

الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى دراسة في المناخ التطبيقي

د. محمد السيد حافظ
مدرس بقسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة حلوان

مجلة المجمع العلمي المصري (العدد الخامس والثمانون) ٢٠١٠.

الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى (دراسة في المناخ التطبيقي)

د. محمد السيد حافظ *

ملخص البحث:

تعد مشكلة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى من مشكلات التلوث البيئي، التي تؤثر بشكل كبير في التجمع الحضري في المجالات كافة، فعلى الرغم من تلوث هواء القاهرة الكبرى في فترات عديدة بمصادر التلوث الصناعي، فإن ذلك لم يكن بالكف الذي تحمده عقابه، لكن المشكلة برزت مع زيادة تركيزات الملوثات الجوية الناتجة عن الأنشطة الصناعية المختلفة، وازدياد عدد المركبات إلى أكثر من مليوني مركبة واعتمادها على الوقود البترولي؛ مما عرض القاهرة الكبرى في خريف عام ١٩٩٩م لظاهرة الضباب الدخاني، ومازالت هذه الظاهرة مستمرة وللعام العاشر على التوالي حتى أصبحت من أهم الظواهر البيئية المزمنة على الرغم من تفاوت شدتها من عام إلى آخر.

ويكمن الهدف الأساسي من البحث في دراسة ظاهرة الضباب الدخاني في ضوء العناصر المناخية ومصادر التلوث الجوي التي أسهمت في حدوثها بالاستعانة بأحدث البيانات المتاحة، ووضع المقترحات للحد من خطورتها. وبعد الدراسة والتحليل والملاحظات الميدانية تبين أن الضباب الدخاني ظاهرة طبيعية؛ حيث يرتفع إسهام العوامل الطبيعية المتمثلة في طبيعة السطح وخصائصها المناخية عن العوامل البشرية المتمثلة في مصادر التلوث الجوي؛ ويرتبط وجودها بعدة ضوابط أساسية، نحصرها في موقع القاهرة الكبرى وانخفاض الحرارة وارتفاع معدلات الرطوبة النسبية ووفرة الأتربة العالقة وتعرض المنطقة لظاهرة الانقلاب الحراري وهبوب الرياح واعتدالها. وتنقسم القاهرة الكبرى من حيث درجة الفاعلية المكانية إلى نمطين: مناطق ذات فاعلية ضبابية فصلية؛ وتشمل مناطق الضفتين الشرقية والغربية لنهر النيل، ومناطق ذات فاعلية ضبابية محدودة؛ وتشمل مناطق الهوامش الصحراوية للقاهرة الكبرى، وأوضحت الدراسة تعرض ١٧ مليون نسمة هم سكان القاهرة الكبرى لمشكلات صحية من ظاهرة الضباب الدخاني؛ حيث ظهر ارتفاع ملحوظ في عدد مرضي الشعب الهوائية والربو وبخاصة الأطفال وكبار السن، ولمواجهة هذه الظاهرة والحد من آثارها توصي الدراسة بنقل الصناعات المسببة بانبعاث عالٍ للملوثات الجوية، ومراقبة عوادم السيارات، وعدم حرق المخلفات الزراعية والقمامة وتحويلها إلى مصدر من مصادر الطاقة الحيوية، وزيادة المساحات الخضراء والتشجير حول القاهرة الكبرى لتقليل الملوثات الجوية والأتربة الكلية العالقة.

مقدمة

يعد الضباب الدخاني أحد أهم المشكلات العالمية المؤثرة على البيئة في المدن؛ والسجل التاريخي لهذه الظاهرة يبين ذلك وأهمها: الضباب الدخاني التي تسبب في كوارث وادي ببور ببلجيكا عام ١٩٣٠م، وفي منطقة بنسلفانيا الأمريكية عام ١٩٤٨م، وفي منطقة بوزاريكا بالمكسيك عام ١٩٥٠م، وفي لندن في ديسمبر عام ١٩٥٢م، وارتفع خلالها معدل الوفيات مع الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكبريت والدخان، وفوق الدول الاسكندنافية وأوروبا الشرقية عام ١٩٨٥م، والتي استمرت لمدة ٩ أيام (١٤ يناير - ٢٢ يناير). ومنذ خريف عام ١٩٩٩م ظهرت مشكلة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى، التي تعد كارثة بيئية محققة؛ حيث صاحبها انقلاب حراري منع الضباب الدخاني والملوثات الجوية من الارتفاع والتشتت، وغطت القاهرة الكبرى عدة أيام تخطت فيها التركيزات اليومية للملوثات الجوية والأتربة العالقة والدخان الحد المسموح به في قانون البيئة المصري، وأدت إلى الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي وارتفاع حالات الوفاة بين الأطفال وكبار السن.

