال فضلاً عن يرقات وبيوض الطفيليات الحيوانية كالديدان التي تصيب الأبقار والأغنام.تكثر البكتيريا والفيروسات المرضية في مياه فضلات المجاري ومنها تنتقل إلى مصادر المياه الطبيعية. وتعد مؤسسات إسالة الماء مسؤولة عن مراقبة المياه التي تجهز إلى المواطنين للكشف وتخليص الماء من المسببات المرضية المختلفة.

ثالثاً : المركبات العضوية المصنعةorganic Synthetic

تشمل المبيدات والمنظفات والكيماويات الصناعية التركيبية الأخرى ومعظمها سام للإنسان والأحياء المائية المختلفة. وتتكون مساحيق الغسيل من ثلاثة مكونات

أساسية وهي:

1 –مادة ذات فعالية سطحية تدعى Surfactant تحضر عادة من المشتقات النفطية تؤدي دوراً في تنظيف الدهون والأوساخ.

2 مواد نشطة Builder التي تقوم بحجز الايونات المسببة للعسرة كما أنها تتحلل بالماء وتعطي محلولاً قاعدياً يساعد أكثر في عملية التنظيف.

3 –مواد إضافية متنوعة كالملمعات والألوان والروائح ومواد مضادة للتأكل وأخرى مانعة الإعادة تراكم الأوساخ فضلاً عن بعض الإنزيمات المنشطة لعملية التنظيف.

قد بدأت مشاكل مساحيق الغسيل على البيئة منذ بداية النصف الثاني من القرن الماضي العشرين وتمثلت بتراكم الرغوة وصعوبة تفككها بوساطة البكتيريا الطبيعية فضلاً عن عرقلتها للتبادل الغازي بين الماء والهواء. وقد تبين فيما بعد أن سبب عدم التفكك يعود إلى العامل المنشط وليس إلى العامل المنظف كما كان يعتقد في السابق.

وتتوضح المشكلة البيئية أيضاً من الفسفور الموجود في المساحيق الذي يشجع نمو الطحالب للدرجة التي قد يصبح فيها الأوكسجين غير كاف لتنفيس الأحياء المائية المختلفة. وسيتم التطرق لهذه المشكلة في الفقرة القادمة.

أما المبيدات Pesticides فهي مجموعة واسعة من المركبات العضوية بدرجة

رئيسية وتضم مجموعتين هما:

1 –مبيدات الحشرات Insecticides مثل الهيدروكاربونات الكلورية العضوية كالالدرين ودي دي تي والاندرين والكلورين

والمركبات الفوسفورية العضوية كالملاثيون والديازنون، ومركبات أخرى.

2 –مبيدات الأدغال مثل مشتقات حامض الفينوكسي خليك و الأميترول والدايكوات والباراكوت وغيرها.

استخدام هذه المبيدات سلاح ذو حدين بخاصة إذا لم يحسن استعمالها. وتصل إلى المجمعات المائية ومصادر المياه خلال عمليات الرش لا سيما الرش على الحقول الزراعية بالطائرات، وخلال تصريف مياه مجاري صناعية أو منزلية حاوية على المبيدات أو من مياه محطات المعالجة البيطرية وحقول تغطيس الأغنام والأبقار المكافحة الطفيليات الخارجية عليها.تختلف مدة بقاء هذه المبيدات في البيئة. وتتراكم هذه المبيدات في أجسام الحيوانات وقد تنتقل عبر سلاسل الغذاء لتصل إلى جسم الإنسان فضلاً عن احتمالية إصابتها لبعض الأحياء المفيدة غير المقصودة بالمكافحة.هناك دراسات واسعة عن المبيدات في العالم ومن بعض هذه الدراسات هو لاحد المبيدات التي استخدمت على نطاق واسع وهو مبيد دي دي تي DDT. وقد تم تحضيره في عام 4781م ولم يلفت النظر إلى أهمية استخدامه حتى عام 9391م، حيث استخدم بوصفه مبيداً للحشرات والقضاء على وباء التيفوس. وبعد مدة من الاستخدامات الواسعة فقد تم التوصل إلى أن لهذا المبيد أخطاراً وأضراراً على مختلف أشكال الحياة كالطيور

والأسماك وصولاً إلى الإنسان. كما تبين أن لبعض الحشرات والأحياء الأخرى مقاومة فعالة ضد هذا المبيد، وذلك خلال تحويله داخل أجسامها إلى مواد غير سامة. وتأتي المشكلة البيئية لهذا المركب من خاصيته في المقاومة العالية للتحلل الطبيعي وإمكانية تجميعه بصورة متسلسلة عبر أحياء السلسلة الغذائية chain Food طبقاً لظاهرة التكبير البيولوجي.

من الوسائل المعروفة لتلويث المياه بهذا المبيد الرش المباشر للمياه والرش غير المباشر بوساطة الطائرات وغسل الجو المحمل به بوساطة الأمطار وأخيراً انجراف السيول المارة بالتربة الملوثة بهذا المبيد. إن مديات ذوبان هذا المبيد في الماء قليلة لا تتجاوز 1.2 جزء بالمليون، لذلك فقد منع استعماله في العديد من دول العالم رغم معارضة البعض القائمة على اعتبارات فوائد استخدامه في الأغراض المختلفة والمتعددة.

