

## حرق الوقود والتلوث البيئي

دخل الإنسان عصر التلوث البيئي عندما عرف النار واهتم بها في التدفئة وطهي الطعام ، وكانت الأحطاب والأخشاب هي وقودهم ومصدر نيراهم . ومن متخلفات الحريق يتكون غازى ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون ، بالإضافة إلى بعض أكاسيد الكبريت والنتروجين والرماد ، وغير ذلك من ملوثات البيئة ، إلا أن أعداد الإنسان خلال آلاف السنين الأولى لاستيطان الإنسان لوجه الأرض ، لم تكن بالكثرة التى تؤدى إلى ظهور آثار ملموسة لتلويث بيئة الأرض ، ولكن من المحتمل أن يكون قد ظهر على الأفراد آثار للتلوث فى بيئاتهم الأولى عند حرق الأحطاب والأخشاب داخل الكهوف التى سكنوها بعيداً عن برودة الجو الخارجى وهروباً من الحيوانات المتوحشة ، دون أن يدركوا أنذاك معنى التلوث .

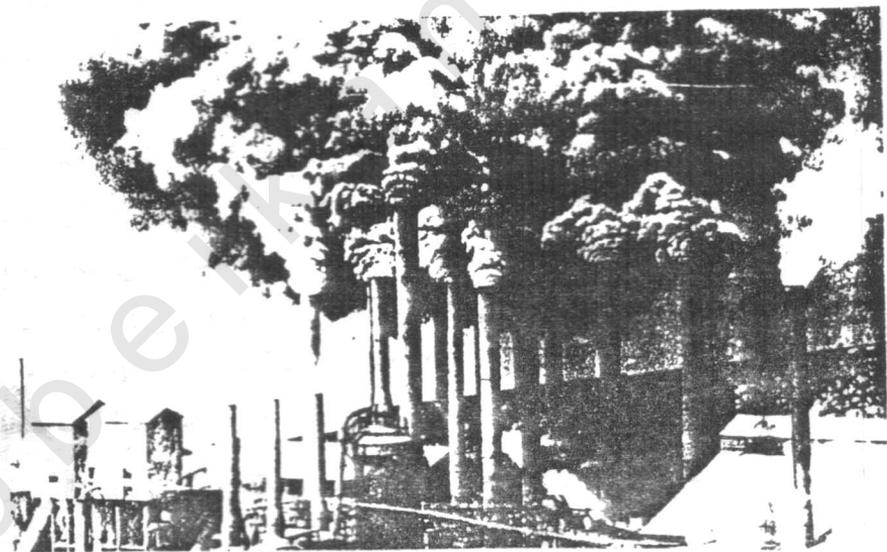
مع التوسع الحديث فى استخدامات الطاقة ، ومع كثرة الهجرة إلى المدن ومع إزدياد النشاط السكانى والصناعى بها ، ظهرت نواتج احتراق الوقود وبدأت الشكوى من آثار التلوث ، فمع احتراق الخشب والفحم ظهرت آثار التلوث من أول أكسيد الكربون ونتجت عنه بعض حالات التسمم المؤدية إلى الوفاة خاصة فى الأماكن المغلقة ، كما حدثت حالات اختناق عن التلوث الشديد لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الأماكن المنخفضة المحصورة حيث يحل هذا الغاز محل أكسوجين الهواء نظراً لتقل ثانى أكسيد الكربون مقارنة بالأكسوجين . ومع تسيير القطارات البخارية والتى كانت تعتمد فى تسييرها على وقود الفحم ، بدأت شكوى المزارعين والأهالى على جانبى خطوط السكك الحديدية . . . . فمن آثار ضارة بصحة الإنسان والحيوانات المزرعية . . . إلى آثار أخرى ضارة بالمزروعات . . إلى أضرار على المبانى ، نتيجة لتصاعد الدخان ، بما يحمله من نواتج الاحتراق ، من مدلخن القطارات . ونتيجة للأتربة المتصاعدة بفعل حركة القطارات ، إضافة إلى ما تحدثه تلك القطارات من حوادث وضوضاء وإزعاج . يعزى معظم التلوث الجوى الناتج عن إستخدام الوقود فى الوقت الحالى إلى وسائل المواصلات .

إن معظم مصادر الطاقة المستخدمة منذ إكتشاف النار فى قديم الزمان وحتى عصرنا الحالى ، إما طاقات بيولوجية حديثة متجددة ناتجة عن حرق الأحطاب والأخشاب ، أو طاقات حفرية غير متجددة نتجت عن أحياء عاشت على الأرض منذ ملايين السنين ، ثم دفنت فى باطن الأرض ، ثم تحولت إلى وقود حفري يشمل الفحم الحجرى والبتروول والغازات الطبيعية .

وأثناء إحتراق الوقود البيولوجى أو الحفرى فإنه يستهلك جزء من أكسوجين الجو فى أكسدة ما بالوقود من كربون وكبريت و نتروجين وغيرها من العناصر ، ومع ذلك فإنه لا يخشى من حدوث نقص فى أكسوجين الهواء الجوى يضر بصحة الإنسان أو بغيره من الأحياء ، إلا فى الأماكن المغلقة ، إذ أنه من المحسوب أن الهواء الجوى يحتوى على 250 ألف طن من الأكسوجين لكل إنسان حى ، وأن إحتراق جميع الوقود الحفرى فى العالم سيقفل الأكسوجين بمعدل 0.7 % ، وبذلك يتبقى لكل شخص 248 ألف طن ، وذلك بفرض ثبات أعداد سكان الأرض . وكما هو متوقع فإن الزيادة فى غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو الناتج عن إحتراق الوقود سوف يتسبب عنه زيادة فى قدرة النبات على القيام بعملية التمثيل الضوئى مما يتوقع معه حدوث زيادة فى معدلات النمو النباتى وزيادة فى إستهلاك غاز ثانى أكسيد الكربون وزيادة فى إنتاج الأكسوجين وتعويض العجز فيه ، ولهذا فالنتيجة المحتملة هى ثبات كمية غاز الأكسوجين بالجو .