*مدرس بقسم الجغرافيا- كلية الآداب- جامعة حلوان

أما عن الضباب الدخاني فهو يسمى إعلامياً بالسحابة السوداء، وعلمياً ضببدخان **Smog**، وهي اختصار لكلمتي دخان **Smoke** وضباب **Fog**. ويقاس الضباب الدخاني بمدى الرؤية الأفقية **Prevailing Visibility**، التي تتأثر بكل ما يتعلق في الهواء من أتربة ودخان وبخار الماء، ويندرج تبعاً لذلك تحت نوعين هما: الضباب الكثيف **Thick Fog** ويكون فيه مدى الرؤية الأفقية ٢٠٠ متراً، والضباب القاتم ويكون فيه مدى الرؤية الأفقية ٥٠ متراً، كما يصنف الضباب الدخاني على أساس تفاعل ضباب الإشعاع الأرضي مع الملوثات الجوية إلى نوعين (صلاح محمود الحجار، ٢٠٠٣، ص. ٣٦) الأول: الضباب الدخاني الكبريتي **Sulfurous Smog** وينتج عن اتحاد ثاني أكسيد الكبريت مع الأتربة العالقة والدخان وبخار الماء في ظل ظروف جوية معينة، وغالباً ما يحدث في فصل الشتاء، والآخر: الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي **Photochemical Smog** وينتج عن التفاعلات بين المركبات الهيدروكربونية وأكسيد النيتروجين في وجود أشعة الشمس، ويعد الأوزون الأرضي من أهم العناصر البيولوجية النشطة في هذا الخليط.

الإطار المكاني والزمني للدراسة:

تهتم الدراسات الجغرافية والبيئية بالإطار المكاني والزمني التي يشملها البحث، وتشتمل الدراسة على مواقع حدوث ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى؛ وتكون هذه المواقع إطاراً جغرافياً يضم الإطار المكاني للتخطيط العمراني للمجمع الحضري الواحد، الذي يضم إلى جانب محافظة القاهرة ومدينة شبرا الخيمة ذات الامتداد الطولي على الضفة الشرقية لنهر النيل بطول ٤١,٥ كم، محافظة الجيزة على الضفة الغربية لنهر النيل بطول ما يقرب من ١٢٠ كم. وتمتد منطقة الدراسة فلكياً بين دائرتي عرض ٢٩° ٤٨' و ٣٠° ١٥' شمالاً، وخطي طول ٣١° ٠٦' و ٣١° ٢٦' شرقاً؛ إذ تبلغ مساحة منطقة الدراسة ١٤٨٦ كم^٢، أما الكتلة العمرانية للقاهرة الكبرى طبقاً لتقرير الجهاز المركزي بلغت ٥٣٦ كم^٢ عام ٢٠٠٩م. أما الإطار الزمني للدراسة، فقد تم استخدام تسجيلات عشر سنوات بدءاً من عام ١٩٩٩م حتى عام ٢٠٠٨م، باستخدام البيانات اليومية وكذلك ساعة بساعة.

الدراسات السابقة:

حظيت ظاهرة الضباب الدخاني بأهمية كبيرة كأحد الموضوعات المهمة التي تناولتها مجموعة من التخصصات بالدراسة والتحليل؛ حيث بدأ الوعي بالمشكلات البيئية ومنها الظاهرة محل الدراسة على المستوى الدولي، وتم إنجاز خطوات كبيرة وسريعة تجاه إنشاء نظم لإدارة الشؤون البيئية من أجل تحقيق التنمية المتواصلة على الصعيد العالمي من خلال الاتفاقيات والمعاهدات الدولية المختلفة التي تنظم الاستخدام الآمن للبيئة ومن أهمها: اتفاقية جنيف "حفظ تلوث الهواء بعيد المدى عبر الحدود" (Geneva convention, 1979)، واتفاقية قمة الأرض (Rio de Janeiro, 1992)، التي عقدت في مدينة ريودي جانيرو البرازيلية، وبرتوكول كيوتو التي عقدت باليابان في ديسمبر ١٩٩٧م (Kyatoprotocal, 1997)، ومؤتمر كوبنهاجن بالدنمارك في إطار المعاهدة الدولية للتغير المناخي للتقليل من ازدياد انبعاث الغازات الدفيئة (Copenhagen climate conference, 2009).