وما زال العلماء منهمكين في إيجاد بدائل مناسبة لهذا المبيد الخطير.أما بخصوص الكيماويات الصناعية التركيبية الأخرى فإنها تشمل على قائمة من المواد الخطرة التي يصعب تحلها طبيعياً مثل ثنائي الفينول متعدد الكلور وحامض الكلوروفيونوكسي والفوسفات العضوية ومجموعة مواد الكاربامايت. هناك حالات معروفة لانقراض أصناف عديدة من الطيور والفراشات بسبب استخدام المبيدات في مناطق محدودة من العالم, كما أن المبيدات الفطرية fungicides غالباً ما تحتوي على بعض المعادن السامة كالزرنيخ والكبريت والنحاس والزنك والزئبق.لذا فقد تم استبدالها حديثاً ببعض المستحضرات العضوية.

رابعاً : المغذيات النباتيةnutrients Plant

هي العناصر المغذية الاساسية للنبات والتي تنصرف من الأراضي الزراعية المخصبة والمواد المتدفقة من المصانع ومحطات معالجة مياه المجاري. وتقوم هذه العناصر بتحفيز نمو العديد من الطحالب والنباتات المائية الأخرى. ويبرز من بين أهم تلك المغذيات المواد الغنية بالنتروجين والفوسفور والذي يسبب تجهيزهما في المياه تقود إلى الحالة المسماة الإثراء الغذائي والتي تحدث طبيعياً أو بتأثير الأنشطة البشرية. وتقوم هذه المواد بدعم عمليات نمو وازدهار النباتات كالطحالب وبذلك تتناقص عمليات التبادل الغازي بين الجو والمياه، وعملية تبدأ الأحياء المائية الأخرى في الطبقات السفلى بالموت والتحلل مما يبرز الحاجة الأكثر لاستهلاك الأوكسجين، وبذلك ستموت العديد من الاحياء المائية بخاصة الأسماك منشئة مناطق معزولة عن الهواء حيث يؤدي نشاط البكتيريا اللاهوائية إلى إطلاق الروائح الكريهة.إن قياس الإثراء الغذائي وتأثيراته يعتمد على مجموعة من الوسائل الفيزياوية والكيماوية والبيولوجية. ومن الضروري مراقبة وتتبع المورد الغذائي اعتماداً على قانون ليبج للحد الأدنى الذي يؤكد أن المادة الغذائية الضرورية والموجودة بأقل كمية نسبية هي التي تحدد نمو النبات.إن التحكم في تدفق المواد النايتروجينية والفسفورية من الأمور الصعبة وذلكزالإمكانية وصولها إلى الماء من مصادر عديدة كالمرافق العامة والمياه الصناعية العادمة الخام والمعالجة وروافد الأنهار ومياه الأمطار وفضلات المدن والمزابل الزراعية والمياه الجوفية ومخلفات الحيوانات المختلفة وتحلل أجسامها ومن عمليات تثبيت النايتروجين الجوي.غالباً ما تحتوي على بعض المعادن السامة كالزرنيخ والكبريت والنحاس والزنك والزئبق لذا فقد تم استبدالها حديثاً ببعض المستحضرات العضوية.

– خامساً : الكيماويات غير العضوية والمواد المعدنية

تشمل الحوامض والقواعد اللاعضوية والمعادن الثقيلة وغيرها من المواد المتدفقة من تصاريف مياه المناجم والمصانع والمعامل وغيرها. وتكون معظم المياه الحامضية المنصرفة من المناجم آتية من مناجم الفحم بخاصة المناجم المهجورة المستنفذة تحت الأرض. كما أن مياه بعض المناجم ذات خواص قلوية أقل ضرراً من المياه الحامضية.

تتكون المياه الحامضية نتيجة لأكسدة كبريتيد الحديد)S Fe البايريت(، حيث يدخل في سلسلة تفاعلات تتكون خلالها الكبريتات وحامض الكبريتيك وأكاسيد الحديد.وتعمل المياه الداخلة إلى المنجم بإذابة مواد التأكسد. وقد تحتوي المياه الحامضية مركبات فلزية متنوعة وأخيراً يجد المحلول الحامضي طريقة إلى مصادر المياه.إن إحدى طرق معالجة المياه الحامضية والقلوية في الصناعة هي غمرها بالمياه أو عزلها عن الهواء لمنع أكسدة البايريت ومنع المياه من الوصول إلى المنجم ووصولهاإلى الطبقة المكونة للتفاعلات الحامضية. ويبقى أحد أهم وسائل التقليل من أضرار المياه الحامضية هو منع تكونها عند المصدر، غير أنه من بين الطرق الأخرى معادلتها الجير

باستثناء الحجر الجيري أو المواد القلوية العادمة .من بين مشاكل استخدام الحجر الجيري أن المواد الذائبة فيه مثل هايدروكسيد الحديديك أو كبريتات الكالسيوم يمكن أن تترسب فوق سطح الحجر وتمنع استمرار التفاعل لذا فإن اللجوء إلى وسيلة طحين الحجر وتقليبه أثناء التفاعل تعمل على حل هذه المشكلة. ولعل أحدث الطرق المستعملة الآن هي طريقة التبادل الايوني لاستعادة مياه المناجم الحامضية بتحويلها إلى مياه صالحة للشرب.

