الفصل الخامس

مشكلة التلوث البيئي

يبدأ الفصل الخامس من هذا الكتاب بدراسة أخطر المشكلات التي تهدد اليوم البيئة العالمية وصحة بني البشر على وجه الخصوص، تلك هي مشكلة التلوث البيئي. إذ سيعرض الفصل إلى نبذة عن هذا الموضوع، عبر تعريف التلوث والملوثات البيئية وأنواع التلوث ومصادره وأسبابه فضلاً عن الإشارة إلى آثاره في الصحة البشرية وفي البيئة عموماً.

أساسيات عن التلوث

تعريف التلوث والملوثات البيئية

يعد التلوث بمختلف أشكاله.. أخطر المشكلات التي تهدد البيئة العالمية

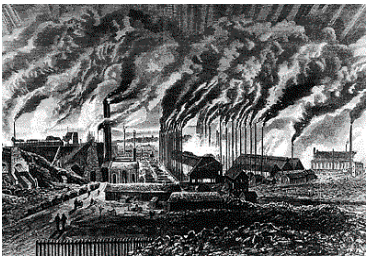
يقصد بالتلوث Pollution أي تغيير مباشر أو غير مباشر يطرأ على أي جزء من أجزاء البيئة، وذلك من جراء تصريف أو انبعاث أو ترسيب فضلات أو مواد بكميات تؤثر على البيئة تأثيراً ضاراً، مما يسبب خطورة على الصحة البشرية ويهدد سلامة الأحياء النباتية والحيوانية بشتى أصنافها.

يُفهم من التعريف أعلاه أن التلوث إذا ما أصاب منطقة ما، فأنه يؤدي إلى اختلال توازن البيئة وإلى شل فاعلية النظام البيئي وفقدان قدرته على أداء دوره المميز في التخلص من الملوثات بشكل طبيعي (وهو ما يسمى بالتنقية الطبيعية).

أما الملوثات Pollutants فهي المواد المسببة للتلوث التي تنتج عن مصدر ما، ويؤدي طرحها إلى البيئة بأية طريقة كانت إلى تدهور في نوعيتها وتعطل في خدماتها. وتتنوع هذه الملوثات بحسب مصدر نشوئها، فتكون أما ذات أصل طبيعي أو

بشري، أو بحسب تركيبتها فتكون أما فيزيائية أو كيميائية أو جرثومية، وكذلك بحسب شكلها فتكون أما غازية أو سائلة أو صلبة أو إشعاعية.

عوامل تفاقم التلوث



انطلق التلوث بشكله المعروف.. مع انطلاقة الثورة الصناعية قبل ما يزيد عن 150 عاماً

ثمة عوامل تدفع باتجاه تفاقم مشكلة التلوث البيئي حول العالم، منذ أن اقترن ظهورها مع الثورة الصناعية في منتصف القرن الثامن عشر. ويمكن إجمال هذه العوامل على النحو الآتي:

1- تزايد أعداد سكان العالم على وفق متوالية طردية، وما يصاحب ذلك من تزايد الطلب على السكن والإنتاج والسلع الاستهلاكية وعلى وسائط النقل والطاقة. وهي كلها متطلبات تقتضي استغلال مزيداً من موارد الطبيعة وطرح مزيداً من الفضلات إلى البيئة.

2- تزايد الابتكارات التقنية وظهور كثير من المصانع والعمليات الصناعية المعقدة جراء ذلك. وهو أمر يؤدي بالضرورة إلى رمي مخلفات صناعية خطيرة ذات تراكيب معقدة تعمل على تلويث البيئة المحيطة ولا تتحلل فيها بسهولة.

3- عدم مراعاة أحوال البيئة من قبل النظم السياسية والاقتصادية العالمية القائمة. إذ يركز النظام العالمي على مصالح آنية تتعلق بتسريع النمو الصناعي ورفع مستوى المعيشة، دون إيلاء الاهتمام بأن للبيئة سعة تحمّل محدودة، الأمر الذي يفضي بدوره إلى زيادة تلويث البيئة وتدهورها بشكل كبير.

4- رداءة أساليب تصريف الفضلات إلى البيئة، وعدم نجاعة معظم طرائق معالجتها.

5- عدم سنّ تشريعات وقوانين وضوابط صارمة ورادعة بحق المسؤولين عن التلوث، في كثير من دول العالم، وهو ما يشجع على استمرار تلويث البيئة من المصادر المسببة لذلك.

مكامن خطورة التلوث

ينتج عن وقوع التلوث عدد من المخاطر المحتملة تؤثر في مجمل مفاصل البيئة، ولذا فأن للتلوث مكامن خطر تتمثل على النحو الآتي:

1- خطورة التلوث على البيئة الطبيعية من ناحية إلحاق الضرر بنمو النباتات والحيوانات والمحاصيل الزراعية والتربة والماء.

2- خطورة التلوث على صحة الإنسان من جراء تركز الملوثات في الهواء والماء والغذاء ذات المساس اليومي بحياة الإنسان، وتعرضه أيضاً للإشعاعات المضرّة.

3- للتلوث خطورة تضر بالنواحي الجمالية للطبيعة، مثلما الحال في الأضرار الناشئة عن انبعاث الغازات والدخان وإثارة الغبار وإصدار الضوضاء ورمي الفضلات الصلبة إلى البيئة.

4- الخطورة المتمثلة بالأثار البعيدة المدى الناجمة عن التلوث، التي لا يمكن في الغالب الشعور بها آنياً، لاسيما حينما تكون الملوثات بتراكيز ضئيلة جداً بحيث يمتصها الجسم البشري ببطء ولا يظهر مفعولها إلا بعد مرور مدة زمنية طويلة. ومثال ذلك تأثير المواد المسرطنة والمشعة والتعرض المستمر للضوضاء.

تصنيف خطورة التلوث

يمكن تصنيف التلوث إلى ثلاثة أصناف طبقاً لدرجة خطورته، وذلك على النحو الآتي:

1- التلوث المعقول: يعني وجود تلوث لكن بدرجات منخفضة، ولا يصاحبه في الغالب وقوع أية مشكلات أو أخطار واضحة على الحياة العامة. لكن يمكن القول أنه لا توجد في الوقت الحالي بيئة تخلو تماماً من الملوثات. فالتلوث موجود في كافة بقاع الكرة الأرضية، على الرغم من وجود مناطق محدودة في العالم لم تصلها بعد مؤثرات التلوث إلى حد الخطر الحقيقي. إذ أن النظم البيئية في مثل تلك المناطق لا زالت قادرة على تخليص نفسها ذاتياً من الملوثات.

2- التلوث الخطير: مرحلة تتعدى فيها تراكيز الملوثات خط الأمان وتؤثر تأثيراً كبيراً في توازن النظام البيئي، إذ تعتل شتى أنواع الكائنات الحية. وقد ظهرت بوادر هذه المرحلة منذ الثورة الصناعية. والمثال الأبرز على ذلك، هو ما أصاب العالم من تلوث خطير للهواء يفوق حد الأمان جراء حرق الفحم، الذي تشير التقديرات إلى استهلاك حوالي 130 بليون طن منه خلال المدة من 1860 إلى 1970.

