تأثير سرعة الرياح والارتفاع المؤثر للمداخن على انتشار الملوثات

م.م جاسم محمد خليل م.فيزياوي عدنان جليل عبد م.فيزياوي ذر انتصار بكر

كلية العلوم / قسم الفيزياء

المستخلص

اعتمدت معادلة كاوس لحساب التراكيز السطحية للملوثات ، وتبين من خلالها تأثير كل من سرعة الرياح ، والارتفاع المؤثر للمداخن ، إذ تبين أن الزيادة في سرعة الرياح تلعب دوراً مزدوجا في التأثير على التراكيز السطحية ومسافات الانتشار ، ففي النهار تؤدي زيادة سرعة الرياح إلى تقليل التراكيز السطحية ، أما في الليل فيكون العكس ، وكذلك ظهر لنا أن الزيادة في الارتفاع المؤثر لمصدر التلوث يؤدي إلى تقليل قيم التراكيز السطحية ولحالات الاستقرارية كافة ،

Abstract

Gaws,s equation applied to determine pollution surface concentrations , the effect for each wind speed and the height effect of pollution source will show from it, when the wind Speed increasing the surface concentrations decreasing in day, opposed process would happen in the night . an increasing in height effect of pollution source was decreasing the surface concentrations for all stability stats. .

المقدمة

التلوث :

يمكن تعريف تلوث الهواء من خلال تعريف الملوث لـ (**هولستر**) ، فالملوث لديه **:** هو مادة أو أثر يؤدي إلى تغير في نمو ألأنواع في البيئة يتعارض مع الصحة والراحة **.** إن الهواء المحيط بنا يحتوي على العديد من العناصر الغازية بنسب ثابتة ، لذلك يقال بإن الهواء ملوث إذا حدث أي اختلال ملحوظ في هذه النسب لمكونات الطبيعة ، أو إذا أضيفت إليه دقائق صلبة وسائلة أو مخلفات غازيةً تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على حياة الكائنات الحية .

وله تأثيرات بيئية تؤدي الى ظواهر بيئية منها ثقب الأوزون والتغيرات المناخية الحاصلة في جو الأرض بسبب الاحتباس الحراري, إلا حصيلة لما جناه الإنسان على بيئته وضريبة للتطور الحضاري .

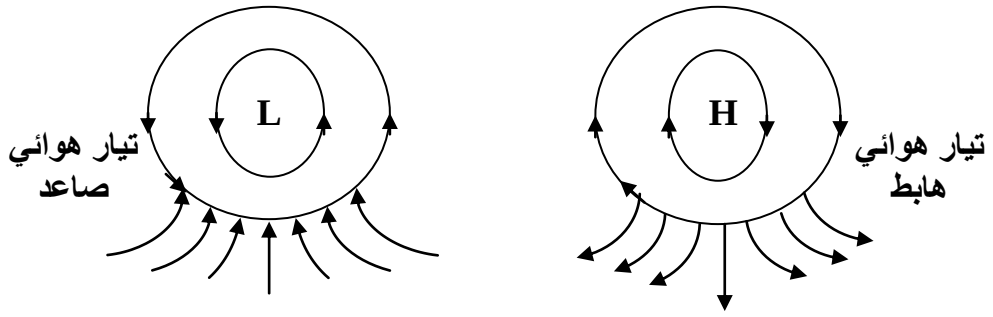
تبدأ رحلة الملوث من انبعاثه من المصدر ثم يتعرض للعوامل الجوية المختلفة والتي تساهم في انتقاله وتنشئته ويتعرض الملوث أثناء انتقاله إلى عمليات كيميائية تغير من طبيعته إلى أن تبدأ آلية ألإزالة تعمل ـ كالأمطار مثلاً ـ ومنها تصل إلى التربة حيث تسبب أضراراً على صحة الإنسان وكذلك على الأبنية .

أن أهم الملوثات التي تنتقل إلى الجو هي :
أكاسيد ومركبات النيتروجين ، واكاسيد الكبريت ، و غاز أحادي أوكسيد الكربون ، وثاني أوكسيد الكربون والهيدروكربونات ، وكبريتيد الهيدروجين ، وغاز الأوزون و أوكسيد الرصاص والدخان ، والغبار ، وغيرها .