أما على المستوى المحلي، فقد تم تناول ظاهرة الضباب الدخاني من قبل بعض الدراسات بعمق وتفصيل، وإن ركزت على جوانب معينة غير الجانب الذي عُنيت به الدراسة الحالية ومنها: دراسة محمد محمود عيسي (٢٠٠٢)، تناول فيها دراسة إحصائية للأوضاع اليومية خلال شهر أكتوبر بين عامي ١٩٩٦م و٢٠٠٢م، وتوصل إلى حتمية وجود تيار نفث فوق القاهرة عند حدوث السحابة السوداء في حالة سيطرة مرتفع جوي، ودراسة صيام (Seyam, M. A., 2008)، تناول فيها دراسة الخرائط الطقسية اليومية خلال شهر نوفمبر عام ١٩٩٩م، وتوصل إلى وجود انقلاب حراري في تلك الفترة، ودراسات جهاز شئون البيئة من خلال التقارير السنوية والشهرية للنبات الحادة من حيث الأسباب والأنواع ولكنها عُنيت بصفة خاصة على تركيزات الملوثات الجوية.

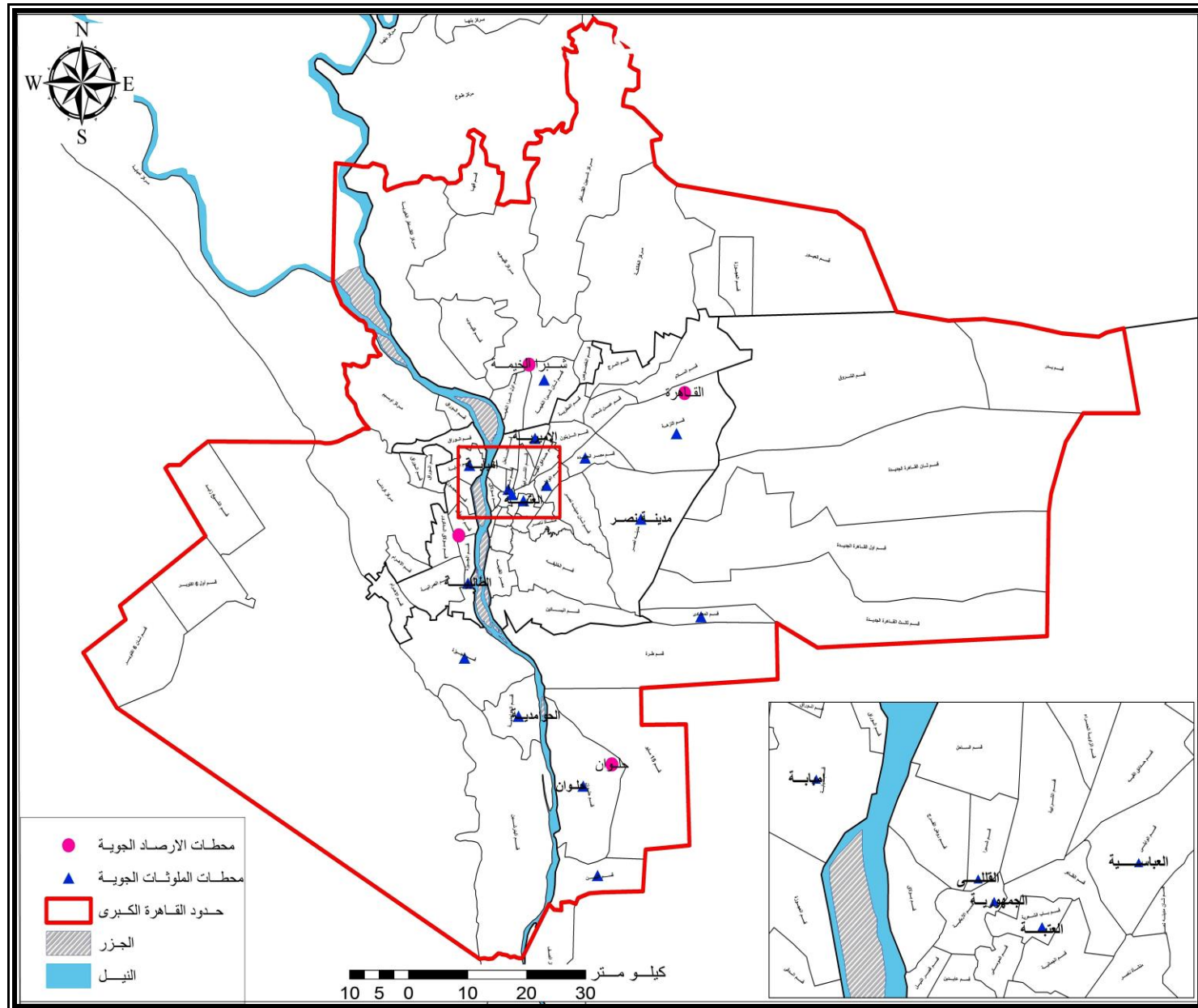
أما عن دراسة الظاهرة من منظور جغرافي فلم يتم تناولها من قبل باستثناء عدد محدود من الدراسات أهمها: دراسة محمد عبد الرحمن الشرنوبى (١٩٩٣)، التي تناول فيها دراسة العلاقة بين الإنسان والبيئة ومصادر تلوث الهواء، وتلوث هواء مدينة القاهرة، ودراسة أيملى محمد حمادة (٢٠٠٠)، التي تناولت توزيعات الدخان والغبار في مصر للفترة من يناير ١٩٩٥م إلى مايو ١٩٩٩م. كما تناولت بعض الدراسات مشكلة الضباب الدخاني ولكن بدون تفاصيل كافية نذكر منها: دراسة صلاح محمود الحجار (٢٠٠٣)، التي تناول فيها بشكل عام مصادر الملوثات الجوية وأسبابها وأخطارها الصحية، وعُني حسنين كشك (٢٠٠٥) في كتابه السحابة السوداء بمشكلة الضباب الدخاني كخطر بيئي يهدد سكان القاهرة الكبرى.

