وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ميسان
كلية العلوم / قسم الفيزياء

# المقاييس والحسابات الرياضية لتراكيز الملوثات في الهواء

**بحث مقدم من قبل الطلبة**

**حيدر كاظم سلمان** **عذراء حسين محسن**

**عباس فاضل موات**

إلى قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة ميسان
كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في كلية العلوم

بأشـــراف

**م. علاء حسين كامل**

1446هـ 2025م

بسم الله الرحمن الرحيم

# قَالُوْا سُبْحَانَكَ لاَ عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيْمُ الْحَكِيْمُ

صدق الله العظيم

**سورة البقرة أية (32)**

# الإهداء

إلى النور الأعظم . . . . والخاتم الأعلم . . . محمد . . . رسول الأمم . . . . . صلى الله عليه واله وسلم

إلى منبع الحب والحنان . . . إلى ملجأي من الخوف والحرمان . . . إلى الشفاه التي أكثرت بالدعاء كلما نطقت . . . . امي الحبيبة

إلى من أضاء لي بجهده ونصحه طريق المستقبل

إلى البحر الذي ينبض عطاءً . . . والدي العزيز

إلى من ساندني في دراستي . . . استاذي (علاء حسين كامل)

مَنْ شاركني فرحي وألمي . . . . . اخوتي واخواتي

# شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين ...والصلاة والسلام على اشرف الخلق وخاتم الأنبياء والمرسلين محمد بن عبد الله وعلى آلة الطيبين الطاهرين... الحمد لله الذي ختم لي بالخير فصرف عني الهم وما يشقيني من أمر دنياي وآخرتي ولم يسلط علي من لا يرحمني الحمد لله ناصر المظلومين ... مجزي الصابرين...

و يسعدني أن أتقدم بالشكر والاحترام والتقدير إلى **أساتذتي** اساتذة قسم الفيزياء الأعزاء لما قدموه لي من علم طوال فترة الدراسة، كما يُسعدني ويُشرفني أن أتقدم بشكري وامتناني إلى أُستاذي المِعطاء المشرف على البحث **(م. علاء حسين كامل )** المحترم ، على كُلِ ما أبداهُ من الرعاية العلمية والتوجيهات السديدة لمساعدتي في إنجاز هذا الجهد العلمي، له الشكر على كل ما منحني من الوقت والجهد والاهتمام، والتوجيهات العلمية التي أثرت البحث وذللت الكثير من الصعوبات، ويسرني أن أتقدم بكلمة شكر وامتنان قاصرة عن إيفاء أناس كثيرين حقهم لأنهم كانوا متفضلين بعطائهم ومواقفهم النبيلة.

كما وأتقدم بخالص شكري وتقديري إلى أخوتي وأخواتي راجياً من الله أن يديم ظلهم علي ويحفظهم من كل مكروه...

والله ولي التوفيق .....

# إقرار المشرف

**اقر بأن البحث الموسوم ((المقاييس و الحسابات الرياضية لتراكيز الملوثات في الهواء)) المقدم من قبل الطلبة (حيدر كاظم سلمان، عذراء حسين محسن ، عباس فاضل موات) قد جرى تحت إشرافي في قسم الفيزياء للعام الدراسي 2024\2025 ولأجله وقعت.**

**التوقيع:**

**الاسم: علاء حسين كامل**

**الدرجة العلمية: مدرس**

**التاريخ: \ \2025**

## توصية رئيس القسم

**إشارة إلى التوصية المقدمة من قبل المشرف احل هذا البحث إلى لجنة المناقشة**

**التوقيع**

**الاسم: د.احمد خلف زغير**

**الدرجة العلمية: أستاذ مساعد**

**التاريخ: \ \2025**

# إقرار لجنة المناقشة

نحن رئيس وأعضاء لجنة المناقشة الموقعون أدناه قد ناقشنا البحث الموسوم بـ ((المقاييس والحسابات الرياضية لتراكيز الملوثات في الهواء))المقدم من قبل الطلبة ((حيدر كاظم سلمان و عذراء حسين محسن و عباس فاضل موات)) وبالنظر لإلمامهم بمحتوى البحث ودفاعهم من خلال الأسئلة الموجهة لهم وجدت اللجنة انه مستوف لاعتباره جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس علوم في الفيزياء.

| | | |
|---|---|---|
| عضو اللجنة | عضو اللجنة | رئيس اللجنة |
| التوقيع | التوقيع | التوقيع |
| الاسم: | الاسم: | الاسم: |
| الدرجة العلمية: | الدرجة العلمية: | الدرجة العلمية: |

# المحتويات


| الفقرة | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|
| | الخلاصة | 1 |
| | المقدمة | 2 |
| | **الفصل الاول** | |
| **الفقرة** | **الموضوع** | **الصفحة** |
| 1-1 | الهواء الطلق (الطبيعي) | 5-4 |
| 2-1 | التلوث البيئي | 8-6 |
| 3-1 | ملوثات الهواء الأساسية | 12-9 |
| | الفصل الثاني | |
| 1-2 | مؤشر جودة الهواء(AQI) | 15-14 |
| 2-2 | أجهزة قياس الملوثات الهوائية | 16-14 |
| 3-2 | معايير أخذ العينات الهوائية | 16 |
| **4-2** | أجهزة تنقية الهواء | 16 |
| **5-2** | التقنيات المستخدمة في ترشيح الهواء | 19-16 |
| **6-2** | ملوثات جودة الهواء المنزلية الشائعة | 19 |
| | **الفصل الثالث** | |
| **الفقرة** | **الموضوع** | **الصفحة** |
| **1-3** | **معيار قياس خطورة الملوثات** | 22-21 |
| **2-3** | **وحدات قياس الملوثات الهوائية** | 22 |
| **3-3** | **الاحصائيات العالمية في حساب الملوثات الهوائية** | 24-23 |
| **4-3** | **قوانين سرعة الرياح في الجو الملوث** | 24 |
| | **التوصيات** | 25 |
| | **المصادر** | 26 |

# الخـــلاصـــة

تناولنا في هذا البحث دراسة وتحليل و حساب تراكيز الملوثات الهوائية باستخدام المقاييس والحسابات الرياضية المتبعة عالميا من قبل منظمة الصحة العالمية والهيئة الدولية لتنسيق المناخ من اجل تسليط الضوء على اهمية جودة الهواء وتأثيره على البيئة والصحة العامة فبدأنا من مكونات الهواء من الغازات ونسب تراكيزها الثابتة في الجو واذا زادت عن حدها يكون هنالك خلل وتلوث بالهواء واهم مصادر التلوث سواء كانت طبيعية او بشرية مرورا بمؤشر جودة الهواء العالمي واجهزة قياس الملوثات والية معايير اخذ العينات الهوائية واهم القوانين والمعادلات الرياضية في حساب خطورة وجود الملوثات في الهواء حيث تعد الاساليب الرياضية والاحصائية ركائز اساسية لتقييم جودة الهواء وبالتالي تفادي خطر التحديات البيئية التي تواجه العالم اليوم.