العناصر الانوائية المرتبطة بانتشار الملوثات :

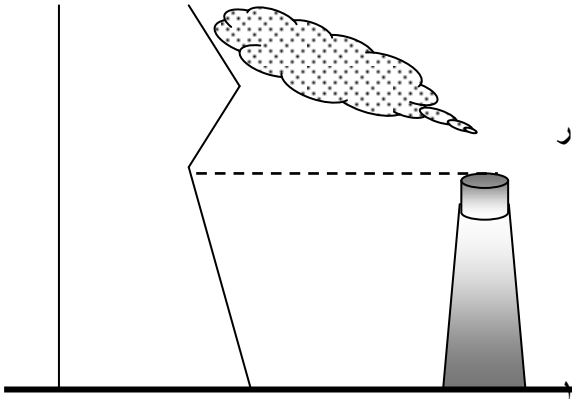
أ- **الرياح :** وهي حركة الهواء الأفقية والتي تساعد على انتشار وتشتيت الملوث ونقله من مكان إلى أخر ويتوقف ذلك على سرعة واتجاه الرياح .

ب- **التيارات الهوائية الصاعدة والنازلة :** المتكونة بسبب الانخفاضات والارتفاعات في الضغط الجوي عندما يكون هناك فرق بين الانحدار الاديباتيكي والانحدار الحراري كما في الشكل (١) حيث تنتقل الملوثات الجوية مع التيارات الهوائية الصاعدة إلى طبقات الجو المرتفعة فتسبب تغير مكوناتها نتيجة الامتزاج بها أو تعود فتهبط الملوثات إلى الأسفل .

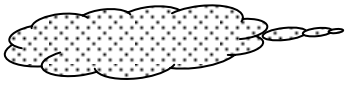


الشكل (١) يبين التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة واطئ ضغط عالي

ج – **الانقلابات الحرارية :** والناشئة على ارتفاع معين من سطح الأرض في طبقة التروبوسفير حيث ترتفع درجة الحرارة بدل أن تنخفض بزيادة الارتفاع ، فإذا كان الانقلاب قريباً من سطح الأرض فإن الملوثات تنتشر إلى الأعلى ، وأما إذا كان الانقلاب في طبقة أعلى فإن ذلك يؤدي إلى انتشار الملوثات نحو الأسفل فيزداد تركيزها كما في الشكل (٢) .



أ – تأثير الانقلاب الحراري الأرضي : الملوثات تنتشر إلى الأعلى (بداية الغروب)



ب – تأثير الانقلاب الحراري العلوي الملوثات تنتشر إلى.
الأسفل (بداية الشروق)

الشكل (٢) يبين تأثير كل من الانقلاب الحراري الأرضي والعلوي على جهة اتجاه انتشار الملوثات

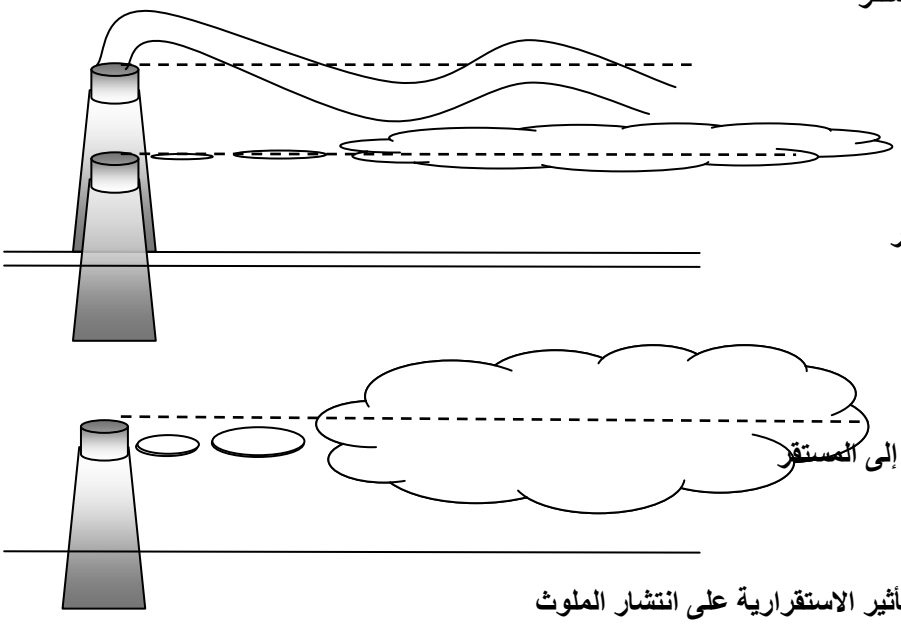
د – الدوامات الهوائية المحلية : التي تنتج بسبب العوارض في طريق الرياح كالأبنية والأشجار والمزروعات ، إذ تعمل هذه الدوامات على تغيير الملوثات من حيث التركيز واتجاه الانتشار في الطبقات السفلى من الجو .