إن زيادة سرعة تسرب المعادن الثقيلة metals Heavy إلى البيئة تعود إلى وفرتها الطبيعية، حيث هنالك 84 عنصراً معدنياً من بين 106 عناصر معروفة لحد الآن. علماً أن من بين هذه العناصر ما هو من تحضير الإنسان. وتتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية عن طريق المخلفات الصناعية وتؤدي إلى تلويثها، كما أن

بعضها يأتي عن طريق المطر من الأجواء والبعض الآخر بوساطة الانجراف والسيول والتعرية الأرضية. تترسب هذه العناصر في أنسجة وأجسام الكائنات الحية من نباتات أو حيوانات وغيرها فتحدث أضراراً مهلكة سيتم شرحها في موضوع التلوث بالعناصر الثقيلة

سادساً : الترسباتSediments

تشمل حبيبات التربة والحبيبات الرملية والمعدنية التي تتجرف من اليابسة لتترسب في قاع الأنهار والبرك والبحيرات وغيرها وتعمل. هذه الترسبات على إخماد الحياة في القاع فتضر كثيراً حياة الحيوانات القاعية كالمحار والمرجان والقواقع والديدان وغيرها . كما أن هذه الترسبات تعمل على ملى الخزانات وطمر قيعان الموانئ والشواطئ.وتعد عمليات تعرية التربة من أهم مصادر الترسبات فضلاً عن أنشطة الإنسان الحضرية والتعدينية مثل حراثة الأراضي وحفرها لأغراض

إنشاء الأبنية والتعدين السطحي وشق الطرق.إن أكثر أنواع الترب ترسيباً في المياه هي الرمال) SiO) أما الترب الطينية سليكات الألمنيوم. فقد تبقى معلقة لمدد تعتمد على طبيعة سكون وجريان المياه.

للترسبات آثار سلبية عندما تكون عالقة في المياه فهي تقلل نفاذية الضوء مما تؤثر سلبياً في عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية في عمود الماء. فضلاً عن كونها تجعل المياه غير صالحة للاستعمالات المنزلية والصناعية.

سابعا: المواد المشعةsubstances Radioactive

تصل المواد المشعة إلى المياه قادمة من القشرة الأرضية بصورة مباشرة حيث توجد بشكل طبيعي منتشرة في البيئة دون تدخل الإنسان. غير أن هناك العديد من المواد المشعة من صنع فعاليات الإنسان كعمليات تعدين خامات المواد المشعة واستعمالاتها في إنتاج الأسلحة النووية أو في إنتاج الطاقحجة الكهربائية. ومع أن التفجيرات النووية تحت الأرض قد تقلصت كثيرا مما قلل من كميات الإشعاع المسربة إلى البيئة إلا أن الشقوق التي تدخل عن طريقها القنابل إلى باطن الأرض لا تستطيع مقاومة الانفجار بل إنها سوف تتشقق بصورة أكبر مما تؤدي إلى انهيار الصخور والطبقات الأرضية وإلى زيادة التجاويف والتسرب الإشعاعي. من أهم المواد المشعة وأخطرها على البيئة هي الثوريوم – 320 والراديوم – 226 حيث تتسرب هذه العناصر إلى البيئة المائية بفعل الامطار وهما يشبهان الكالسيوم في الامتصاص من قبل العظام. وتحتوي خامات اليورانيوم العادية من 1–3 كغم من أوكسيد اليورانيوم 3 في الطين الواحد، مما يستدعي حفر كميات كبيرة من الراضي للحصول عليه. كما أن استخدام المياه في تبريد المفاعلات النووية من أكبر المصادر في تلويث مصادر المياه بالمواد المشعة في تلك المناطق في الوقت الحاضر.

ثامنا التلوث الحراريPollution Thermal

تؤثر التبدلات الكبيرة في مديات درجة حرارة المياه بشكل واضح على واقع الأحياء المائية بخاصة تلك التي هي من ذوات الدم البارد التي لا تتمكن من موازنة الاختلافات المفاجئة في البيئة المحيطة بها، فضلا عن ظاهرة التكيف الحراري للأحياء حيث أن الكائنات تتواجد وتزال حياتها في المواطن المناسبة حراريا لفعالياتها الايضية .يعرف التلوث الحراري أنه حالة تسلم الحرارة الزائدة في المسطحات المائية من مصادر مختلفة. وهذا سوف يؤدي إلى خفض كميات الأوكسجين المذابة في المسطح المائي مما يؤثر على مختلف أشكال الحياة في المياه. وتأتي مصادر الحرارة الزائدة خلال استخدام المياه في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمفاعلات النووية ومعامل الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات التي تطرح في مصادر المياه القريبة كميات هائلة من المياه الساخنة التي ترفع من درجة حرارة تلك المصادر المائية حيث يتعدى ضرر نقص الأوكسجين المذاب إلى إحداث زيادة في التفاعلات

الكيماوية من وجهة نظر تيرمود اينامكية وبذلك تزداد أنشطة العمليات الأيضية مما يضر بالأحياء بخاصة الأسماك هذا مع العلم أن التلوث الحراري يتميز بتأثيره الموقعي مقارنة بالملوثات الأخرى.

