المحاضرة الثانية

مصادر تلوث الهواء

هناك مصدرين رئيسيين لتلوث الهواء هما:

أولا- المصادر الطبيعية

هي المصادر التي لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها. جميع هذه المصادر الطبيعية عادة ما تكون محدودة في مناطق معينة تحكمها العوامل الجغرافية والجيولوجية ويعد التلوث من هذه المصادر متقطعا وموسميا ومن امثلتها:

1- غازات ثنائي أوكسيد الكبريت، فلوريد الهايدروجين، وكلوريد الهايدروجين، المتصاعدة من البراكين المضطربة.

2- أكاسيد النايتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.

3- كبريتيد الهايدروجين الناتج من تسرب الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيريا الكبريتية.

4- غاز الأوزون المتخلق ضوئيا في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

5- تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

6- الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية والمسطحات المائية.

7- حبوب اللقاح للنباتات.

8- الفطريات والبكتريا والميكروبات والجراثيم المختلفة التي تنتشر في الهواء سواءا أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الاطعمة والنفايات وتفسخ الحيوانات والطيور الميتة وفضلات الكائنات الحية.

9- المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ثانيا- المصادر غير الطبيعية

هي التي يحدثها الانسان او يتسبب في حدوثها، وهي اخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث ان مكوناتها اصبحت متعددة ومتنوعة واحدثت خللا في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في

التوازن البيئي. هذه المصادر عادة يمكن تخفيف الضرر الناتج عنها والتحكم بها والسيطرة عليها ويمكن تقسيمها الى:

1- المصادر المتحركة:

وتشمل وسائل النقل المختلفة مثل السيارات والمركبات والقطارات والطارات والسفن وغيرها حيث تطلق هذه الوسائل في الهواء المحيط العديد من الغازات والمواد الضارة بصحة الانسان والبيئة مثل غاز CO واكاسيد النتروجين واكاسيد الكبريت ومركبات الرصاص وغيرها.

2- المصادر الثابتة:

وتشمل المنشآت الصناعية المختلفة مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية، مصانع الاسمنت والاسمدة والاصباغ والمعادن ومصافي النفط وعمليات التعدين والصناعات المختلفة، ومدافن النفايات العضوية وغير العضوية ومحارق النفايات ..الخ. مثلا صناعة النفط تؤدي الى تلوث الهواء باكاسيد الكبريت والنتروجين والامونيا واول اوكسيد الكاربون وكبريتيد الهيدروجين.

ملوثات الهواء وتصنيفها

تصنف ملوثات الهواء الى صنفين رئيسيين هما الدقائقيات العالقة والملوثات الغازية.

أولاً: الدقائقيات Particulates :

يقصد بالدقائقيات هي المواد المنتشرة كافة سواء كانت دقائق صلبة أم قطيرات سائلة عالقة في الهواء. وتشكل الدقائقيات مجموعة واسعة من ملوثات الهواء وتكون معلقة في الهواء. وتتنوع أشكالها وتركيبها الكيماوي وتأثيراتها السمية أو الصحية بالاضافة الى حركتها وبقائها في الهواء. وهذه الدقائق لا يشترط فيها أن تكون قابلة للملاحظة او الرؤية بالعين المجردة فهي قد تكون أليافاً متناهية الدقة أو قطيرات ضبابية أو حبيبات لقاح الأزهار أو غبار صناعي أو طبيعي وغيرها. إن الغالبية العظمى من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري. أما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة وإنتاج الطاقة ومعامل إنتاج السمنت وطحن الحبوب وغيرها أو في المواصلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكربونية التي تدعى بالسخام Soot. او قد تصدر

من رش المبيدات في الحقول بخاصة عند استخدام الطائرات، فضلا عن عمليات الإنشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيره.

من أهم المجاميع الرئيسة للدقائقيات في الهواء هي:

1-الرمال Grit: هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن 500ميكرون.