الغاز الرئيسى الناتج عن إحتراق الوقود هو غاز ثانى أكسيد الكربون ، لكن بجانبه تنتج غازات أخرى بمعدلات أقل ، منها أول أكسيد الكربون الذى ينتج عن الأكسدة غير الكاملة للكربون ، ومنها أكاسيد كبريتية وأكاسيد نتروجينية ، وعناصر أخرى تشمل الزرنيخ والرصاص والكادميوم والزنبق والسليينيم والموليبيدينم .

هذا ، وتحدث الغازات والعناصر الناتجة عن إحتراق الوقود أضراراً عامة على مستوى الكوكب الذى نعيش عليه ، وهى التسخين الشامل أو ما يعرف بظاهرة الصوب الزجاجية *greenhouse effect* ، والأمطار الحامضية ، بالإضافة إلى ثقب الأوزون والذى تشارك فى إحداثه بعض الكيماويات المخلفة حديثاً . كذلك فإن حرق الوقود يسبب أضراراً أخرى على المستوى المحلى .



شكل 14 مداخن المصانع تنطلق منها العديد من ملوثات الجو

## ثانى أكسيد الكربون والتسخين الشامل

العنصر الأساسى المشترك فى تركيب الوقود هو الكربون ، فالأحطاب والأخشاب تتكون أساساً من عناصر الكربون والإيدروجين والأكسوجين ، والبتروول والغازات الطبيعية تتركب أساساً من عنصرى الكربون والإيدروجين ، أما الفحم فالمكون الأساسى له هو الكربون . لذلك فإن الناتج الأول عند الإحتراق التام لأى من أنواع الوقود هو غاز ثانى أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) الذى ينتشر فى الجو . كان تركيز هذا الغاز بالجو قبل الثورة الصناعية ، أى قبل التوسع فى إستخدام الفحم حوالى 0.027% ثم إرتفع إلى حوالى 0.03% فى أوائل الخمسينات من هذا القرن ، ثم إلى حوالى 0.035% سنة 1980 .

كما وجد أن إرتفاع معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو تتسبب فى إرتفاع درجة حرارة الجو ، ذلك أن هذا الغاز شفاف تماماً بالنسبة للضوء المرئى والأشعة فوق البنفسجية ، فيسمح بذلك لضوء الشمس بالمرور خلاله حتى يصل إلى سطح الأرض مسبباً إرتفاع درجة الحرارة . فى المساء عند برودة الجو تتبعث من سطح الأرض بعض الإشعاعات الحرارية التى تقع ضمن نطاق الأشعة تحت الحمراء . تلك الأشعة تحت الحمراء المرتدة من الأرض يحجبها ويحد من مرورها إلى الفضاء الخارجى وجود غاز ثانى أكسيد الكربون ، وبهذا تحفظ الأرض حرارتها وتمنع تبددها فى الفضاء . إزدياد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون عن معدلاتها الطبيعية تؤدى إلى إرتفاع كفاءة الغلاف الجوى فى حفظ حرارة الشمس مما يتسبب فى إرتفاع درجات حرارة الجو عن معدلاتها ، محدثة تأثيراً حرارياً يشبه ما يحدث فى الصوب الزجاجية .

تقدر الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الوقود الحفرى بحوالى 0.2% سنوياً . ويعتقد أن نصف هذه الزيادة تمتصها مياه المحيطات وتأخذها النباتات فى نشاطها المستمر لتكوين المادة العضوية . توجد عوامل أخرى ساعدت وسوف تساعد على الإزدياد المستمر فى معدلات ثانى أكسيد الكربون بالجو ، من

ذلك التقليل الزائد لأشجار الغابات لمقابلة التوسع في إنشاء المدن والمصانع والطرق والتوسع في زراعة المحاصيل لسد جزء من الفجوة الغذائية الناتجة عن الإزدياد السريع في أعداد سكان الأرض . كذلك فإن الرعي الجائر أدى إلى زحف الصحراء ، وقد أصبح ذلك جلياً في الدول الإفريقية الملاصقة للصحراء الكبرى . في أحد تقديرات هيئة الأمم المتحدة نكر أن ما يزيد عن 11 مليون هكتار (26.2 مليون فدان) من الغابات تنمر سنوياً وأن ستة ملايين هكتار (14.3 مليون فدان) من المراعى تتحول سنوياً إلى أراضي صحراوية ، ويتم معظم ذلك في المناطق الحارة مما يتسبب في قلة سحب غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو وزيادة معدلاته . هذا إضافة إلى التوسع الصناعي الذي يعتمد على الطاقة الناتجة من حرق الوقود . ولا ننسى في هذا المجال عوالم ما يقرب من مليار من السيارات والشاحنات والدراجات البخارية تجرى على سطح الأرض وتحرق يومياً عدة ملايين من لترات الوقود . وقد وجد أن معدل ما تقذفه السيارة الخاصة المتوسطة للحجم حوالى 60 متر مكعب من غازات العوالم في الساعة الواحدة .