أهداف البحث:

تهدف الدراسة إلى تحليل ظاهرة الضباب الدخاني في ضوء العوامل المناخية ومصادر التلوث الجوي التي أسهمت في حدوثها، وتحديد مدي إسهام درجات حرارة الهواء والرطوبة الجوية والأترية العالقة في حدوث الظاهرة، وتقييم الملوثات الجوية ومتابعة التباين المكاني لمعدلاتها ومقارنتها بالحدود المسموح بها محلياً وعالمياً، وإبراز خطورة الظاهرة وأثرها على صحة سكان القاهرة الكبرى، وكشف التغيرات البيئية المرتبطة بها من أجل إيجاد مقترحات للحد أضرارها.

منهجية البحث:

تعتمد الدراسة في تحليل ومعالجة ظاهرة الضباب الدخاني وصولاً إلى النتائج المرجوة وتحقيق أهداف البحث على المنهج الموضوعي، وذلك بالاستعانة بعدد من الأساليب منها: الأسلوب الاستقرائي لمعرفة خصائص ظاهرة الضباب الدخاني ووصف العلاقات المتداخلة بين أسباب حدوثها واستقرار تأثيرها السلبي وطرق حلها، بالاعتماد على الأساليب الكمية في الاستدلال بهدف إدراك علاقة الترابط بين العوامل المختلفة المسببة للظاهرة منها: أسلوب التحليل العائلي **Factor Analysis** التي يقوم على تحليل العوامل واستخلاص أهم المتغيرات الأكبر تأثيراً على حدوث الظاهرة؛ حيث تم تحليل مجموعة المتغيرات التي تشكل الظاهرة أو تؤثر فيها طبقاً لأحد طرق التحليل العائلي وهي: طريقة تحليل المكونات الأساسية **Principal Components Analysis**.



شكل (١) حدود القاهرة الكبرى ومواقع محطات رصد العناصر الجوية والملوثات الجوية

مصادر الدراسة:

تعد محطات رصد العناصر الجوية والملوثات الجوية التي يبينها الشكل (١) أحد الأدوات الأساسية التي اعتمد عليها الباحث لتجميع البيانات والمعلومات؛ حيث اعتمد البحث على نتائج محطات رصد الملوثات الجوية ويبينها الجدول (١) وعددها ست عشرة محطة منها: محطات رصد بيئي تابعة لجهاز شئون البيئة، ويتم تشغيلها بواسطة معامل رصد تلوث الهواء بمركز الحد من المخاطر البيئية بجامعة القاهرة، ويتم فيها قياس ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأوزون الأرضي، وأخري محطات رصد تابعة لمركز الرصد البيئي، ودراسات بيئة العمل التابع لوزارة الصحة، ويتم الرصد فيها وفق استراتيجيات البرنامج العالمي لرصد نوعية هواء المدن Globule Environmental Monitoring System (GEMS) التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ويتم فيها قياس الدخان والأتربة العالقة الكلية والمستنشقة والرصاص، وتم اختيار المحطات بحيث تغطي أهم التجمعات السكانية والصناعية والمناطق ذات الكثافة المرورية العالية في القاهرة الكبرى، أما محطات رصد العناصر الجوية وعددها أربع محطات ويبينها الجدول (٢) وهي تابعة للهيئة العامة للأرصاد الجوية، والمعمل المركزي للمناخ الزراعي بالقاهرة، والعناصر الجوية المقاسة فيها الإشعاع الشمسي ودرجات حرارة الهواء والضغط والرطوبة الجوية واتجاه الرياح وسرعتها، وبالإضافة إلى ما سبق اعتمدت الدراسة على إحصاءات وزارتي الصحة والسكان الصادرة عن الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء.