هـ - الاستقرارية وعدم الاستقرارية : تكون حركة الهواء عادة في ثلاثة محاور هي (x , y , z) ، وفي حالات الانقلاب الحراري فإن الحركة تكاد تكون مقتصرة على محورين (x , y) أي تكون الحركة أفقية نشطة ، فيما تضمحل الحركة في الاتجاه العمودي (z) . يدعى الجو في هذه الحالة مستقراً ، أما في حالة كون مقدار الانحدار الحراري أكبر من ألانحدار الحراري الاديباتيكي فسوف تنشط الحركة العمودية ويكون الجو غير مستقر ، وفي حالة تساوي الانحدار الحراري مع الانحدار الحراري الاديباتيكي فإن الجو يكون عندها متعادلا . ويمكننا من خلال الشكل (٣) معرفة تأثير الاستقرارية على انتشار الملوث .

أ- في حالة الجو غير المستقر

ب – في حالة الجو المستقر

ج- في حالة الجو المتعادل إلى المستقر



الشكل (٣) يبين تأثير الاستقرارية على انتشار الملوث

طريقة العمل

يعتبر انموذج كاوس من أكثر النماذج شيوعاً في الاستعمال في حساب مسافات الانتشار لمصادر التلوث ذات التلويث المستمر ، ويعود السبب في ذلك إلى التطبيقات الناجحة المبنية على هذا النموذج والمتمثلة في تطابق القيم المحسوبة الى حد كبير مع البيانات المرصودة فعلياً .

يعطى هذا النموذج بالمعادلة (1) الآتية :

$$C = \frac{Q}{2\pi u\, \delta_y \delta_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2\delta_y^2}\right]\left[\exp\left\{\frac{-(z-h_e)^2}{2\delta_z^2}\right\} + \exp\left\{\frac{-(z+h_e)^2}{2\delta_z^2}\right\}\right] \quad .....(1)$$

حيث أن :

C : تركيز الملوث .

Q : معدل تدفق الملوثات الخارجة من المصدر (kg / sec) .

δ_y , δ_z : معاملي التشتت وهي مقادير الانحراف المعياري لتوزيع الجزيئات الملوثة في الاتجاهات (y) و (z) وهي دوال لكل من المسافة الأفقية وللاستقرارية الجوية .

u : سرعة الرياح عند الارتفاع المؤثر للمدخنة (m / sec) .

h_e : الارتفاع المؤثر للمدخنة والذي غالباً ما يكون أعلى من الارتفاع الحقيقي للمدخنة (m) .

x : المسافة الأفقية باتجاه مهب الريح (m) .

y : المسافة عن الخط المركزي لانتشار الملوث (m) .

z : المسافة العمودية فوق سطح الأرض (m).

بالنسبة لمعدل تدفق الملوثات(Q) فإن مقداره يعتمد على طبيعة المواد المحروقة وكمياتها في المصنع أو المنشأة ، أما (δ_y , δ_z) فإن حسابها يتم من خلال معادلات رياضية حسب فئة الاستقرارية والتي يتم تحديدها اعتمادا على سرعة الرياح والتسخين الشمسي وسنأتي على تفصيل ذلك :

الارتفاع المؤثر هو ارتفاع المدخنة الحقيقي مضافاً إليه ارتفاع الدخان الناتج عن سرعة تدفق الملوث ودرجة حرارته العالية نسبياً ، أي أن :

$$h_e = h_s + \Delta h \qquad ..... \quad (2)$$

وهو يتأثر بسرعة الرياح ، و الاستقرارية الجوية وغيرها ، وفي هذه الدراسة تجنبنا الدخول في الحسابات الخاصة بذلك ، وأدخلت قيم (h_e) مباشرة ، والشكل (5) يوضح الفرق بين (h_e) (h_s) .

