

أخبرنا

عن التلوث، ما الذي يسببه؟
ولماذا يتركز ثقب الأوزون في القطبين
ولا ينتشر إلى أماكن أخرى؟



يحدث تلوث الهواء بسبب تصاعد غازات وأبخرة
عديدة إلى الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تغيير نوعية
الهواء الذي نستنشقه وانخفاض جودته.

ويلعب الغلاف الجوي دوراً هاماً في الاحتفاظ
بالحرارة التي تستقبلها الأرض من الشمس، ولولا
لأصبحت الأرض أبرد بكثير مما هي عليه الآن، وكانت
حرارتها 18 درجة مئوية تحت الصفر، ويأتي دور الرياح

والتيارات البحرية بعد ذلك في توزيع الحرارة على الكرة الأرضية بشكل
مناسب، ولولاها لأصبحت الفروقات الحرارية بين المناطق الاستوائية
والقطبين أكبر بكثير مما هي عليه الآن.

والعلاقة بين عناصر الطبيعة المختلفة متوازنة
بشكل كبير، فالنباتات مثلاً تقوم بامتصاص غاز
ثاني أكسيد الكربون، وتقوم البحار والمحيطات
بامتصاص الحرارة، وتعكس الصحارى والمناطق
الجليدية أشعة الشمس بقوة لتخفف من امتصاص



الأرض للحرارة، كما يساهم ذوبان الثلوج البطيء بتخفيف ملوحة البحار، وأي خلل في عمل أحد هذه العناصر يتبعه خلل في عمل عنصر آخر، فلو ارتفعت حرارة مياه البحار مثلاً لازداد التبخر وازداد (بالتالي) أثر الاحتباس الحراري الذي يؤدي بدوره أيضاً إلى ارتفاع إضافي في حرارة البحار.



ويمدنا الهواء بالأوكسجين، الغاز الأساسي للحياة، والذي يشكل مع النتروجين وبخار الماء، وغازات خاملة أخرى ما نسبته 99.9% من الهواء، ويطلق نشاط الإنسان في الهواء مركبات عديدة ملوثة يمكن لبعضها أن يؤذي الإنسان نفسه والحيوان والنبات، ويعرض الحياة عموماً على هذا الكوكب للخطر.

كل فرد فينا يتأثر بتلوث الهواء، وبالتالي يجب أن يكون الاهتمام بجودة الهواء من صلب اهتمامنا جميعاً، إذ يتنفس الفرد البالغ يومياً ما يقارب 11,500 لتر من الهواء وسطياً، ويتنفس الأطفال نسبة أكبر إذا حسبنا حجم الهواء المستهلك لوأحدة وزن الجسم، وبالتالي فهم عرضة لآثار التلوث أكثر من البالغين، كما أن لتلوث الهواء آثار صحية على مستويين، إذ يؤدي التعرض قصير الأمد للتلوث إلى مشاكل صحية طارئة، مثل تهيج العينين والتهابات الحنجرة وصعوبة التنفس وضيقه. أما التعرض المديد للتلوث فقد يؤدي إلى مضاعفات صحية مزمنة، مثل السرطانات وتخريب مناعة الجسم ومشاكل مختلفة في الأجهزة العصبية والتناسلية والتنفسية للإنسان.



ويقدر معهد الأورام القومي في مصر أن 85٪ من أسباب الإصابة بمرض السرطان تعود لعوامل بيئية سببها التلوث. يحدث التلوث من عدة أسباب أبرزها انبعاث دقائق وجزيئات صغيرة في الهواء ناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري (فحم،



بتروول،...) للحصول على الطاقة سواء في السيارات أو المنازل أو المعامل، وانبعاث غازات ضارة من الأنشطة الصناعية مثل ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وكلور فلور الكربون بالإضافة إلى أبخرة



كيميائية أخرى تؤدي جميعها إلى حدوث تفاعلات كيميائية في الغلاف الجوي مشكلة مظاهر مختلفة للتلوث مثل الضباب الدخاني والأمطار الحمضية وظاهرة الاحتباس الحراري والثقب في طبقة الأوزون، ولكل شكل من أشكال التلوث هذه مضاعفات خطيرة على صحة الإنسان وعلى وجود الكائنات الحية وعلى البيئة عموماً.