جدول (١) محطات رصد الملوثات الجوية في القاهرة الكبرى

الملوثات الجوية المقاسة								المحطة	الموقع
B.S	T.S.P	PM ₁₀	PB	CO	O ₃	NO ₂	SO ₂		
•							•	مدينة نصر	جهاز التنظيم والإدارة
	•		•					النزهة	المركز الطبي بالنزهة
•		•			•		•	العباسية	الهيئة العامة للأرصاد
•				•			•	الجمهورية	مكتب صحة الأزبكية
		•				•	•	القللي	ميدان القللي
		•		•		•	•	فم الخليج	حديقة فم الخليج
						•	•	المعادي	جهاز شئون البيئة
•		•				•	•	التبين	معهد التبين للمعدنية
	•		•		•	•	•	الجيزة	كلية الزراعة القاهرة
•	•		•					العتبة	مديرية الشئون الصحية
	•		•					حلوان	بالقرب من مترو حلوان
•	•		•					الأميرية	محطة مياه الأميرية
•	•		•					إمبابة	مركز الرصد البيئي
	•		•					الطالبية	المركز الطبي بالطالبية
•	•		•					الحوامدية	مركز الأسعاف
							•	شبرا الخيمة	مدرسة شعلان الابتدائية

جدول (٢) مواقع محطات الأرصاد الجوية للقاهرة الكبرى

محطات الأرصاد	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)	الارتفاع (بالمتر)	العناصر الجوية المقاسة			
				الإشعاع الشمسي	درجة الحرارة	الضغط الجوي	الرطوبة النسبية
القاهرة	٣٠° ٠٨'	٣١° ٢٤'	٦٤,١	•	•	•	•
الجيزة	٣٠° ٠٣'	٣١° ١٣'	١٨,٧	•	•	•	•
حلوان	٢٩° ٣٠'	٣١° ١٢'	٤٤,١	•	•	•	•
شبرا الخيمة	٣٠° ١٣'	٣١° ٠٨'	١٤,٩	•	•	•	•

ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى:

بدأت ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى خريف عام ١٩٩٩م، واستمر حدوثها حتى الآن برغم تفاوت شدتها من عام إلى آخر، وتنتمي الظاهرة إلى نوع ضباب الإشعاع الأرضي **Radiation or Ground Fog** الناتج بفعل تبريد الهواء تبعاً لفقدان سطح الأرض لحرارته بالإشعاع؛ فعندما يفقد سطح الأرض في القاهرة الكبرى حرارته بفعل الإشعاع ويبرد الهواء الملامس لسطح الأرض أثناء الليل وفي الصباح الباكر يتكاثف الهواء البارد، ويساعد على ذلك ارتفاع معدل الرطوبة الجوية، وانتشار الأتربة والغبار والدخان في الهواء، وارتفاع نسبة كل من ثاني أكسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون، وحالة الاستقرار الجوي.