2-الغبار الطبيعي Natural dust: هي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين 25-200 ميكرون. وهي من أكثر أنواع الدقائقيات في الهواء شيوعاً وانتشاراً ومصدرها طبيعي وهو من طبقات القشرة الأرضية المخلخلة والمعرضة إلى تيارات الهواء حيث تتطاير حال توفير الظروف المناخية الملائمة. وتساهم عمليات إزالة الغطاء الخضري مثل قطع الأشجار ورعي الحيوانات الجائر فضلاً عن حركة السيارات ووسائط النقل الأخرى في الطرق غير المعبدة، في توفير مزيد من المساحات من القشرة الأرضية المعرضة لتطاير دقائقها مع الرياح.

3-الدخان Smoke: هو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق لا يزيد قطرها عن 2 ميكرون، ويشكل الكربون غالبتها العظمى.

4-الهباء الجوي Aerosols: هي الدقائقيات الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها بصورة عامة عن واحد مايكرون.

5-الضباب Mist: يشمل الضباب كلاً من القطيريات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل أقطارها إلى 100مايكرون أحيانا.

6-السخام Soot: يتمثل بجزيئات الكاربون المتناهية الدقة.

7-الغبار الصناعي Artificial dust: يصدر من نشاط الصناعات المختلفة مثل صناعة الإسمنت والجبس وعند تقطيع أحجار المرمر لإنتاج قطع البناء وتقطيع جذوع الأشجار في إنتاج الخشب وغيرها مما يتسبب عنه تطاير كميات كبيرة من جسيمات دقيقة في الهواء.

8-حبوب اللقاح Pollen grains: يلاحظ في موسم الربيع تكثر جسيمات تنطلق من النباتات الزهرية التي هي حبوب اللقاح وتمتاز دقائقها بكبر حجمها وقد يتعرض بعض السكان إلى أعراض حالات من الحساسية الجلدية أو تورم العينين أو رشح الأنف وغيرها.

9- الضباب الدخاني او الضبخان Smog: هو شكل من اشكال تلوث الهواء وهو خليط من الدخان والضباب يتشكل فوق المدن والمناطق الصناعية، كان قديما يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة ينتج عن اختلاط الدخان بثنائي أوكسيد الكبريت SO_2 أما حاليا فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل اشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الاوزون، وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي Photochemical smog او ضباب لوس انجلوس او المعروف ايضا بضباب لندن London smog.

هناك نوعان من الضبخان:

النوع الأول هو مزيج من الجسيمات الدقيقة وأكسيد النيتروجين الناتجين من عادم احتراق الوقود الأحفوري في محركات المركبات والشاحنات ومحطات توليد الكهرباء والمصانع. النوع الآخر هو مركبات عضوية غير مستقرة من الأصباغ والمذيبات والمبيدات وكيماويات أخرى بالاضافة الى أن الجازولين وأنواع أخرى من البتروكيماويات والمذيبات تتبخر مباشرة إلى الغلاف الجوي لتزيد من كميات الأوزون. يمكن لهذا النوع من الضبخان أن يتكون في مختلف المناخات، إلا أنه يكون أسوأ في الأجواء الدافئة المشمسة. منذ أواخر القرن التاسع عشر كان الضبخان معلما من معالم الحياة في لندن. وفي 1952 تسببت موجة الضبخان الكبرى في إظلام سماء المدينة وموت 4000 شخص. في البداية ألقت الحكومة باللوم على وباء الزكام بدلا من الاعتراف بأن السبب الحقيقي كان دخان احتراق الفحم، إلا أن التشريعات كانت صارمة أدت إلى تحسين الوضع. وفقاً لوكالة حماية البيئة الأمريكية فإن الهواء يكون مضراً بالصحة إذا ما احتوى أكثر من 80جزءا في البليون (ppb) من الأوزون (وهو المكون الرئيس للضبخان)، أو أكثر من 53 جزءا في البليون من ثنائي أكسيد النيتروجين، أو أكثر من 80 جزءا في البليون من الجسيمات الدقيقة.