المعالجة والحد من تلوث المياه

لقد تم التطرق بشكل موجز إلى بعض الطرق والأساليب المستخدمة في معالجة ملوثات المياه الثمانية أعلاه بموجب تصنيف وكالة الحماية البيئية .عن معالجة الفضلات المتطلبة للأوكسجين والتي تعمل على رفع قيمةBOD فإن التركيز ينصب على السيطرة في منع أو تقليل تدفق الفضلات المتطلبة للأوكسجين والمغذيات النباتية إلى مصادر المياه الطبيعية .بخصوص العوامل المسببة للأمراض فإنه من الضروري التوصل إلى المعايير البكتيرية والفايروسية لجودة ونوعية مياه الشرب أو الاستحمام. ويبدو أن الأمر لا يتجاوز وسيلة استخدام عمليات إضافة الكلور إلى المياه قبل استخدامها. غير أنه من المعلوم عدم جدوى هذه المعالجة بالنسبة لمياه المجاري حيث أن بقاء جزء من الكلور الحر في الماء لحد 4.3% كاف لقتل الأسماك وتعطيل دورة التحلل البيولوجي المسؤولة عن التنظيف الذاتي للمياه .وعن المواد العضوية التركيبية فقد تم التوصل إلى انتاج بعض المركبات البديلة للفوسفات ومنها الملح الصوديومي لمادة النايترولي ثلاثي حامض الخليك وذلك لرخص ثمنه وسهولة تحضيره للتحلل البكتيري وحجزه للأيونات العسرة حيث يكون مع هذه الأيونات معقدات ثابتة ودائمية في الماء. وما تزال الأبحاث جارية للحصول على بدائل أخرى بخاصة بعد أن أظهرت استخدامات NTA مشاكل في عدم التحلل بالبكتيريا اللاهوائية. يجري العمل على تحضير بدائل للمبيدات على أن تكون قابلة للتحلل البيولوجي مع تأكيد الحد والتقليل من استخدامها واللجوء إلى طرق المكافحة البيولوجية للآفات والأمراض. كما أن هناك طرقا مبتكرة أخرى تعتمد على استعمال الجاذبات الكيماوية للأحياء الضارة حيث تجمع وتقتل أو بوساطة السيطرة الجينية التي تنتج ذكورا عقيمة فضلا عن عمليات السيطرة الهرمونية وغيرها من البدائل التي يعول عليها في مجال بدائل المبيدات الكيماوية. تعتمد طرق إزالة المعادن الثقيلة في المياه بترسيبها كيماويا عن طريق تحويلها إلى مركبات غير سامة أو حصرها في مواقع معينة لتقليل تأثيرها وانتشارها وأضرارها. وهناك طرق عديدة لتنقية المياه وتخليصها من المواد الملوثة تعتمد على نوعية المياه المراد تنقيتها وطبيعة الملوثات التي تحتويها هذه المياه. كمياه المجاري مثلا حيث تعالج معالجة أولية وتعتمد على وسائل فصل الكتل الصلبة أولا بوساطة شباك التصفية واستخدام الحصى والطحن والتلبيد والترسيب. أما المعالجة الثانوية فتشمل طرق الأكسدة البيولوجية للمواد الغروية والعضوية بوجود الكائنات الحية الدقيقة. أما المعالجة الثالثة فقد تستخدم للحصول على نوعية جيدة جدا من المياه حيث يتطلب الأمر إزاحة أكثر للمتطلب البايوكيماوي للأوكسجين ، BODمع تخليص المياه من البكتيريا والمواد والمركبات السامة الضارة كافة فضلا عن إزالة المواد المغذية وتستخدم المعالجة التمهيدية الأولية(فقط في حالة التوجه إلى رمي المياه في البحار، بينما تكون المعالجة الثانوية ضرورية للتوجه إلى إلقاء المياه مجددا في المصادر المائية. أما المعالجة الثالث فيراد منها إعادة استخدام المياه في الشرب مجددا.

تحتاج مياه المخلفات الصناعية إلى طرق تنقية أعقد تبدأ من وسائل التخثير والترسيب الغرض إزالة المواد المذابة والعالقة والمستحلبة ثم عمليات التعويم لجعل المواد تطفو على سطح الماء كما تضاف القواعد لرفع الأس الهيدروجيني

للفضلات الحامضية. وقد يستخدم التقطير لفصل المواد العضوية والمذيبات ، وقد تبرز الحاجة إلى طرق الأكسدة أو إجراء عمليات التنافذ الإلكتروني أو المبادلات الأيونية والاهتزاز على الكربون المنشط carbon Activated لإزالة المواد شديدة السمية.

تلوث المياه بالنفط Pullution Oil

ينتج تلوث المياه بالنفط خلال عبور ناقلات النفط عبر البحار والمحيطات حيث تتسرب زيوت النفط ومشتقاته إلى المياه نتيجة انفجار الناقلات كذلك أو بسبب غرق بعض البواخر أو تنظيف خزاناتها أو قذف المحروقة والمنتجات الصناعية ومنتجات مصافي النفط في المياه مما يؤدي إلى الضرر في الأحياء المائية. بعد تكرار حوادث تسرب النفط في العديد من بلدان العالم كما حصل للناقلة توري كانيون canyon Tony التي تزيد حمولتها على 100 ألف طن التي لوثت الشاطئ الغربي في إنكلترا عام 1967، فقد زاد اهتمام الدول في معالجة تلوث المياه بالنفط.

لقد سبب التلوث النفطي كوارث متعددة في الأحياء المائية حيث أدت إلى موت الملايين من الأسماك والطيور والعديد من النباتات والحيوانات البحرية أو التي تعيش في مجاري الأنهار الكبيرة التي تستخدم في النقل التجاري للنفط. ويتم تأكيد سلامة عمليات التحميل في الموانئ النفطية البحرية واتخاذ إجراءات الوقاية ومنها إنشاء أرصفة التحميل النفطي وإنشاء الأجهزة الخاصة بمعالجة المياه التي تطرحها البواخر قبل القائها مجددا في مياه البحر. وهناك العديد من طرق المعالجة مثل طريقة استعمال الأحزمة أو الحواجز الطافية أو العوامات البحرية التي يمكنها فصل النفط ومنع انتشاره. وقد صممت بواخر خاصة لهذه المهمة. كما تستخدم المواد الماصة التي تعرقل حركة الكتل النفطية جزئيا ثم يتم جمعها والتخلص منها بالحرق أو بترسيبها في القاع عندما يزداد ثقل المواد الماصة بعد

