



جامعة ايبلا الخاصة

كلية الصيدلة

المستوى الرابع

الصحة العامة وتلوث البيئة

صحة الهواء

٢٠١٣/٢٠١٢

صحة الهواء

Air sanitation

الهواء ضروري جداً لبقاء الحياة على سطح الأرض وذلك لاحتوائه على غاز الأوكسجين الضروري لعمليات التنفس المختلفة والذي بدونه لن تستمر الحياة سوى دقائق معدودة. ويحتاج الإنسان العادي يومياً حوالي متر مكعب من الهواء كي يتنفسه بالمقارنة مع حاجته إلى (2-3) لترات من الماء لشربه وإلى واحد كيلو غرام من الطعام. وإذا كان بمقدور الإنسان الصبر على الجوع والعطش لعدة أيام فإنه لا يصبر على انعدام الهواء أكثر من دقائق معدودة. بناءً على ما تقدم اعتبر تلوث الهواء Air pollution أخطر أنواع التلوث البيئي وأكثرها حدة ، خاصة بعد علمنا بأن كمية الهواء في الطبقة الجوية المحيطة بالأرض محدودة و غير متجددة يقدر ارتفاع الهواء المحيط بالكرة الأرضية بـ ٦٠ كيلو غرام ، وإن أي تغيير في تركيب الهواء يسبب اضطراباً فيزيولوجياً و مرضياً متعدداً و خطيراً على صحة الإنسان.

الصفات الفيزيائية للهواء : و ندرس منها:

❖ جيرة الهواء:

✚ يستمد الهواء حرارته من التربة والتي بدورها تستمد حرارتها من أشعة الشمس وتطرح نحو ٣٧ % من حرارتها من أجل تسخين الهواء ، وتختلف الحرارة في مكان ما حسب قربه أو بعده من خط الاستواء ، ومدى الارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر.

✚ إن حرارة الهواء هي إحدى الظواهر البيئية المؤثرة في جسم الإنسان ، على الرغم من الاختلاف المستمر للحرارة فإن حرارة الإنسان تبقى ثابتة بفضل المراكز المنظمة للحرارة في الدماغ والتي تزيد الاحتراق (الاستقلاب) في الجسم أو تنقصه مع تقليل الضياع أو زيادته، ويتم ذلك عن طريق الجلد بالتعرق أو عن طريق جهاز التنفس والطرق المفرغة (أجهزة الإطراح).

✚ إن ارتفاع حرارة المحيط دون ضياع الحرارة من الجسم يسبب ضربة شمس Heat stroke ، إضافة إلى ازدياد الأمراض الطفيلية والخمجية المعوية بسبب إضعاف الحاجز الحامضي للمعدة، وتثبيط المراكز العصبية مما يسبب الخمول و الكسل .

✚ إذا نقصت درجة الحرارة في المحيط يزداد الاستقلاب في الجسم وينقص ضياع الحرارة ، تنقبض الأوعية السطحية ويرافق ذلك نقص مقاومة الجسم للأمراض الانتانية (اضطرابات هضمية وتنفسية) حيث تزداد الإصابة بالأمراض التنفسية في الطرق الهوائية

العلوية كالرشح والأنفلونزا وكذلك ذات الرئة.

❖ إذا زاد انقباض الأوعية السطحية عن حد معين و قل مرور الدم للأطراف و بالتالي قلة الأكسجين تحدث بعض الاضطرابات و الأمراض مثل الشرث Chilblain (انتفاخ الجلد و تورمه عند التعرض للبرد) أو عضة الصقيع Frostbite و قدم الخنادق Trench foot ويعتقد البعض أن البرد مفيد في إتلاف الجراثيم ولكن البرد في الحقيقة يؤخر نموها وتكاثرها ، كما أنه يتلف بعض الحشرات الناقلة للأمراض وليس جميعها ، مما يفسر قلة الأوبئة في الشتاء.

❖ رطوبة الهواء Humidity:

هي مقدار ما يحويه الهواء من بخار الماء ، وتختلف شدة تأثير الرطوبة في جسم الإنسان باختلاف درجة الحرارة والبرودة على الشكل التالي:

~ رطوبة مرتفعة تؤدي لزيادة التعرق وضياح شوارد البدن و من الممكن أن تؤدي إلى ضربة شمس وزيادة فعالية الجراثيم (الهواء الرطب لا يمكنه تجفيف العرق).

~ رطوبة منخفضة تؤدي لجفاف الجلد والأغشية المخاطية وذلك يعرضها للتشقق والإنتان.

❖ حركة الهواء:

تقاس حركة الهواء بالمتر في الثانية وتختلف تسميتها حسب سرعتها ، فإذا كانت لا تتجاوز 1م/ ثا سميت بالنسيم ، وإذا تجاوزت 2م / ثا سميت ريحاً ، وإذا تجاوزت 22م / ثا سميت الإعصار أو الزوينة ، أما إذا تجاوزت 40-45م/ ثا سميت بالهوجاء وهي مخربة تهدم المنازل وتقتلع الأشجار.