ولا يقتصر ضرر التلوث في المناطق المدنية فقط حيث يتركز إنتاج المواد الملوثة، بل يمكن أن يمتد تأثيره إلى مناطق بعيدة بفعل دفع الرياح لهذه المواد.

ما هو الضباب الدخاني الضوئي الكيميائي Photochemical smog ؟

يتألف الضباب الدخاني الضوئي الكيميائي من عشرات الأنواع من المواد الكيميائية السامة التي تدعى الملوثات الثانوية Secondary pollutants، والتي تتكون نتيجة حدوث تفاعلات كيميائية بوجود أشعة الشمس بين بعض المركبات العضوية الطيارة VOCs وأكاسيد النتروجين NOx الناتجة عن مصادر عديدة



كعوادم محركات الاحتراق الداخلي لوسائل النقل المختلفة والانبعاثات الغازية للمعامل وبعض المواد الداخلة في صناعات معينة كالدھانات والمنظفات، وتسمى المركبات الطائرة

وأكاسيد النتروجين بالملوثات الأولية Prime pollutants، ويكتمل التفاعل في درجات الحرارة التي تزيد عن 18 درجة مئوية.



وبشكل طبيعي، يفترض أن ينتشر هذا الضباب

الدخاني في الأماكن المفتوحة في أنحاء مختلفة، ولكن

ما يحدث ضمن المدن هو أن يجثم هذا الضباب الدخاني فوق صدر المدينة بفعل انقلاب حراري، إذ تصبح طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض أبرد من الطبقة الأعلى منها، مما يؤدي إلى احتباسه في الطبقة السفلى وعدم قدرته على الارتفاع والانتشار، وتتفاقم هذه المشكلة في المدن المحاطة بالجبال.



والأوزون الأرضي هو أحد هذه

الملوثات الثانوية الناتجة عند سطح الأرض

من تفاعل الملوثات الأولية (يجب الانتباه

هنا إلى أن هذا الأوزون دعي الأرضي

لتمييزه عن الأوزون المفيد الموجود في أعالي الغلاف الجوي والذي سنأتي

على ذكره) ويصل تركيزه إلى مستويات خطيرة أحياناً في الأيام المشمسة

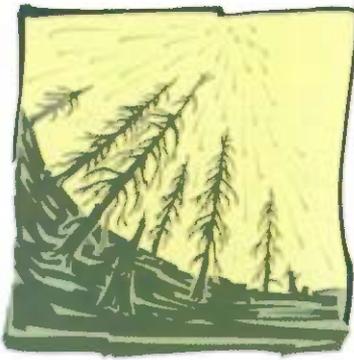
الحارة مع وجود بعض الرياح.



ويؤدي هذا النوع من التلوث إلى تهيجات والتهابات في العينين و الجهاز التنفسي ويقلل من كفاءة الرئتين ويزيد من حساسيتهما، وقد يؤدي أيضاً إلى صعوبة في التنفس عند البعض وغيثان وآلام في الصدر، ويمكن أن يفاقم بعض الحالات المرضية مثل حالات الأشخاص المصابين بالربو وحالات المصابين بأمراض قلبية، والتعرض المتكرر للضباب الدخاني يمكن أن يسبب مشاكل مستديمة لا تشفى بعد زوال التلوث. كما يقلل الضباب الدخاني من إنتاجية المحاصيل الزراعية ويجعلها أكثر عرضة للأمراض.

ولعل ما حدث في لندن عام 1952 فيما عرف بكارثة الضباب الدخاني يعطي أكبر مؤشر إلى مدى خطورة تلوث الهواء، إذ توفي 4000 شخص خلال بضعة أيام فقط بسبب تلوث الهواء الشديد.