# المقدمة

يُعد تلوث الهواء من أخطر التحديات البيئية التي يواجهها العالم اليوم، لما له من تأثيرات سلبية مباشرة على الصحة العامة والنظام البيئي. فالهواء، الذي يتكون من خليط متوازن من الغازات، قد تأثر بشكل كبير نتيجة للأنشطة البشرية المتزايدة مثل الصناعة، والنقل، وحرق الوقود الأحفوري، مما أدى إلى ارتفاع مستويات الملوثات الهوائية إلى حد يهدد الحياة على كوكب الأرض. تعتمد دراسة تلوث الهواء على فهم ديناميكية حركة الجزيئات وانتقالها في الوسط الهوائي، وكذلك تأثير العوامل الفيزيائية مثل درجة الحرارة، الضغط، وسرعة الرياح في انتشار الملوثات. كما تُستخدم مبادئ الفيزياء الحرارية وميكانيكا الموائع في تحليل سلوك الملوثات وتقدير تركيزاتها بدقة، مما يجعل هذا المجال تقاطعا مهما بين الفيزياء والعلوم البيئية التطبيقية. في هذا البحث، نسلّط الضوء على المقاييس والحسابات الرياضية المستخدمة في تحليل تراكيز الملوثات الهوائية، إذ تُعد الأساليب الرياضية والإحصائية أدوات أساسية في تقييم جودة الهواء وتحديد مدى تأثير التلوث على الإنسان والبيئة. سيتم أيضًا استعراض أهم الملوثات مثل الجسيمات العالقة، وأكاسيد الكبريت والنيتروجين، وأول أكسيد الكربون، بالإضافة إلى المعايير البيئية المعتمدة لقياس جودة الهواء وتحديد مدى تجاوزها للحدود المسموح بها. تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تحليل دقيق لمستويات التلوث باستخدام النماذج الرياضية مما يساعد على اقتراح حلول فعالة للحد من الانبعاثات وتحسين جودة الهواء. كما تُسهم النتائج المستخلصة في دعم الجهود الرامية إلى تطوير سياسات بيئية مستدامة تحقق التوازن بين التنمية والحفاظ على البيئة

## الفصل الاول

# الهواء الطبيعي و اهم ملوثاته

## 1-1 **الهواء الطلق (الطبيعي)**

الهواء هو مجموعة من الغازات تُشكّل المجال الجوي للأرض، ويحيط الهواء بكوكب الأرض إلى ارتفاع 880 كيلومتر ،وهو الذي يجعل الحياة ممكنة للإنسان والحيوان والنبات، والجو القريب من سطح الأرض والذي يلاصقها كالجلد الرقيق هو الهواء الذي نتنفسه، يلعب الهواء دوراً مهماً في رؤية السماء باللون الأزرق، وذلك بفعل الجزيئات الموجودة فيه، حيث تتسبب في تشتيت ضوء الشمس إلى الأشعة ذات الأطوال الموجية الزرقاء، والبنفسجية، ودون الهواء ستغدو السماء سوداء اللون وكذلك يقل ضغط الهواء مع الارتفاع، فمثلاً يكون الضغط عند مستوى سطح البحر أعلى من الضغط الموجود في قمم الجبال و يساعد الهواء على حدوث تقلبات الطقس، فمثلاً تنشأ العواصف عند اصطدام كتلة هوائية باردة بأخرى دافئة.

يتكون الهواء الطبيعي (غير الملوث) الذي تتركز معظم كثافته عند قاع الغلاف الجوي من خليط من الغازات التي تتميز بأن لها معدلات نسب ثابتة تقريباً عند أي من الارتفاعات العمودية أو المسافات الأفقية وعند الازمنة المختلفة.

الجدول (1) أدناه يبيّن نسب الغازات الموجودة بتراكيز لم تتغير خلال عمر البشرية على الرغم من حدوث بعض الظواهر الطبيعية مثل انفجارات البراكين وحرائق الغابات نتيجة البرق، فعند تجاوز هذه النسب يعني حدوث خلل في الهواء وبالتالي حدوث تلوث للهواء.

جدول (1)

يبيّن نسب الغازات الموجودة بتراكيز لم تتغير خلال عمر البشرية

| المكوّن | الصيغة | النسبة الحجمية | الوزن الجزيئي | التركيز (ppm) |
|---|---|---|---|---|
| النتروجين | $N_2$ | 78.08 | 28.02 | |
| الأوكسجين | $O_2$ | 20.95 | 32.04 | |
| الآرگون | Ar | 0.934 | 39.88 | |
| النيون | Ne | 0.0018 | 20.00 | 18.18 |
| هيليوم | He | 0.00052 | 4.00 | 5240 |
| كربتون | Kr | 0.0001 | 83.7 | 1140 |
| اكسنون | Xe | 0.000008 | 131.3 | 87 |
| كبريتيد الهيدروجين | $H_2S$ | 0.00000002 | | |
| ثاني أوكسيد الكربون | $CO_2$ | 0.032 | 44.01 | 358000 |
| الميثان | $CH_4$ | 0.00015 | | 1720 |
| هيدروجين | $H_2$ | 0.00005 | 2.00 | 500 |
| أوكسيد النتروز | $N_2O$ | - | 44.04 | 312 |
| الاوزون | $O_3$ | 0.0002 – 0 | 48.06 | 10 – 50 |
| بخار الماء | $H_2O$ | 0.05 – 0.0001 | 18.00 | 0.004 – 4 |
| ثاني أوكسيد النتروجين | $NO_2$ | 0.0000001 | 48.02 | 0.1 - 5 |
| أول أوكسيد الكربون | CO | 0.0001 | 28.00 | 50 – 150 |
| آمونيا | $NH_3$ | 0.0000006 | | 0.1 – 10 |
| ثاني أوكسيد الكبريت | $SO_2$ | 0.0000002 | 64.0 | 0.03 - 30 |
| جسيمات (غبار وسخام) | | - | 0.000001 | |
| كلوروفلوروكربونات | CFCs | - | 0.00000002 | |

الدراسات العلمية إلى أنه إذا تناقص تركيز الأكسجين إلى أقل من 19.5% في الغلاف الجوي فمن الممكن أن يكون هناك تغيرات فسيولوجية عديدة في كافة أشكال الحياة الموجودة على الأرض، كما يشكل التناقص فيه، والذي يقل عن 16% خطراً كبيراً على حياة الكائنات الحية جميعاً.