يتوقع مع التوسع الحادث في حرق الوقود المصاحب للتقدم الصناعي والتكنولوجى ، ومع الإتجاه العالمى لإزالة الغابات ومع الرعى الجائر وتقليل الغطاء الأخضر ، حدوث زيادة مستمرة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو . تقدر الزيادة السنوية في الغاز بحوالى 0.6 جزء في المليون . ومن حيث لكم قد زادت كميات الغاز المنطلقة إلى الجو من حوالى 6000 بليون طن سنة 1950 إلى ما يقرب من 18000 بليون طن سنة 1980 ، أى أن المنطلق من الغاز تضاعف ثلاثة مرات خلال الثلاثين عاماً على مستوى الكرة الأرضية ، لكن معدلات زيادة هذا الغاز اختلفت في مناطق العالم المختلفة ، ففي حين تضاعف الناتج من غاز ثاني أكسيد الكربون في أمريكا الشمالية نجد أنه قد تزايد كثيراً في البلاد النامية خلال نفس الفترة فأصبح سبعة أمثاله سنة 1980 مقارنة بسنة 1950 .

فى ضوء الزيادة المستمرة فى إنبعاث غاز ثائى أكسيد الكربون بالجو يتوقع البعض زيادة فى حرارة الجو تقدر بحوالى 1.5 - 3.0 °م فى كل قرن من الزمان ، تزداد عن ذلك عند القطبين ونقل عند المنطقة الإستوائية . وفى آخر تقدير أجرى سنة 1970 وجد أن تضاعف غاز ثائى أكسيد الكربون بالجو عن معدله الحالى سوف يتسبب فى ارتفاع متوسط درجة حرارة جو الأرض بحوالى 3.6 °م ، ويختلف مقدار التسخين المتوقع حسب الموقع فالحد الأدنى للتسخين سيكون فى المناطق الإستوائية والحد الأعلى للتسخين سيكون فى المناطق القطبية .

يرى بعض المتفائلين أن المستوى الحالى لغاز ثائى أكسيد الكربون بالجو يجعل الجو غير منفذ للإشعاعات تحت الحمراء ، مما يعتقدون معه بأن لية زيادة أخرى فى نسبة الغاز لن يكون لها تأثير حرارى يذكر على حرارة الجو . وعلى العكس من المتوقع فإن علماء الطقس اتفقوا فى الراى فى مؤتمرهم بمدينة بون سنة 1974 على أن حرارة الجو متجهة إلى الإنخفاض نظرا لأننا مقدمون على عصر جليدى جديد يستمر لمدة 90 ألف سنة وسيؤدى ذلك إلى إنخفاض منسوب مياه المحيطات والبحار .

ويرى أصحاب الراى المتشائم ، والذين يؤمنون باستمرار الإرتفاع فى حرارة الجو طالما أننا مستمرين فى حرق الوقود ، أن مخاطر التسخين الشامل يجب أن يكون حافزا على تحديد إستخدامنا للوقود الحفرى ، قد كان تركيز غاز ثائى أكسيد الكربون حوالى 270 جزء فى المليون قبل النهضة الصناعية ، ومن المتوقع أن يزيد عن 560 جزء فى المليون فى النصف الثانى من القرن الواحد والعشرين ، مما سوف يتسبب فى تمدد مياه البحار والمحيطات كما سيتسبب فى إبسالة جزء من جبال الجليد بالقطبين وسوف يؤدى ذلك إلى حدوث إرتفاع فى سطوح البحار والمحيطات بحوالى 25 إلى 140 سم ، مما سوف يتسبب فى إغراق كثير من السواحل والأراضى المنخفضة .

إقراراً للواقع فإن مسنولية التسخين الشامل لجو الكرة الأرضية لا يقع فقط على إنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون وتزايدده فى الجو ، بل هناك غازات أخرى بعضها طبيعية والبعض مصنع تساهم فى هذا المجال ، من ذلك غاز الأوزون الموجود فى الهواء الجوى قريبا من سطح الأرض وغازى الميثان وأكسيد النتروز ، ومنها الغازات المصنعة من مجموعة الكلوروفلوروكربونات التى تستخدم فى أجهزة التبريد والتكييف وفى صناعة البلاستيك وفى الرش الرذاذى فى صورة إيروسولات وفى تنظيف الأجهزة الإلكترونية الدقيقة . بالرغم من أن قدرة للمركبات الكلوروفلوروكربونية على منع الفقد الحرارى أقوى من قدرة غاز ثانى أكسيد الكربون بعشرة آلاف مرة ، إلا أن كميات غاز ثانى أكسيد الكربون المنبعث فى الجو تزيد عن كميات الكلوروفلوروكربونات بخمسة وثلاثين ألف مرة ، ولهذا فإن 50- 55 % من التأثير الصوبى ، أى التسخين الشامل ، ناتج عن الزيادة فى إنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون ، فى حين أن مركبات الكلوروفلوروكربونات تساهم فى 14 % من التأثير الصوبى ، كما يساهم غاز الميثان فى 15 - 18 % وأكسيد النيتروز فى 6 - 7 % من للتأثير الصوبى ، وتساهم غازات أخرى فيما تبقى من التأثير الصوبى .