ما هي الأمطار الحمضية Acid rain ؟



النوع الثاني من أنواع التلوث، إذ تنتج بعض مصادر التلوث، مثل احتراق الوقود الاحفوري fossil fuel أو عمليات استخراج المعادن من خاماتها، مركبات كبريتية وأزوتية تتحد عند تصاعدها في الهواء مع قطرات الماء العالقة في الهواء مما يؤدي لتشكل مركبات كيميائية حمضية مثل ثاني أكسيد الكبريت تنحل في مياه الأمطار والثلوج فتصبح ذات طبيعة حمضية تقود إلى نتائج وخيمة جداً على البيئة.

درجة التعداد neutral
حسب مقياس pH الذي
يتدرج من 0 إلى 14 هي 7.
مادونها حمضي وما بعدها
القوي.



وتؤدي هذه الظاهرة على المدى البعيد إلى تغيير في الأنظمة البيئية للبحيرات والأنهار لكونها حساسة جداً لأي خلل في التوازن الكيميائي، وحدث انخفاض درجة الحموضة في البحيرات عادةً عقب هطول أمطار حمضية أو في الربيع عقب ذوبان الثلوج المتلوثه بالمركبات الكبريتية والأزوتية، وعندما تصل درجة الحموضة إلى 0.5 تتوقف الأسماك عن التكاثر.

كما يؤدي ثاني أكسيد الكبريت في الأمطار الحمضية إلى تأثيرات مباشرة في النباتات، إذ يؤدي إلى انحسار الغابات وتآكل الغطاء النباتي بشكل تدريجي، بالإضافة إلى تغيير ملحوظ في مواصفات التربة على المدى البعيد وإيذاء الحيوانات بسبب تغير طبيعة الحياة البرية.

ومن الأمثلة الواقعية لما تسببه الأمطار الحمضية ما حدث في عام 1981، إذ تم تسجيل درجة حموضة تقل عن 5.0 pH في حوالي 111 بحيرة في إحدى المناطق الكندية الحاوية على 217 بحيرة، ولوحظ اختفاء الأسماك تماماً في 100 بحيرة منها.

وهناك أيضاً ما يزيد على 36,000 بحيرة في أونتاريو في كندا تعاني من حموضة بدرجات مختلفة، إذ تقل درجة حموضتها عن 0.6 بينما درجة حموضة البحيرة الصحيحة 5.6 وفق مقياس الحموضة الذي يعتبر 0.7 حد الاعتدال.





وتساهم بعض الظواهر الطبيعية، مثل الاندفاعات الغازية للبراكين عبر إطلاقها مركبات كبريتية في الهواء، بتأثير في ظاهرة الأمطار الحمضية ولكنه تأثير محدود للغاية مقارنة مع تأثير أنشطة الإنسان.

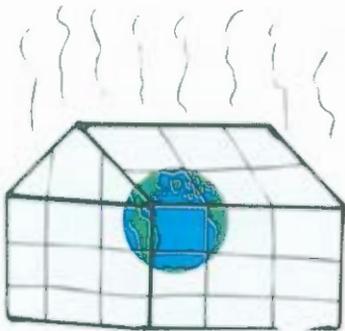
ما هي ظاهرة الاحتباس الحراري

؟ Greenhouse effect

وتسمى أيضاً ظاهرة التسخين العالمي، وتعد من أخطر ظواهر التلوث التي تهدد الإنسان، وتحدث بشكل رئيس من تراكم غازات ثاني أكسيد الكربون CO₂ في الغلاف الجوي والتي تنتج من احتراق الوقود.



تقوم النباتات بوظيفة هامة جداً على ظهر كوكبنا تتمثل بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون وإطلاق الأوكسجين، ولكن كميات هذا الغاز ونتيجة للنشاط الإنساني الصناعي أصبحت أكثر مما تطيق النباتات معالجته، وشارك الإنسان (بقطعه الجائر للغابات وتحويل المناطق الخضراء إلى مناطق بيتونية) الأمطار الحمضية في سوء عملها، والغابات



معامل للأوكسجين و رئة للعالم، أي أن الإنسان عمل بشكل عكسي، فعوضاً عن أن يزيد من عدد معامل الأوكسجين الطبيعية هذه لتقوم بمعالجة ابتعاثاته الغازية السامة المتزايدة اطراداً، قلل عددها وأنهك قليلها هذا، ثم زاد من ملوثاته في الأجواء.