في الوقت الذي تتوفر فيه قيم سرع الرياح السطحية عند ارتفاع (5 m) و (10 m)في مختلف المحطات الانوائية ، نجد من الصعوبة قياس سرع الرياح عند الارتفاع المؤثر ، لذا تم حساب سرعة الرياح(u) من القانون المعطى بالصيغة التالية :

$$u(z) = \frac{u_*}{k}\left[\ln z - \ln z_0\right] = \ln \frac{z}{z_0} \qquad .....3$$

حيث أن :

u_* : السرعة الاحتكاكية .

z : الارتفاع المطلوب حساب السرعة فيه (الارتفاع المؤثر هنا) .

k : ثابت كارما ن ، ويساوي ($0.4 \approx 0.388$) .

z_0 : خشونة الأرض ، ومعامل خشونة الأرض لأرض زراعية مكشوفة (0.1) .

يحدد موقع الحساب بواسطة (x,y,z) كما في الشكل (٦) .

من أهم العوامل الجوية التي تؤثر على الاستقرارية الجوية هي ؛ **سرعة الرياح السطحية ، وكمية الفيض الحراري** . وقد قام كل من (باسكويل) و (وجفورد) بدمج تأثيراتهما في تصنيف للأستقرارية الجوية يعطي تقديرا ً لدرجة الاستقرارية إعتماداً على هذين العاملين ، يتألف هذا التصنيف من الفئات :

١. صنف (A) : ويمثل عدم إستقرارية عالية نهارية .
٢. صنف (B) : ويمثل عدم إستقرارية متوسطة نهارية .
٣. صنف (C) : ويمثل عدم إستقرارية خفيفة نهارية .
٤. صنف (D) : ويمثل إنحدار حراري معتدل .
٥. صنف (E) : ويمثل إستقرارية ليلاً .
٦. صنف (F) : ويمثل إستقرارية متوسطة ليلاً .
٧. صنف (G) : ويمثل إستقرارية عالية ناشئة عن انقلاب حراري حاد ورياح خفيفة جداً .

٢. السطوع الشمسي

في الجدول (١) قسمت معدلات التسخين الى فئات نهارية ، أعتمد التقسيم على شدة الإشعاع الشمسي والذي يقاس بدوره بواسطة زاوية الارتفاع الشمسي .

الجدول(١)

يبين شدة الإشعاع الشمسي وزاوية قياسه

ت	شدة الإشعاع الشمسي Insolation		زاوية الارتفاع الشمسي Solar Altitude Angle (deg)
١	خفيفة	Slight	0 < S.A < 35
٢	متوسطة	Moderate	35 < S.A < 60
٣	قوية	Strong	S.A > 60

ويلزم لاستخراج أصناف الاستقرارية المعلومات التالية :

١. سرعة الرياح (u) على ارتفاع (10 m) .
٢. حساب صنف التسخين الشمسي (زاوية ارتفاع الشمس) .

٣. تقدير كمية الغيم الكلي (N) والواطئ .عند وجود غيوم في النهار فيجب إدخال تعديلات على التسخين الشمسي ، فعندما يكون التسخين الشمسي من النوع القوي (Strong) يعدل إلى متوسط (Moderate) عند وجود غيوم

№	Surface Winde Speed (km / h)	Insolation Day			Night Time	
		Strong	Moderate	Overcast	N > 3/8	N < 3/8
1	u < 2	A	A	B	F	-
2	2 ≤ u < 4	A	B	C	E	F
3	4 ≤ u < 6	B	C	C	D	E

أقل من (3/8) ، ويعدل إلى خفيف (Slight) عندما تكون الغيوم واطئة وكميتها أكبر من (3/8) .

الجدول (٢)

يبين تأثير سرعة الرياح على شدة الإشعاع الشمسي وتأثير كمية الغيم الكلي عليه

4	6 ≤ u	C	D	D	D	D

الجدول (٣)

يبين قيم كل من معاملي التشتت (σ_y , σ_z) لأصناف الرياح (A-G)

№	Class	σ_y m	σ_z m
1	A	$0.22 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	0.2 x
2	B	$0.16 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	0.12 x
3	C	$0.11 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	$0.08 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$
4	D	$0.08 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	$0.06 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$
5	E	$0.06 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	$0.03 \times(1 + 0.0001 x)^{- 1}$
6	F	$0.04 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	$0.016 \times(1 + 0.0001 x)^{- 1}$
7	G	$0.04 \times(1 + 0.0001 x)^{- 0.5}$	0