التصاقها بجزيئات النفط وتستخدم لهذا الغرض أيضا العديد من المواد العضوية واللاعضوية كالحشائش الجافة والأعشاب البرية والقش والتين ونشارة الخشب والصوف الزجاجي والفرمكيولات والمايكا أو بعض الكيماويات النفطية المصنعة على شكل رغوة مثل البولي يورثين والنايلون والبولي إيثر والبولي أتلين. وتعتمد كفاية أي من هذه المواد على حجم مساحتها ولزوجة النفط المراد التخلص منه. وترش هذه المواد بوساطة الشباك الدقيقة حيث يتم التخلص منها لاحقا بالحرق أو باستعادة المواد النفطية منها. هناك طرق ميكانيكية لإزالة النفط تتمثل باستخدام طرق المص أو القاشطات أو استخدام أجهزة الحزام الناقل . وتوجد طرق كيماوية لإزالة وتبديد البقع النفطية تعتمد أساسا تسهيل عملية التكسير والتحلل البيولوجي. كما تستخدم بعض المواد الكيماوية الجيلانية والتي يمكن جمعها لاحقا باستخدام التيارات الهوائية. وتعد عمليات استخدام المواد الكيماوية أو اللجوء إلى حرق البقع الزيتية هي من أكثر المعالجات ضررا على البيئة المائية من التلوث نفسه.أما الطرق البيولوجية لإزالة النفط فتعتمد على استعمال أنواعا من البكتيريا التي تعمل على الأكسدة الحيوية للها يدروكاربونات وتحويلها إلى مواد أبسط وهي برافينات ذائبة في الماء أقل خطورة.

تلوث التربة

المقدمة تتكون التربة من عناصر أربعة رئيسة وهي الماء والهواء والمعادن والمواد العضوية والتي تكون مرتبة بنظام فيزياوي وكيماوي معقد وبشكل يجعل من التربة قاعدة أساسية صلبة لتثبيت النباتات فضلاً عن تزويدها بما تحتاجه من الماء والعناصر الضرورية .وتحصل النباتات على العناصر الأساسية كافة لنموه من التربة عن طريق جذورها التي يتم امتصاصها من جزيئات التربة. كما أن التربة تعد موطنا للعديد من الأحياء المجهرية المختلفة كالبكتيريا وكذلك بعض الحيوانات كالديدان وانواع من الحشرات وغيرها .لذا تعد التربة عنصرا مهما للحياة إذا ما أخذ بنظر الاعتبار احتضانها جذور النباتات وبالتالي توفر بداية السلسلة الغذائية التي تتمثل بالمنتجات التي تعتمد عليها الحيوانات من العواشب ومن ثم تكون هذه العواشب غذاء إلى الحيوانات من المفترسات ويقع الإنسان في قمة الهرم البيئي الذي يعتمد غذائه على النباتات والحيوانات. لذا فالمحافظة على التربة سليمة ونظيفة هي أساسا للحفاظ على الحياة للكائنات الحية التي تعيش عليها.

مصادر تلوث التربة إن من أهم ملوثات التربة هي ما يأتي:

أولاً: الكيماويات الزراعية وتشمل مجموعتين رئيسيتين وهما –1 : الأسمدة الكيماوية –2المبيدات

إن الاستخدام الخاطئ وبكميات كبيرة من الاسمدة الكيماوية قد أثر سلباً في خصوبة التربة. فقد وجد أن معظم الأسمدة النتروجينية على سبيل المثال لها تأثير في زيادة حموضة التربة في حين أن الأسمدة الفسفورية والبوتاسيوم لا تترك أثراً على ل بالتوازن الطبيعي لأحياء التربة المختلفة فقد يؤدي إلى موت جذور النباتات أو موت الحيوانات كالحشرات .أما عن المبيدات فقد أشارت الإحصائيات الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة الدولية FA إلى وجود أكثر من 1000 مادة كيماوية تستعمل لإبادة الآفات الزراعية والتي تشمل مبيدات فطرية وحشرية وأدغال وغيرها. وتمتاز هذه المواد بخاصية التراكم في جزيئات التربة مما قد يؤدي إلى موت أو انقراض عدد كبير من الاحياء كالطيور وحيوانات أخرى. فضلاً عن تراكمها في السلسلة الغذائية للكائنات الحية. فعلى سبيل المثال عند استخدام DDT أحد المبيدات واسعة الانتشار فإن بعضاً منها يسقط على سطح التربة ويجري امتصاصه من قبل ديدان الأرض التي تركزها في جسمها. وعند استهلاك عصافير الشحرور المهاجرة لديدان الأرض فقد سبب إبادة أعداد كبيرة منها نتيجة تسممها بالمبيد DDT الذي يؤثر في جهازها العصبي ويسبب لها التشنج والشلل .لذا تكمن الخطورة للمبيدات من خلال بقائها في البيئة مدة قد تتجاوز عدة سنوات .ويوضح الجدول (114) الثبات البيئي لمجاميع مختلفة من المبيدات وسمية كل منها محسوبة كجرعة متوسطة مميتة LD (dose lethal Median) ويقصد بها كمية المبيد اللازمة لقتل 50% من حيوانات التجارب الفئران العائدة لنوع واحد ومن فئة عمرية واحدة. وكلما صغر الرقم دل ذلك على ارتفاع السمية. ويقصد بالثبات

البيئي persistance Environmentalبالمدة الزمنية اللازمة لتحويل 75% من المادة الفعالة للمبيد إلى مركبات غير سامة وبمعنى آخر زوال 75% من فعاليته.