إن لحركة الهواء تأثيراً جيداً على صحة الإنسان إذا أحسن الاستفادة منها فهي تساعد على تهوية المنازل وتجديد هوائها الفاسد وتعديل حرارتها وتخفيض الرطوبة لأنها تساعد على تبخر السوائل وبالتالي التخلص من الأمراض والجراثيم التي تنشط في حال ارتفاع الرطوبة .

❖ الضغط الجوي Atmospheric pressure:

هو ثقل الهواء المحيط بالأرض، ينخفض الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن سطح البحر ويزداد عند انخفاض المكان عن سطح البحر.

• يزداد الضغط الجوي بازدياد نسبة الرطوبة في الهواء لأن وجود كميات كبيرة من بخار الماء تزيد من ثقل الهواء.

• إن زيادة أو نقصان الضغط الجوي له تأثيرات مختلفة على الجسم.

• عند الانخفاض لعمق أكثر من عشرة أمتار عن مستوى سطح البحر يرتفع الضغط الجوي كما يحدث عند (الغواصين والعاملين في الأعماق البعيدة ، وعمال المناجم) هذا يؤدي

إلى حدوث مرض يسمى مرض تخفيف الضغط أو مرض الصندوق المغلق أو داء الغواص ،إذ نتيجة زيادة الضغط الجوي يزداد انحلال الغازات في الدم والنسج الشحمية وبخاصة الآزوت، وعند الصعود المباشر تتطلق الغازات المنحلة مسببة الصمامات الغازية ومنه انسداد الأوعية الدموية.

« أعراض داء الغواص: آلام حادة مفصلية - صداع - دوار - شلل أطراف سفلية نتيجة إصابة الجهاز العصبي وبخاصة النخاع الشوكي - اختلال في الكلام - انسداد غازي في القلب يؤدي إلى الوفاة.

« الوقاية من داء الغواص:

تحديد أوقات العمل حسب تغيرات الضغط الجوي.

عند حدوثه ينقل المريض إلى وسط ذي ضغط جوي أخفض من السابق ثم إلى وسط جديد أخفض من سابقه وهكذا بالتدريج حتى الوصول إلى الضغط الجوي الطبيعي

ملاحظة:

~ يعيش الإنسان في ضغط جوي يصل عادة إلى حوالي 760 ملم /زئبقي عند مستوى سطح البحر.

~ إن هبوط الضغط الجوي يحدث في حالات التحليق بالطائرة أو تسلق المرتفعات الشاهقة ويترافق مع نقص في الأوكسجين وبالتالي عدم كفايته في الدم، الأمر الذي يعوضه الجسم بتصنيع عدد أكبر من الكريات الحمر وحدث احمرار دم ثانوي بالإضافة إلى زيادة معدلي النبض والتنفس.

~ ويقدر الارتفاع الحرج الذي يمكن أن يتأقلم معه الجسم بدون حدوث أعراض أكثر من احمرار دم ثانوي أو تسرع النبض والتنفس بـ (4300-5500)متر.

يدعى المرض |الناجم عن الصعود لارتفاعات لا يتأقلم معها الجسم مرض الارتفاع

Altitude sickness و من أعراضه : صداع جبهي ، تسرع تنفس ، دوار ، رعاف،

الشعور بالنعاس و الإقياء ، آلام مفصلية و ربما فقدان وعي .

~ يجب أن تكون الطائرات مزودة بنظام يحتفظ بالضغط الجوي داخل الطائرة ثابتاً في جميع الظروف.

~ على الأشخاص المصابين بفقر الدم أو بمرض قلبي أو رئوي تحاشي الصعود إلى

المرتفعات كمرضى الربو.

الصفات الكيميائية للهواء:

إن المحتوى الكيميائي للهواء ثابت تقريباً ، ولا نجد سوى بعض التغيرات نتيجة تلوث الهواء

وخاصة في المناطق الصناعية ، ويحوي الهواء على الغازات التالية:

✗ الأكسجين O_2 : ونسبته في الهواء 21% وهو ضروري للحياة ولعمليات الأكسدة ، تضعف نسبته في المرتفعات مما يؤدي إلى انخفاضه في الأنسجة وحدوث الإخلال بعملية الأكسدة.

✗ الآزوت N_2 : و نسبته في الهواء 78% و له دور فعال في التنفس بتخفيض نسبة الأكسجين المخزن الداخل لجهاز التنفس، إضافة لاستفادة بعض النباتات منه.

✗ غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 : نسبته نحو 0.04% مع تأرجح هذه النسب حسب وجود نباتات أو مصانع في المنطقة فتتقص أو تزيد. إذا زادت نسبته عن 0.07% سبب الضيق والانزعاج وعندما تصل إلى 1% تظهر أعراض ضيق التنفس، وعندما تصل نسبته إلى 4-5% تظهر أعراض مرضية تبدو بتخريش الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي مع سعال وصداع وتسارع النبض وارتفاع الضغط.

✗ أول أكسيد الكربون CO : و هو شديد السمية يكون ناتجاً عن الاحتراق الناقص.

✗ بخار الماء: ينجم عن تبخر مياه البحر و المياه الأخرى و عن تنفس الكائنات الحية و أكسدة المواد العضوية ، و هو ضروري لترطيب الأغشية المخاطية و الجلد.