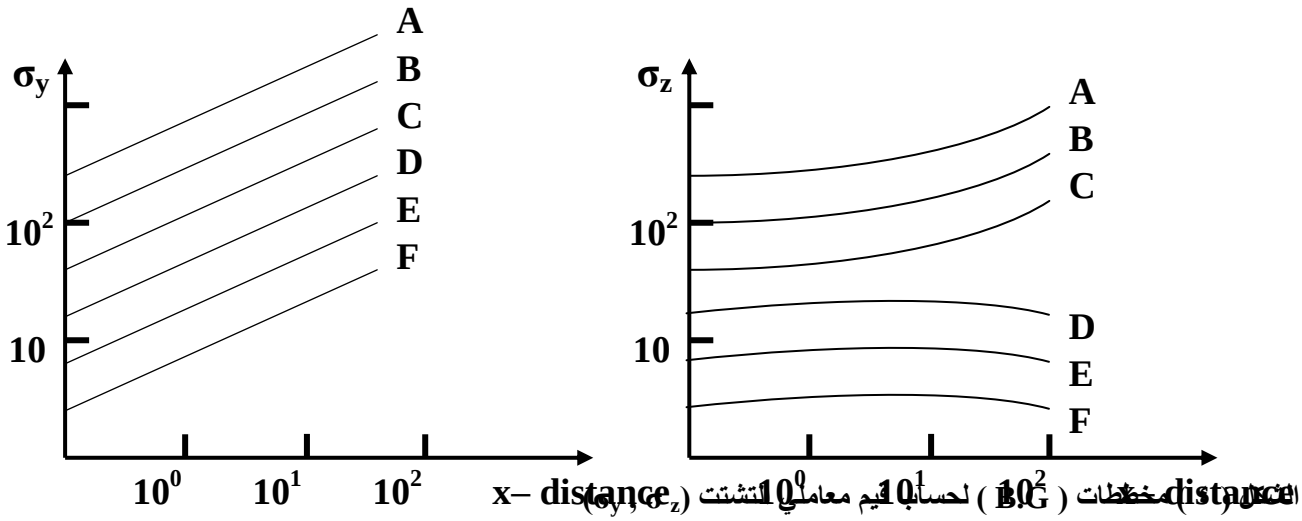
. أو

يمكـن

نـــا

حسـا

ب قيم كل من معاملي التشتت (σ_y , σ_z) حسب مخططات (B.G) كما هو مبين في المخطط (٤) الآتي :

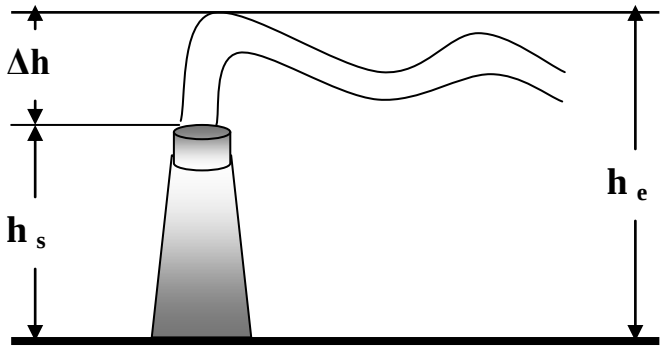


أ – مخطط (B.G) لحساب قيم σ_z

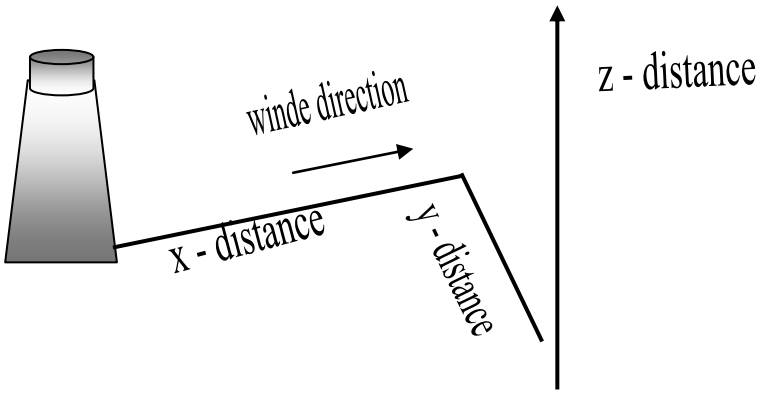
ب – مخطط (B.G) لحساب قيمσ_y

(σ_y , σ_z) لحساب قيم معاملي التشتت (B.G) مخططات

في كلتا الحالتين فإن الحساب يعتمد بالدرجة الأساس على البعد (x) وهو المسافة الأفقية باتجاه مهب الريح .