## 2-1 التلوث البيئي

يعني وجود ملوثات أو مواد غير مرغوب فيها في الهواء النقي، اذا ما زادت كمياتها عن الحدود العظمى المسموح بها لمقاييس ومعايير جودة الهواء المحيط ستسبب تأثيرات مؤذية. هذه التأثيرات لم تنحصر على صحة البشر فقط بل تعدت الى منشآت بيئية أخرى مثل الغطاء النباتي والحيوانات وغيرها فضلاً عن تغير ألوان الطبيعة مثل لون الأحمر المصفر لجو المدن الحضرية أو الجو الضبابي او روائح غير مرغوب فيها وتشمل ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النتروجين والمؤكسدات الكيموضوئية مثل الأوزون وأول اكسيد الكربون والرصاص والأمونيا و الكبريتات والفلوريدات والهيدروكربونات وكذلك الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق التي يساوي قطرها أو يقل عن 2.5 ميكرونات (PM2.5) والقادرة على النفاذ إلى عمق الرئتين بل يمكنها أن تنفذ حتى إلى مجرى الدم فتسبب تأثيرات رئيسية على القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي. وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان التابعة للمنظمة، في عام 2013، تلوث الهواء خارج المباني بالجسيمات في عداد مسببات السرطان.

ان التطور الصناعي المذهل والتنمية والتطور العمراني والاجتماعي المتسارع والتغير في نمط وسلوك الحياة واكتشاف النفط والغاز وما ينتج عنه من ملوثات في مناطق جغرافية كبيرة علي سطح الأرض وكذلك اقامة وادارة محطات لتوليد الطاقة والمياه والتي تستخدم النفط الخام وارتفاع حركة المرور والطيران والموانئ ومشروعات الصرف الصحي وطرق التخلص من المخلفات بكافة أنواعها.. كان لهذه العوامل وغيرها من الأسباب الأخرى أثر في التغيير من نوعية جودة الهواء الطلق.

- **مصادر تلوث الهواء**

- **المصادر الطبيعية :**

هي المصادر التي لا يكون للإنسان دخل في إحداث التلوث، أي غير المتسببة بفعل الأنشطة البشرية، وأهمها:

**1- البراكين:** انفجار البراكين يبعث مواد جسيمية صلبة فضلاً عن غازات ملوثة مثل ثاني اوكسيد الكبريت وكبريتيد النتروجين والميثان وغيرها.

**2. الحرائق:** حرائق الغابات الناتجة والمتسببة بفعل البرق تبعث كميات ضخمة من الملوثات بشكل دخان وهيدروكاربونات غير محروقة وأول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين والرماد.

**3. العواصف الغبارية:** كتلة كبيرة من الهواء حاملة معها دقائق غبارية أو رملية. ومن أهم تأثيراتها تعكر صفاء الجو وبالتالي تقليل مدى الرؤيا الأفقية وحجب أشعة الشمس من الوصول الى سطح الارض فضلاً عن اضرارها الصحية.

**4. البحار:** تطلق البحار باستمرار جزيئات الهباء الى الغلاف الجوي على شكل جزيئات الملح المتناثرة بفعل الامواج البحرية والمد والجزر.

**5. النباتات والأشجار:** على الرغم من ان النباتات الخضراء تؤدي دوراً مهماً في تحويل $CO_2$ الى الأوكسجين خلال عملية التركيب الضوئي إلاَّ إنها تعدّ من المصادر الرئيسة للهيدروكربونات. ولا يغيب عن بالنا حبيبات الطلع أو اللقاح Pollen grains العالقة في الهواء والتي تنتقل في فصل الربيع بفعل الرياح لأجل إخصاب الأزهار تسبب صعوبات التنفس وأمراض الحساسية.

**6. البحيرات المالحة والقاعدية:** تتميز هذه البحيرات بالتأثير المحلي على البيئة. فالغازات الكبريتية المنبعثة في فصل الربيع تكون ذات روائح قوية للغاية عند الاقتراب من مصدرها.

- **المصادر البشرية:**

تتمثل في كثير من الفعاليات والنشاطات التي يقوم بها الانسان فالملوثات الناتجة بفعله تدخل الغلاف الجوي من مصدرين:

1. المصادر الثابتة :

وتشمل المعامل الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ومعامل انتاج الفحم والبترول والأسمنت والمنازل والدوائر الحكومية. وفي أغلب الاحوال تختلف كل من هذه المصادر في انبعاث الملوثات كماً ونوعاً، فمعمل الورق مثلاً اذا ما بقي في مكانه اليوم وغداً فإنه سيطلق الكمية نفسها من أنواع الملوثات ما لم يكن هناك أيّ تغير رئيسي في عملية الصنع

او الانتاج، وتطلق هذه المصادر ملوثاتها حسب نوعية الصنع ففي الغالب انبعاثات مصانع النواتج الكيمياوية هي غبار أو هباء أو أبخرة أو غازات.

2. المصادر المتحركة:

وتتضمن وسائط ومركبات النقل المختلفة من سيارات وسفن بأنواعها وطائرات بأنواعها التي تنتقل من مكان إلى آخر تحت الماكنة نفسها الخاصة بها. وتكون انبعاثات هذه المصادر مختلفة بحسب نوع السيارات والماكنات والوقود المستخدم، فمثلاً وقود الكازولين ينتج انبعاثات الهيدروكاربونات وأول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وجسيمات، وأما وقود الديزل فتنتج مكائنه ملوثات أكاسيد النتروجين وجسيمات وثاني أوكسيد الكبريت.

ومن أهم مصادر تلوث الغلاف الجوي الناتج بفعل الانسان:

**1. المصادر الصناعية:** إن التلوث الصناعي يأتي من النواتج الصناعية للمواد الخامة. مثلاً الحديد من المعدن الخام، والاخشاب المنشورة من الاشجار، والكازولين من النفط الخام والحجر من المقالع. ويمكن أن ينبعث التلوث الصناعي أيضاً من المصانع التي تحوَّل النواتج الى نواتج أخرى كالسيارات من الفولاذ والأثاث من الاخشاب والاصباغ من الجوامد والمذيبات وتبليط الاسفلت من الصخور والنفط.

**2. المنافع (Utilities) العامة:** المنافع في المجتمعات الحديثة كثيرة، إذ هي جزءٌ لا يتجزأ من الحياة ولا يمكن الاستغناء عنها. فمحطات الطاقة الكهربائية تجهز الكهرباء لأجل الأضاءة والتدفئة المنزلية فضلاً عن تشغيل الاجهزة الكهربائية كالثلاجات والمجمدات والتلفزة والمكانس وغيرها. النوع الاخر لمصدر التلوث الخطير هو فضلات المجتمع الحديث، فمحطات معالجات مياه الصرف الصحي او المياه الثقيلة التي تعمل بحالة سيئة أو سوء التصميم لها.

**3. المصادر الشخصية:** لحد الان توجد هناك الكثير من المصادر الشخصية للتلوث حتى لو اتجه المجتمع الى الصناعات والمنافع المركزية مثل السيارات وافران البيت والمستوقدات والمدافئ الزيتية ومواقد شوي اللحوم والحرق المفتوح للنفايات والأوراق النباتية اليابسة. فالطاقة المتحررة وانبعاثات تلوث الهواء من المصادر الشخصية هي في الغالب أكبر من المنافع والصناعية.