✗ الأمونيا NH_3 : ناتج عن تفسخ المواد العضوية في التربة.

✗ ثاني أكسيد الكبريت SO_2 و كبريت الهيدروجين H_2S : الناجمان عن الأبخرة الصناعية (مخرشان للأغشية المخاطية)

✗ الأوزون O_3 : نسبته قليلة ، يكون عديم الثبات وسهل التأكسد والتفكيك، يتكون بشكل غير مباشر من تفاعل أشعة الشمس مع ثاني أكسيد الآزوت.

غلاف الأوزون: هو حزام يلف الكرة الأرضية قوامه الأوزون ، أي الأوكسجين ثلاثي الذرات O_3 ويشكل طبقة غازية لونها مائل للأزرق.

تختلف كثافة الأوزون من منطقة لأخرى حيث تصل إلى أدنى حد فوق القطب الجنوبي، حيث تقل كثافتها عن 15 ديسون (مقياس كثافة) وهي المنطقة المعروفة بثقب الأوزون .
الملوثات التي تتلف الأوزون:

- i. التفجيرات النووية كفيلة بإتلاف الأوزون بنسبة 20-70%.
- ii. مركبات الكلوروفلوروكربون وهذه المركبات تدخل في صناعات التبريد والثلاجات وأجهزة التكييف .
- iii. مركب بروميد الميتيل الذي يستعمل كمبيد حشري لرش الخضروات.
- iv. الطائرات النفاثة التي تزيد سرعتها عن سرعة الصوت تقذف من عوادمها أكاسيد

الآزوت التي تتلف الأوزون

الأضرار الناجمة عن تلف الأوزون:

- التأثير في درجات الحرارة ، فالارتفاع في درجات الحرارة من (٥-٦) درجات سوف يؤدي إلى أضرار جسيمة ، فالارتفاع الحرارة يؤدي إلى ذوبان الجبال الجليدية وبالتالي إلى ارتفاع منسوب المياه في المحيطات وحدوث فيضانات كبيرة.
- تؤدي التغيرات السابقة لتناقص المحاصيل الزراعية وتعرض النباتات لأعراض وراثية مستعصية و ما إلى ذلك من خسارة اقتصادية.
- ازدياد حالات الإصابة بالاضطرابات العينية كالساد والتهاب القرنية وسرطان الجلد وإلى احتمالات ضعف جهاز المناعة عند الإنسان.

فوائد الأوزون :

- i. يمكن إنتاجه صناعياً وذلك من أجل إبادة الجراثيم و إزالة الرائحة الكريهة والطعم الرديء لمياه الشرب وتعقيمها و لكنه غالي الثمن
- ii. حزام واقٍ من الآثار الضارة الناتجة عن زيادة الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة، فهو يمتص أكثر هذه الأشعة ويحول دون تسربها إلى سطح الأرض.

تلوث الهواء

هو وجود غازات غير موجودة أصلاً في تركيب الهواء أو تغير نسب الغازات الموجودة في الهواء ، أي يطلق اسم التلوث عند تغير الصفات الفيزيائية أو الكيميائية للهواء.

مصادر تلوث الهواء :

١- تلوث من مصادر طبيعية

٢- تلوث من مصادر صناعية.

تلوث الهواء:

يختلف تلوث الهواء من مكان لآخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية فمثلاً تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالباً ما تكون في فصل الصيف لتنتج مواد كيميائية سامة مثل رباعي الأستيل بيرويين وغاز الأوزون .
وتؤدي هذه المواد السامة مع بعض المكونات الأخرى إلى ما يعرف بالضباب الدخاني .
وتقدر خسارة العالم سنوياً بحوالي ٥٠٠٠ مليون دولار ، بسبب تأثير الهواء ، على المحاصيل والنباتات الزراعية .

التلوث من مصادر طبيعية:

لا دخل فيه للإنسان أو عمله ، من أهمها :

- البراكين مصدر طبيعي لانبعاث الغازات (سلفيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت والميتان). الحرائق مصدر رئيسي لانبعاث المركبات الهيدروكربونية وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين
- النباتات تساهم في توازن غازات الجو وخاصة غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، فهي تمتص ثاني أكسيد الكربون من الجو وتطلق الأوكسجين عبر عملية التركيب الضوئي.
- غازات ومواد ناتجة عن زفير الإنسان وتعرقه خاصة في المدن الكبيرة المزدحمة (هواء الزفير يحوي على 4% من غاز ثاني أكسيد الكربون - عملية التعرق).
تفوق كمية الملوثات الطبيعية الملوثات المنبعثة من الأنشطة الصناعية، ورغم ذلك تعتبر الملوثات الصناعية أكثر ضرراً بالصحة من الملوثات الطبيعية :
لأنها من مواد كيميائية أكثر سمية من المواد الكيميائية ذات المصدر الطبيعي
بالإضافة إلى أنها تتركز في مناطق تواجد الإنسان، وبهذا يكون التعرض لها أكثر.