3- التلوث الكارثي: أخطر أصناف التلوث على الإطلاق. وإذا ما وقع، تحصل كارثة بكل معنى الكلمة بفعل بلوغ تراكيز الملوثات مستويات قاتلة. ويظل حدوث هذه المرحلة من التلوث أمراً محتملاً في أي وقت من الأوقات. ومن الأمثلة عن ذلك كارثة تفجير القنبلة الذرية على مدينتي هيروشيما Hiroshima وناكازاكي Nagasaki اليابانيتين خلال الحرب العالمية الثانية عام 1945، وكارثة التلوث الإشعاعي جراء انفجار مفاعل تشرنوبيل Chernobyl النووي في الاتحاد السوفيتي السابق عام 1986، وكارثة التسمم بغاز ميثيل أيزوسيانيت Methyl isocyanate القاتل في بلدة بوبال Phobal الهندية

يمكن لكوارث التلوث البيئي.. أن تودي بحياة آلاف البشر

في العام 1984جراء التسرب من أحد المصانع. هذا فضلاً عن العديد من كوارث التلوث البيئي الأخرى، التي أودت كلها بحياة الآلاف من البشر وتدمير مجتمعات بشرية وطبيعية على حدّ سواء.

أنواع التلوث ومصادره وآثاره

يؤثر التلوث في مختلف مفاصل البيئة بحسب نوع الملوثات المطروحة من المصادر، لذا يمكن تحديد التلوث بأنواع عدة على وفق ما مبين هنا.

تلوث الهواء

يسبب تلوث الهواء من مصادره المختلفة.. تدميراً لسلامة الغلاف الجوي

يقصد بتلوث الهواء Air pollution تراكم مواد ضارة في الغلاف الجوي بتراكيز تكفي للتسبب بخطر على الصحة البشرية أو التسبب بتأثيرات سلبية على الكائنات الحية والمواد الأخرى. وتعد محطات توليد الطاقة ومعامل حرق النفايات الصلبة والعمليات الصناعية المختلفة ووسائط النقل من أهم مصادر تلوث الهواء الجوي. أما أهم ملوثات الهواء فهي أحادي أكسيد الكربون (CO) وثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وأكاسيد النتروجين (NOx) وثنائي أكسيد الكبريت (SO_2) والهيدروكربونات (HCs) وجسيمات الغبار (PM_{10}) ($PM_{2.5}$) والمؤكسدات الناتجة عن التفاعل الكيماضوئي.

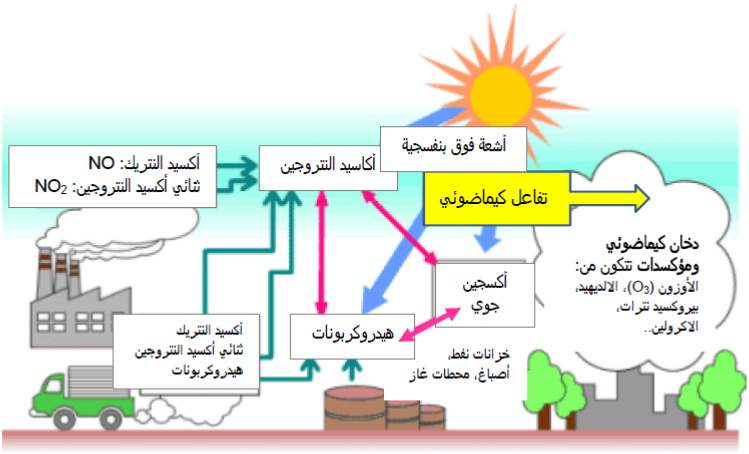
تلوث الهواء المحلي والإقليمي

يؤثر الضباب الدخاني Smog في الإنسان بشكل خطير أكثر من أي شكل أخر من ملوثات الهواء. ويمكن تعريفه على أنه ذلك النوع من تلوث الهواء الذي يتصف بسعة انتشاره وبتعدد مصادره ويتشكل في أجواء المدن في العادة. وينشأ الضباب الدخاني، وهو مزيج من الضباب والدخان، من حرق الفحم حينما يتكاثف الماء

فوق دقائق الدخان. ومن الحوادث المشهورة في هذا الصدد حادثة تلوث الهواء في لندن عام 1952 التي أودت بحياة زهاء 4000 شخص. وهناك شكل أخر من هذا التلوث يدعى الضباب الجليدي Ice fog، ويحدث في العروض العليا فقط عندما يؤدي انخفاض درجات الحرارة الشديد إلى تجمع الدخان فوق البلورات الجليدية.

مع الاعتماد تدريجياً على النفط بديلاً عن الفحم في الاقتصاد، بات الدخان الكيماضوئي Photochemical smog هو السائد في أجواء كثير من المدن عوضاً عن الضباب الدخاني. وينشأ هذا النوع من الدخان بفعل تفاعل الإشعاع الشمسي مع الهيدروكربونات وغيرها من الملوثات في الجو، التي تنبعث أساساً من الوقود غير المكتمل الاحتراق الناتج عن عوادم السيارات ومصادر الاحتراق الأخرى (الشكل 1 – 5). وينجم عن هذا التفاعل الكيميائي الضوئي المعقد سلسلة من الغازات والمواد الضارة للجو مثل الدقائق العضوية والأوزون والالديهيد والكيتونات ونترات بيروكسيد والحوامض العضوية وغيرها من المؤكسدات. وإذا ما كان ثنائي أكسيد الكبريت متواجداً في الجو، فأنه يتأكسد ويتميء مشكّلاً حامض الكبريتيد ويصبح جزءاً من الجسيمات الغبارية العالقة في الجو. فضلاً عن ذلك، لا تسبب الغازات المنبعثة عن السيارات تفاعلات كيماضوئية فحسب، بل أيضاً تلوثاً للهواء بأشكال أخرى، فهي مسؤولة عن إضافة كميات كبيرة من الجسيمات الغبارية إلى الهواء، ناهيك عن كونها مصدراً رئيساً لأحادي أكسيد الكربون الذي يعد من أكثر الغازات سمّية.