## 3-1 ملوثات الهواء الاساسية :

1.**المركبات العضوية المتطايرة:** أحد المركبات العضوية التي هي بصورة رئيسة الهيدروكاربونات المتكونة من الكربون والهيدروجين. تتواجد في الطبيعة بالحالات الثلاثة: الغازية والسائلة والصلبة اعتماداً على ذرات الكربون في المركب. وأبسط هيدروكربون هو غاز الميثان ($CH_4$) الذي ينتج معظمه بفعل التحلل البكتيري للمادة العضوية في مياه المستنقعات والأهوار. ومن مصادرها الثابتة تتضمن المصانع البتروكيمياوية ومصانع تكرير النفط ومصانع الطلاء والتنظيف الجاف واحتراق الوقود في وسائل النقل ومحطات الطاقة الكهربائية وعمليات التبخر من حقول النفط والغاز الطبيعي والصناعات التي تستخدم المذيبات الهيدروكاربونية وصناعة المطاط واللدائن.

**2.اكاسيد الكبريت:** أهم أكاسيد الكبريت $SO_x$ (حيث $x=1,2,3$) شيوعاً هو ثاني أوكسيد الكبريت $SO_2$، صفاته غاز عديم اللون غير قابل للاشتعال ذو رائحة نافذة مهيجة للأنسجة الحساسة في الأنف والفم والعين، إذ ينتج عن التعرض لهذا الغاز صعوبات في التنفس كالربو وأمراض الرئة والسعال. وكما تؤدي كمياته الكبيرة الى إصابة نباتات معينة كالخس والسبانخ، واحياناً تظهر علامات قصر ألوان أوراق أشجار النباتات واضعاف انتاجها.

أن اهم مصادره الطبيعية هي انفجارات البراكين وكذلك الجسيمات الكبريتية الناتجة من رذاذ المحيطات والينابيع الكبريتية إذ يعدّ كملوث ثانوي ناتج من تأكسد كبريتيد الهيدروجين في الجو، يدخل $SO_2$ الى الغلاف الجوي بصورة رئيسة بفعل الصناعات الحارقة للوقود الاحفوري الحاوية على كبريت في تركيبه الكيمياوي (مثل النفط والفحم) كما في محطات توليد الطاقة البخارية وعمليات صهر خامات الكبريتيدات ومصافئ تكرير النفط ومعامل الورق.

**3.اكاسيد النتروجين:** هناك ثلاثة أكاسيد مألوفة للنتروجين:

- أوكسيد النتروز $N_2O$: غاز غير قابل للاحتراق وغير سام وعديم اللون وحلو المذاق.
- أوكسيد النتريك NO: غاز سام وغير قابل للاحتراق فضلاً عن إنه عديم اللون والرائحة.
- ثاني أوكسيد النتروجين $NO_2$: غاز ذو رائحة خانقة غير قابل للاحتراق وله لون بني محمر.

من أهم هذه الأكاسيد هو $NO_2$ وذلك لآثاره المتعددة من الناحيتين البيئية والصحية، إذ يساهم في تكوين الامطار الحمضية عند تحوله إلى حامض النتريك $HNO_3$ في الاجواء الرطبة بوجود بخار الماء. فضلاً عن إنه غير مستقر في الغلاف الجوي فيتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية ويتحد مع عناصر أخرى ليكوّن ما يسمى الضباب الكيموضوئي.

**4.اول اوكسيد الكاربون:** أكثر الملوثات الغازية شيوعاً ويوجد بكثرة في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي. فهو غاز سام عديم اللون والرائحة والطعم وخامل كيميائياً تحت الظروف الطبيعية وقليل الذوبان في الماء وأخف قليلاً من الهواء. إن كمياته الصغيرة لها خطورة على الانسان خصوصاً في المناطق قليلة التهوية كأنفاق الطرق السريعة ومرآب السيارات تحت الارض. وتطرح المصادر الطبيعية كميات هائلة من أول أوكسيد الكربون، CO، الى الجو مثل تأكسد غاز الميثان الذي ينتج من تحلل المواد العضوية. كما ينتج CO من الفعاليات الحيوية التي تجري في البحار وعلى اليابسة مثل الحياة الخضراء. هذه الكميات الهائلة تفوق ما تطرحه المصادر الصناعية، إلاّ ان تركيزه لا يتغير، لذا لابدّ من امتصاص لهذا الغاز في الطبيعية، فهناك ثلاثة عمليات تسير بهذا الاتجاه؛ إذ المعروف ان CO ليس بغاز أحتباس حراري ولكن أنبعاثاته وتأكسده الى $CO_2$ تؤثر على المناخ العالمي، وقيام الكائنات الحية الدقيقة بتخليص الغلاف الجوي سريعاً من كميات كبيرة من CO بوساطة عمليات بيولوجية تحدث في الترب، وأخيراً ترسبه الى القمم الجليدية وتحلله في مياه المحيطات.

وتضيف المصادر الصناعية كميات هائلة من CO الى الجو سببها:

1. الاحتراق غير الكامل للوقود الاحفوري Fossil fuel، وذلك بسبب نقص نسبة الهواء المجهز كوقود عند الحرق.

2. اختزال الكربون لـ $CO_2$ في درجات الحرارة العالية وتحويله الى CO.

3. ظاهرة تفكك نواتج الاحتراق تحت درجات الحرارة العالية.

ولكون غاز CO لا يُرى ولا يشم فمن الممكن ان يسبب الموت من غير تحذير مسبق فمثلاً خلايا الانسان تحصل على الأوكسجين من خلال صبغة الدم المعروفة بالهيموكلوبين Hemoglobin التي تقوم بإلتقاط الأوكسجين من الرئة وتتحد معه وتنقله أخيراً الى جميع اعضائه، ولكن لسوء الحظ هيموكلوبين الانسان يفضل CO على $O_2$ فلو كانت كميات كبيرة من CO في الهواء الذي يتنفسه الانسان فان دماغه سيحرم من $O_2$ وتظهر اعراض الصداع والاجهاد.

5.الرصاص: يعدّ الرصاص أحد العناصر الثقيلة فهو عنصر سام ذو لون فضي – رصاصي له درجة انصهار 327 ˚C ونقطة غليان 1740 ˚C. معظم الرصاص يدخل الى الغلاف الجوي من عوادم السيارات التي تعمل بالكازولين الحاوي على مركباته وهي رابع اثيل الرصاص (C2H5)4Pb التي تخرج على هيئة أكاسيدات وكلوريدات كما يتحول قسم منها الى كربونات الرصاص.