التلوث من مصادر صناعية:

ينجم هذا التلوث عن نشاط الإنسان:

- ملوثات ناجمة عن احتراق الوقود اللازم للصناعة ووسائل النقل و التدفئة (CO-CO₂ ، أكسيد الأزوت و الكبريت)
- ملوثات ناتجة عن مخلفات الصناعة (صناعة الحديد والنفط والألمنيوم).
- الملوثات الناتجة عن حرق النفايات الصلبة بمختلف مصادرها المنزلية والصناعية والزراعية.

• تعد منشآت تربية الدواجن والأبقار من المصادر الهامة لتلوث الهواء حيث ينطلق في الهواء المحيط بهذه المنشآت غاز الأمونياك وغاز كبريت الهيدروجين H_2S وغيرها من الغازات ذات الرائحة غير المستحبة.

أهم مركبات الملوثات الكيميائية (الصناعية):

✕ أول أكسيد الكربون:

أكثر ملوثات الهواء شيوعاً ، وأهم مصادره الصناعية احتراق الوقود غير الكامل الناتج من وسائل النقل وتسخين التبغ ومواقد التدفئة المنزلية ، غاز عديم اللون والرائحة والطعم قابل للاشتعال، ويكمن خطره في قدرته على الاتحاد مع الهيموغلوبين مكوناً كربوكسي هيموغلوبين ، فيفقد الدم قدرته على نقل O_2 إلى أجزاء الجسم مسبباً بذلك الاختناق.

✕ أكاسيد الكبريت:

أكثرها شيوعاً ثاني أكسيد الكبريت SO_2 الناجم عن حرق الفحم و المشتقات البترولية ، وتلعب دوراً رئيساً في هطول الأمطار الحمضية المعروفة بتأثيراتها الضارة على الإنسان والنباتات والموارد المائية، و تعد من مسببات الربو وتعمل على تهيج الغشاء المخاطي للعيون والجلد.

✕ مركبات الهيدروكربونات **Hydrocarbons**:

مكونة من الكربون والهيدروجين مثل الميتان و الإيثان، تنتج عن احتراق الوقود المستخدم في وسائل النقل والصناعة ، أكثرها ضرراً مادة البنزوبيرين التي تتشكل من احتراق الوقود ومن القار المستخدم في تعبيد الطرقات ، وتعد هذه المادة من أخطر الملوثات المسببة للسرطان.

✕ أكاسيد الآزوت **NO-NO2**:

تتشكل هذه الغازات باتحاد الأكسجين الموجود في الجو مع الآزوت (بوجود انفراغات كهربائية فضائية تظهر في العواصف و البراكين، و حالات الحرائق المنزلية الكبيرة) و تسبب تخریشاً للطرق التنفسية و العينية. بالإضافة لتشكيل الميتهيموغلوبين في الدم .

✕ مركبات الفلور:

تنتج من صناعة الأسمدة الفوسفاتية والألمنيوم والفخار والقرميد إن الاستنشاق المتكرر لغاز الفلور يسبب إصابة الأسنان (الأسنان المنقطة و تتطور لتساقط الأسنان مع استمرار التعرض للفلور بكميات عالية)، بالإضافة لهشاشة العظام و التعرض لكسور متعددة.

✕ الرصاص:

يوجد بشكل دائم في الهواء نتيجة الانتشار الواسع للمحركات (عوادم السيارات) التي تستخدم البنزين الممزوج بمركبات الرصاص (رابع إيتيل الرصاص، رابع ميتيل الرصاص) ، أيضاً من الصناعة و الأصبغة وأوراق التغليف وصناعة البطاريات والفخار والدهان .

له فعل سام يتراكم في الأنسجة و يؤثر على الجهاز العصبي ويسبب الصداع والضعف العام وتشنجات هضمية ، وعلى المدى البعيد يسبب أمراض التخلف العقلي والشلل الدماغي والقصور الكلوي المزمن من هنا قررت معظم دول العالم وضع ضوابط للحد من كمية الرصاص في وقود السيارات ودعت إلى استعمال وقود خال من الرصاص.

☒ الزئبق:

مصادره محطات الطاقة الكهربائية التي تعمل على الفحم الحجري ومعامل تصنيع الزئبق والأصباغ ، وله آثار سيئة علي الجهاز العصبي المركزي.

❖ ويمكن تقسيم ملوثات الهواء إلى خمس مجموعات حسب تأثيرها الفيزيولوجي على الإنسان والحيوان.

١- المواد المهيجة :

هذه المواد كاوية وتحدث التهابات في الأسطح المخاطية أو الرطبة التي تتعرض لها، وتختلف شدة هذه الالتهابات باختلاف تركيز هذه الملوثات في الهواء ونوعية الجزء المعرض لها من الجسم ومدة التعرض . كثير من المواد المهيجة تهيج الجسم أو العضو المصاب بها لخطر الإصابة بالسرطان.

٢- المواد الخانقة :

هي المواد التي تتداخل مع عمليات الأكسدة في أنسجة الجسم المختلفة وتقسم هذه المواد إلى نوعين :

مواد بسيطة وخاملة من الناحية الفيزيولوجية مثل غازات ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين والهيليوم والميثان والنيتروجين وأكسيد النيتروز، وتؤدي كثرة هذه الملوثات إلى تخفيف نسبة الأكسجين في الهواء المستنشق إلى أقل من الحد الذي يتطلبه جسم الإنسان . وبذلك تقل كمية الأكسجين في الدم مما يؤثر على عملية التنفس الطبيعي في أنسجة الجسم.