الشكل (٥) يوضح الفرق بين الارتفاع الحقيقي (h_s) والارتفاع المؤثر (h_e)



الشكل (٦) يوضح الأبعاد (x , y , z) مع ملاحظة أن (x) باتجاه مهب الريح .

النتائج والمناقشة

١ـ تأثير سرعة الرياح على انتشار الملوث :

لغرض دراسة وفهم تأثير سرعة الرياح على انتشار الملوث تم تثبيت قيمة معدل التدفق (Q) والارتفاع المؤثر(h_e) وكذلك قيم إحداثيات الموقع (x , y , z) حيث كان :

Q = 15 kg / sec, h_e = 50 m , x = 1000 m , y = 0 m , z = 0 m

تم اختيار قيمة (z = 0 m) لأن التراكيز السطحية هي غالباً محط الاهتمام ، أما (y = 0 m) لأننا نأخذ فقط الخط المركزي .

تم أخذ سلسلة من سرع الرياح تتراوح ما بين (1 – 7 m / sec) في ظروف تسخين مختلفة وصنفت النتائج الى نهارية وليلية لتسهيل المقارنة كما في الجدولين (٤) و (٥) .

يلاحظ وجود تذبذب في قيم التراكيز مع زيادة سرعة الرياح السطحية ، و تفسير ذلك : عندما تكون (x = 0) أو (x = ∞) فإن قيم التراكيز عند سطح الأرض تساوي صفراً لسرعة رياح ثابتة .

وتكون هناك قيمة عظمى للتراكيز في موقع ما بين ذاكين الموقعين ، وهكذا مع تغير سرع الرياح تظهر قيمة عظمى في مواقع بينية تختلف باختلاف سرعة الرياح .

كذلك يلاحظ انطباق قيم التراكيز في حالات التسخين النهاري المتوسط والخفيف في السرع الأكبر من , (4 m / sec) ويحدث هذا بسبب أن تأثير الرياح العالية يكون أكثر فعالية في توليد الدوامات الهوائية مع تأثير التسخين الشمسي وفروقا ته .

أما بالنسبة للحالات الليلية فإن زيادة سرعة الرياح هنا تنفرد بعملها كمولد لعدم الاستقرارية ، ويعمل على زيادة التراكيز السطحية ، إذ تقوم بإيصال الملوثات من مستوى الارتفاع المؤثر إلى مستوى السطح وهذا معاكس للحالات النهارية .

الجدول (٤)

تأثير تغير سرعة الرياح على تركيز الملوثات أثناء النهار (الفئات النهارية)

نوع التسخين	فئة الرياح	سرعة الرياح (m /sec) u						
		1	2	3	4	5	6	7
قوي	C	2.1×10^{-4}	1.05×10^{-4}	7×10^{-5}	7.24×10^{-5}	5.8×10^{-5}	5.24×10^{-5}	4.5×10^{-5}

متوسط	C	2.1×10^{-4}	1.45×10^{-4}	9.65×10^{-5}	7.8×10^{-5}	6.3×10^{-5}	4.01×10^{-9}	3.4×10^{-9}
ضعيف	C	2.9×10^{-4}	1.57×10^{-4}	1.05×10^{-4}	7.86×10^{-5}	6.3×10^{-5}	4.01×10^{-9}	3.4×10^{-9}

الجدول (٥)

تأثير تغير سرعة الرياح على تركيز الملوثات أثناء النهار (الفئات الليلية)

الغيوم	فئة الرياح	سرعة الرياح (u (m /sec						
		1	2	3	4	5	6	7
cl >4/8	C	4×10^{-13}	4.9×10^{-11}	3.28×10^{-11}	1.2×10^{-8}	4.8×10^{-9}	4×10^{-9}	3.45×10^{-9}
cl <4/8	C	-	2×10^{-13}	1.34×10^{-13}	2.46×10^{-11}	1.96×10^{-11}	4×10^{-9}	3.44×10^{-9}

2. بيان تأثير الارتفاع المؤثر (h_e) على انتشار الملوث :

من أجل معرفة تغيرات قيم التراكيز السطحية مع زيادة الارتفاع المؤثر في حالات إستقرارية مختلفة ، تم توليف قيم سرع رياح وحالات تسخين لتعطي فئات إستقرارية مختلفة وأخذت سلسلة للارتفاعات المؤثرة ما بين (50 m – 12.5) فيما تكون قيم كل من (Q و u و x و y و z) ثابتة وكما يلي :

Q = 15 kg / sec , u = 4 m/ sec , x = 1000 m , y = 0 m , z = 0 m

وكانت النتائج النهائية كما الجدول (٧) .