6.امونيا: توجد ثلاث مصادر لإنبعاث غاز الامونيا الجوي هما: فضلات الحيوانات الناتجة من حضائر المواشي والدواب بسبب تحلل اليوريا من هذه الفضلات وحامض اليوريك الناتج من فضلات الدجاج والطيور. وعند تطور الزراعة واشتدادها بسبب استخدام سماد اليوريا تزداد كميات انبعاثات الامونيا.

7.المواد الجسمية و التي تشمل:ـ

- جسيمات PM2.5 :

وهي الجسيمات التي يقل قطرها عن 2.5 µm التي تنتج عادة من مواد ذات الطبيعة المتطايرة أو من غاز يتفاعل مع احد مكونات الهواء.

- الجزيئات الرملية Grits:

مواد صلبة يزيد قطرها عن 500 µm، تنشأ مع هبوب الرياح الشديدة بسرعة أكبر من 9 m/s التي لا تلبث أن تعود إلى الارض يكون مصدرها العواصف الغبارية.

- الغبار Dust:

عبارة عن خليط من جسيمات صلبة او سائلة او خليط منهما التي تتباين اقطارها بشكل كبير وهي ادق الرمال. هناك نوعين من الغبار الملوث للهواء: (1) غبار متراكم Dust fall الذي هو عبارة عن جسيمات من الغبار التي لا تلبث ان تعود للأرض بعد إنطلاقها بفعل الجاذبية الأرضية و(2) غبار عالق Suspended dust الذي تبقى جسيماته عالقة بالهواء وتسقط بفعل الجاذبية الأرضية بمعدلات متفاوتة تبعاً لحجم ووزن هذه الجسيمات.

- الدخان Smoke:

جسيمات صلبة (كاربونية) وقطرات متكاثفة من السوائل اقطارها بين μm (10 – 1) ويرمز لها بالرمز PM10 تتجمع مع بعضها في حركة ثم لا تلبث أن تتشتت في الهواء.

- الضباب Fog:

جزيئات ماء متكاثفة موجودة بكميات دورانية كثيرة في الهواء يمكن مشاهدتها حول مصانع الاغذية وغيرها.

- الابخرة المعدنية (دقائق غازية) Fumes:

جسيمات صلبة دقيقة جداً اقطارها بين μm (0.01–1)، تنطلق عموماً من التكثيف او التصعيد للتفاعلات الكيمياوية للأبخرة المنبعثة من الهواء.

- الرذاذ Mist:

قطرات سوائل متكاثفة ومتباينة الحجم معلق في الهواء وأخطرها الرذاذ الحمضي، وبالعادة لا يزيد قطرها عن 2 μm.

وهناك حالات تتركب فيها أنواع مختلفة من الجسيمات مثل: الضباب الدخاني Smog من الضباب والدخان، وكذلك الضباب الرقيق Haze من الرذاذ والغبار والغازات الملوثة.

# الفصل الثاني

# مؤشر جودة الهواء و اجهزة قياسه

# مؤشر جودة الهواء واجهزة قياسه

## 1-2 مؤشر جودة الهواء (AQI):

هو مقياس لتوصيف نوعية الهواء في مكان معين ويوفر المعلومات في الوقت الفعلي عن كمية التلوث وكلما زادت ارتفع المؤشر، وينقسم المقياس إلى ست فئات ولكل منها لون ورقم يتوافق مع كمية التلوث في الهواء وتأثيره وهو يمتد من (صفر إلى 500) وكما مبين في الجدول (2).

جدول (2)

يبين مقياس مؤشر جودة الهواء كما هو محدد في معيار

| AQI | مستوى تلوث الهواء | الآثار الصحية | (بيان تحذيري لجسيمات PM2.5 |
|---|---|---|---|
| 0 – 50 | جيد | تعتبر جودة الهواء مرضية، ولا يشكل تلوث الهواء أي خطر أو لا يشكل أي خطر | لا أحد |
| 51 –100 | معتدل | جودة الهواء مقبولة؛ ومع ذلك، بالنسبة لبعض الملوثات، قد يكون هناك قلق صحي معتدل لعدد قليل جدًا من الأشخاص الذين لديهم حساسية غير عادية لتلوث الهواء. | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، الحد من المجهود لفترات طويلة في الهواء الطلق. |
| 101–150 | غير صحي للمجموعات الحساسة | قد يتعرض أعضاء المجموعات الحساسة لآثار صحية. من غير المرجح أن يتأثر عامة الناس. | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، الحد من المجهود لفترات طويلة في الهواء الطلق. |
| 151–200 | غير صحي | قد يبدأ الجميع في تجربة الآثار الصحية؛ قد يتعرض أعضاء المجموعات الحساسة لآثار صحية | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، تجنب المجهود لفترات طويلة في الهواء الطلق؛ يجب على الجميع، |

| (بيان تحذيري لجسيمات PM2.5 | الآثار الصحية | مستوى تلوث الهواء | AQI |
|---|---|---|---|
| وخاصة الأطفال، الحد من المجهود لفترات طويلة في الهواء الطلق | أكثر خطورة | | |
| يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، تجنب أي مجهود في الهواء الطلق؛ يجب على الجميع، وخاصة الأطفال، الحد من المجهود في الهواء الطلق. | التحذيرات الصحية لحالات الطوارئ. من المرجح أن يتأثر جميع السكان. | غير صحية جدا | 201-300 |
| يجب على الجميع تجنب كل المجهود في الهواء الطلق | تنبيه صحي: قد يتعرض الجميع لآثار صحية أكثر خطورة | خطير | 300+ |

## 2:2 **اجهزة قياس الملوثات الهوائية**:

قياس تلوث الهواء هو الخطوة الاولى للتحكم في التلوث فمعرفة تركيب وخصائص وتركيز الملوثات هي اساس التقليل من حجم الملوثات المنطلقة، والتحكم في نوعية بعضها، والسيطرة عليها والحد من تأثيراتها.

ومعظم هذه الاجهزة تقيس وتسجل تركيزات الغازات مثل so2, co, no, no2, ch4 وتقيس ايضا المواد المؤكسدة والهيدروكربونات والجسيمات.

وتتوفر في محطات المراقبة بالإضافة الى اجهزة قياس التلوث، اجهزة لقياس سرعة الرياح واتجاهها ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والأشعة فوق البنفسجية والاشعاع الشمسي، وهناك مختبرات خاصة لقياس الانعكاس الحراري والذي يستخدم الترددات الصوتية.

ويستخدم جهاز امتصاص الطيف الذري atomic adsorption او الأشعة السينية لتحليل مكونات الغبار والجسيمات الصلبة بعد جمعها على ورق ترشيح من الالياف الزجاجية لمدة يوم واحد وتحسب كمية الغبار لحجم معين من العينة.