مواد كيميائية خانقة وهي تمنع الدم من استخلاص الأكسجين من الهواء المستنشق أو تمنع الأنسجة من امتصاص الأكسجين الموجود في الدم . ومن أمثلة ذلك أول أكسيد الكربون وسيانيد الهيدروجين وكبريتيت الهيدروجين.

٣- المواد المخدرة :

هي المواد التي تحدث تأثيراتها على الجسم كله من خلال امتصاصها في الدم وتخفيفها جزئياً لضغطه مما يؤدي إلى ضعف الجهاز العصبي المركزي في المخ. ومن أمثلة ذلك المواد الكربوهيدروجينية والكحولية .

٤- المواد السامة:

- هي المواد التي تؤثر على المجموعة الدموية مباشرة وتقسم إلى خمس مجموعات :
- المواد التي تحدث ضرراً عضوياً بالجهاز الهضمي وأغلبيتها من المواد الكربوهيدروجينية المهلجنة.
 - المواد التي تتلف المجموعة الدموية ومعظمها من المذيبات العضوية مثل البنزين والفينول والتولوين والكزيلين والنفثالين.
 - سميات الأعصاب مثل الكحول الميثيلي.
 - الفلزات مثل الرصاص والزنك والمنغنيز والبريليوم والكاديوم والانتيمون والمعادن الثقيلة الأخرى.
 - الفلزات غير العضوية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والفلوريدات والسيليونيوم.

٥- المواد الصلبة غير السامة

- وهي المواد التي تهيج خلايا الجهاز التنفسي مثل :
- الغبار الذي يحدث تليفات في الرئة كالسيليكا والإسبستوس. - الأتربة الخاملة وأغلبها من المواد الكربونية.
- مسببات أمراض الحساسية مثل حبوب اللقاح والبكتريا والفطريات والميكروبات والنباتات و الروائح الكريهة.
- المهيجات مثل التربة الحمضية والقلوية والفلوريدات والكرومات. وكثير منها يؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

✎ أكثر الناس تأثراً بملوثات الهواء هم الفئات التالية:

- ✓ الولدان (حديثو الولادة) و بشكل خاص الخدج لعدم كفاءة أجهزة التنفس لديهم في التعامل مع ملوثات الهواء.
- ✓ المسنون و مرضى الجهاز التنفسي لتدني كفاءة أجهزتهم الرئوية .

✎ أهم المخاطر الصحية و البيئية لتلوث الهواء:

١. تفاقم أمراض الجهاز التنفسي مثل الربو والتهاب القصبات المزمن chronic Bronchitis والأمراض القلبية الوعائية.
٢. اختلال الوظيفة الرئوية وضعف مقاومة الرئتين بشكل خاص والجسم بشكل عام.
٣. زيادة معدل الوفيات ومعدلات الإصابة بالأمراض التنفسية مثل النفاخ الرئوي Emphysema وسرطان الرئة

٤. استنزاف طبقة الأوزون وبالتالي انخفاض تركيز غاز الأوزون وضعف فعاليته الواقية في درء أخطار الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجة وبالتالي ازدياد خطر حدوث سرطانات جلدية وحروق جلدية واضطرابات عينية كالساد والتهاب القرنية الضوئي.
٥. زيادة تكون الضباب المحتوي على كميات كبيرة من مواد صناعية كبريتية خطيرة على الصحة العامة ، وانخفاض معدل الرؤية مما يؤدي الى زيادة معدلات الحوادث.
٦. الإضرار بالحياة البحرية والقضاء عليها في بعض البحيرات بسبب الأمطار الحمضية نتيجة تلوث الجو بأكاسيد الكبريت والنيتروجين
٧. تأثير مثبط لنمو النباتات وإصابتها على اختلاف أنواعها بالأمراض والتسبب في تخفيض كمية الإنتاج الزراعي وتدني جودته.
٨. حجب أشعة الشمس وخاصة فوق البنفسجية مما يؤدي إلى عوز فيتامين D عند الأطفال ومن ثم إصابتهم بالرخد (الكساح).

❖ تلوث الهواء داخل الأبنية :

الأبنية هي بيئات صغرى هامة قد تؤدي إلى ظهور مخاطر ناجمة عن تلوث الهواء فيها ، تشمل المصادر العامة للملوثات الكيميائية للهواء داخل الأبنية:

- ✓ الجسم البشري والأنشطة البشرية (زفير الإنسان وتدخينه التبغ أو الأركيلة).
- ✓ الانبعاثات من مواد البناء والأثاث والمعدات المستعملة في المنزل (أجهزة التدفئة والغاز المنزلي وأجهزة التهوية وتكييف الهواء وغاز الرادون).

ويعود التلوث البيولوجي بشكل رئيسي إلى زيادة الرطوبة التي تساهم في نمو وتكاثر مختلف الزمر الجرثومية والفطرية.