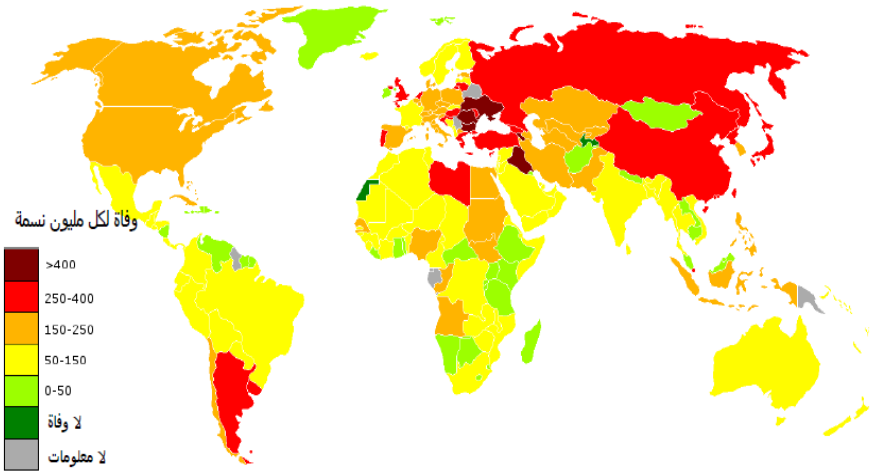
تسبب عوادم السيارات عند تفاعل أبخرتها في الجو.. دخاناً كيماضوئياً ملوثاً للهواء



الشكل (1 – 5): عملية تشكل الدخان الكيماضوئي وتفاعلاته في الجو.

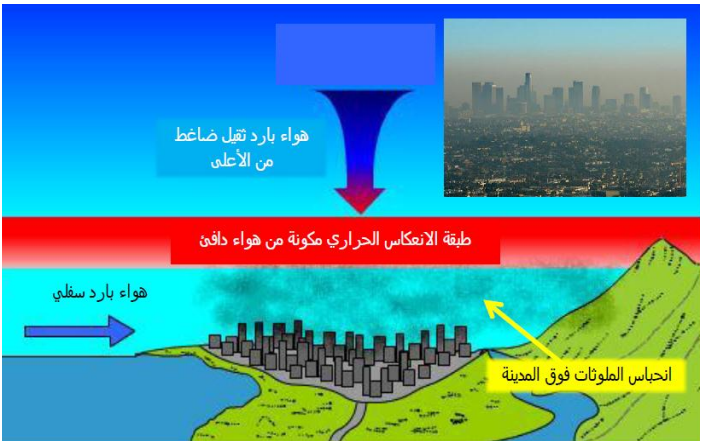
يسبب الضباب الدخاني بصوره المختلفة إثارة حساسية الجهاز التنفسي وتناقص في مدى الرؤية، ويستثنى الضباب الجليدي من ذلك الفعل. وتشير الدراسات الإحصائية إلى أن الضباب الدخاني يعد مصدراً للعديد من الأمراض، إذ يسبب حساسية العينين والدمعان فضلاً عن تلف كثير من النباتات، لاسيما المحاصيل الزراعية المهمة. ويعد ارتفاع معدل الوفيات نتيجة أخرى لتلوث الهواء، خصوصاً بين صفوف الأشخاص الذين يعانون من الالتهابات التنفسية والأمراض القلبية (الشكل 2 – 5). كما أن لتلوث الهواء أثر في تخريب الأعمال الفنية كالتماثيل والمنحوتات الآثارية النفيسة.

يسبب تلوث الهواء.. تأثيرات سلبية
على الصحة العامة وربما يؤدي إلى الوفاة



الشكل (2 – 5): نسب الوفيات العالمية جراء تلوث الهواء في المدن.

يرجع سبب تلوث الهواء على المستوى الإقليمي جزئياً إلى تلوث الهواء المحلي بحد ذاته الناتج عن مصادر تلوث محلية كعوادم السيارات وغيرها. إذ يمكن لتلك الملوثات المحلية الانتشار بعيداً وتغطية مساحات تصل لعدة آلاف الكيلو مترات المربعة. وقد تساعد الأحوال الجوية والتضاريس الأرضية على زيادة تراكيز ملوثات الهواء في مكان معين، على المستوى المحلي والإقليمي. فعلى سبيل المثال، من المحتمل أن المدن الواقعة في بطون الأودية حيث تكثر فيها ظاهرة الانعكاس الحراري التي تكون بمثابة طبقة حاجزة تغطي سمائها، تعاني من حدوث ضباب دخاني كثيف (الشكل 3 – 5). كما أن أكاسيد الكبريت والنتروجين التي تنتقل لمسافات طويلة عبر الغلاف الجوي ثم تترسب على شكل مطر حمضي Acid rain، قد تلحق أضراراً بليغة للنباتات وللمجاري المائية وللمباني على حدّ سواء.



الشكل (3 – 5): انحباس الملوثات الجوية فوق المدن بتأثير ظاهرة الانعكاس الحراري.

تلوث الهواء العالمي

يقوم البشر بتلويث الغلاف الجوي على المستوى العالمي أيضاً، على الرغم من أن الالتفات للأثار السلبية الناجمة عن مثل هذا التلوث لم يحصل إلا في مطلع السبعينيات تقريباً. إذ تشير القياسات إلى زيادة تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة 0.2٪ سنوياً. وقد تكون هذه الزيادة نذيراً بارتفاع معدل درجات الحرارة فوق كوكب الأرض، وما لذلك من تداعيات بيئية وخيمة. وتعمل بعض الملوثات على نضوب طبقة الأوزون الجوي المفيدة لحماية سطح الأرض من الأشعة فوق البنفسجية، وما لذلك الأمر من آثار ضارة عديدة. فقد تسبب هذه الأشعة تلفاً للنباتات وتزيد من الإصابة بسرطان الجلد. ومن الأمثلة الأخرى على الملوثات المؤثرة على الغلاف الجوي أكاسيد النتروجين المنبعثة من الطائرات الخارقة لسرعة الصوت وكذلك الكلورفلوركربون المستخدم في الثلاجات وضواغط أجهزة التبريد. إذ تصل هذه الغازات إلى طبقة الأوزون وتتفاعل هناك مسببة انخفاض تركيزه وتآكل الطبقة تدريجياً، وهو ما يحصل الآن فوق منطقة القطبين تحديداً.

تلوث المياه

تعاني معظم المجاري المائية في العالم.. من طرح مستمر للملوثات

يقصد بتلوث المياه Water pollution طرح مواد كيماوية وفيزيائية وبيولوجية إلى المياه العذبة أو إلى البحار والمحيطات، مما يسبب ترديا لنوعية المياه ويؤثر في الكائنات التي تعيش فيها. وتتراوح هذه المواد من ملوثات بسيطة كالمواد الصلبة الذائبة أو العالقة إلى ملوثات معقدة سامة تتصف بخطورتها وطول مدة بقائها في الوسط المائي (كالمبيدات والمعادن الثقيلة والمركّبات الكيماوية غير القابلة للتحلل أو تلك ذات القابلية التراكمية في أجسام الأحياء). هذا ويمكن تقسيم ملوثات المياه إلى تقليدية Conventional pollutants وأخرى غير تقليدية Nonconventional pollutants.