يوجد إعتقاد راسخ بأنه لولا وجود ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء والأوزون طبيعيا فى الجو ، وكذلك بعض الغازات الأخرى ، ولتى تعتبر مصائد للإشعاعات الحرارية المرتدة من الأرض لكان جو الأرض شديد للبرودة ولغطى سطح الأرض بالثلوج . لهذا فإن الخاصية للصوبية للغلاف الجوى تعتبر علامة صحية . وقد قدر العلماء أن متوسط حرارة الكرة الأرضة هو 15 °م فى وجود تلك للغازات ، أما فى حالة غياب الغلاف الجوى فإن حرارة الجو ستكون -18 °م . لماذا ، إذن نعتبر التأثير الصوبى لتلك الغازات من المشكلات البيئية ؟ الإجابة على ذلك ، هو أننا زدنا وأسرعنا من درجة التأثير الصوبى .

## أول أكسيد الكربون ، الغاز السام

يتكون أول أكسيد الكربون (CO) عندما يكون غاز الأوكسوجين الموجود حول الوقود المشتعل غير كاف لإحداث أكسدة كاملة للكربون . ليس من الضروري لى يتكون هذا الغاز السام أن يكون الوقود حطبا أو فحما ، بل قد ينتج عن الإحترق غير الكامل للبتروول أو الكحول أو الشمع أو غازات البتروول أو روث الحيوانات أو مخلفات الحدائق أو المنازل أو عند حرق القمامة ، فأى مادة عضوية أو ذات أصل عضوى تحرق للتدفئة أو الإنارة أو للطهى أو للصناعة لابد وأن تعطى أكاسيد الكربون بجانب غازات أخرى قد تتبعث نتيجة لوجود عناصر أخرى بالوقود .

يتكون جزئى غاز أول أكسيد الكربون من ذرة أكسوجين متحدة مع ذرة كربون . ومن المعروف أن غاز الأوكسوجين المكون لخمس الهواء الجوى هو العنصر الضرورى لتنفس النباتات والحيوانات ، كما أن عنصر الكربون يعتبر جزء أساسى وحيوى فى تكوين وتركيب أجسام كافة أحياء الأرض ، فلا يوجد كائن حى أو مركب عضوى سواء كان كربوايدراتى أو دهنى أو بروتينى أو غيرها كالأنزيمات أو الهرمونات أو الأوكسينات أو الصبغات لا يدخل فى تركيبه عنصرى الكربون والأوكسوجين . وبالرغم من أن كل من عنصرى الكربون والأوكسوجين ضرورين للحياة إلا أنهما عند إتحادهما لتكوين أول أكسيد الكربون يصبحان فى تلك الصورة سما فتاكا مييدا للحياة . ولعلنا نستعيد ذكر الحالات التى كثيرا ما حدثت فى الماضى عندما كنا نشعل مواقد الفحم فى الحجرات المقفلة خلال أشهر الشتاء البارد طلبا للدفىء ، مما كان ينتج عنه تفاعل إتحادى بين كربون الفحم الموجود بالموقد مع أكسوجين جو الغرفة ، مكونا فى المبدأ غاز ثانى أكسيد الكربون فتزداد نسبته فى جو الغرفة ، فى نفس الوقت الذى يستهلك فيه جزء من أكسوجين الغرفة بفعل حرق الوقود وتنفس الموجودين بالغرفة . بتوالى التناقص فى الأوكسوجين تحدث أكسدة غير تامة لكربون الفحم فيتكون غاز أول أكسيد الكربون السام . ترجع خطورة هذا الغاز السام إلى كونه عديم اللون والرائحة فيتسلل إلى الرئتين دون إحساس من

الجالسين حول الموقد ، فيحدث التسمم والانتقال من دار الفناء إلى دار البقاء في يسر وهدوء . في الوقت الحالي كثيرا ما تطالعنا الصحف عن حالات مماثلة نتجت عن استخدام البوتاجاز أو غاز المدن في الحمامات والمطابخ .

يرجع معظم تلوث جو المدن بغاز أول أكسيد الكربون إلى احتراق الوقود في وسائل النقل الحديثة ، ويعزى ذلك إلى أن إحتراق الوقود عند السير داخل المدن يكون غير كامل ، نتيجة لعدم ثبات السرعة وللتوقف المتكرر عند الإشارات الضوئية وعند ازدحام حركة المرور ، بالإضافة إلى عدم كفاءة أو ضبط محركات بعض السيارات ، في حين أنه عند سير السيارات في الطرق السريعة خارج المدن يكون إحتراق الوقود كاملا حيث تكون سرعة السيارات ثابتة تقريبا .



شكل 15 · إزدحام حركة المرور في المدن تعرض السائقين والراكبين والمشاة وسكان المنطقة للنواتج الضارة الناتجة عن الإحتراق غير الكامل لوقود السيارات

تكمّن خطورة أول أكسيد الكربون في إحدائه لعجز أكسوجيني بجسم الإنسان ، ولكي نوضح ذلك يجب أن نتعرف على دورة الدم بالإنسان . يجرى الدم محملا بكرات الدم الحمراء في العروق الدموية المنتشرة في كافة أجزاء جسم الإنسان ، وذلك في جولات مستمرة تبدأ من القلب الذي يضخ الدم إلى الرئتين ، حيث يتم تنقيته من حمولته من غاز ثاني أكسيد الكربون ثم تحميله بغاز الأكسوجين . يعود الدم النقي المحمل بغاز الأكسوجين من الرئتين إلى القلب ، ومن القلب يعاد ضخه بالشرابين إلى مختلف أجزاء الجسم حيث يوزع حمولته من الأكسوجين ويحمل بدلا منه غاز ثاني أكسيد الكربون ليعود به عن طريق الأوردة إلى القلب فالرئتين . تستغرق الدورة الكاملة للدم أقل من دقيقتين ، يضخ القلب خلالها حوالي 5 لتر دم كل دقيقة في حالة السكون ، وخلال تلك الدقيقة ينبض قلب الشخص البالغ الطبيعي 76 نبضة تستمر ليلا ونهارا طوال حياة الإنسان .