وتراكم غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يؤدي إلى تشكيل طبقة مانعة لتبديل الهواء، تحبس الحرارة في طبقة الغلاف الجوي القريبة من سطح الأرض، مما يؤدي إلى اختلاف في مناخ الأرض وارتفاع تدريجي لدرجة حرارتها الوسطية، وهذا يؤدي إلى خلل في التوازن البيئي، وإذا

استطردنا قليلاً في السيناريو المطروح علمياً بشكل جدي تماماً لاطلعنا على ظاهرة خطيرة تالية لارتفاع الحرارة، إذ سيؤدي هذا الارتفاع إلى ذوبان تدريجي للجبال الجليدية القطبية، بالتالي ارتفاع تدريجي لمستوى مياه البحار والمحيطات، يؤدي بدوره إلى غرق المدن الساحلية مع مرور الوقت.



كما ستعاني المناطق المناخية المعتدلة من هطولات مطرية أكثر، وعلى العكس من هذا ستعاني المناطق الصحراوية والمتوسطية والسهلية من قحطٍ قاسٍ بعيد المدى، وهذا سيؤدي بدوره إلى فائض في الإنتاج الزراعي لبعض المناطق وشح غذائي ومجاعات في مناطق أخرى.

وكان تقرير للأمم المتحدة قد حذر في عام 1995 من أنه بحلول عام 2010 سيكون تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري، وبغياب إجراءات تنفيذية فعالة، قد أدى إلى ما يلي:



ارتفاع في درجة حرارة الأرض الوسطية بمقدار 1 إلى 5.3 درجة مئوية.

زيادة في الهطولات المطرية في بعض المناطق بضعة بالمائة، ونقصانها في البعض الآخر.

ارتفاع في مستوى البحار بمقدار 15 إلى 95 سنتيمتر.

ورغم التقدم العلمي والتكنولوجي، فإن النماذج الحاسوبية الحالية تقصر عن تقديم توقعات دقيقة لما يمكن حدوثه حينها على مستوى حياة الأفراد والدول.

كيف يحدث تآكل طبقة الأوزون ozone depletion ؟

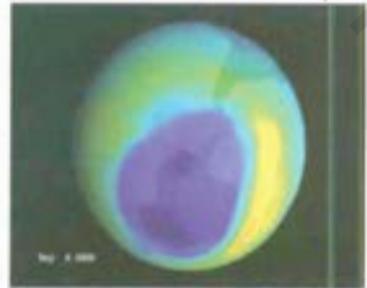
نتيجة أخرى من نتائج غول التلوث الأثم الذي يصنعه الإنسان بيديه.



والأوزون غاز عديم اللون والرائحة يتألف من جزيء من ثلاث ذرات من الأوكسجين O_3 ، بينما يتألف جزيء الأوكسجين العادي الذي نتنفسه من

ذرتي أوكسجين O_2 . يتشكل الأوزون في طبقة الجو العليا المسماة ستراتوسفير stratosphere والتي تبدأ على ارتفاع 15 كم من سطح الأرض،

حيث يتم عبر تفاعلات كيميائية، بشكل مبسط، تفكك جزيئات الأوكسجين O_2 إلى ذرات الأوكسجين ثم اتحادها لتشكيل جزيء الأوزون الثلاثي الذرات O_3 ، وتلعب الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet الواردة مع أشعة الشمس



دوراً هاماً في إثارة تفاعلات هدم جزيئات O_2 وبناء O_3 . أي إن عملية إنتاج الأوزون تستهلك الأشعة فوق البنفسجية مما يجعل الأوزون طبقة واقية لحماية الكائنات الحية من وصول هذه الأشعة الضارة إليها.