يعتبر جهاز التنفس الجهاز الرئيسي المستهدف بتأثير ملوثات الهواء داخل الأبنية وذلك تبعاً لشدة ومدة التعرض والحالة الصحية للمتعرضين.

يمكن التخفيف من هذه الملوثات بالتهوية الجيدة وبصيانة أجهزة التكييف والتدفئة ومنع التدخين داخل الأبنية.

❖ الرادون:

هو غاز مشع ذو منشأ طبيعي ينتج عن اليورانيوم الموجود بشكل طبيعي في التربة والصخور ونستشقه جميعاً خلال حياتنا وهو ينتشر ويتشتت في الجو الخارجي، ولذلك يكون تركيزه منخفض. بينما يدخل إلى البيئة الداخلية المغلقة كالمناجم والبيوت والمدارس وأماكن العمل، حيث يمكن أن يرتفع تركيزه في تلك الأماكن وفقاً لجيولوجية المنطقة والظروف الجوية والتهوية.

لغاز الرادون ثلاثة مصادر:

- ١ التربة والصخور: ويتعلق الأمر بنفوذية التربة ورطوبتها وأبعاد حبيباتها.
 - ٢ الماء: يزداد انحلال الرادون في الماء بنقصان درجة حرارة الماء فعندما تسير المياه الجوفية الباردة تمتص كميات لا بأس بها من الرادون وعندما يسخن الماء تتفطت كمية كبيرة من الرادون وتلوث الوسط الخارجي.
 - ٣ مواد البناء كالإسمنت والبلوك: التي تتميز بنفوذية كافية لإطلاق الرادون المتولد ضمنها إلى الوسط الخارجي.
- ثبت علمياً أن غاز الرادون مسرطن للبشر ، لذا يجب مراقبة تركيزه داخل المدارس و المنازل وأماكن العمل...، يمكن تخفيض تركيزه بالتهوية الجيدة ، حيث يبلغ تركيزه الأعظمي في الليل عندما تكون النوافذ مغلقة.
- تتوفر لدى هيئة الطاقة الذرية في سوريا أجهزة خاصة للكشف عن هذا الغاز وقياس تركيزه، علماً أنه لا يشكل خطراً وفقاً للمعايير الدولية إلا عندما يزيد عن 200 بيكرل/م³. (البيكرل هو واحدة لقياس التفكك بالثانية).

الوسائل الأساسية للوقاية من تلوث الهواء:

١. الفحص الدائم والدوري للهواء ووقاية مكوناته الفيزيائية والكيميائية.
٢. عدم إنشاء مصانع بالقرب من المناطق السكنية.
٣. التنقيف الصحي عن التلوث وأضراره.
٤. الاهتمام بزراعة الأشجار والمساحات الخضراء وبخاصة حول المصانع الملوثة للهواء.
٥. زيادة ارتفاع المداخل التي تطرد الملوثات وتسمح بتوزيع أفضل لهذه الملوثات في الجو.
٦. الانتباه للمواصلات وخاصة فيما يتعلق بتخفيض محاصيل الاحتراق ومخلفاته ، فاستعمال البنزين أقل ضرراً من استعمال المازوت والزيوت الثقيلة الأخرى.
٧. تقييد المصانع بالتعليمات والأنظمة التي يجب أن تتبعها منذ تصميمها كاستعمال محروقات قليلة الدخان والتخلص من الغازات السامة.
٨. إجراءات تشريعية توضع من قبل الجهات المسؤولة ، كالقوانين الخاصة بتلوث الهواء مبنية على قواعد علمية تتعلق بآماكن بناء المصانع ونسب المواد الملوثة في الجو، مع ضرورة توفر جهاز متكامل لعملية المراقبة.
٩. البحث العلمي هدفه إيجاد آلات وطرق صناعية جديدة أقل إنتاجاً لمُلوثات الهواء وخاصة في حقلَي الصناعة والنقل. ومن الأمثلة على ذلك: البحث العلمي الجاد لإيجاد آلات العمل بالطاقة الشمسية أو الطاقة الكهربائية الأقل تلويثاً للجو .

⚡ الأمطار الحامضية :

المطر الحمضي هو احد ملوثات الهواء الخطرة وينتج بسبب تلوث الهواء بملوثات أولية مثل أكاسيد الكبريت والنيتروجين والكربون وجسيمات المبيدات الحشرية. إن الرذاذات الحمضية تتكون بسبب تفاعل بعض ملوثات الهواء الأولية مع قطرات بخار الماء التي لا تلبث أن تتساقط على المسطحات المائية والتربة والنباتات. ويعتبر المطر حامضياً إذا أصبحت درجة حموضته دون 5 (ومن الجدير ذكره أن درجة حموضة ماء البحيرة الطبيعي تكون بين ٥ - ٦). وتعتبر المناطق الصناعية التي ترتفع بها درجة الرطوبة من أكثر المناطق عرضة للتلوث بالأمطار الحامضية.

☒ منشأ الأمطار الحامضية :

إن الغازات المحتوية على الكبريت (وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت) تتفاعل مع أكسجين الهواء في وجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس وتتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت والذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو ليعطى حمض قوى هو حمض الكبريت ويبقى حمض الكبريت المتكون معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر.