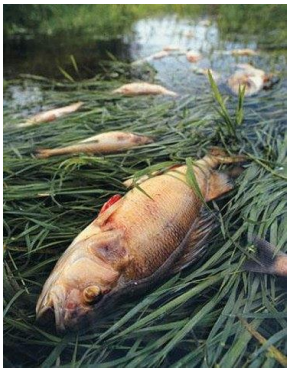
ملوثات المياه التقليدية

ترتبط الملوثات التقليدية للمياه عموماً بالمخلفات البشرية بدرجة رئيسة. إذ تخلف عن النمو الحضري والزيادة السكانية السريعة مشكلات تتعلق بصرف المياه الثقيلة وبعدم مواكبة تلك الزيادة لإنشاء محطات معالجة تلك الملوثات. إذ تسهم مياه الصرف الصحي غير الخاضعة للمعالجة المطروحة من شبكات المجاري البلدية ومن البالوعات بإضافة كميات كبيرة من الأملاح المغذية والمواد الصلبة العالقة والذائبة والزيوت والمعادن (كالزرنيخ والزئبق والكروم والرصاص والحديد والمنغنيز..)، فضلاً عن الكربون العضوي المتحلل وطرحها جميعاً إلى البيئة المائية.

يمكن للملوثات التقليدية التسبب بمشكلات كثيرة للمياه. فزيادة المواد الصلبة العالقة تؤدي إلى حجب وصول الطاقة من الشمس ومن ثم التأثير سلباً في عملية صنع الغذاء بالنسبة للأحياء المائية، التي تعد حيوية جداً لديمومة السلسلة

الغذائية الأحيائية. كما تسبب التراكيز العالية من المواد الصلبة العالقة طمر مجاري الأنهار والقنوات الملاحية، مما يستلزم كريها باستمرار. أما ارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة فيقلل من صلاحية المياه للشرب ولري المحاصيل الزراعية.

على الرغم من أهمية الأملاح المغذية كالنتروجين والفوسفات للحياة المائية، فأنها قد تسبب أيضاً حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication في البحيرات وتعجل في عملية شيخوختها طبيعياً. إذ تفضي هذه الظاهرة إلى تزايد نمو النباتات المائية وازدهار الطحالب بشكل واسع ومن ثم حدوث تغير كلي للمجتمع الاحيائي، وتحوله من انتاجية منخفضة ذات تنوع أحيائي عالي إلى انتاجية مرتفعة ذات عدد كبير لأنواع أحيائية قليلة ومضرة بالطبيعة في العادة. وتقوم البكتريا بأكسدة الكربون العضوي القابل للتحلل وباستهلاك الأكسجين الذائب في الماء. وحين تكون الحمولة بالكربون العضوي عالية في بعض الحالات، قد يؤدي استهلاك الأكسجين إلى انخفاضه بشكل شديد (فقد تصل كمية الأكسجين المذاب إلى أقل من 2 ملغم/ لتر فيما يكون في الحالة الطبيعية بحدود 5 أو 7 ملغم/ لتر)، وقد يسبب هذا الانخفاض الحاد هلاك الأسماك وحدوث اضطراب خطير في تكاثر الكائنات التي تعتمد في وجودها على الأكسجين.

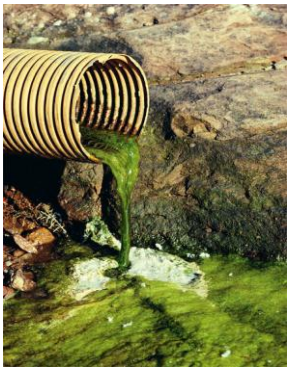


يؤدي نضوب الأكسجين المذاب في الوسط المائي بسبب التلوث إلى هلاك الكائنات التي تعيش فيه

ملوثات المياه غير التقليدية

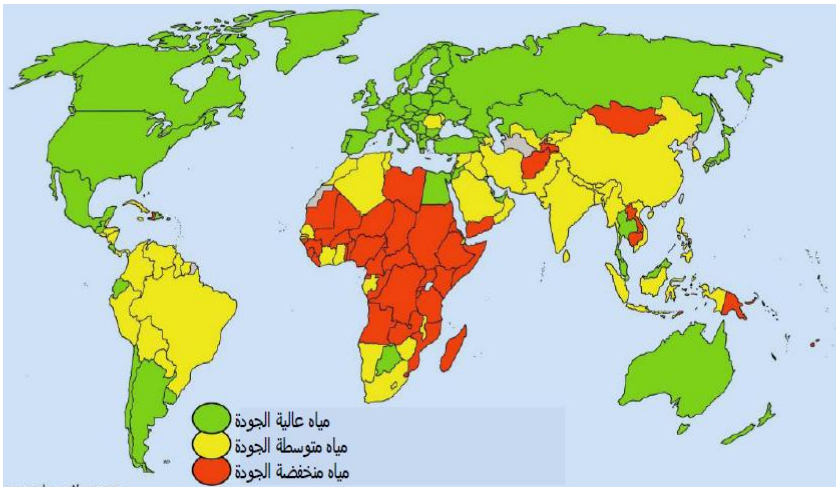
يشمل هذا الصنف من الملوثات المعادن السامة وغير السامة بشكليها الذائبة والعالقة، فضلاً عن المركّبات الكربونية العضوية القابلة للتحلل والثابتة التي يتم تصريفها إلى الوسط المائي بصورة مخلفات صناعية أو جزء من فضلات مستهلكة. فمثلاً هناك أكثر من 13000 انسكاب نفطي بكميات متباينة يحدث في أرجاء العالم

سنوياً. كما يُطرح روتينياً إلى المجاري المائية آلاف المواد الكيماوية مجهولة الأثر على البيئة لحد الآن. إذ يقدر أن نحو 400 إلى 500 مركّب جديد يدخل إلى السوق في كل سنة. فضلاً عن ذلك، يتخلف عن عمليات تعدين الفحم طرح كميات كبيرة من المخلفات الحمضية إلى الوسط المائي المجاور. هذا وتتفاوت الملوثات غير التقليدية من مواد خاملة بيولوجياً كالهيدروكربونات المهلجنة (ومثالها مركّب DDT والكيبون والميركس والفينولات المكلورة PCB). وتسبب هذه المركّبات الأخيرة أضراراً بيولوجية شديدة تتطلب تطهيراً كاملاً للمجرى المائي الملوث بها، ناهيك عن حدوث تأثيرات مزمنة شبه مميتة قد يتعذر اكتشاف مفعولها لسنين طوال. وقد ظهر أن الأثار المزمنة للملوثات الواطئة المستوى من الصعوبة بمكان ازالتها أو التخفيف من أثرها بسبب انتشارها الواسع وكونها ملوثات مستقرة كيميائياً.



عادةً ما تكون ملوثات الماء غير التقليدية.. خطيرة جداً على الصحة العامة

في المحصلة، فأن الملوثات على تنوع أشكالها تسبب تردي نوعية المياه والتقليل من صلاحيته للاستخدامات المختلفة (الشرب، الاستعمال المنزلي، الزراعي، الصناعي..)، وما ينتج عن ذلك من أخطار على الصحة العامة وتضرر الجدوى الاقتصادية عموماً. وفي كثير من البلدان تعد جودة المياه أحد مؤشرات الرفاهية الاجتماعية، فالبلاد ذات جودة المياه العالية توصف بارتفاع رفاهيتها الاجتماعية والصحية، فيما تكون البلاد ذات جودة المياه المنخفضة على نقيض ذلك (الشكل 4 – 5).