وعموما تقسم اجهزة قياس تلوث الهواء الى اجهزة تعتمد على التحليل النوعي واخرى تعتمد على التحليل الكمي. ومن اجهزة التحليل النوعي جهاز مطياف الكتلة mass spectroscope وجهاز كروماتوجرافيا الغازات gas chromatography، ويمكن استخدام الجهازين معا في القياس في حالة المزيج المعقد من الغازات فقد امكن تصنيف اكثر من 100 مركب منبعث من عادم السيارات باستخدام الجهازين معا في القياس.

اما الاجهزة التي تعتمد على التحليل الكمي فاهمها كاشف الالوان وجهاز القراءة المباشرة الذي يعمل على مبدأ الاحتراق الداخلي، وكذلك يستخدم البعض أشعة الليزر لمسح كثافة الجسيمات في متر مكعب من الهواء، بينما يعتمد البعض الآخر على تصوير الأقمار الصناعية لقياس الطاقة المنبعثة من الأرض.

## 3-2 معايير أخذ العينات الهوائية:

1. يوضع جامع العينات بعيداً عن السطوح والجدران والحواجز كالاشجار والنباتات وغالباً ما يوضع على ارتفاع 2–3 m فوق مستوى سطح الارض، على أن لا يكون موضوع قريباً من مصدر التلوث أو قريباً من مسارات الطرق.

2. يجب عمل مظلة للأجهزة إذا كانت ضرورية لحمايتها من الهطول، أو عمل سياج بسيط كبناء صغير لتوفير الحماية الكافية لها من الرياح الشديدة.

3. ان لا يؤثر أي عارض على تركيز الشوائب عند نقطة القياس، أو تداخل المصادر المحلية قرب الرياح القادمة نحو الموقع.

4. إمكانية الوصول الى الموقع بسهولة في جميع الأوقات والمواسم، وإن يكون آمن من الحيوانات الكبيرة إو التخريب.

5. المواقع الدائمية تتطلب تدفئة كافية وتوافر الطاقة الكهربائية للتكييف الجوي لكي نحصل على بيئة عمل ملائمة ومستقرة لعمل الاجهزة.

6. موقع أخذ العينة أو قياسها يجب أن يكون الهواء مماثلاً لهواء المنطقة المجاورة.

## 4-2 اجهزة تنقية الهواء:

تتكون بشكل عام من محرك ومروحة وفلتر هواء. يعمل المحرك والمروحة على تدوير الهواء ، بينما يعمل المرشح على إزالة الملوثات من الهواء أثناء مرور الهواء عبر الماكينة. بالإضافة إلى ذلك ، تستخدم بعض مرشحات الهواء مولدات أيون سالبة لجذب الجسيمات المحمولة جوا وإزالتها بنجاح من الغلاف الجوي.

## 5-2 التقنيات المستخدمة في ترشيح الهواء :

هناك العديد من التقنيات المستخدمة لتصفية وتوصيل الهواء النقي. فيما يلي الطرق الأكثر شيوعا:

**1.الترشيح الميكانيكي مع وسط ليفي:**

التقنية الأكثر استخداما على نطاق واسع لتنقية الهواء ، تقوم أنظمة الترشيح الميكانيكية بإزالة ملوثات الجسيمات المحمولة جوا مثل الغبار وعث الغبار وحبوب اللقاح من الهواء عن طريق حبسها في مرشح ليفي لإزالتها. تشمل مرشحات الهواء الميكانيكية أي نوع من مرشحات الوسائط الجافة ، بما في ذلك مرشحات الهواء التي يمكن التخلص منها والتي غالبا ما تستخدمها أنظمة HVAC وأجهزة HEPA، تعمل المرشحات الميكانيكية باستخدام مبدأين. في ترشيح الهواء الأساسي ،

يتصل الغبار بالفلتر، العملية الثانوية نظيفة لإزالة الملوثات على النحو الأمثل. تعتبر مرشحات HEPA أو مرشحات الهواء الجسيمية عالية الكفاءة ، هي النوع الأكثر كفاءة من مرشحات الهواء الميكانيكية ويجب أن تزيل ما لا يقل عن 99.95٪ من الجسيمات المحمولة جوا من البيئة.

**2.هطول الأمطار الكهروستاتيكي**

تعمل هذه المرشحات باستخدام عملية الكهرومغناطيسية ، حيث تمر بالهواء الملوث عبر قسم التأين لسحب الملوثات المحمولة جوا وحبسها لإزالتها. وهي تعمل باستخدام مبدأ مماثل للمغناطيس.

وبما أن الشحنات الموجبة والسالبة تجذب بعضها البعض، فإن هذه العملية تضيف شحنة كهربائية إلى الجسيمات، التي يتم احتجازها بعد ذلك وتخزينها على صفيحة مسطحة مشحونة بشكل معاكس للتخلص منها. في حالة مرشحات الهواء الكهروستاتيكية ، لا يوجد وسيط مرشح حيث يتم استخدام الألواح المشحونة بدلا من ذلك.

مرشحات الهواء الكهروستاتيكية فعالة في محاصرة كل من الجسيمات الكبيرة والدقيقة. إذا كنت تتطلع إلى إزالة الملوثات الدقيقة ، فقد يكون هذا هو المرشح الأكثر كفاءة لأن الجسيمات الدقيقة تتلقى شحنة كهروستاتيكية كافية ليتم جمعها على اللوحات. قد يتم تفويت هذه الجسيمات الدقيقة بواسطة أنواع أخرى من المرشحات.

لا تستخدم منظفات الهواء الكهروستاتيكية مقياس MERV (الحد الأدنى لقيمة الإبلاغ عن الكفاءة) لأنها لا تصنف على أنها مرشحات هواء ميكانيكية. بدلا من ذلك ، يتم قياسها على مقياس الاعتقال (القدرة على إزالة الغبار الاصطناعي) ، حيث تسجل معظم المرشحات تقييما بنسبة 99.95٪ زائد.

من المهم ملاحظة أن الاعتقال ليس هو نفسه الكفاءة. إنه ببساطة يقيس النسبة المئوية للوزن ، بغرامات من الغبار ، التي يمكن للمرشح الاحتفاظ بها قبل تحميلها.

3.**إمتزاز**:

ليست كل الملوثات المحمولة جوا جسيمات. هناك أيضا ملوثات غازية مثل الجزيئات الناتجة عن عمليات الاحتراق ، بما في ذلك مواقد الطهي بالغاز وعوادم المركبات ودخان التبغ. قد يحتوي الهواء أيضا على مركبات عضوية متطايرة (VOCs) مثل سوائل التنظيف والمواد اللاصقة والدهانات والورنيش. تتطلب هذه الجزيئات فلتر هواء متخصص مصمم لإزالة الملوثات الغازية.

الامتزاز هو عملية طاردة للحرارة (تحرير الحرارة) تستخدم مادة ذات مساحة سطح داخلية عالية ، وبنية مسام مناسبة ، وكيمياء سطحية لإزالة الجزيئات الغازية من الهواء. الكربون المنشط هو المادة الأكثر شيوعا المستخدمة في ترشيح الهواء.