ثانياً: الملوثات الغازية Gaseous Pollutant وتشمل:

1- الهيدروكربونات Hydrocarbons:

تتكون الهيدروكاربونات من الهايدروجين والكاربون، وتعد الانواع المعروفة منها بالمئات وتوجد بشكل غازي او سائل او صلب. تكمن خطورت الهايدروكاربونات في تفاعلاتها مع الملوثات الاخرى بوجود ضوء الشمس والاوكسجين ومواد اخرى في الجو. من بعض الامثلة على مركبات هيدروكاربونية التي توجد في اجواء المدن مايلي:

غاز الميثان CH4: مصدره مصافي النفط ومصادر طبيعية من التفسخ البكتيري.

غاز الاثيلين: من مصافي النفط

البنزين: من مصافي النفط، العمليات الصناعية، المختبرات الكيميائية.

2- أحادي أوكسيد الكربون CO:

يتميز هذا الغاز بان ليس له لون او طعم او رائحة، ويوجد بالهواء الطبيعي غير الملوث عند تركيز لايزيد على 0.1 جزء من المليون. ينتج هذا الغاز بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود، وخصوصا في وسائل النقل وذلك لعدم توفر الاوكسجين الكافي للاحتراق، كما ان كمية هذا الغاز تتناسب عكسيا مع سرعة المحرك فعندما تكون السرعة 18 كم/ساعة فان نسبة غاز اول اوكسيد الكاربون قد تصل الى 5% من مجموع الغازات المنطلقة من العادم وعندما تصل السرعة الى 110 كم/ساعة تقل هذه الكمية لتصل الى حوالي ،2% مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز غاز CO داخل المدن عنه في الطرق الخارجية.

3- ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2:

هو احد مكونات الهواء الطبيعي إذ يصل تركيزه في الهواء غير الملوث 0.03% ولكن الزيادة الحادة في نسبته يؤدي الى تلوث الهواء، ينتج هذا الغاز من عمليات احتراق الوقود الاحفوري (فحم، بترول، غاز طبيعي) أو أي مادة عضوية أخرى كالخشب، ويؤكد العلماء إن كمية هذا الغاز أخذت في التزايد مع بداية الثورة الصناعية وذلك بسبب الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها وتستهلكها المنشآت الصناعية ومحطات القوى الكهربائية ومحركات السيارات ووسائل النقل والمواصلات المتنوعة التي باحتراقها تؤدي الى استهلاك غاز الاوكسجين واطلاق غاز ثنائي اوكسيد الكاربون بكميات كبيرة أكبر بكثير مما يمكن للغطاء النباتي استهلاكه.

4- أكاسيد النيتروجين NOx:

يقصد بأكاسيد النيتروجين مركبات النيتروجين الغازية والتي تتكون عند اتحاد النيتروجين والأوكسجين تحت درجات حرارة عالية كماهي الحال عند احتراق البنزين والديزل في السيارات وشاحنات النفل وغيرها. ومن أهم هذه المركبات أول أوكسيد النيتروجين NO وثاني أوكسيد النيتروجين واوكسيد النتروز N_2O.

5- أكاسيد الكبريت SOx:

تشمل ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 وثالث أوكسيد الكبريت SO_3 ، يعد غاز ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 عديم اللون و ذو رائحة حادة يؤدي إلى السعال. وينتج القسم الأعظم منه بسبب احتراق الوقود الاحفوري، إذ يحتوي الوقود الاحفوري على نسب مختلفة من الكبريت الذي يخرج إلى الغلاف الجوي على شكل ثاني أوكسيد الكبريت عند احتراقه، ويتفاعل غاز ثاني أوكسيد الكبريت مع أوكسجين الهواء وبخار الماء وينتج حامض الكبريتيك.H_2SO_4