يحدث العجز الأكسوجيني بجسم الإنسان عند وجود غاز أول أكسيد الكربون بالجو ، فوصوله إلى الرئتين أثناء عملية الشهيق يتسبب في حدوث اضطراب في وظيفة هيموجلوبين الدم ، فبدلا من قيام الهيموجلوبين بالتخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون في الرئتين ثم حملة للأكسوجين ، نجد أن الهيموجلوبين بعد تخلصه من غاز ثاني أكسيد الكربون يعطى الأفضلية لغاز أول أكسيد الكربون فيحملة بدلا من الأكسوجين مكونا لمركب كربوكسي هيموجلوبين *carboxyhaemoglobin* . تعود كرات الدم الحمراء المحملة بالمركب الجديد من الرئتين إلى القلب ، ثم توزع على أنسجة الجسم المختلفة حتى تصل إلى الشعيرات الدموية ، وعندها يتخلص الهيموجلوبين من حمولته من الأكسوجين ، في حين أن الكربوكسي هيموجلوبين يصعب عليه التخلص مما به من غاز أول أكسيد الكربون فيعود محملا به إلى القلب فالرئتين بعد أن فقد قدرته على نقل الأكسوجين ، مما يتسبب في فقد الإنسان الذي استنشقه بعضا من غاز أول أكسيد الكربون جزءا من كفاءته التنفسية . تزداد الخطورة مع طول مدة التعريض لهذا الغاز ، خاصة إذا علمنا أننا نتنفس بمعدل 16 مرة في الدقيقة ، ولا يتوقف ذلك إلا بالوفاة .

يعتقد أن كفاءة الكبد تلعب دوراً كبيراً في تحديد قدرة الإنسان على تحمل انخفاض نسبة الأوكسجين أو لارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون في الجو ، وبالتالي في تحديد كفاءة تنفس الإنسان . ففي حالة وجود نقص في وظائف الكبد نتيجة للإصابة بمرض التهاب الكبد الوبائي hepatitis مثلًا ، أو لتأثير بعض المواد السامة يظهر ذلك واضحا على الكفاءة النفسية للإنسان في حالة حدوث زيادة في أول أكسيد الكربون بالجو أو حدوث نقص في أوكسجين الجو ، مقارنة بالأشخاص الأصحاء كبديا عند تعرضهم لمثل هذه الظروف . يعزى ذلك إلى الدور الرئيسي الذي يلعبه الكبد في تجهيز وتخزين مغذيات المخ ، فالكبد المصاب لا يستطيع توفير متطلبات المخ والجهاز العصبي بالسرعة اللازمة مما يتسبب معه حدوث حالات إغماء أو تسمم .

يختلف الأشخاص في مدى تحملهم للعجز في أكسجين الدم ، ويتضح ذلك من حادثة حدثت بفرنسا في السبعينات من القرن التاسع عشر . ركب ثلاثة علماء بالوناً صعد بهم في الجو ، فما أن وصل البالون إلى ارتفاع 25 ألف قدم حتى فقد العلماء الثلاثة وعيهم نتيجة للنقص في الأوكسجين للجوى . مرت فترة من الوقت بعدها استرد أحد العلماء وعيه ملاحظاً أن زميله في حالة إغماء وأن للبالون في حالة هبوط . أراد العالم أن يزيد من سرعة الهبوط ، لكن تقديره للأمور كان قد إختل فأسقط من البالون بعض الأتقال مما تسبب في تغيير إتجاه حركة البالون من الهبوط إلى الصعود ، فأدى ذلك إلى فقد العالم لوعيه ثانية . إنقضت ساعة ، بعدها إسترد العالم وعيه للمرة الثانية وكان البالون في حالة هبوط سريع ، واستمر في ذلك حتى وصل إلى سطح الأرض بعد أن تم فقد عالمين نتيجة لعجز أكسوجيني .

يمكن ترتيب الأشخاص حسب درجة حساسيتهم لنقص أكسوجين الدم عند تعرضهم لغاز أول أكسيد الكربون كالاتي : الأجنة أكثرهم حساسية ، يليهم في ذلك حديثي الولادة ثم الحوامل ثم مرضى الكبد ثم كبار السن وأخيراً الشباب الأصحاء .

يمكن القول بوجه عام أن العوامل التي تزيد من سرعة التنفس كما في حالات الحمى و فقر الدم وزيادة النشاط الرياضي أو النشاط الزائد بصفة عامة تعجل من الفترة اللازمة لظهور التسمم بأول أكسيد الكربون . وكثيرا ما تختلط أعراض التسمم بأول أكسيد الكربون مع أعراض التسمم الغذائي ، خاصة أن كلامن التسممين يحدثان غثيانا ورغبة في القيء ويؤديان إلى الإختناق .

