

التلوث البيئي

أ.م.د. نعيم شند حمادي

المحاضرة الثانية

تلوث الهواء

1. يتكون الغلاف الجوي للككرة الأرضية من خليط من عدة غازات أهمها غاز الأوكسجين وغاز النتروجين وهما يكونان نحو ٢١ % و ٧٨ % من وزن. الهواء على الترتيب، بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى التي توجد بنسبة أقل، مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يوجد في الهواء بنسبة ٠,٠٣ %، وبعض الغازات الخاملة الأخرى مثل: الهليوم، والنيون، والأرجون، والكربيتون، التي توجد في الغلاف الجوي للأرض بنسب ضئيلة جدا.
2. وخليط الهواء بتركيبه السابق حيوي جدا بالنسبة لجميع الكائنات الحية، فحتاج النباتات إلى كل من غازي ثاني أوكسيد الكربون والنتروجين في صنع غذائها واستكمال نموها، بينما تحتاج كل الكائنات الحية بجميع أنواعها إلى غاز الأوكسجين لأداء وظائفها الحيوية.
3. ويحتاج الإنسان العادي إلى قدر كبير من الهواء كل يوم، فهو يتنفس حوالي ٢٢٠٠٠ مرة في اليوم الواحد في حالة السكون، وتزيد مرات التنفس على ذلك كثيرا عند الحركة وبذل المجهود، أو عند ممارسة الألعاب الرياضية. ويحتاج الإنسان عادة إلى قدر من الهواء يصل إلى نحو ١٥٠٠٠ لتر كل يوم، ويبلغ وزن هذا الهواء نحو ستة عشر كيلوجراما، وهي كمية تفوق كل ما يستهلكه الإنسان من الماء والغذاء في اليوم الواحد.
4. ويعتبر الهواء ملوثا إذا حدث تغير كبير في تركيبه لسبب من الأسباب، أو إذا اختلط به بعض الشوائب أو الغازات الأخرى بقدر يضر بحياة الكائنات التي تستنشق هذا الهواء وتعيش عليه. وتتعدد أشكال المواد المسببة لتلوث الهواء، وهي قد تدخل جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي فتصل إلى الدم مباشرة، أو قد تدخل إلى الجسم عن طريق مسام الجلد، أو عن طريق الجهاز الهضمي مع الأغذية والمشروبات الملوثة.
5. وأغلب العوامل المسببة لتلوث الهواء عوامل مستحدثة من صنع الإنسان، ولم تنشأ هذه العوامل في يوم وليلة، ولكنها بدأت في الظهور منذ أن ابتكر الإنسان الآلة واستخدمها في كل مناحي الحياة. وقد ظلت هذه العوامل تتزايد يوما بعد يوم مع زيادة التقدم العلمي للإنسان، ونتيجة أخذه بالأساليب الصناعية والتكنولوجية الحديثة، وظل أثر هذه العوامل يتراكم على مر السنين دون أن يلحظه أحد، حتى ظهر أثرها واضحا أخيرا في النصف الثاني من القرن العشرين، حتى شعر الإنسان بخطرها على حياته، وفطن إلى أثرها المدمر في البيئة المحيطة به.
6. وقد صاحب التقدم الصناعي للإنسان استخدام كميات هائلة من مختلف أنواع الوقود مثل: الفحم، وبعض مقطرات زيت البترول، والغاز الطبيعي. وعند إحراق هذا الوقود في محطات القوى، أو في المصانع، أو في محركات السيارات تنتج منه كميات هائلة من الغازات التي تتصاعد إلى الهواء على هيئة دخان محمل بالرماد، وبكثير من الشوائب. وتنتشر هذه الغازات في جو المدن، وفي جو المناطق المحيطة بالمنشآت الصناعية، وغالبا ما تحمل الرياح هذه الغازات إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن هذه المنشآت لتسقط عليها على هيئة أمطار حامضية.

7. ويقاس التقدم التكنولوجي للأمم عادة بقياس كمية الطاقة التي يستهلكها كل فرد من أفراد هذه الأمم سواء كانت هذه الطاقة مستخدمة في إنتاج البخار أو في توليد الكهرباء، أو طاقة مستغلة في آلات الاحتراق الداخلي، وعادة ما تؤخذ الزيادة في استهلاك الطاقة لدولة ما على أنها إحدى الدلائل الواضحة على تقدم هذه الدولة ورفع شأنها. وعندما نأخذ في الاعتبار التلوث الذي ينشأ عن إحراق هذا الوقود عند استخدامه في إنتاج الطاقة، وكذلك التلوث الذي قد ينشأ عن استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء، فإنه من وجهة نظر التلوث تعتبر هذه الزيادة في استهلاك الطاقة، في دولة من الدول، دليلاً على زيادة مساهمة هذه الدولة في تلوث البيئة بشكل عام.
8. وتتعدد أنواع الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة إحراق الوقود في المصانع، ومحطات القوى، وفي محركات السيارات، ولكن أهم هذه الغازات هي غازات ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وبعض أكاسيد النتروجين بالإضافة إلى بعض الشوائب المحملة بأبخرة بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص.