الشكل (4 – 5): تصنيف بلدان العالم بحسب جودة المياه وصلاحيتها للاستخدام البشري.

تلوث التربة

يقصد بتلوث التربة Soil pollution تدهور سطح الأرض جراء سوء استخدام التربة بفعل إتباع ممارسات زراعية خاطئة وسوء التنقيب عن المعادن وطرح المخلفات الصناعية والتكديس العشوائي لنفايات المدن.

سوء استخدام التربة

يؤدي سوء استخدام الأرض.. إلى تفاقم مشكلة تعرية التربة وتلوثها وفقدان استخدامها النفعي

تؤدي تعرية التربة، الناتجة عن إتباع ممارسات خاطئة في الزراعة عادةً، إلى إزالة مادة الدبّال الغنية من الطبقة السطحية والتي استغرقت وقتاً طويلاً في التكّون بفضل تفسخ النباتات وعمليات التحلل الميكروبي، فيفضي ذلك بالمحصلة إلى تجريد الأرض من عناصرها الغذائية الأساسية اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية. كما تسبب أعمال التعدين للتنقيب عن المعادن والفحم تراكم مخلفات تمتد على مساحات شاسعة فوق الأرض

سنوياً، مما يؤدي إلى تجريد التربة وتعرض المنطقة التي تم تعدينها إلى مشكلات التعرية الكثيرة. ويطرح التوسع الحضري الناجم عن الزيادة السكانية مزيداً من المشكلات ذات العلاقة بتعرية التربة. فمثلاً قد تزداد حمولة الأنهار من الرواسب في المناطق الحضرية بمقدار 500 إلى 1000 ضعفاً مما عليه في المناطق البعيدة عن المدن. من جهة أخرى لا تعني تعرية التربة تجريد الأرض من غطائها الواقي فحسب، بل تلويث الأنهر بمواد صلبة عالقة. وقد يؤثر ذلك على عمل البيئات الطبيعية ويسبب أيضاً تراكم الغرين في القنوات الملاحية، مما يؤدي إلى تقليل فائدة هذه المياه للأغراض التجارية.

النفايات الصلبة

تشكل النفايات البلدية الصلبة Solid wastes، التي تشمل نفايات المنازل والمتاجر وأعمال التنظيف البلدية، أعظم المشاكل المهددة للتربة في الوقت الراهن. وفضلاً عن هذا النوع من النفايات، هنالك نفايات صلبة مصدرها عمليات التعدين والإنتاج الصناعي والزراعة. وعلى الرغم من أن النفايات البلدية تبدو أوضح للعيان، فأن ركامات الأنواع الأخرى من النفايات هي في الحقيقة أكبر حجماً بكثير، كما أن التخلص منها أكثر صعوبة في بعض الأحيان وتشكل خطراً أكبر على البيئة من سواها.

التهديد الأكبر للتربة في معظم مناطق العالم اليوم.. هي النفايات الصلبة

يعد الطمر الصحي Landfilling هو أكثر طرائق التخلص من النفايات الصلبة البلدية شيوعاً وأنسبها. وهناك المكبات المفتوحة التي تعد مظهراً مقرفاً في العديد من مدن العالم، إذ تجذب إليها أعداداً كبيرة من القوارض وغيرها من الحشرات وغالباً ما تكون مبعثاً لروائح كريهة. في حين أن الطمر الصحي يعد طريقة أفضل للسيطرة على تكدس النفايات ولا يصدر عنه روائح مقززة في العادة. ويجري

في الغالب خلط النفايات المنزلية بنفايات صناعية مجهولة المحتوى. وقد أفضى ترشح هذه المواد الكيماوية السامة إلى المياه الجوفية وتلويثها لإسالة المياه إلى قيام بلدان عدة مؤخراً بإتباع ضوابط أكثر صرامة في كل من مواقع الطمر الصحي وفي طرائق التخلص من المخلفات الصناعية. وعمل إتباع اجراءات دقيقة في إدارة مكبات الطمر الصحي كتوفير عملية تصفية ومعالجة المياه السطحية ناهيك عن التغطية اليومية للمكب بطبقة من التراب، على التخفيف من وطأة المشكلات الناجمة عن المكبات المفتوحة. على أن المساحة المخصصة لمكبات النفايات في بعض المناطق آخذة بالتقلص لذا يجب دوماً البحث عن بدائل.

يعد تدوير المواد وإعادة الاستفادة منها Recycling أحد الطرائق العملية للتخلص من النفايات البلدية والصناعية على حدّ سواء، إذ أن هناك اليوم تزايد في اعتماد هذا الأسلوب وإن كان لايزال محدوداً في بعض المناطق. لكن حينما يجري خلط النفايات، فأن عملية استعادتها تغدو صعبة ومكلفة للغاية. وعلى هذا تم تطوير وسيلة لفرز النفايات من مصادر طرحها وتصنيفها إلى معدنية وغير معدنية، ورق، زجاج، بلاستيك، مواد عضوية (بقايا الطعام).. الخ، حتى باتت هذه طريقة إجبارية في العديد من المجتمعات اليوم. وقد أفضى اعتماد طريقة إعادة التدوير إلى ابتكار العديد من الوسائل لمعالجة المواد المطروحة وتصنيع منتجات جديدة من المواد المعادة فضلاً عن إيجاد أسواق جديدة لتصريفها.

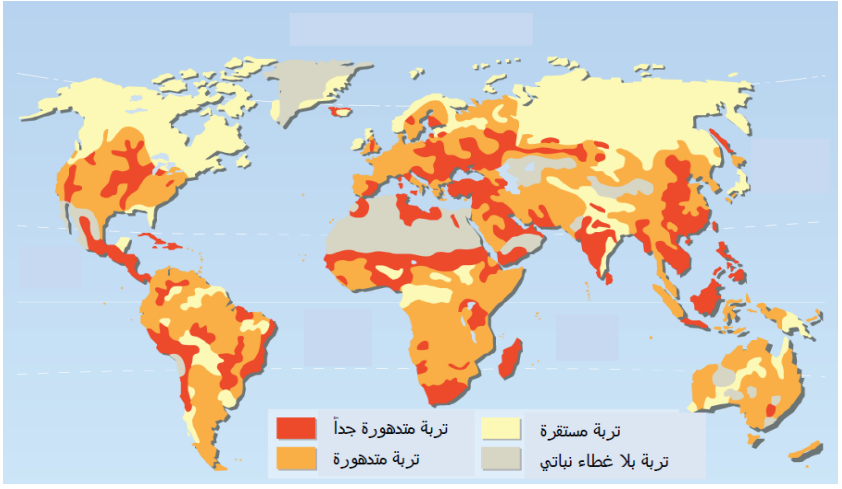
يعد تدوير النفايات.. أحد الوسائل الناجعة للتخفيف من تلوث التربة والأراضي

أما الحرق Incineration فهو طريقة أخرى للتخلص من النفايات الصلبة. فهنالك محارق متطورة تقوم باستخدام النفايات الصلبة كوقود، وذلك بحرق كميات كبيرة من القمامة والاستفادة من الحرارة الناتجة لتوليد البخار لمحطات

الطاقة الكهربائية. ومن شروط ذلك وجوب حرق النفايات بدرجات حرارة عالية جداً، ولذا يجب أن تكون مداخن المحارق مزودة بمرشحات وبأجهزة متطورة للتخلص من غاز الدوكسين وغيره من الملوثات السامة. ومع هذا، تصاحب المحارق جملة من المشكلات منها مثلاً الرماد المتخلف الذي يحتوي على نسب عالية من المعادن الثقيلة فيتحول بذلك إلى مادة خطرة بحد ذاته.