تتوقف درجة التسمم بغاز أول أكسيد الكربون على معدلات وجوده في الجو ، وعلى مدة التعريض له وعلى درجة حساسية ونشاط الشخص المعرض له . وعموما يمكن القول بأن الحد الأقصى المسموح به في الجو هو 35 جزء في المليون ولمدة ساعة ، فإذا زاد التركيز أو زاد زمن التعريض قد يحدث الضرر . وقد أكدت الدراسات أن تركيز هذا الغاز يزيد عن ذلك في الأماكن المزدحمة بالسيارات بالمدن وخاصة عند إشارات المرور ، مما يجعل رجال شرطة المرور معرضين لأضرار زيادة هذا الغاز . وقد وجد أن التعرض لجو به 500 جزء في المليون من هذا الغاز ولمدة ساعة يتسبب في تحول حوالي 20 % من هيموجلوبين الدم إلى كربوكسي هيموجلوبين ، متسببا في حدوث صداع خفيف ، وأن إطالة مدة التعريض أو زيادة نشاط الشخص أثناء ذلك يتسبب في زيادة إرتفاع نسبة الكربوكسي هيموجلوبين . ويؤدي إرتفاع نسبة الكربوكسي هيموجلوبين بالدم إلى 50 % إلى حدوث صداع وغثيان وزيادة في سرعة التنفس وآلام بالصدر وسوء تقدير للأمر مع قلة الإحساس بالأطراف وترنح في المشى ، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث إغماء مع تلون للشفاه بلون أحمر لو أزرق . إذا زاد إرتفاع نسبة أول أكسيد الكربون ووصل إلى 750 - 1000 جزء بالمليون فإن ذلك يمثل خطورة كبيرة قد تؤدي إلى الموت نتيجة لتأثيرها على مركز للتنفس بالمخ وتوقف التنفس . مما سبق يتضح لنا الخطورة الناتجة عن إطالة مدة تشغيل السيارة داخل جراج صغير سيئ التهوية .

يعتقد البعض في إستمرارية الضرر الناشئ عن التعرض لغاز أول أكسيد الكربون حتى بعد زوال التعرض إليه ، فبعض الأشخاص من رجال المرور وساكنى الأماكن المزدحمة بحركة المرور والسائقين يحدث لهم تسمم مزمن من هذا الغاز فتكون نسبة الهيكوجلوبين المتحدة مع أول أكسيد الكربون لديهم تمثل حوالى 5% من مجموع هيموجلوبين الدم . ومن أعراض هذا التسمم للمزمن للضعف العام والصداع والدوخة والغثيان .

نكر دريسباك Dreisbach في كتابه عن التسمم سنة 1964 أنه بالرغم من عدم اعتقاده بحدوث تأثير تراكمى لغاز أول أكسيد الكربون بجسم الإنسان ، إلا أن تكرار التعرض لهذا الغاز يتسبب عنه تلف فى الجهاز العصبى المركزى يتضح أثره فى الأعراض الآتية :

- 1 - قلة حساسية الأصابع .
- 2 - ضعف فى الذاكرة .
- 3 - ضعف فى القدرة الذهنية .
- 4 - ظهور أعراض رومبرج Romberg والتي تظهر فى تأرجح الجسم عند الوقوف والإقدام متلاصقة والعيون مغلقة .

## ثانى أكسيد الكبريت والأمطار الحامضية

يوجد غاز ثانى أكسيد الكبريت طبيعياً فى الجو حيث يدخل ضمن الغازات الناتجة عن ثورة البراكين ، وتقل معدلات هذا الغاز كثيراً بالجو ويكاد أن يكون نادر الوجود ، بعيداً عن مناطق البراكين النشطة ما لم تكن تلك الأجواء معرضة للتلوث بهذا الغاز الناتج عن إحتراق الوقود أو النشاط الصناعى .

يعتبر الفحم هو الملوث الأساسى بهذا الغاز ، لهذا فإنه يكثر وجوده ملوثاً للجو حيث يحرق الفحم سواء فى الصناعة أو توليد الكهرباء أو فى الأغراض المنزلية . كذلك فإن بعض الزيوت المعدنية تحتوى على كبريت ، يتأكسد بالإحتراق إلى ثانى

أكسيد الكبريت • يحتوى غاز المدن على نسب ضئيلة من غاز كبريتيد الإيدروجين وهو غاز سام كبريه الرائحة ، يتحول عند الإحتراق إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت • يتولد هذا الغاز أيضا عند حرق الأحطاب وروث الماشية •

غاز ثانى أكسيد الكبريت غاز سام نفاذ كاوى مهيج ، إستخدمه الألمان كغاز سام فى الحرب العالمية الأولى • يحدث هذا الغاز تهيجا للخلايا الطلائية للقصبه الهوائية والتهابات فى الحنجرة والبلعوم ، كذلك فإنه يحدث تهيجا فى الغدد الدمعية متسببا فى شدة إدماعها ، كما يحدث إحتقانا فى الأنف وزيادة فى إفرازاته • تزداد خطورة هذا الغاز بالنسبة لمرضى الجهاز التنفسى فهو مهيج للرننتين ويلعب دورا مساعدا فى الإصابة بالنزلات الشعبية ، ويعمل على زيادة الإصابة بالربو وضيق التنفس •