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

1. يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول. ونظراً لأن غاز ثاني أكسيد الكربون من المكونات الطبيعية للهواء، فإننا لا نشعر به عادة ولا نحس بآثاره الضارة في الحال، بل يعتقد بعض الناس أن هذا الغاز مركب بريء لا علاقة له بمشكلة تلوث الهواء، ولا صلة له بالأضرار الناجمة عن هذا التلوث.
2. ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن. ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية، ومحطات الوقود، ومحركات الاحتراق الداخلي في وسائل النقل والمواصلات، ومن المعروف أن كل غرام من المادة العضوية، المحتوية على الكربون، تعطي عند احتراقها من ١,٥ - ٣ غرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون. وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحرق في الهواء كل عام عرفنا أننا نضيف إلى الهواء كل عام نحو ٢٠ مليار متر مكعب من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهي تمثل نحو ٠,٧ % من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء.
3. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود والمنتصاعد إلى الهواء واحداً من أهم التعديلات التي أدخلها الإنسان على البيئة المحيطة به، وبذلك يكون الإنسان قد تدخل بشكل واضح في عملية الاتزان المعقدة القائمة بين الهواء والبحر والكائنات الحية. وتتلخص عملية الاتزان الطبيعية القائمة بين الهواء والماء والكائنات الحية بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون في أن جزءاً كبيراً من هذا الغاز يذوب في مياه البحار.
4. وقد تبين من بعض التجارب التي قام بها بعض العلماء مثل Brocher و Siegenthaler التي استعمل فيها الكربون-١٤ وهو نظير مشع لعنصر الكربون المعتاد، أن قدراً كبيراً من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في الهواء يمتص بواسطة مياه البحار، وقد تبلغ هذه الكمية الذائبة نحو نصف كمية الغاز المنطلق إلى الهواء في بعض الحالات. كذلك تبين من بعض الدراسات والبحوث التي تمت في محطة للبحوث في Mauna-Loa المقامة في هاواي، والتي أجريت في الفترة ١٩٥٨ - ١٩٧٤ أن النباتات تساهم مساهمة فعالة في امتصاص جزء كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في

الهواء لاستخدامه في بناء أجسامها، وفي تكوين ما تحتاجه من مواد عضوية. وقد وضحت هذه التجارب أن هناك تغيراً دورياً في نسبة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء من فصل لآخر، فتقل نسبة هذا الغاز إلى حد ما في فصل الربيع وهو الفصل الذي تنشط فيه عمليات نمو النباتات، وتزداد نسبة هذا الغاز في فصل الشتاء عندما تصل قيمة عمليات التركيب الضوئي في النباتات إلى أقل قيمة لها. وتدل هذه التجارب على أن إزالة الغابات في بعض الأماكن، كما في البرازيل وبعض مناطق أفريقيا تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

5. وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حامضاً ضعيفاً يعرف باسم حامض الكربونيك. ويتفاعل هذا الحامض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل: بيكربونات و كربونات الكالسيوم وغيرهما.

6. وقد أخذ التقدم التكنولوجي للإنسان بهذا التوازن الطبيعي إلى حد كبير، فلم تعد هذه العمليات السابقة مجتمعة قادرة على التخلص من الزيادة الهائلة في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من الإسراف الشديد في إحراق الوقود، والتي ينتج منها كل عام مليارات من الأمتار المكعبة من هذا الغاز. وقد قام فريق بحثي برئاسة عالم يدعى Baes بمتابعة الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء في السنوات الأخيرة، ومقارنتها بنسبة هذا الغاز في الهواء منذ بداية الثورة الصناعية، أي منذ عام 1870. وقد تبين من هذه الدراسة أن هناك زيادة مطردة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء بمرور السنين نتيجة الزيادة المطردة في إحراق الوقود، ويلاحظ أن نسبة هذا الغاز في الهواء لم تزد كثيراً في المدة 1914 - 1945 وهي نتيجة منطقية لأن هذه المدة كانت فترة الكساد الاقتصادي في الدول الصناعية.

7. وهناك تقديرات مختلفة لنسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ونحن نعبر عنها بنسبة 0,03%، أو ثلاثة أجزاء في العشرة آلاف، أو 300 جزء في المليون، ويفيد بعض هذه التقديرات. أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء كانت 260 جزءاً في المليون في نهاية القرن الثامن عشر، إرتفعت إلى 290 جزءاً في المليون، ثم إلى 315 جزءاً في المليون في نهاية عام 1958 ثم زادت إلى 345 جزءاً في المليون في نهاية عام 1984.