ثانياً: الفضلات المنزلية والصناعية

من خلال أنشطة الإنسان المختلفة بما يشمل ذلك في المجمعات السكنية والصناعية والتجارية، يلاحظ أن التربة تصلها فضلات متنوعة أغلبها مواد قابلة على التحلل والتفسخ وهناك فضلات صناعية خطرة بيولوجياً أو كيماوياً أو إشعاعياً يتوجب التخلص منها بأسلوب سليم بيئيا. وعند تراكم مثل هذه الفضلات تسبب أضراراً صحية متنوعة حيث تكون مرتعاً للحشرات بخاصة تلك التي تنقل الأمراض للإنسان والأحياء الأخرى. وقد نشطت الدراسات البيئية حديثاً في مجال تدوير المخلفات Waste recycling وإعادة استخدامها وتضم هذه المخلفات الفضلات الصلبة أو السائلة . تتكون الفضلات الصلبة من خليط من عدة مواد مصدرها المنتجات الزراعية أو مخلفات صناعة الورق أو الزجاج أو البلاستيك أو المعادن وغيرها وتشمل الفضلات الصلبة حسب مصدرها ما يأتي :1 :القمامة المنزلية .2 Garbage النفايات المختلفة .3 Rubbish فضلات الشوارع .4 refuse Street المعادن .5 Metals فضلات العمليات الانشائية wastes Demolition Wastes of food industry الغذائية الصناعات فضلات 6 .7 .فضلات المصانع wastes Factory ويتم التخلص من الفضلات الصلبة بعدة طرق منها .1 : الطمر الارضي filling Landالحرق .3 2. Incineration التحويل إلى أسمدة عضوية .4إعادة الاستخدام .5 Recycling الطمر البحري filling Sea 6.الانحلال الحراريProlysis

ثالثاً : الأمطار الحامضية Acidrains تصاعد غازات الأكاسيد المختلفة إلى الجو مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت يؤدي إلى تفاعلها مع جزيئات بخار الماء vapor Water وبالتالي تتكون الأمطار الحامضية وتتساقط على شكل حامض الكربونيك وحامض النتريك وحامض الكبريتيك. وتؤدي هذه الأمطار إلى إحداث تغير في طبقة التربة الزراعية وتذيب عددا من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة. وقد تظهر نتيجة لذلك في المياه الجوفية التي قد تستخدم في الشرب أو ري المزروعات .تعمل الأمطار الحامضية على زيادة الحموضة في التربة مما يؤثر في حياة أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبتها وتؤدي إلى موت جذور النباتات. كما يمكن أن تحتوي هذه الأمطار عند تسربها في جوف التربة على عناصر ذائبة خطرة وسامة مثل المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق والنحاس.

رابعا **يقصد بالمعادن الثقيلة** metals Heavy كافة المعادن التي تزيد كثافتها عن 5 غم سم ، وما يقل عنها تدعى بالمعادن الخفيفة metals Light فضلاً عن وجود بعض المعادن النادرة أو النزرة Trace التي تتواجد في القشرة

الأرضية بتراكيز مساوية أو أقل من 0.1 .%وتؤدي بعض هذه المعادن دوراً مهماً في حياة الأحياء وفعاليتها البايولوجية المختلفة . فالحديد له أهمية معروفة في تركيب الدم والأنزيمات. وتعد كل من عناصر المنغنيز والزنك والنحاس محفزات أنزيمية. ولكن تكون هذه المعادن سامة وخطرة في تراكيز معينة رغم كونها ضرورية للحياة في تراكيز واطئة جداً قد لا تتجاوز قسماً منها عن 0.05 ملغم لتر . ومما يزيد خطورة المعادن الثقيلة في البيئة هو عدم إمكانية تفسخها بوساطة البكتيريا والعمليات الطبيعية الأخرى فضلاً عن ثبوتيتها والتي تمكنها من الانتشار المسافات بعيدة عن مواقع نشوئها أو مصادرها. ولعل أخطر ما فيها يعود إلى قابلية بعضها على التراكم الحيوي Bioaccumulationفي أنسجة واعضاء ا لكائنات الحية سواء في الحيوانات أم النباتات أم غيرها في البيئة المائية أو بيئة اليابسة .لقد ساهمت المعادن الثقيلة في تطور الحضارات البشرية واستخدمها الإنسان منذ أقدم العصور، الأمر الذي أدى إلى مثابرته في استخراجها وتعدينها مما عرضها إلى ظروف التأكسد والتعرية الجوية حتى تسربت إلى البيئة عن طريق الهواء والمياه بعد احتراق كازولين المركبات والطائرات كما هي الحالة بالنسبة للرصاص الموجود كرابع اثيلات الرصاص المنظم لخواص القرقعة في أثناء حرق الكازولين أو تسرب خلات فينايل الزئبق acetate mercuric Phenylالمستخدم في تعفير الحبوب كمبيد، فضلاً عن أن بعضها يتسرب نتيجة لاحتراق الوقود الثقيل مثل الفناديوم والنيكل إلى البيئة مباشرة .تقذف الصناعات المختلفة أعداداً وبكميات مختلفة من المعادن الثقيلة بهيئة نفايات غازية وصلبة وسائلة ولكنها في النهاية تستقر في بيئة اليابسة وتجد طريقها بسرعة إلى البيئات المائية. ويمكن أن تتضاعف تراكيز المعادن الثقيلة بوساطة السلاسل الغذائية chains Food حيث تستقر في أجسام الأحياء مدة تختلف حسب عمرها النصف الزمني. ومن هذه المعادن الباريوم والكادميوم والنحاس والرصاص والمنغنيز والنيكل والزنك والفناديوم والقصدير وغيرها .لبعض المعادن الثقيلة خواص إشعاعية، أي أنها تكون بمثابة نظائر مشعة isotopes Radioactive، لذا فإن هذه المعادن ستحمل مخاطر مزدوجة من حيث كونها سامة ومشعة في نفس الوقت كما هو الحال على سبيل المثال في الزنك 65 المشع واليورانيوم 235. وقد تتواجد مثل هذه العناصر المشعة طبيعياً في القشرة الأرضية وتنتقل مع عوامل الانجراف والتعرية والسيول إلى مصادر المياه. كما أن بعضها يتساقط مع الغبار النووي للقنابل النووية والانبعاثات الناتجة من الاستعمالات الصناعية للطاقة النووية. ومن بين أكثر من 450 نظير مشع يمكن أن توجد كمنتجات انشطارية. إلا أن قلة من هذه النظائر ذات أهمية بيئية مثل الكوبلت 60 والسيزيوم 137 والستراتيوم 90 التي تستطيع الدخول إلى جسم النباتات أو الحيوان كالحشائش والعلف والفئران وحيوانات الرعي. ومنها ينتشر إلى جسم الإنسان خلال الحليب الذي يتناوله