وقد يتحد جزء من رذاذ هذا الحمض مع بعض المواد القلوية التي قد توجد في الهواء (مثل النشادر) وينتج في هذه الحالة مركب جديد يسمى كبريتات النشادر. عندما تسقط هذه الأمطار الحامضية على الأراضي ذات التربة الجرانيتية كما في دول السويد والنرويج وفنلندا فهي تؤدي إلى تفتت بعض هذه الصخور وترفع من درجة حموضة البحيرات وتبلغ حموضة الأمطار التي تسقط على المناطق الشمالية من أوروبا الغربية إلى نحو ٣-٤ حسب سلم الحموضة وهو ما يعادل نحو ١٠٠ ملغ من حمض الكبريتي في كل لتر من الماء.

☒ أضرار الحموضة الزائدة :

تلوث مياه الأمطار : خاصة في المناطق الصناعية لأنها تجمع أثناء سقوطها من السماء كل الملوثات الموجودة بالهواء ، والتي من أشهرها أكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت وذرات التراب ، ومن الجدير بالذكر أن تلوث مياه الأمطار ظاهرة جديدة استحدثت مع انتشار التصنيع ، وإلقاء كميات كبيرة من المخلفات والغازات والأتربة في الهواء أو الماء وفي الماضي لم تعرف البشرية

هذا النوع من التلوث.

ويتضاعف خطر المطر الحمضي في المناطق التي تتراكم بها الثلوج حيث تتراكم الرذاذات الحمضية مع الثلوج، وعندما تذوب هذه الثلوج فإنها تحملها معها إلى المسطحات المائية في وقت الربيع لتجعل هذه المسطحات أكثر حموضة في وقت تنشط فيه الكثير من الحيوانات المائية للتكاثر.

أما عندما يكون الجو جافاً، ولا تتوفر فرصة لسقوط الأمطار، فإن رذاذ حمض الكبريت، ودقائق كبريتات النشادر يبقيان معلقين في الهواء الساكن، ويظهران على هيئة ضباب خفيف، لاسيما عندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الأمطار فإنهما يذويان في ماء المطر، ويسقطان على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي.

ولا يقتصر التوزع الجغرافي للأمطار على البلاد الصناعية، إذ يمكن أن تنتقل الغيوم لمسافات بعيدة عن مصادر التلوث الصناعي، فتَهطل أمطاراً حمضية على مناطق لا علاقة لها بمصدر التلوث

أثر المطر الحمضي في البحيرات أو المحيطات: أثرت الأمطار الحمضية في بيئة البحيرات، فبينت الدراسات أن ١٥ ألف بحيرة من أصل ١٨ ألفاً قد تأثرت بالأمطار الحمضية، حيث ماتت وتناقصت أعداد كثير من الكائنات الحية التي تعيش في هذه البحيرات وخاصة الأسماك والضفادع فتسببت بالقضاء على الثروة السمكية. تبين أن زيادة حموضة الماء تعود إلى انتقال حمض الكبريت وحمض الآزوت إليها مع مياه السيول والأنهار بعد هطول الأمطار الحمضية. إضافة إلى ذلك فإن الأمطار الحمضية تجرف معها عناصر معدنية مختلفة بعضها بشكل مركبات من الزئبق والرصاص والنحاس والألمنيوم، فتقتل الأحياء في البحيرات، وكما أن ماء البحيرات يذيب بعض المركبات القلوية الموجودة في صخور القاع أو تنتقل إليها مع مياه الأنهار والسيول، فتتطلق شوارد البيكربونات وشوارد أخرى تعدل حموضة الماء، وتحول دون انخفاض الرقم الهيدروجيني..

ومن أمثلة ذلك نهر توفدال بالنرويج وقد اشتهر هذا النهر بهجرة أسماك السلمون إليه في موسم معين من كل عام ومن أمثلة ذلك أيضاً ولاية نيويورك كان بها عام ١٩٣٠ نحو ٨ بحيرات تقل حموضتها عن ٥ ووصل عدد هذه البحيرات في عام ١٩٧٤ إلى نحو ١٠٩ بحيرات. وقد استطاعت بعض البحيرات أن تقاوم تأثير الأمطار الحمضية ولكن بحدود معينة وذلك بسبب كون قاع بعض البحيرات كانت تحتوي على صخور قلوية لها بعض الأثر في تعديل الأمطار الحمضية والاحتفاظ بمياه هذه البحيرات في حالة متعادلة.

أثر المطر الحمضي في الغابات والنباتات: إن تدمير الغابات له تأثير في النظام البيئي، فمن

الملاحظ أن إنتاج الغابات يشكل نحو ١٥% من الإنتاج الكلي للمادة العضوية على سطح الأرض، ويكفي أن نتذكر أن كمية الأخشاب التي يستعملها الإنسان في العالم تزيد عن ٢.٤ مليار طن في السنة، كما أن غابات الحور المزروعة في واحد كم^٢ تطلق ١٣٠٠ طن من الأكسجين، وتمتص نحو ١٦٤٠ طنا من ثاني أكسيد الكربون خلال فصل النمو الواحد. كذلك تؤثر الأمطار الحمضية في النباتات الاقتصادية ذات المحاصيل الموسمية وفي الغابات الصنوبرية، فهي تجرد الأشجار من أوراقها، وتحدث خلا في التوازن الشاردي في التربة، وبالتالي تجعل الامتصاص يضطرب في الجذور، والنتيجة تؤدي لحدوث خسارة كبيرة في المحاصيل، علما بأن أكثر الأشجار تأثرا بالأمطار الحمضية هي الصنوبريات في المرتفعات الشاهقة نظرا لسقوط أوراقها قبل أوانها مما يفقد الأخشاب جودتها، وبذلك تؤدي إلى خسارة اقتصادية في تدمير الغابات وتدهورها.