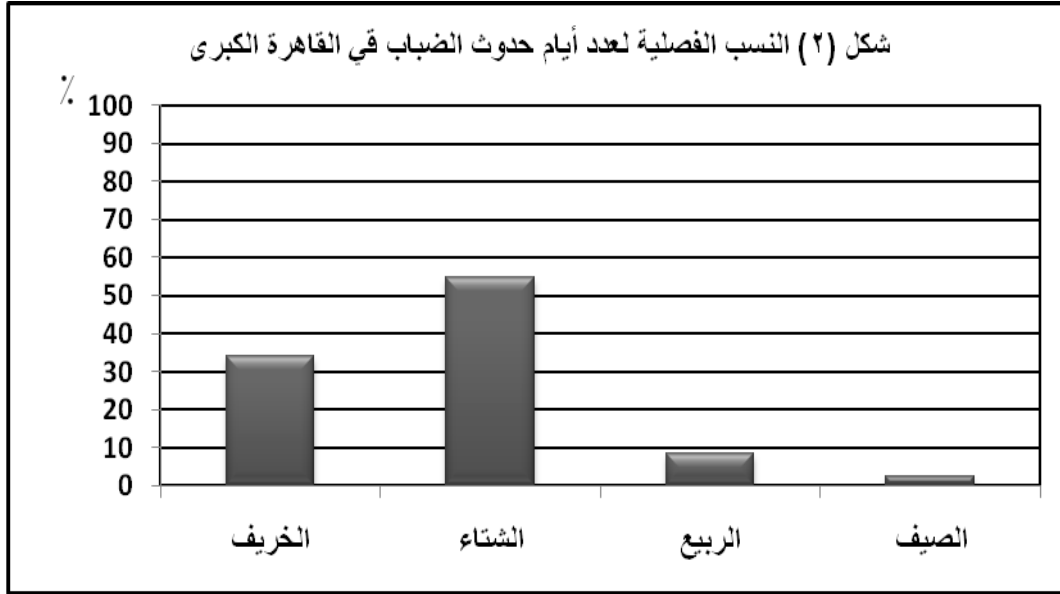
كما ينتمي ضباب الانقلاب العالي **High inversion Fog** إلى هذا النوع من الضباب؛ حيث تتصف الطبقة الهوائية التي يحدث فيها الضباب أثناء النهار بوجودها عند ارتفاعات تتراوح بين ٥٠ و ١٥٠ متراً من سطح الأرض، بينما يهبط أثناء الليل مكوناً الضباب الكثيف بمساعدة عدة عوامل منها: حدوث ظاهرة الانقلاب الحراري وهدوء الرياح وخلو السماء من السحب؛ حيث تمتص السحب الإشعاع الأرضي نهاراً وتعكسه إلى سطح الأرض ليلاً، وتقلل من فقدان الأرض لحرارتها.

جدول (٣) التوزيع الشهري لعدد أيام حدوث الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨م

السنوات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
١٩٩٩	٣	-	-	-	-	-	-	-	١	١	-	٢
٢٠٠٠	٢	١	-	-	-	-	-	-	١	٢	٤	٤
٢٠٠١	١	-	٢	-	-	-	١	-	-	-	١	-
٢٠٠٢	٣	٦	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
٢٠٠٣	١	-	-	-	١	-	-	-	-	-	٢	١
٢٠٠٤	١	-	١	١	-	-	-	-	٢	١	١	-
٢٠٠٥	٢	-	-	١	-	-	-	-	١	٤	-	٣
٢٠٠٦	٤	٣	-	-	-	-	-	-	٢	-	١	١
٢٠٠٧	٢	١	١	-	-	-	١	-	-	١	-	١
٢٠٠٨	٢	١	-	-	-	-	-	-	-	٢	١	-

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة.

ومن الجدول (٣) والشكل (٢) يلاحظ تباين التوقيت الزمني لحدوث الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى، وتعد أكثرها وضوحاً هي التي تحدث في فصل الشتاء وبخاصة عندما تتحول الرياح من الاتجاهات الجنوبية إلى الاتجاهات الشمالية محملة بالملوثات الجوية الناتجة عن الأنشطة الصناعية بحلوان والتبين جنوباً وشبرا الخيمة شمالاً؛ مما يتسبب في حدوث الظاهرة في فصل الشتاء بنسبة ٥٤,٩ ٪، كما تؤدي الرياح الهادئة والتغير الرأسي في درجات حرارة الهواء وظاهرة الانقلاب الحراري إلى حدوث الظاهرة في فصل الخريف بنسبة ٣٤,٢ ٪، وتضعف نسب حدوثها في فصلي الربيع والصيف بنسبة ٨,٥ ٪ و ٢,٤ ٪ على التوالي، ومن مقابلة متكررة مع "أشرف صالح" مدير نوعية الهواء أكد تباين عدد ساعات حدوث الظاهرة في القاهرة الكبرى فصلياً ويومياً؛ حيث بلغت مدة حدوثها عام ١٩٩٩ م ١٠٠ ساعة، وفي السنوات الثلاث الأخيرة (٢٠٠٧، ٢٠٠٨، ٢٠٠٩ م) كانت عدد ساعات حدوثها ٤٠ و ١٩٠ و ٤٠ ساعة على التوالي (أشرف صالح إبراهيم، إدارة انبعاثات المنشآت، جهاز شئون البيئة، ٢٠١٠/١١/١٠).