هناك أيضاً طريقة الإسَمدة Composting التي باتت تستخدم بشكل متزايد للتعامل مع بعض المخلفات الزراعية، ناهيك عن استخدامها في معاملة نفايات بلدية كأوراق النباتات والريش. ويمكن الاستفادة من هذه المنتجات في زيادة تخصيب التربة، إذ أنها تتحول إلى مادة دبّالية في غضون أشهر قليلة تسمى الكمبوست Compost.

على الرغم من كل ذلك، فقد تزايدت النشاطات البشرية المؤدية إلى تدهور التربة، وتزايدت معها مساحات الترب المتدهورة حول العالم. ومثلما يبين الشكل (5 – 5)، فأن مساحة الترب من الصنفين المتدهورة والمتدهورة جداً باتت تشكل نسبة مهمة من أجمالي الترب المستقرة، وربما ستتسع رقعة تدهور التربة مستقبلاً



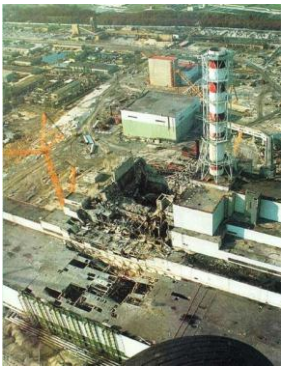
الشكل (5 – 5): أصناف التربة بحسب درجات تدهورها الناتج عن النشاطات البشرية المختلفة.

باستمرار الممارسات المسيئة لاستخدامها وتكديس النفايات فوقها، الأمر الذي سوف يسفر عن مزيد من المشكلات البيئية المرتبطة بذلك.

التلوث الإشعاعي

يشكل التلوث الإشعاعي..
هاجساً مقلقاً لدى جميع بني البشر

يعرّف التلوث الإشعاعي Radiation pollution أنه أي شكل من أشكال الإشعاع المؤين وغير المؤين الناتج من فعاليات بشرية. وغالباً ما كان منشأ حالات التلوث الإشعاعي المعروفة التي حصلت حتى الآن هو انفجار المعدات النووية أو تحرر إشعاعات مسيطر عليها من محطات توليد الطاقة النووية. وتشكل وحدات معالجة المحروقات والنواتج العرضية لعمليات التعدين والتجارب المختبرية مصادر أخرى لانبعاث الإشعاعات. كما أن التعرض المتزايد لأشعة أكس X rays في الفحوصات الطبية والإشعاعات المنبعثة من أفران المايكروويف ومن غيرها من الأجهزة المنزلية تمثل كلها مصادر للتلوث الإشعاعي.


يعد انفجار محطة تشرنوبل أكبر
كارثة تلوث إشعاعي في العالم

لقد تصاعد القلق الشعبي كثيراً حيال تحرر الإشعاعات إلى البيئة في أعقاب الكشف عن آثارها الضارة المحتملة على الإنسان، وذلك بعد انبعاث نسب عالية من هذه الإشعاعات جراء اختبارات الأسلحة النووية وكذلك جراء بعض الحوادث مثل حادثة محطة ثري مايل آيلند Three Mile Island النووية لتوليد الطاقة الواقعة بولاية بنسلفانيا الأمريكية عام 1979، وكارثة انفجار محطة تشرنوبل Chernobyl النووية عام 1986، ومؤخراً حادثة التسرب الإشعاعي من محطة فوكشيما Fukushima النووية

في اليابان عام 2011. كما تزايدت مخاوف الرأي العام إبان الثمانينات إثر الكشف عن وقوع مشكلات تلوث إشعاعي مقلقة في مفاعلات الأسلحة النووية الأمريكية.

لقد تم توثيق التداعيات البيئية الناجمة عن التعرض لمستويات مرتفعة من الإشعاعات المؤينة، وذلك عبر دراسات أجريت على أفراد تعرضوا إلى إشعاع نووي في اليابان عقب إلقاء القنبلة الذرية عليها خلال الحرب العالمية الثانية. إذ ظهرت الإصابة ببعض أنواع السرطان على الفور، لكن هناك أمراض كامنة للتسمم بالإشعاع لن تظهر إلا بعد مرور 10 إلى 30 عاماً من التعرض إليه. هذا ولا يعرف لغاية الآن الأثار التي يمكن أن تنتج عن التعرض للمستويات الإشعاعية المنخفضة، لكن أكبر قلق حيال هذا النوع من التعرض الإشعاعي يتمثل في احتمال تضرر الجينات الوراثية.

يؤدي التعرض للانبعاثات الإشعاعية المرتفعة.. إلى عواقب وخيمة على الصحة البشرية

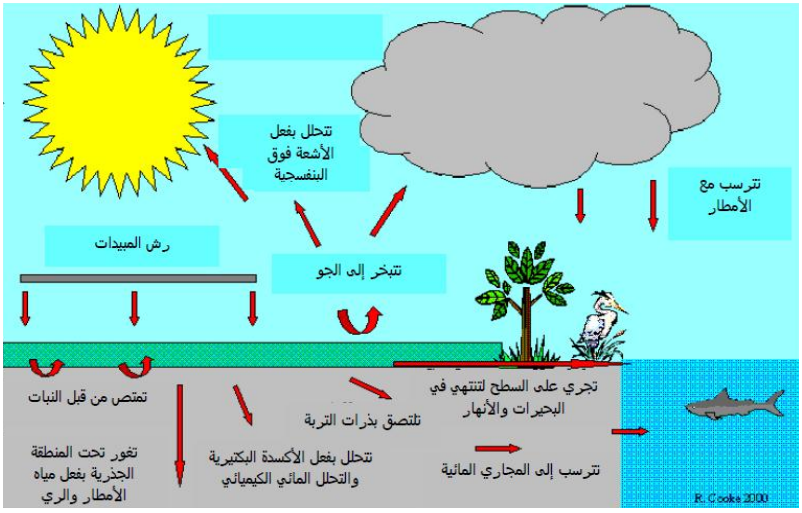
هذا ولا يمكن معالجة النفايات النووية المشعة بالطرائق الكيماوية التقليدية، لذا ينبغي خزنها في حاويات مغلقة بإحكام وفي مناطق نائية بعيداً عن أي تواجد للكائنات الحية. وتعتمد أكثر مواقع التخزين أماناً في الوقت الحاضر على استخدام الكهوف العميقة غير المنفذة للماء أو مناجم الملح المهجورة. ومع هذا فأن معظم النفايات المشعة لديها أنصاف أعمار لا تقل عن مئات أو آلاف السنين، كما أنه لا توجد طريقة لخزن النفايات مأمونة تماماً.