يستعمل الإنسان في بعض الأنشطة الصناعية، مثل صناعات التبريد وعلب الرذاذ aerosol، غازات تدعى كلور فلور الكربون CFCs وأبرزها الفريون الذي تم اختراعه في أربعينيات القرن العشرين،

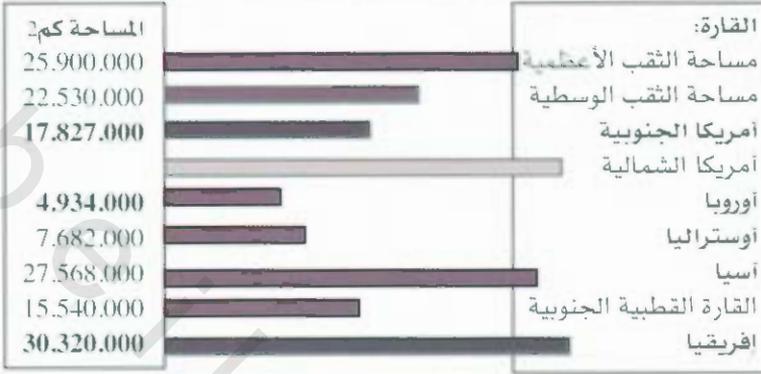
كما تطلق الطائرات أكاسيد الآزوت كواحد من نواتج عوادمها، تقوم هذه الغازات عند انتشارها في طبقة الهواء العليا بتدمير بعض مناطق الأوزون مخلضة ثقباً في طبقة الهواء

الستراتوسفير تتسلل منها الأشعة فوق البنفسجية مسببة بعض الأمراض والمشاكل الصحية الدائمة مثل سرطانات الجلد، كما تؤدي إلى بعض التأثيرات المدمرة على النباتات والحياة البرية بشكل عام. ويعتقد العلماء بوجود أسباب أخرى تلعب دوراً إضافياً في تخريب طبقة الأوزون، إلا أنه من المؤكد أن غازات كلور فلور الكربون وأكاسيد الآزوت لها الدور التخريبي الأكبر.

لنتذكر جيداً أن الأوزون المتشكل قريباً من سطح الأرض (في طبقة التروبوسفير) ضار ومؤذ، أما المتشكل في أعالي الغلاف الجوي (في طبقة الستراتوسفير) فهو مفيد ما دام بعيداً عن الإنسان.



مقارنة مساحة ثقب الأوزون بمساحات القارات
وفقاً للبيانات المستقاة عن عام 1996.



ولكن لماذا تتركز ثقوب الأوزون في منطقتي القطبين حيث لا يوجد أنشطة صناعية؟

حالياً يرى العلماء سببين رئيسين لهذه الظاهرة، إذ تتعزل في فصل الشتاء وبداية الربيع كتل الهواء فوق القطبين عن بقية الغلاف الجوي بسبب ظاهرة طبيعية تدعى «الدوامة القطبية» Polar vortex، تدوم فيها كتل الهواء هذه بشكل مخروطي، ويؤدي هذا الانعزال إلى تعزيز التفاعلات الكيميائية فيها وبالتالي وضوح تآكل الأوزون في المناطق تحتها وهي القطبان.

والسبب الآخر والأضعف تأثيراً هو امتياز الغلاف الجوي القطبي بوجود الغيوم القطبية الستراتوسفيرية العالية جداً، التي تتألف من بلورات جليدية غنية بأكاسيد الآزوت NOx التي تساهم في تآكل الأوزون.

كيف يمكن الحد من التلوث؟

ما من شك في أن دور الحكومات كبير في الحد من مصادر التلوث، وتقليل نسبة الملوثات في الهواء عبر إصدار التشريعات الناظمة لاستخدام



مواد معينة والضابطة لسير الآليات بالإضافة إلى تجميع الأنشطة الصناعية في مناطق غير سكنية تتوافر فيها تسهيلات بيئية معينة، وإلزام أرباب الصناعة باتباع معايير آمنة في معالجة مخلفات مصانعهم، كما يمكن للحكومات دعم استخدام الطاقات البديلة أينما كان ذلك متاحاً عن طريق تقديم قروض ميسرة ودعم الصناعات المنتجة لتجهيزاتها.

توزع المسؤولية بين مصادر تخريب الأوزون. 100%

1.5~1%
المضخوفات
البركانية

20~15%
تخريب ناتج عن
مصادر طبيعية
أخرى متفرقة.