وخلاصة القول؛ فإن ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى تُعد نتيجة محصلة زيادة انبعاث الملوثات الجوية في ظروف جوية معينة؛ مما نتج عنه حصر هذه الملوثات وبقاؤها بالقرب من سطح الأرض، ومع هدوء الرياح تظل الظاهرة ثابتة في الجو حتى تزيد سرعة الرياح أو تحدث تيارات الحمل الرأسية وتؤدي إلى صعود الملوثات وتشتتها.

ضوابط ظاهرة الضباب الدخاني:

من السهولة بمكان معرفة ضوابط ظاهرة الضباب الدخاني، ولكن تختلف أهمية تلك الضوابط مكانياً تبعاً لموقعها وزمناً تبعاً لتوقيتها، التي يمكن حصرها فيما يلي :-

أولاً: الضوابط الطبيعية: وتتمثل في الخصائص الجغرافية لمنطقة الدراسة؛ حيث تتصف القاهرة الكبرى من الناحية الطبيعية بتنوعها من مناطق سهلية عمرانية إلى مناطق الظهير الصحراوي ذات التضاريس المختلفة حول النيل بصفتيه: الغربية والشرقية؛ بالإضافة إلى انتشار المرتفعات الجبلية والوديان حول منطقة الدراسة أهمها: هوامش جبل الجلالة وجبل المسخرة ووادي جراوي ووادي الرشراش بشرق النيل وهوامش جبل قطراني وجبل الشيب بغرب النيل، ويؤدي تباين ظاهرات السطح بين الهضاب الغربية والشرقية؛ بالإضافة للأبنية والعوامل المماثلة بالإطار الحضري إلى حصر الملوثات الجوية وبقائها، والحد من حركة الأتربة العالقة، وتوليد الدوامات الهوائية الحرارية والديناميكية (محمد عبد الرحمن الشرنوبي، ١٩٩٣، ص ٢٥).

أما عن الخصائص المناخية؛ فتقع القاهرة الكبرى ضمن نطاق المناخ دون المداري الحار؛ حيث يتأثر مناخها بموقعها بين الصحراء الشرقية والصحراء الغربية، فكثيراً ما تبعث الصحراء إلى المنطقة الموجات الحارة المحملة بالغبار في فصل الربيع، وتبلغ درجات الحرارة العظمى أعلى متوسط لها في فصل الصيف (٣٥,٣ مئوية)، أما أدناها فتكون في فصل الشتاء (٧,٤ مئوية)، وفيما يتعلق بالرطوبة النسبية فتتصف منطقة الدراسة بتقارب معدلاتها الفصلية؛ حيث تبلغ ٦٣٪ في فصل الشتاء و ٥٢٪ في فصل الربيع و ٥٥٪ في فصل الصيف و ٦١٪ في فصل الخريف، وفيما يتعلق بسرعة الرياح فيبلغ متوسطها السنوي ٥,٢ عقدة/ث، وهي ذات اتجاهات سائدة تتراوح ما بين شمالية وشمالية غربية وشمالية شرقية، وتساعد العوامل الجوية على تركيز الملوثات الجوية أوتشتتها، ومع الانخفاض الحراري وارتفاع الرطوبة الجوية يتكون الضباب الإشعاعي، وهو ما يؤدي على حدوث الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى.

ثانياً: الضوابط البشرية: تعد الزيادة السكانية من أهم العوامل الرئيسية والمؤثرة التي أسهمت في تلك القضية البيئية؛ وذلك للزيادة المطردة في معدل النمو السكاني في القاهرة الكبرى، وما يستتبع ذلك من زيادة للأنشطة السلبية تجاه البيئة، وتتمثل الضوابط البشرية المسببة للظاهرة في الملوثات الجوية الناتجة من عوادم المركبات والأنشطة الصناعية وحرق المخلفات الصلبة.

يأتي في مقدمة الضوابط البشرية ارتفاع الكثافة المرورية الناتجة عن وجود ٢٠٣٧٢٤٧ مركبة تتحرك في شوارع القاهرة الكبرى طبقاً لتعدد ديسمبر ٢٠٠٨م؛ حيث يؤدي وجودها إلى استهلاك حوالي أربعة ملايين طن من البنزين، يتخلف عنها حوالي ٢٥٠ ألف طن نواتج احتراق، وذلك مع تزايد أعدادها على ثلاثة أمثال القدرة الاستيعابية للحركة المرورية لشوارع القاهرة الكبرى وكباريها العلوية؛ حيث سجلت أعلى نسبة زيادة في أعداد المركبات بالقاهرة بنسبة ٣٠,٢٪ من إجمالي عدد المركبات في مصر عام ٢٠٠٨م (الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء، ٢٠٠٩، ص. ٢٠٤)، بالإضافة إلى أن نسبة ٤٠٪ من تلك المركبات تعمل محركاتها بغير كفاءة لحرق البنزين أو السولار بطريقة كاملة؛ مما يتسبب في مضاعفة الملوثات الجوية الناتجة من عوادمها عن الكميات المسموح بها عالمياً، ومنها: أكاسيد النتروجين، التي تتفاعل مع الهيدروكربونات في وجود الإشعاع الشمسي مكونة الأوزون الأرضي، ويسهم الأخير في تكوين الضباب الكيميائي الضوئي.