التلوث بالمبيدات

يمثل التلوث بالمبيدات.. تسمماً مباشراً للبيئة والإنسان

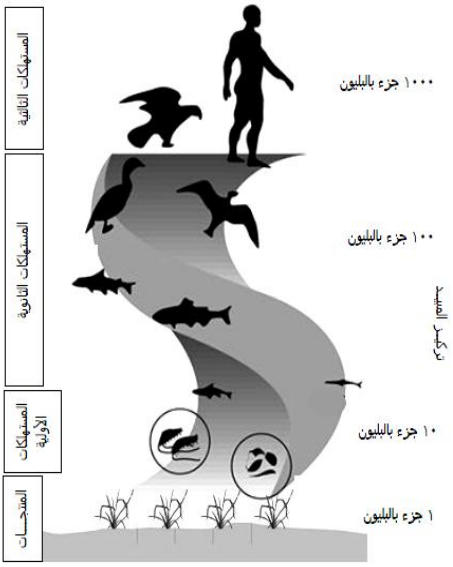
المبيدات Pesticides هي مواد كيماوية مُصنّعة، بعضها ذي أصل عضوي وبعضها الأخر لا عضوي، وقد جرى استخدامها بفعالية لأول مرة بقصد تحسين البيئة البشرية للقضاء على بعض الأنواع الأحيائية غير المرغوب فيها كالبكتريا والآفات الزراعية والحشرات المؤذية.

غير أن فعاليتها هذه تسببت بتلوث لا يستهان به من ناحية الخطورة والمساحة التي تغطيها. إذ لا يقتصر التلوث بالمبيدات على المكان الذي استخدمت فيه فقط، بل يمكن أن ينتشر على مساحات واسعة ويسلك طرقاً متعددة يلوث من خلالها أجزاء مختلفة من البيئة مما يؤثر في مناطق أخرى وفي كائنات أخرى غير الكائن المستهدف. وبذلك تكون دورة المبيدات في البيئة متنوعة في مسالكها ومتباينة في تأثيرها البيئي (الشكل 6 – 5).



الشكل (6 – 5): دورة المبيدات في البيئة.

تكمن خطورة التلوث بالمبيدات في صنف يدعى بالمبيدات المستديمة أو الشديدة الفعالية تتسم بقدرتها على مقاومة التحلل من قبل النشاطات الكيميائية أو البيولوجية، ولها قابلية أيضاً على التراكم التدريجي والبقاء في أجسام الكائنات الحية المستهلكة لها ومن ثم تتركز مع كل مستوى تالي من السلسلة الغذائية الأحيائية (وهو ما يسمى بالتراكم الحيوي Bioaccumulation). ويعد مبيد DDT مثالاً ممتازاً على الأثر التراكمي الحيوي للمبيدات. فلو تم استعمال مبيد DDT في منطقة ما بحيث لا تتجاوز مستوياته في البيئة المحيطة واحد جزء بالبليون، فأن البكتريا وغيرها من الكائنات المجهرية ستقوم بهضم المبيد والاحتفاظ به، وبذلك قد يتضاعف التركيز مئات أو آلاف المرات بالتدريج. ويحصل هذا التضاعف عندما يتواصل ابتلاع المبيدات من قبل الكائنات الحية الأعلى مرتبة فالأعلى: الأشنات والطحالب، المحار، الأسماك، الطيور، ومن ثم الإنسان. وقد يصل هذا التركيز في الكائنات الأعلى رتبة إلى آلاف أو ملايين الأجزاء بالبليون (الشكل 7 – 5).



الشكل (7 – 5): التراكم الحيوي لبقايا مبيد DDT وتضاعف تركيزه في السلسلة الغذائية.

تتميز معظم المبيدات بكونها متعددة الاستخدام، بمعنى أنها ليس مخصصة لنبات أو كائن حي معين. ومن الأمثلة المشهورة على ذلك هو تأثير مبيد DDE (وهو ناتج عرضي يتحلل عن مبيد DDT بحد ذاته)، ويتميز بفعاليته على تثبيط إنتاج الطيور لمادة الكالسيوم الضرورية لبناء قشور بيضها، مما يؤدي إلى رقاقة قشور

البيض وتفقيسه قبل أوانه. وهناك أثر جانبي أخر للمبيدات وهو تأثيرها في الجهاز العصبي للحيوانات والأسماك، إذ قد تسبب فقدان التوازن والتشوش وربما تقود أحياناً إلى الموت. وتمثل هذه الأمثلة في العموم حالات التأثير الشديد على المدى القصير حين تكون مستويات المبيدات في جسم الكائن الحي مرتفعة نسبياً.

أما الأثار البعيدة الأمد (المزمنة) للمبيدات المستديمة فلا زالت غير معروفة تماماً في واقع الحال، بيد أن العديد من العلماء يرون أن خطرها على البيئة كبير بقدر خطر التأثيرات القصيرة الأمد. أما المبيدات أو البدائل غير المستديمة (القابلة للتحلل بسهولة) وتقنيات التعقيم والتطهير وإدخال مفترسات تتغذى على الحشرات والآفات الضارة، فهي تعطي صورة أكثر إشراقاً للسيطرة على الآفات من دون أن تكون هناك أضرار كبيرة على البيئة.

هذا ويبين الشكل (8 – 5)، بعضاً من أشد بؤر التلوث بالمبيدات في العالم الناتجة عن العمليات الزراعية مقروناً بعدد السكان المحتمل تعرضهم للخطر من جراء ذلك.

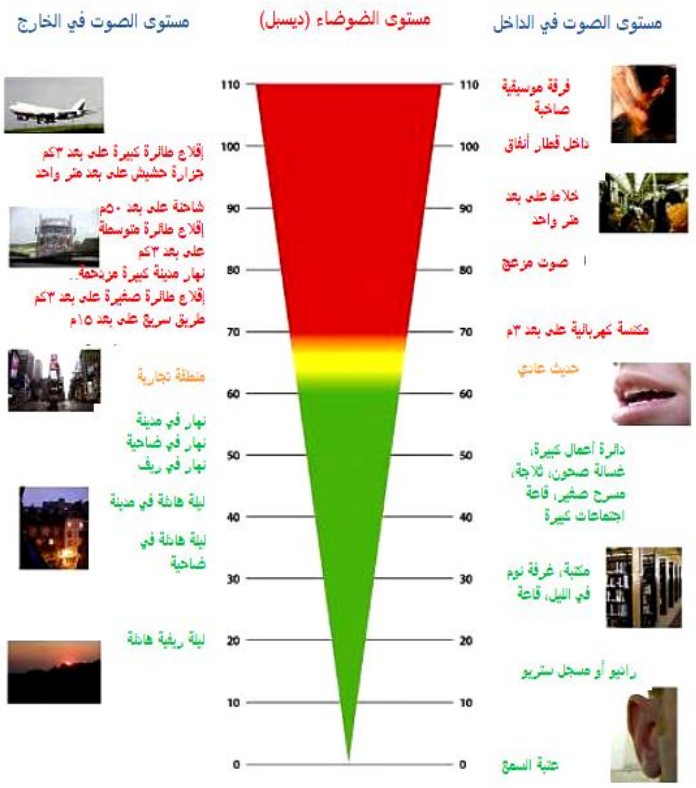
الشكل (8 – 5): بؤر التلوث بالمبيدات في العالم وعدد السكان المتضررين.