85~75%
تخريب ناتج عن النشاط الإنساني



ولا يتم الحد من التلوث بالشعارات فقط وتخصيص مساحات في وسائل الإعلان في الحديث عن البيئة وتدبيح المقالات الرنانة، بل يجب أن يرافقه استثمارات مالية كبيرة، فبلد مثل كوريا الجنوبية مثلاً خصصت 7.7 مليار دولار لمعالجة مياه الفضلات فقط

خلال السنوات السبع الأولى من القرن الواحد والعشرين، وكانت الصين قد خصصت مبلغ 12 مليار دولار (أو 2.4 مليون دولار لكل مليون نسمة تقريباً في السنة) لموازنتها البيئية خلال الخطة الخمسية التي امتدت من 1992 حتى 1997.

ويمكن للحكومات تعويض استثماراتها البيئية بشكل جزئي برفع شعار «من يلوث يدفع» وربط الغرامات المالية بمقدار التلوث.





وقد تبدو تكاليف الحد من التلوث عالية بعض الشيء، إذ أن اتباع مبدأ «النمو الآن، التنظيف لاحقاً» خلال النصف الثاني من القرن العشرين، رتب على الإنسانية عموماً والمجتمعات الصناعية خصوصاً ضرورة الإسراع بالبداة بالتنظيف الذي تأخر قليلاً فزادت كلفته، لكن اتباع سياسات حكومية

جيدة للحد من التلوث قد يؤدي إلى تأثيرات اقتصادية إيجابية، إذ تشير الدراسات إلى أن معدلات النمو في الدخل القومي تنخفض في بداية إنشاء مشاريع السيطرة على التلوث، ولكنها سرعان ما تعاود الارتفاع بنسب معقولة، كما أن إلزام الصناعيين باتباع معايير آمنة بيئياً في الصناعة سيؤدي بالضرورة إلى رفع جودة المنتجات وزيادة قدرتها التنافسية بسبب استبدال المكائن الحديثة بالقديمة والذي سيؤدي أيضاً إلى وفر ملحوظ في المواد الخام بسبب الهدر الذي تسببه المكائن القديمة.

ولا بد أن يأتي يوم تنظر فيه الدول إلى الوزارات والمؤسسات البيئية نظرتها إلى وزارات الدفاع وتخصها بنفس القدر من الرعاية المالية. فالتلوث عدو داخلي قد يؤدي إلى دمار بيئي وتأثيرات صحية تدريجياً لا تقل خطورةً عن الأسلحة العسكرية الفتاكة.

كيف يمكن لواحدنا المساهمة في الحد من التلوث؟

الدور الحكومي لا يكفي، بل يجب أن يعضده الأفراد بمبادرات فردية تساهم في تطويق مشكلة التلوث، فيمكن لأي منا القيام بالخطوات الداعمة التالية على المستوى الفردي:



الترشيد في استهلاك الطاقة قدر الإمكان.

الالتزام بالصيانات الدورية لكافة الآليات المستهلكة للوقود، كالسيارات وغيرها، ومراقبة انبعاثات المحرك الغازية.

استخدام وسائل التنقل الجماعي، وتشجيع استخدام الدراجات الهوائية ضمن المدن.

استخدام مواد التنظيف والدهانات غير المؤذية والصديقة للبيئة.



تأخير تعبئة السيارة بالوقود إلى ما بعد غروب الشمس، لتخفيف كمية الوقود المتبخرة والمتطايرة في الأجواء.

المساهمة ما أمكن في نشر البقع الخضراء من حولنا وعدم انتظار

الحملات الرسمية، فمن المفيد جداً أن يتنادى سكان البناء الواحد إلى تجميل بناتهم بالمزروعات الخضراء، وأن يتنادى سكان الحي أو الشارع الواحد إلى هذا العمل أيضاً، ولتكن الحكمة الكبيرة «إذا قامت القيامة وفي يد أحدكم فسيلة فليغرسها» منهجاً دائماً لنا في هذا المجال.

الضوء الأبيض الوارد إلينا من



الخيار لنا، هذه البيئة أم تلك؟



تسلسل عملية تدمير الأوزون