8. وهناك من يعتقدون أنه إذا استمر إحراق الوقود وإزالة الغابات بالشكل الحالي فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء ستصل إلى الضعف تقريباً خلال السنة الحالية. وعلى الرغم من أننا لا نحس بوجود غاز ثاني أكسيد الكربون إلا أن زيادة تركيز هذا الغاز في الهواء تؤدي إلى حدوث ظاهرة خاصة تعرف باسم ظاهرة البيت الزجاجي نسبة إلى تلك البيت الزجاجي الذي يزرع بها بعض النباتات في البلاد الباردة.

9. وغاز ثاني أكسيد الكربون شفاف تماماً بالنسبة للضوء المرئي، وكذلك بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية، ولذلك يمر فيه ضوء الشمس بسهولة تامة ليصل إلى سطح الأرض. وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض، تحت وطأة أشعة الشمس، ينبعث من هذا السطح بعض الإشعاعات الحرارية ليمر خلال الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي. ونظراً لأن هذه الإشعاعات الحرارية تكون موجاتها أطول من موجات الضوء المرئي المعتاد، ويقع أغلبها في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، فإن هذه الإشعاعات لا تستطيع أن تمر في غاز ثاني أكسيد الكربون، بل تقوم جزيئات هذا الغاز بامتصاصها. ويترتب على ذلك أن غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء يقوم بحجز جزء من الطاقة الحرارية المنبعثة من سطح الأرض، ويحتفظ بها في داخل الغلاف الجوي، ويمنع

- بذلك تبدد حرارة الأرض في الفضاء. ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لإتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ومقدار ما ينعكس منها، ويتشتت في الفضاء، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها، تؤدي بالتالي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي.
10. وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر، ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المضطربة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة للأرض بشكل ملحوظ. وقد أذاعت أكاديمية العلوم الأمريكية عام ١٩٧٠ تقريراً يفيد بأنه من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الجو بمقدار درجتين أو ثلاث درجات في منتصف القرن الحالي أي نحو عام ٢٠٥٠.
11. ومن المتوقع أن ارتفاع درجة حرارة الجو بهذا الشكل سيؤدي إلى إنصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات، وإلى إغراق كثير من حواف القارات مما عليها من مدن ومنشآت.
12. وطبقاً للدراسات التي قام بها Jones والتي نشرها في مجلة Nature عام ١٩٨٠ فإن ذلك الانخفاض الطفيف في حرارة الجو الذي لوحظ في بداية القرن السادس عشر والذي سمي بالعصر الجليدي الصغير Little Ice قد أنهته تماماً تلك الزيادة في غاز ثاني أكسيد الكربون التي بدأت خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، والتي تسببت في رفع درجة حرارة الجو.
13. وهناك بعض العلماء الذين يعتقدون أن الحرارة الناتجة من الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو لا يمكن تعيينها بسهولة لأنها في كثير من الأحيان تتوارى خلف عدم الانتظام المعتاد في درجة حرارة الجو الناتجة من كثير من التغيرات الطبيعية التي تحدث في الجو. وقد تمت دراسة العلاقة بين التغيرات في درجة حرارة جو الأرض ومستوى سطح البحار خلال قرن من الزمان في المدة من عام ١٨٨٠ إلى عام ١٩٨٠ ووضعت القياسات المختلفة على شكل منحنيات، وتبين من هذين المنحنيين أن هناك زيادة تدريجية في مستوى سطح البحر مع ارتفاع درجة حرارة الجو في الفترة من عام ١٨٨٠ إلى عام ١٩٤٠ تقريباً. ومن الملاحظ أنه قد حدث بعد ذلك انخفاض نسبي في درجة حرارة الجو في الفترة من عام ١٩٤٠ إلى عام ١٩٦٠ تقريباً ومع ذلك فقد استمر سطح البحر في الارتفاع التدريجي خلال هذه الفترة. ويرى بعض العلماء أن مثل هذه النتائج قد تلقي ظلالاً من الشك على وجود علاقة مباشرة بين ارتفاع درجة حرارة الجو وارتفاع مستوى سطح البحر ولا بد من أن هناك عوامل أخرى طبيعية مثل نشاط الشمس تتدخل في هذه العلاقة بصورة أو بأخرى.
14. ويمكننا أن نستخلص من كل هذه الدراسات أن هناك زيادة مضطربة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو ويتسبب ذلك في زيادة درجة حرارة جو الأرض بشكل واضح وقد يكون له أثر ملموس وخطير في السنوات القليلة القادمة وقد ينتج من ذلك انصهار جليد القطبين وارتفاع مستوى سطح البحر بشكل كبير يؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي وقد يغير التركيب الطبيعي لسطح الأرض، ويسبب ضرراً بالغاً للإنسان وحضارته لا يمكن إصلاحه إلى الأبد.