التلوث الضوضائي

التلوث الضوضائي.. مشكلة العصر وضريبة التقدم

يعد التلوث الضوضائي Noise pollution حديث النشأة نسبياً. والمقصود به مجموع الأصوات المتولدة عن نشاطات بشرية والتي تتفاوت من ضوضاء ناتجة عن الأجهزة المكبرة للصوت إلى ضوضاء طائرات النقل الخارقة لحاجز الصوت. وعلى الرغم من أن درجة تردد الضوضاء (الحدة الصوتية) تعد ذات أهمية كبرى في هذا المجال، فأن معظم مصادر الضوضاء تقاس في ضوء شدة المجال الصوتي أو قوته. إذ تقاس الضوضاء بوحدة مقياس تسمى الديسبل (dB)، وهي تمثل مقدار الصوت المسموع من قبل الأذن البشرية. هذا وتكون الضوضاء في العادة مصاحبة للمجتمعات الصناعية، حيث أصوات المكننة الثقيلة والسيارات والطائرات التي أصبحت شيئاً معتاداً في حياتنا اليومية. ويكون التلوث الضوضائي أكثر شدة في بيئة العمل مما عليه في البيئة العامة الخارجية، علماً أن الضوضاء الخارجية قد شهدت زيادة ملحوظة في مستوياتها منذ ثمانينات القرن الماضي. هذا ويتراوح معدل الخلفية الضوضائية في منزل نموذجي اليوم بين 40 و 50 ديسبل. ومن الأمثلة المعتادة حول مستويات الضوضاء المرتفعة في البيئة هي الأصوات الصادرة عن الشاحنات الثقيلة (90 ديسبل على بعد 15 متر) وقطارات الشحن (75 ديسبل على بعد 15 متر) ومكيفات الهواء (60 ديسبل على بعد 6 أمتار) (الجدول 1 – 5).

الجدول (1 – 5): مقياس مستوى الصوت ودرجة الضوضاء بوحدة الديسبل.



يعد تضرر السمع من أكثر الآثار الفسيولوجي الناتجة عن التلوث الضوضائي التي يمكن قياسها بسهولة، وقد يكون هذا التضرر وقتياً أو دائمياً وقد يسبب إرباكاً في القيام بالنشاطات الاعتيادية أو قد يكون مجرد ازعاج عابر. ويتفاوت هذا الأثر تبعاً لحساسية الفرد ومدة التعرض وطبيعة مصدر الضوضاء (درجة الصخب) والتوزيع الزمني للتعرض (كأن يكون ثابتاً أو متقطعاً). وتبدأ معاناة كل شخص حين يصل مستوى الضوضاء في المعدل إلى 75 أو 80 ديسبل لمدة عدة ساعات. ولا تتوقف المعاناة حتى يزول المصدر المسبب للضوضاء. وثمة مستوى ضوضائي مهم أخر يؤثر على الوظائف الفسيولوجية للإنسان ذلك هو ما

من أخطر نتائج التلوث الضوضائي.. هو فقدان السمع

يسمى بعتبة الألم، وهي العتبة التي ينتج عنها ألماً جسمانياً (تبلغ 130 إلى 140 ديسبل) حتى لو كان التعرض لوقت قصير. وعلى هذا فأن أي ضوضاء تقع ضمن هذا العتبة قد تسبب ضعفاً دائمياً في السمع. وحين تبلغ الضوضاء أقصى مستوياتها (أكثر من 150 ديسبل)، فأنها قد تسبب أذىً جراحياً في داخل الأذن وفقداناً تاماً للسمع.

على الرغم من قلة المعلومات المتوفرة حول الآثار الجانبية النفسية لمستويات الضوضاء المرتفعة، فأن باحثين كثر يعزون حالات سرعة الانفعال وانخفاض الانتاجية وتعكر المزاج والخشونة في معاملة الأخرين فضلاً عن زيادة الإصابة بأمراض القرحة والصداع النصفي والإعياء، إلى التعرض المستمر لمستويات عالية من الضوضاء سواء في بيئة العمل أم في البيئة الخارجية.

أسئلة للمناقشة والمراجعة

1- ما تعريف التلوث والملوثات البيئية؟ ومتى يستكمل التلوث شروطه؟

2- ما العوامل التي تدفع باتجاه تفاقم مشكلة التلوث البيئي منذ قيام الثورة الصناعية وحتى الآن؟

3- للتلوث مكامن خطورة عديدة، وعلى ضوء ذلك يُصنف إلى ثلاثة أصناف. وضح تلك المكامن وهذه الأصناف.

4- ماذا يعني تلوث الهواء؟ وما الملوثات الرئيسة للغلاف الجوي؟ وما هو البعد الجغرافي لمشكلة تلوث الهواء؟

5- ما الفرق بين الضباب الدخاني والدخان الكيماضوئي؟ وكيف يحدث هذا الأخير؟ عزز إجابتك برسم توضيحي.

6- ما تعريف تلوث المياه والملوثات التقليدية وغير التقليدية للمياه؟

7- كيف تحدث ظاهرة الإثراء الغذائي؟ وما أثرها في البيئة الأحيائية؟

8- أين تتركز الأصناف الثلاثة للمياه جغرافياً بحسب درجة جودتها: العالية والمتوسطة والمنخفضة الجودة؟

9- يعد سوء استخدام التربة سبباً مهماً لتلوثها. حددّ هذه المشكلة في نقاط واضحة.

10- ما المعالجات المتبعة في السيطرة على مشكلة تكدس النفايات الصلبة بوصفها أحد أسباب تلوث التربة والأراضي؟

11- لماذا يشكل التلوث الإشعاعي قلقاً كبيراً لدى الناس؟ أجب من خلال بيان المخاطر البيئية الناتجة عنه.

12- بيّن في مرتسم توضيحي دورة المبيدات في البيئة. ثم علل سبب انتشار المبيدات على رقعة جغرافية واسعة حتى وإن اسُتخدمت ضمن منطقة محدودة.

13- ما المقصود بالتراكم الحيوي؟ ولماذا يشكل خطراً كبيراً على البيئة والأحياء حين يتعلق الأمر بالمبيدات الفتاكة؟

14- لماذا تعد مشكلة التلوث الضوضائي حديثة نسبياً؟

15- لخصّ، في نقاط واضحة، أثار المستويات المرتفعة للضوضاء على صحة الإنسان.

❋ ❋ ❋