ومع ذلك ، من المهم ملاحظة أن هذه العملية لا تزيل الجسيمات المحمولة جوا. إنه ببساطة يقلل من مستويات الغاز والروائح. ونتيجة لذلك ، عادة ما يتم الجمع بين المرشحات التي تستخدم نظام الامتزاز وطرق الترشيح الأخرى لتوفير هواء صاف ومنع الكربون أو الوسائط الأخرى من التحميل الزائد بالغبار.

**4.التحفيز الضوئي:**

التحفيز الضوئي هو طريقة أخرى لإزالة الملوثات الغازية. بدلا من استخدام وسائط الامتزاز ، تستخدم أجهزة تنقية الهواء المحفزة للضوء ضوء الأشعة فوق البنفسجية ومحفزا – عادة ثاني أكسيد التيتانيوم – لتنقية الهواء.

تعمل هذه العملية باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية لتنشيط المحفز ، والذي يستهدف بعد ذلك الملوثات الضارة ويدمرها بشكل فعال. في حين أن هذا قد يبدو وكأنه طريقة أنظف وأكثر أمانا من تلك التي تحبس الملوثات للتخلص منها في وقت لاحق ، يمكن لأجهزة تنقية الهواء المحفزة ضوئيا أن تخلق كميات ضئيلة من الأوزون ، وهو ملوث هواء سام يمكن أن يشعل أنسجة الرئة ويتلفها.

**5.البلازما:**

تستخدم طريقة البلازما تيارا عالي الجهد لتأين الهواء وشحن الجزيئات المحمولة جوا. هذا يخلق الجذور التفاعلية ، والتي تهاجم بعد ذلك وتدمر الملوثات المحمولة جوا ومع ذلك ، كما هو الحال مع التحفيز الضوئي ، تخلق هذه العملية

المنتجات الثانوية الضارة المحتملة لأكاسيد الأوزون والنيتروجين. بالإضافة إلى ذلك ، تعمل المولدات الأيونية عادة بشكل جيد فقط عند استخدامها جنبا إلى جنب مع نوع مختلف من فلتر الهواء ، مثل النوع الميكانيكي ، لإزالة الجسيمات المحمولة جوا.

## 6-2 ملوثات جودة الهواء المنزلية الشائعة

- الغبار وعث الغبار
- وبر الحيوانات الأليفة والشعر.
- حساسية النبات أو حبوب اللقاح
- الروائح الكريهة من عدد من المصادر ، بما في ذلك سوائل التنظيف والمنتجات الثانوية من الطهي
- العطس والسعال
- المركبات العضوية المتطايرة (VOC) من المواد الكيميائية.

# الفصل الثالث

# الحسابات الرياضية لتراكيز الملوثات الهوائية

## 3- المقاييس الرياضية في حساب الملوثات

### 3-1 معيار قياس خطورة الملوثات

لأجل معرفة أكثر الملوثات الهوائية الرئيسة خطورة، فإن خطورة أي ملوث تعتمد على تركيزه اولاً ومدة التعرض له ثانياً. ويعدّ غاز أول أوكسيد الكربون أكثر هذه الملوثات شيوعاً ويمكن عدّه معياراً لقياس خطورة الملوثات الرئيسة المختلفة. والجدول (3) يبيَّن معامل تأثير هذه الملوثات.

جدول (3)

يبين معال تأثير الملوثات

| الملوث | مستوى الاحتمال | معامل التأثير |
|---|---|---|
| أول أوكسيد الكربون (CO) | 5600 | 1 |
| أكاسيد الكبريت (SOx) | 365 | 15.3 |
| المواد الجسيمية | 260 | 21.5 |
| أكاسيد النتروجين (NOx) | 250 | 22.4 |
| الهيدروكاربونات (HC) | 45 | 125 |

ومعامل التأثير لأي ملوث يعطى بالعلاقة: $$\text{معامل التأثير} = \frac{\text{مستوى الاحتمال لـCO}}{\text{مستوى الاحتمال لاي ملوث اولي}}$$

مثلاً معامل التأثير لغازات $SO_x$ = 5600/365 = 15.3، هذا الرقم يعني ان غازات $SO_x$ تبلغ خطورتها حوالي 15 مرة أكثر من غاز CO اذا كان لها التركيز نفسه.

ويمكن إيجاد درجة الخطورة لأي ملوث بالعلاقة الآتية:

$$\text{درجة الخطورة} = \frac{\text{تركيز الملوث في الجو}}{\text{مستوى الاحتمال}}$$

فمثلاً درجة الخطورة لتركيز $100\ \mu g/m^3$ من غازات $NO_x$ يساوي 0.4 اذا كانت درجة الخطورة اقل من 1 فانه لم يعد خطراً. واخيراً يمكن تحديد تسلسل الملوثات الأولية المختلفة حسب خطورتها من العلاقة:

الوزن المؤثر = الوزن المطروح السنوي × معامل التأثير

فالملوثات الأولية في الجدول السابق تترتب حسب خطورتها بالتسلسل الآتي:

الهيدروكربونات–الدقائق–أكاسيد الكبريت–أكاسيد النتروجين–أول أوكسيد الكربون.

## 2-3 وحدات قياس الملوثات الهوائية:

تقاس تراكيز الغازات عدا الاوزون بوحدتين اساسيتين:

**اولاً: حجمية *Volumetric***

لتحديد نسبة الخلط بين حجم الغاز الملوث وحجم الهواء الأصلي، أي بمعنى نسبة عدد جزيئات الغاز الملوث الى العدد الكلي لجزيئات الهواء. لذا تستخدم ثلاث وحدات شائعة هي: أجزاء الغاز لكل مليون (يرمز لهذه الوحدة *ppm*، $10^{-6}$) أو تعطى بالأجزاء لكل بليون (رمزها *ppb*، $10^{-9}$)، واخيراً بالاجزاء لكل تريليون (رمزها *ppt*، $10^{-12}$). يفضل استخدامها عند دخول الغاز الى مكان معين فالتأثيرات ربما تعتمد بصورة رئيسة على عدد المواقع الجزيئية المشغولة بجزيئات الغاز الملوث.

**ثانياً: كتلية *Gravimetric***

لتحديد كتلة المادة لوحدة حجم الهواء ($g/m^3$) ومن أبرز هذه الوحدات شيوعاً ($mg/m^3$) أو ($\mu g/m^3$). ويستحسن استعمالها عند استخلاص تركيز غاز ما من المرشح المعالج لأجل التحليل الكيميائي أو للتأثيرات الصحية المتعلقة بكتلة الملوث المستنشق.

تستخدم أحياناً وبصورة مناسبة وحدات $particles/m^3$ للملوثات الجسيمية العالقة. وأحياناً يقاس تركيز الملوثات الجسيمية بوزنها على وحدة المساحة كأن تكون ($mg/cm^2$) أو ($Tun/mile^2$).