6-غاز كبريتيد الهيدروجينH_2S:

غاز ذو رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي، يصدر غاز كبريتيد الهيدرجين عن بعض الصناعات كناتج عرضي أو مباشر ويمكن تلخيص مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين الطبيعية و الصناعية كما يلي: الغازات البركانية، تخمر النباتات والبروتين الحيواني، حقول وابار الغاز الطبيعي، ينتج بفعل البكتريا في المجاري، بعض البحيرات او المستنقعات الملحية. اما مصدره بشكل صناعي ناتج عرضي في بعض الصناعات صناعة الحرير ، تفحيم لب الخشب، دباغة الجلود، نقل وتخزين ومعالجة النفط الخام، عمليات نزع الكبريت من المشتقات النفطية، معالجة مياه الصرف الصحي.

اضرار تلوث الهواء على الانسان

ان تلوث الهواء يعد من اهم واخطر المشاكل البيئية التي تواجه البشرية في الاونة الاخيرة. فالهواءالذي نتنفسه لايحتوي على خصائص داعمة للحباة فحسب، بل يحتوي ايضا على خصائص ضارة بالحياة. وفي ظل الظروف المثالية فان الهواء الذي نستنشقه يتمتع بتوازن كمي ونوعي يحافظ على سلامة الانسان، ولكن عندما يختل التوازن بين مكونات الهواء او بعبارة اخرى اذا كان ملوثا، فقد يؤثر ذلك على صحة الانسان.

يتنفس الانسان السليم 22000 مرة في اليوم ويستنشق حوالي 16 كيلوغراما من الهواء كل يوم، وهذا يفوق بكثير استهلاك الطعام والماء. لاتسبب جميع الشوائب الموجودة في الهواء المستنشق ضرراً بالضرورة .اعتمادًا على الطبيعة الكيميائية للملوثات، قد يكون بعضها ضارًا عند وجوده في الهواء بتركيزات صغيرة وبعضها الآخر فقط إذا كان موجودًا بتركيزات عالية. كما أن مدة تعرض الجسم للهواء الملوث هي ايضا عامل مهم. لذلك، فإن العوامل الأساسية التي تؤثر على صحة الإنسان هي:

1. طبيعة الملوثات
2. تركيز الملوثات
3. مدة التعرض
4. حالة صحة المستقبل
5. الفئة العمرية للمستقبل

بشكل عام، تكون قابلية التأثر بتأثيرات تلوث الهواء كبيرة بين الاطفال الرضع وكبار السن والمرضى. ويُعتقد أن المصابين بأمراض مزمنة في الرئتين أو القلب هم الاكثر عرضة للخطر. ويبدو أن الاطفال في سن ما قبل المدرسة وفي سن المدرسة حساسون ومتفاعلون بشكل خاص مع التأثيرات الصحية لتلوث الهواء. وهناك نقطة أخرى يجب ملاحظتها وهي أن تأثير تلوث الهواء على صحة الإنسان يكون أسوأ خلال فصل الشتاء وعندما تصل مستويات التلوث إلى ذروتها. إن الرائحة الكريهة، أو انخفاض الرؤية، أو تهيج العين، أو تلف النباتات، كلها أدلة مفيدة على احتمالية أو شدة التأثيرات الصحية.

جدول 3: امثلة لحالات تلوث الهواء وعدد الوفيات الناتجة عنها في عدة اماكن من العالم.