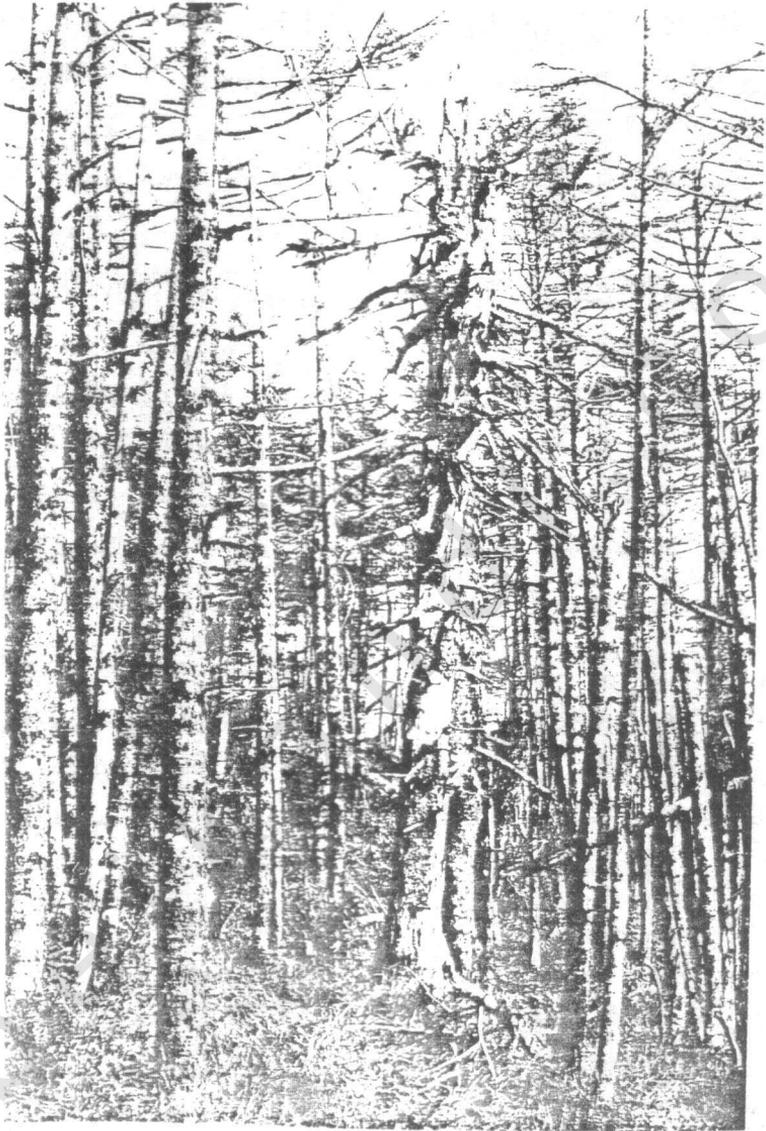
يتحول غاز ثانى أكسيد الكبريت فى الجو إلى غاز ثالث أكسيد الكبريت الذى يتحد مع الماء مكونا حمض الكبريتيك ، كما أن غاز ثانى أكسيد الكبريت يتفاعل مع الماء مكونا حمض كبريتوز الذى يتأكسد بسهولة فى الجو إلى حمض كبريتيك • يساعد إرتفاع نسبة حمض الكبريتيك بالجو على حدوث ظاهرة الضبخن\* والتى تحدث عند شدة إرتفاع رطوبة الجو فى أجزائه السفلى مكونا ضبابا كثيفا محملا بالدخان الناتج عن عوادم السيارات ومداخل المصانع والمنازل القاذفة لنواتج إحتراق الوقود • يصبح الجو مظلما شديد التلوث محملا بمواد هيدروكربونية بعضه من النوع الحلقى المسرطن مثل البنزبيرين benzpyrene وغازات سامة مختلفة • ظهر الضبخن بلندن خلال ديسمبر سنة 1952 بدرجة كثيفة ، إرتفع حلالها التلوث الكبريتى بالجو إلى عشرة أمثاله فى الأوقات العادية ، وتسبب خلال ثلاثة أيام فى وفاة حوالى أربعة آلاف شخص يعادلون أربعة أمثال أعداد الوفيات فى الظروف الطبيعية ، علما بأن التركيز المسموح به من غاز ثانى أكسيد الكبريت بالجو يتراوح من 3 - 10 أجزاء فى المليون •

\* الضبخن smog ، كلمة مكونة من كلمتى الضباب fog ، والدخان smoke ، والبعض يعرفها بالضباب الدخانى •

من الممكن معالجة الوقود لإزالة ما به من كبريت ، ولكن فضل البعض فى المصانع الكبيرة بناء مداخن شديدة الارتفاع تنفث ما بها من غازات وخاصة ثانى أكسيد الكبريت على إرتفاعات عالية فى الجو ، حيث تقوم الرياح بتشتيتها ونقل ما بها من ملوثات من أماكن إنتاجها إلى أماكن أخرى حيث تسقطها المطار أو الثلوج . وقد أدى ذلك إلى حدوث تحسن ملموس فى جو تلك المدن الصناعية التى أنشأ بمصانعها المداخن عالية الارتفاع ، لكن تسبب ذلك فى نقل التلوث ، بواسطة تيارات الهواء والسحب ، من أماكن إنتاجها إلى أماكن أخرى بعيدة .

فى الأجواء العليا ، حيث تتبعث عوادم الصناعة عبر المداخن المرتفعة ، تتحول كثير من الغازات الناتجة عن حرق الوقود والتفاعلات للكيماوية الناتجة عن عمليات التصنيع ، بتفاعلها مع بخار الماء إلى أحماض فتتحول الأوكاسيد الكبريتية إلى حمضى الكبريتوز والكبريتيك ، كما تتحول الأوكاسيد النتروجينية إلى حمضى النتروز والنتريك ، ويتحول ثانى أكسيد الكربون إلى حمض الكربونيك . بسقوط الأمطار أو الثلوج أو بتكون قطرات الندى ، وقد يحدث ذلك بعيدا عن مصادر التلوث ، فإنها تحمل معها تلك الأحماض إلى سطح الأرض ، عندئذ يحدث للضرر وخاصة فى البلاد الشمالية الباردة .