إن زيادة الارتفاع المؤثر تؤدي الى زيادة في قيم التراكيز السطحية ، إلا إن هذه الزيادة تتباين تبعا لحالة الاستقرارية في الفئات (A , B , C) المقترنة بخالات عدم إستقرارية ، فإن الزيادة في الارتفاع المؤثر لها تأثير أقل في تقليل كمية الملوثات السطحية ، وهذا أوضح ما يكون في الفئة (A) المقترنة بعدم إستقرارية عالية وبشكل أقل في الفئات (B , C) واللتين تمثلان حالة عدم إستقرارية متوسطة وخفيفة على التوالي .

يعزى السبب في ذلك إلى الدوامات الهوائية النشطة الناشئة عن التسخين الشمسي والتي تؤدي إلى تعميق طبقة الخلط المحاددة بحيث يغطي عمقها الارتفاع المؤثر للمدخنة تظهر فائدة الارتفاع المؤثر للمدخنة بشكل واضح في الفئة (D) التي تمثل انحدارا حرارياً متعادلاً ، حيث قلت التراكيز السطحية من (5.67×10^{-5}) لارتفاع مؤثر (25 m) الى (1.8×10^{-52}) عند الارتفاع المؤثر (150m) ، وهذا تناقض كبير جداً .

أما في الفئات (E , F) المقترنة بالجو المستقر ، فإن التناقض كان أكبر بكثير بسبب حالة التطبيق الناجمة عن الاستقرارية العالية .

الجدول (٦)

تأثير تغير الارتفاع المؤثر على قيم التراكيز

صنف الرياح	الفئة	الارتفاع المؤثر (h_e m)					
		25	50	75	100	125	150
A	C	5.25×10^{-5}	4.2×10^{-5}	2.9×10^{-5}	1.73×10^{-5}	8.9×10^{-6}	4×10^{-6}
B	C	8.34×10^{-5}	5.8×10^{-5}	3.1×10^{-5}	1.3×10^{-5}	4.2×10^{-6}	1.06×10^{-6}
C	C	1.57×10^{-4}	6.3×10^{-5}	1.37×10^{-5}	1.6×10^{-6}	1.03×10^{-7}	3.61×10^{-9}
D	C	5.67×10^{-5}	4.8×10^{-9}	8×10^{-16}	2.5×10^{-25}	1.5×10^{-37}	1.8×10^{-52}
E	C	4.52×10^{-5}	1.966×10^{-11}	4.9×10^{-22}	7.024×10^{-37}	5.77×10^{-56}	2.723×10^{-79}
F	C	1.66×10^{-5}	8.124×10^{-14}	1.15×10^{-27}	4.71×10^{-47}	5.6×10^{-72}	0.025×10^{-99}

المصادر :

١. السلطان ، عبد الغني جميل ، الجو عناصره وتقلباته ، وزارة الثقافة والإعلام ، بغداد (١٩٨٥).

٢. مسلم ، إبراهيم أحمد ، التلوث ، هيئة الأنواء ، عمان ، الأردن(١٩٨٦) .

٣. عبد ، عبد الله سعيد ، تلوث الهواء ، الجامعة المستنصرية ، بغداد ، العراق (١٩٩٨).

٤. لطيف ، باسل عبد الجبار ، تلوث البيئة والسيطرة عليه ، جامعة بغداد ، بغداد(١٩٨٩) .

٥. توماس ، ج ـ أيلزوبرث ، هذا الهواء .. هذا الماء ، جامعة القاهرة ، القاهرة ، مصر(١٩٧٦) .

6-carbon,Greg.exercises for weather and climate.4th ed prentice hall,(2005) .

7.Lutgens,Fredrick k . ,and Edward J.Tarbuck .The atmosphere. 8th ed ,prentice hall,(2008) .