S. No.	Month and year	Place	Mortality
1.	December, 1930	Meuse Valley (Belgium)	63
2.	October, 1948	Donora (Pennsylvania)	20
3.	November, 1950	Poza Rica (Mexico)	22
4.	December 1952	London	4000
5.	November, 1953	New York	220
6.	January, 1956	London	1000
7.	December, 1957	London	750
8.	December, 1962	London	700
9.	January, 1963	New York	300
10.	November, 1966	New York	168
11.	December, 1984	Bhopal (India)	2000

آلية عمل ملوثات الهواء:

تحدث تأثيرات تلوث الهواء على صحة الإنسان بشكل عام نتيجة للتلامس بين الملوثات والجسم. وعادة ما يحدث التلامس الجسدي على أسطح الجلد والأغشية المكشوفة. ويشكل التلامس مع الأسطح الغشائية المكشوفة أهمية قصوى بسبب قدرتها العالية على الامتصاص مقارنة بالجلد. وقد تتسبب الغازات والأبخرة والأدخنة والضباب والغبار المحمولة في الهواء في تهيج أغشية العينين والأنف والحلق والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب الهوائية والرئتين وكذلك قد تصل بعض المواد المهيجة إلى الغشاء المخاطي للجهاز الهضمي.

الآثار الصحية لتلوث الهواء

1. تهيج العين.
2. تهيج الأنف والحلق.
3. تهيّج الجهاز التنفسي.
4. زيادة معدل الوفيات ومعدل الإصابة بالأمراض.
5. نوبات الربو.
6. تتفاقم الأمراض الرئوية المزمنة مثل التهاب الشعب الهوائية.
8. زيادة الضغوط على أولئك الذين يعانون من أمراض القلب والأوعية الدموية والرئة.

9. أمراض العظام (التسمم بالفلور) وتآكل الأسنان.

10. امراض السرطان.

11. أمراض الجهاز التنفسي، مثل داء السليكون وداء الأسبستوس وغيرها.

12. التسمم.

13. ضرر جسدي أو وراثي (التأثيرات الجينية او الطفرات الوراثية)

التحقيق في الآثار الصحية للملوثات الهواء

هناك ثلاث طرق متاحة لتحديد تأثير الملوثات المختلفة على الناس، وهي:

1. التجارب التي أجريت على البشر والحيوانات

2. الدراسات السريرية

3. علم الأوبئة

إن التعرض التجريبي لأنواع مختلفة من الحيوانات في ظل ظروف خاضعة للرقابة لتركيزات وجرعات مختلفة من الملوثات الجوية، يمكن أن يعطي معلومات قيمة فيما يتعلق بطريقة عمل الملوث وتأثيراته. بطبيعة الحال، يجب أن تخضع النتائج لتحليل إحصائي صارم. لكن المشكلة الرئيسية هنا هي استقراء النتائج على البشر. ينبغي أن تقتصر عمليات التعرض التجريبية للرجال على تركيزات وجرعات الملوثات التي لن تؤدي إلى أمراض خطيرة. وتشمل أنواع التأثيرات التي يتم ملاحظتها وقياسها اكتشاف الرائحة، وتهيج العينين والأنف والحنجرة، وتغير معدل النبض، وتكرار التنفس، وانخفاض النشاط البدني والعديد من الاستجابات الفسيولوجية الأخرى.

تتضمن الدراسات السريرية بشكل أساسي الملاحظات التي أجريت على الأشخاص الذين تعرضوا أو كانوا معرضين للملوثات الجوية في ظل ظروف غير خاضعة للرقابة. قد تقدم الدراسات التي أجريت على سائقي الشاحنات ورجال شرطة المرور وعمال المصانع وغيرهم من الفئات المهنية معلومات قيمة. كما أن المرضى الذين يزورون الأطباء للشكوى من الأعراض التي يُفترض أنها ناجمة عن العيش في مناطق ملوثة قد ينتجون عند الملاحظة بيانات سريرية ذات أهمية كبيرة.