أثر المطر الحمضي في التربة: تبين التقارير أن التربة في مناطق أوروبا، أخذت تتأثر بالحموضة، حيث يسبب المطر الحمضي ذوبان العديد من مكونات التربة ويبطئ عملية تثبيت النيتروجين. و يسبب انخفاض معدل تفكك العناصر العضوية مما يؤدي إلى سماكة طبقة البقايا النباتية إلى الحد الذي تعيق به نفاذ الماء إلى داخل التربة وإلى عدم تمكن البذور من الإنبات، وقد أدت هذه التأثيرات إلى انخفاض إنتاجية الغابات.

أثر المطر الحمضي في الحيوانات: تتوقف سلامة كل مكون من مكونات النظام البيئي على سلامة المكونات الأخرى فمثلا تأثر النباتات بالأمطار الحمضية يحرم القوارض من المادة الغذائية والمأوى، ويؤدي إلى موتها أو هجرتها، كما تموت الحيوانات اللاحمة التي تتغذى على القوارض أو تهاجر أيضا وهكذا.. وقد يلاحظ التأثير المباشر للأمطار الحمضية في الحيوانات. كما لوحظ موت القشريات والأسماك الصغيرة في البحيرات المتحمضة، نظرا لتشكيل مركبات سامة بتأثير الحموض (الأمطار الحمضية)، تدخل في نسيج النباتات - العوالق النباتية- وعندما تتناولها القشريات والأسماك الصغيرة، تتركز المركبات السامة في أنسجتها بنسبة أكبر. وهكذا تتركز المواد السامة في السلسلة الغذائية.. ولابد من الإشارة إلى أن النظام البيئي لا يستقيم إذا حدث خلل في عناصره المنتجة أو المستهلكة أو المفككة وبالنتيجة يؤدي موت الغابات إلى موت الكثير من الحيوانات الصغيرة، وهجرة الكبيرة منها....

أثر المطر الحمضي في الإنسان: يتشكل الضباب الدخاني في المدن الكبيرة، وهو يحتوي على حموض، حيث يبقى معلقا في الجو عدة أيام، وذلك عندما تتعرض الملوثات الناتجة عن وسائل النقل بصورة فادحة إلى الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فيحدث بين مكوناتها تفاعلات كيميائية، تؤدي إلى تكوين الضباب الدخاني الذي يخيم على المدن وخاصة في ساعات الصباح الأولى، والأخطر في ذلك، هو غازي ثاني أكسيد النيتروجين، لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في

سلسلة التفاعلات الكيميائية الضوئية التي ينتج عنها الضباب الدخاني وبالتالي نكون أمام مركبات عديدة لها تأثيرات ضارة على الإنسان إذ تسبب احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها والسعال والاختناق وتلف الأنسجة. ، كما حدث في مدينة لندن عام 1952 عندما خيم الضباب الدخاني لمدة ثلاثة أيام، مات بسببه ٤٠٠٠ شخص، وكذلك ما حدث في أنقرة وأثينا. بالإضافة إلى اثر المطر الحمضي على المنشآت الصناعية والأبنية عدا عن تفاعل حمض الآزوت مع كثير من المعادن في المنشآت الصناعية وتدميرها .

❧ علاج المشكلة :

نظرا لخطورة ظاهرة الأمطار الحمضية وما ينتج عنها من آثار تخريبية على كافة الأصعدة اقترح الباحثون علاجين.

الأول:

علاج مكلف ومتكرر، نظرا لتكرار سقوط الأمطار الحمضية، وهذه الطريقة تتمثل في معادلة الأنهار والبحيرات الحمضية والأراضي الزراعية بمواد قلوية.

والثاني:

علاج دائم ويتمثل بتنقية الملوثات قبل أن تنتشر في الغلاف الهوائي. و يتمثل ذلك في إيجاد نظام متطور للرقابة البيئية، حيث أن النظام المتكامل للرقابة البيئية، ضروري لرؤية ومتابعة خلفية ونشاط جمع العناصر الملوثة للوسط الطبيعي، نتيجة للتقدم التكنولوجي. والاهم في ذلك هو توعية الإنسان، توعية بيئية شاملة ووضع أسس عملية لاستغلال الموارد النباتية والحيوانية، ووضع خطط دقيقة لحماية الأرض من كافة مصادر التلوث الكيميائية والحرارية والنووية، وتخفيض استهلاك الوقود في وسائل المواصلات، وإيجاد وسائل بديلة لا تترك آثار سلبية في البيئة.