على سبيل المثال وذلك لقدرة هذه العناصر التبادلية مع العناصر الموجودة في أجسام الأحياء مثل الكالسيوم والصوديوم. لقد أصبحت دراسة العناصر المشعة في البيئة علماً قائماً بذاته يدعى علم البيئة الإشعاعي Ecology Radiationالذي أخذت أهميته في إنتاج الطاقة .يمكن توضيح خطورة وأهمية المعادن الثقيلة في تلويث البيئة خلال

دراسة بعض هذه المعادن بخاصة تلك التي كانت وراء العديد من الكوارث التي حلت في البيئة بضمنها الأحياء ومنها الإنسان، وكما يأتي:

1- الزئبق

يعد هذا المعدن السائل الوحيد وله درجة انصهار – 39 م ودرجة غليانه 357 م. وله قابلية تطاير أعلى من جميع المعادن الأخرى، كما أنه من أحسن الموصلات الكهربائية .للمعدن القدرة على تذويب معادن أخرى. كما أن هذا المعدن وجميع مركباته يعد ساماً للأحياء. علماً بأن للمعدن استعمالات عديدة، إذ يقدر مجموع استعمالاته بحوالي 3000استعمال على شكله الحر أو مركباته العضوية أو اللاعضوية . وتتراوح مجالات الاستعمال ما بين صناعية مثل إنتاج مواد كغاز الكلور وصناعة الورق، وكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات، وكيماوية صناعة الأصباغ والذهب، وصيدلانية مثل صناعة العقاقير وفي طب الاسنان، وعلمية مثل المحارير والبارومترات، ولإنتاج مبيدات الفطريات. وتتلوث البيئة بملوثات الزئبق خلال هذه الطرق . أما فيما عدا ذلك فهو ينطلق إلى البيئة نتيجة حرق الوقود الاحفوري. إذ يحتوي النفط والفحم المستخرج من بعض مناطق العالم، على تراكيز ضئيلة منه تصل إلى الهواء بعد الاحتراق فتسبب تلوث الهواء بالزئبق ومنه تترسب على المياه والتربة فيما بعد .كما يتسرب الزئبق إلى البيئة عن طريق مواد الخام الحاوية عليه مثل كبريتيد الزئبق HS أثناء عمليات التنجيم واستخراج المواد الخام. كما أنه قد يخرج من خامات أخرى غير زئبقية عندما يكون ممزوجاً معها. ويوجد أيضاً في الفحم الحجري وينتج أيضاً من عمليات تعرية الصخور . وتتحول بعض مركباته بايولوجياً في الجسم أو البيئة إلى مركبات زئبقية أكثر سمية من الزئبق نفسه مثل ميثايل الزئبق. وتعمل السموم الزئبقية على إيقاف بعض الأنزيمات ومنعها من العمل محدثة تثبيطها. كما أن له آثاراً تدميرية على مستوى البنية damage. Cellularالخلوية إن للزئبق ميلاً شديداً إلى التراكم في الجسم ويستهدف الأنسجة الدهنية في ذلك أو الأعضاء الغنية بالدهون كالدماغ نظراً لميله الشديد إلى الذوبان في الدهون، فيؤدي إلى حدوث أعراض مرضية خطيرة في الجهاز العصبي ومؤلمة تعرف بالبكاء الزئبقي Mercury .cry كما أن الأبخرة الزئبق القدرة على الانتقال إلى الدم خلال جدران الرئة حيث تتراكم بالدماغ وتحدث أضراراً للجهاز العصبي تؤدي إلى الموت. ومن مركباته الخطيرة أريلات الزئبق Arylmecurialsوالكيلات الزئبق Alkylmercurials ثنائي ميثايل الزئبق الذي له قابلية تطاير عالية. كما تم الكشف عن أن مركبات الزئبق اللاعضوية تتحول إلى ألكيل الزئبق بخاصة في الأوحال وقيعان الأنهار والبحيرات وغيرها بفعل أنواع من البكتيريا اللاهوائية .