من الممكن تحويل الوحدات الحجمية الى الكتلية تحت ظروف الجو القياسية (*STP*) (درجة حرارة الصفر المئوي وضغط جوي واحد) بالعلاقة:

$$C_X\left(\frac{mg}{m^3}\right) = \frac{C_X(ppm)}{22.4} * M_X \qquad (1)$$

حيث *22.4* يمثل حجم مول واحد من الغاز النقي يزن كتلة مولارية نسبية عند الظروف الجوية القياسية. اما عند الظروف غير القياسية (عند درجة حرارة بالكلفن والضغط بالباسكال) فالتحويل يتم

$$C_X(ppm) = \frac{R*T}{P*M_X} * C_X(\mu g/m^3) \qquad (2)$$

بينما تقاس كمية الأوزون في الغلاف الجوي في الغالب بوفرة عمود الاوزون *Ozone column abundance* – الذي هو جمع جميع جزيئات الاوزون فوق سنتميتر مربع من السطح بين سطح الأرض وقمة الغلاف الجوي. عند قسمة هذا العدد على $2.7*10^{16}$ نحصل على وفرة العمود بوحدات الدبسن *Dobson (DU)* الذي هو اسم العالم المكتشف للأوزون عام *1920*م لذلك؛

$$1\ DU = 2.7 * 10^{16}\ molecules\ of\ ozone/cm^2$$

## 3:3 الاحصائيات العالمية في حساب الملوثات الهوائية

ولمعرفة نوعية الهواء المحيط تؤخذ قياسات تراكيزه بالأجهزة وبفترات زمنية منتظمة ثابتة ثم يتم إجراء بعض الاحصائيات التالية:

*1. Concentration rate*

يحسب معدل التراكيز اولاً ثم يقارن مع المقاييس الدولية والمحلية. ويتم بالمعادلة الآتية:

$$\bar{c} = \frac{1}{\Delta t}\int c\ dt$$

حيث $t$: زمن القياس. ويفضل قياس التراكيز بوساطة أجهزة سريعة الاستجابة، بعدها يمكن عمل المعادلات، كأن كل *15* دقيقة او كل ساعة او كل ستة ساعات.

*2. Pollutants rose*

تقسم الدائرة الكاملة *360°* إلى ستة عشر مقطعاً اتجاهياً، زاوية كل منه *22.5°*. قياسات الملوثات الساعية للملوثات المأخوذة يعمل لها معدلات حسب اتجاه الرياح الهابة من كل مقطع.

*3. Frequency distribution*

ويتم استنتاج المنحنى التكراري للتراكيز من تجزئة المدى الكامل للتراكيز المقاسة خلال سنة إلى مديات ثانوية، وتحسب عدد القيم المتكررة الواقعة خلال كل مدى ثانوي. ويعبر عن هذه الحسابات كنسب مئوية وذلك بتقسيم عدد التكرارات داخل كل مدى ثانوي على العدد الكلي وضربه في مئة.

## 4-3 قوانين سرعة الرياح في الجو الملوث :

تغاير سرعة الرياح الافقية واتجاهها مع الارتفاع مهم في تخمّين تشتت الملوثات الجوية بعد مغادرتها فوهات المداخن. بشكل عام سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع ولكن تعيق العوارض الارضية (مثل الاشجار والابنية والخ) حركة الرياح وتبطئها. فتؤدي خشونة السطح دوراً مهماً في توزيع الرياح عمودياً ويمكن تخمين سرعة الرياح من العلاقة اللوغاريتمية الآتية عند الظروف المتعادلة:

$$U(z) = \frac{U_*}{\kappa} ln\left(\frac{z-z_d}{z_0}\right)$$

حيث ان *z0*: طول خشونة السطح *Surface roughness length* و*zd*: طول الازاحة الصفرية *Zero-displacement length* و*U** سرعة الرياح الاحتكاكية *Friction velocity* وκ: ثابت فان كرمان *Von kármán* وقيمته تتراوح بين *0.35* و*0.4*. أما عند الظروف الغير متعادلة، الظروف المستقرة وغير المستقرة، يضاف لها عامل تصحيح الاستقرارية $\Psi m$ فيصبح

$$U(z) = \frac{U_*}{\kappa} ln\left(\frac{z-z_d}{z_0}\right) - \Psi_m$$

ويمكن حساب سرعة الرياح بالاعتماد على القانون الهندسي الأسي للرياح:

$$U(z) = U_r \left(\frac{z}{z_r}\right)^{\alpha}$$

حيث إن *Ur*: سرعة الرياح عند ارتفاع مرجعي، قيمة الأس α متغيرة حسب خشونة السطح والاستقرارية الجوية حيث تبلغ عند الظروف المتعادلة للاسطح الغير خشنة *1/7* بينما تزداد الى *0.25* عند المناطق الحضرية.

# التوصيات

يتمثل الهدف العام من التوصيات (الكمية) من اجل تحسين نوعية الهواء من تركيزات طويلة او قصيرة الاجل لعدد من ملوثات الهواء الرئيسية و التي هي كالاتي:

1.تقديم توصيات مسندة بالبيانات على شكل مستويات ارشادية لنوعية الهواء بما في ذلك الاشارة الى شكل العلاقة بين التركيزات المختلفة للملوثات وتأثيراتها الصحية الحاسمة خلال فترات زمنية محددة.

2.تحديد مقاصد ارشادية مؤقتة من اجل توعية جهود الحد من التلوث من اجل الوصول التدريجي الى المستويات الارشادية لنوعية الهواء.

3.اجراء استعراض منهجي للبيانات والتحليلات لتلوث الهواء لتقديرات الاثر الكمي على البيئة وكل الكائنات الحية.

# المصـــــــــادر

## References


1. Monim H Al-Jiboori: تلوث الغلاف الجوي , 2015

2. Seinfeld J. H. and Pandis S. N., Atmospheric Chemistry and Physcis: from Air pollution to Climate Change, 3rd ed., John Wily and son, Inc., 2016, pp. 766-841.

3. Lazaridis, M., First Principles of Meteorology and Air Pollution, Greece: Springer, 2011, p. 362.

4. Hemond, H. F. and Frechner-Levy E. J., Chemical fate and transport in the environment, 2 nd edition ed., Academic press, 2000, p. 290.

5. Tiwary A. and Colls J., Air pollution: Measurment, modeling and mitigation, 3 rd eddition ed., Routledge, 2010, p. 140.

6. WHO: "Air Quality Guidelines: Global Update 2005". World Health Organization

7. EPA: "Air Quality Criteria for Particulate Matter". U.S. Environmental Protection Agency, 2004

8. Baker, K. R., et al.: "Air Quality and Climate Change: A Review". Environmental Science & Technology, 2010.

9. Kumar, P., et al.: "Air Pollution: A Global Perspective". Environmental Pollution, 2016.

10. Pope, C. A. III, et al.: "Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect". Journal of the Air & Waste Management Association,