تظهر أضرار الأمطار الحامضية acid rain على التربة ، وعلى مياه الأنهار والبحيرات وأحيائها ، كما تظهر الأضرار على المزروعات والأشجار . تذيب الأمطار الحامضية عند تساقطها على التربة كثيرا من مركبات التربة نتيجة لتحويلها لبعض مركبات التربة غير القابلة للذوبان فى الماء إلى مركبات قابلة للذوبان فى الماء . يؤدي ذلك إلى إرتفاع تركيزات للعناصر الثقيلة كالرصاص والحديد والزنبق والكاميوم والألومنيوم والنحاس والكالسيوم فى ماء التربة . تحمل مياه التربة الحامضية أملاح تلك العناصر إلى المياه الجوفية والمصارف والبحيرات والأنهار ، متسببة فى حدوث أضرار جسيمة على أحياء التربة والمصارف والبحيرات والأنهار . بدءا من الستينات من القرن الماضى سجلت زيادات مطردة فى درجات الحموضة ببحيرات أوروبا وأمريكا الشمالية ، مما تسبب فى هلاك ونقص الأعداد الطبيعية للأسماك وغيرها من الأحياء البحرية .



شكل 16 : جفاف وموت اشجار غابة نتيجة لتساقط الأمطار الحامضية

تؤثر الأمطار الحامضية على نمو وإنتاجية كثير من المحاصيل والأشجار ، فقد ثبت أنها تقلل من إنتاجية القمح والأرز والذرة . بالنسبة للأشجار فقد قدرت الأضرار الناتجة عن الأمطار الحامضية على أوراق الغابات في ألمانيا سنة 1983 ، بحوالي 34 % ، إزدادت خلال عامين فصارت 50 % سنة 1985 ، في حين أنه لم تكن هناك دلائل على وجود أضرار من هذا النوع على الأشجار بصفة عامة في أوروبا سنة 1970 .

لا تقتصر أضرار الأمطار الحامضية وكذلك الهواء الجوى المحمل بتلك الأحماض الكاوية على الأحياء ، بل تتعداها إلى المباني والتماثيل والهياكل والمركبات المعدنية وأثاث المنازل والملابس ، مؤدية إلى حدوث تآكل في جدران المباني والتماثيل وصدأ في المواد المعدنية وتلف بالمنازل والأثاث والملابس مما يقلل من قيمتها .

## أكاسيد النيتروجين وثقب الأوزون

يدخل النيتروجين ضمن للتكوين العضوى للأحياء ، فهو أحد العناصر التى تتكون منها البروتينات ، لهذا فهو يدخل بنسب ضئيلة فى تركيب الأحطاب والأخشاب وروث الحيوان وأنواع الوقود الحفري . ينتج عن إحترق الوقود أكسدة عنصر النيتروجين وتكون لأكاسيد نيتروجين . تتفاعل لأكاسيد للنيتروجين مع الماء مكونة حمضى النتروز والنتريك ، والتى تساهم فى تكوين الأمطار الحامضية مع أكاسيد الكبريت حيث أن تلك الأكاسيد سهلة الإتحاد مع بخار الماء فى الجو وأن الأحماض الناتجة عنها أحماض قوية .

تحدث أكاسيد النتروجين أضرارا بالغة عند وجودها فى طبقات الجو العليا حيث تساهم مع غيرها من الغازات فى تفكك طبقة الأوزون\* التى تحجز الأشعة فوق البنفسجية ، وفى نفس الوقت فإن وجود الأكاسيد النتروجينية فى الطبقة السفلى من

\* تقع طبقة الأوزون على ارتفاع ما بين 15 - 35 كم فوق سطح البحر ، وهى ضمن طبقة الإستراتوسفير stratosphere . قلت كثافة الأوزون فى بعض المناطق فيما يعرف بثقب الأوزون لتساعد بعض الغازات وخاصة تلك المحتوية على هالوجينات وخاصة لمركبات الكلوروفلوروكربونية .

الغلاف الجوى نسبب فى حدوث إختزال ضونى لغاز ثانى أكسيد النتروجين وأكسدة بعض أكسوجين الجو حيث يتحول إلى غاز الأوزون ، لهذا يرتفع تركيز الأوزون بالجو خلال ساعات النهار وخاصة فى الجهات التى يحرق فيها الوقود مثل محطات القوى الكهربائية والمصانع ووسائل الإنتقال ، كما يقل تركيز الأوزون بالجو ليلا حيث يتفاعل مع غاز أول أكسيد النتروجين وينتج عن ذلك إختزال الأوزون ثانية إلى أكسجين .

يعمل الأوزون فى الجزء السفلى من الغلاف الجوى كغاز ملوث فهو غاز سام لونه أزرق باهت ، يحدث التهابات فى الأغشية المخاطية وإحتقان فى العيون ، كما يقلل من مقاومة الجسم لنزلات البرد ، ومن قدرة الرئتين على طرد الهواء متسببة فى إحتباس الهواء بالرئتين ، وكثيرا ما يؤدي ذلك إلى الوفاة عند زيادة تركيزه .  
التركيز المسموح به للأوزون 0.06 - 0.12 جزء فى المليون .

تسبب أكاسيد النتروجين تهيجا للأنف والعين كما تحدث التهابا فى الرئتين وإضطرابات فى التنفس . وتؤثر أكاسيد النتروجين وغاز الأوزون على الكثير من النباتات مثل العنب والمالح والخوخ والمشمش والدخان محدثة بقعا على الأوراق حيث تدمر البلاستيدات الخضراء المحتوية على الكلوروفيل ، وقد تتسبب فى حدوث إتفاف لحواف الأوراق .

الحدود المسموح بها لتركيز أكاسيد النتروجين بالجو تتراوح ما بين 3 - 10 أجزاء فى المليون .