2- الرصاص

يعد الرصاص من المعادن الثقيلة الشائعة والواسعة الانتشار في البيئة وهو من المواد السامة والتي لاقت اهتماماً كبيرا لتأثيره الضار على الكائنات الحية اذ يرجع تاريخه إلى 8000 سنة على الأقل. واشارت اقدم الدلالات للرصاص في الهيروغليفية المصرية حوالي 1500 سنة قبل الميلاد في الواح وتماثيل في المعابد وقد عرفت تأثيرات السامة قبل اكثر من 2000 سنة ينتشر الرصاص في قشرة الكرة الأرضية على نحو خامات معدنية اذ تعد هذه الخامات المصادر الطبيعية الملوثة للبيئة وهو من العناصر الطبيعية. وان التسمم بالرصاص يؤثر على اعضاء متعددة في الجسم نتيجة للتعرض لة عن طريق الهواء والماء والغذاء ويؤدي هذا التعرض إلى تلف وعجز كلوي ينتج عنه ضرر في النبيب الملتوي القريب وانخفاض معدل الترشيح الكبيبي وارتفاع ضغط الدم والى احتشاء العضلة القلبية والجلطة الدماغية واضطرابات معوية والى حدوث اضطرابات في الجهاز العصبي المركزي والجهاز الوعائي خاصة تكوين الدم اذ يعد فقر الدم احد الأعراض المرافقة للتسمم بالرصاص كما يسبب الرصاص فقر الدم و الآلام معدية شديدة و ضعف في العضلات و يعد الجهاز العصبي الهدف الرئيس للتسمم بالرصاص في كل من البالغين والأطفال ويمكن أَن يتلف الدماغ والكلى في البالغين والأطفال ويسبب الموت في النهاية، وفي النساءِ الحوامل يؤدي التعرض لمستويات عالية من الرصاص الى الإجهاض، بينما في الرجالِ يمكن أَن يسبب تلف الأعضاء المسؤولة عن إنتاج النطف وحالات العقم.

لا يتحطم الرصاص ولكن تعاني مركباته من التغير نتيجة تعرضها لأشعة الشمس والماء والهواء، وعندما ينطلق الرصاص للهواء ينتقل لمسافات بعيدة قبل إن يستقر على سطح الأرض ثم يلتصق بجزيئات التربة و ينتقل من التربة إلى المياه الجوفية اعتماداً على نوع مركبات الرصاص وخصائص التربة. وينتج التعرض للرصاص نتيجة تناول الغذاء أو المياه الملوثة بالرصاص أو مياه الأنابيب في المساكن القديمة الملوثة بالرصاص والأصباغ المحتوية على الرصاص في تركيبها التي تستهلك بمرور الوقت عندما تصبح على شكل غبار حاوي للرصاص ويسبب الرصاص أضراراً في كل من الكبد والكلى والجهاز التناسلي والأجهزة الأخرى وتظهر تأثيرات الرصاص عندما يدخل الجسمَ خلال التنفس أَو الابتلاع.

الكادميوم

يُعد الكادميوم (Cadmium, Cd) من أخطر المعادن الثقيلة الملوِّثة للتربة نظرًا لسميته العالية وقدرته على التراكم الحيوي، إذ يتواجد طبيعيًا بكميات ضئيلة في القشرة الأرضية، لكن أنشطة الإنسان تضاعف تركيزه في البيئة الزراعية. من أبرز مصادر تلوث التربة بالكادميوم التعدين وصهر المعادن، وصناعة البطاريات والسبائك والأصباغ، وكذلك حرق الوقود الأحفوري والنفايات الصلبة. كما تُعد الأسمدة الفوسفاتية من أهم المدخلات الزراعية التي تزيد من تراكم الكادميوم في الأراضي المزروعة، إضافة إلى استخدام مياه الصرف الصحي الملوثة في الري. يتأثر سلوك الكادميوم في التربة بخصائصها الكيميائية والفيزيائية، إذ يزداد تيسر العنصر وذوبانه في الظروف الحامضية (pH منخفضة) وينخفض في الترب القلوية، كما أن وجود المادة العضوية وأكاسيد الحديد والمنغنيز يسهم في تثبيته عبر الامتزاز (adsorption)والتراكيب المعقدة .(complexation) رغم ذلك، فإن الكادميوم يمتاز بقابلية حركة وانتقال أعلى مقارنة بالرصاص، ما يزيد من احتمالية وصوله إلى المياه الجوفية أو جذور النباتات. على المستوى البيولوجي، يثبط الكادميوم النشاط الميكروبي والإنزيمي في التربة، ويؤثر سلبًا في عمليات أساسية مثل تحلل المواد العضوية وتثبيت النيتروجين. بالنسبة للنباتات، يؤدي تراكم الكادميوم في الأنسجة الجذرية والأوراق إلى إعاقة امتصاص المغذيات، وإحداث إجهاد أكسدي (oxidative stress) مسببًا تضرر الأغشية الخلوية وتوقف النمو وظهور أعراض اصفرار أو نخر. ونتيجة للتراكم الحيوي والتضخم الغذائي، ينتقل الكادميوم عبر السلسلة الغذائية من النباتات إلى الحيوانات والإنسان، مسببًا أخطارًا صحية جسيمة تشمل تلف الكلى واضطراب العظام وزيادة احتمالية الإصابة بالأمراض المزمنة.