علاوة على ذلك، تم جمع المعلومات من خلال متابعة حالات تلوث الهواء الحادة. أشارت البيانات التي تم جمعها إلى وجود علاقة بين تلوث الهواء والأمراض، وخاصة أمراض الرئة .في الدراسات

الوبائية، يتم اكتشاف العلاقة بين توزيع أمراض معينة في مجموعة سكانية بشرية والعوامل التي تحدد التوزيع. على سبيل المثال، قد يقارن المرء سجلات الأمراض، وسجلات الوفيات، ودخول المستشفيات، والتغيب، وغيرها من البيانات المتعلقة بالصحة من مناطق جغرافية مختلفة مع مستويات ملوثات الهواء في نفس المناطق لتحديد الارتباط، إن وجد. لتجنب سوء التفسير، يجب مراقبة السكان قيد الدراسة بعناية بحثًا عن عادات التدخين، والتعرضات المهنية، وأي عامل آخر قد يضر بنتائج الدراسة

تأثير عدد من ملوثات الهواء على صحة الانسان

1- ثاني أوكسيد الكبريت SO_2

ثاني أوكسيد الكبريت هو غاز مهيج يؤثر على الأغشية المخاطية عند استنشاقه وتسبب التراكيز العالية منه تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق. يؤثر التعرض الطويل لغاز ثاني أوكسيد الكبريت على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي ويسبب تهيج العيون وكذلك الجلد. في ظل ظروف معينة، يتأكسد جزء من غاز ثاني أوكسيد الكبريت المحمول جوًا إلى ثالث أوكسيد الكبريت. كل من هذين الغازين، في وجود بخار الماء أو الماء يؤدي إلى تكوين حمض الكبريتيك وحمض الكبريتوز على التوالي. يعتبر ثالث أوكسيد الكبريت مهيجًا قويًا جدًا، أقوى بكثير من ثاني أوكسيد الكبريت، مما يسبب تشنجات قصبية شديدة عند مستويات تركيز منخفضة نسبيًا.

2- أول أوكسيد الكربون CO

يمتلك أول أوكسيد الكربون قدرة قوية على الارتباط بالهيموجلوبين في الدم لتكوين كربوكسي هيموجلوبين .(COHb) وهذا يقلل من قدرة الهيموجلوبين على حمل الأكسجين إلى أنسجة الجسم. يمتلك أول أوكسيد الكربون قدرة أكبر بنحو مائتي مرة من الأكسجين على الارتباط بالهيموجلوبين، وبالتالي فإن المستويات المنخفضة من أول أوكسيد الكربون يمكن أن تؤدي مع ذلك إلى مستويات عالية من كربوكسي هيموجلوبين. يؤثر أول أوكسيد الكربون أيضًا على الجهاز العصبي المركزي. وهو مسؤول أيضًا عن النوبات القلبية ومعدل الوفيات المرتفع.

3- أكاسيد النيتروجين NOx

من بين أكاسيد النيتروجين السبعة المعروفة الموجودة في الهواء المحيط، يُعتقد أن اثنين فقط منها يؤثران على صحة الإنسان. وهما أوكسيد النيتريك (NO) وثاني أوكسيد النيتروجين .(NO_2) وفي حين تظل بعض الأسئلة قائمة بشأن تفاعلات الهيموجلوبين مع أكاسيد النيتروجين، فلا يوجد دليل إيجابي على أن التعرض لأوكسيد النيتريك يشكل خطراً صحياً مرتبطاً بتلوث الهواء في المجتمع . ومن المعروف أن ثاني أوكسيد النيتروجين يسبب أمراضاً مهنية. ومن بين المهن التي تنطوي على مخاطر ثاني أوكسيد النيتروجين صناعة حمض النيتريك، وتعرض المزارعين للسيلاج الذي يحتوي على نسبة عالية من النترات المخصبة، واللحام بالقوس الكهربائي، والتعدين باستخدام مركبات النيتروجين كمتفجرات. ومن المقدر أن يلاحظ تهيج العين والأنف بعد التعرض لنحو 15 جزءاً في المليون من ثاني أوكسيد النيتروجين وانزعاجاً رئوياً بعد التعرض لفترة وجيزة لـ 25 جزءاً في المليون من ثاني أوكسيد النيتروجين.