ومما هو جدير أن نواتج الاحتراق ترتبط عكسياً بسرعة المركبة وكفاءة محركها؛ حيث تكون في أعلى معدلاتها حينما تكون المركبة في أقل سرعة لها، ومن الزيارات الميدانية إلى عدة مناطق بالقاهرة الكبرى، وجدت كثافة مرورية غير عادية في أوقات الذروة، وبخاصة مناطق شبرا الخيمة ومدينة نصر ووسط القاهرة والجيزة والهرم والدائري والأوتستراد ومحور ٢٦ يوليو، وإضافة إلى ذلك تعد حركة المركبات على الطرق غير الممهدة داخل القاهرة الكبرى أحد المصادر الأساسية للأتربة العالقة في الهواء؛ حيث تساعد حركة المركبات؛ وبخاصة مركبات النقل الثقيل التي تسير بكثافة عالية على طرق الأوتستراد والدائري على إعادة الأتربة المترسبة إلى الهواء.

كما يعد مطار القاهرة الدولي أحد مصادر تلوث هواء القاهرة؛ نتيجة الانبعاث الناتج من عوادم الطائرات أثناء عمليات الإقلاع والهبوط؛ حيث يبلغ المتوسط التقديري لكمية الملوثات الجوية التي تخرجها الطائرات من أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وأكسيد النتروجين والحببيات الصلبة ٤٨، ١٠، ٣٠، ٣٣ رطلاً لكل ١٠٠٠ جالون من الوقود على التوالي (صلاح محمود الحجار، ٢٠٠٣، ص. ٤٤)، والجدول التالي يبين حركة الطائرات، وتشمل الحركة الرحلات القادمة والراحلة.

جدول (٤) حركة رحلات الطيران في مطار القاهرة الدولي بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠٠٨ م

السنوات	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨
عدد الرحلات	٩٢٠٠٦	٨٣٢٩٣	٨١٩٤٤	٨٦١٧٩	٩٤٩٢١	٩٩٣٩٥	١٠٦٠٠٠	١٢١٨٤٥	١٣٥٦٣٩

المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء (الكتاب الإحصائي السنوي، ٢٠٠٩ م ص. ٢١٠).

وتأتي الملوثات الناتجة عن النشاط الصناعي في المرتبة الثانية؛ حيث تنتشر في القاهرة الكبرى العديد من المناطق الصناعية منها: منطقة البساتين والمنطقة الحرة جنوب مدينة نصر ومنطقة حلوان الصناعية في الجنوب، والأخيرة من أكثف المناطق الصناعية؛ حيث تبلغ مساحتها ٤٠ كم^٢ جنوب القاهرة الكبرى، ومحورها الرئيسي شمال جنوبي بمحاذاة نهر النيل، يبدأ من مسافة ٨ كم من الحدود الجنوبية لمدينة القاهرة ويمتد إلى حوالي ١٧,٥ كم، وتنحصر عرضاً في حدود ٣٥٠ متر من الشمال وتتسع إلى ٨ كم في الجنوب، وتتنوع الصناعات فيها لتشمل (الصناعات الحديدية وصناعة الأسمنت وصناعة الكيماويات)؛ أما المناطق الصناعية في الشمال فتضم شبرا الخيمة وبهتيم ومسطرد والخانكة ومنطقة قليوب الصناعية ومنطقة أبو زعبل التي تشتهر بصناعة الأسمدة والكيماويات ومنطقة أبي رواش على مساحة ١٥٢٤ فدانا، وتتنوع الصناعات فيها لتشمل (الصناعات الغذائية وصناعات الغزل والنسيج والصناعات الكيماوية والصناعات المعدنية والصناعات الهندسية والإلكترونية وصناعات التعدين)، بالإضافة إلى التجمعات الصناعية في المدن الجديدة العبور وبدر والأمل والسادس من أكتوبر، ويوضح الشكل (٣) أهم المناطق الصناعية في القاهرة الكبرى.

كما تنتشر وبشكل كثيف الورش والمنشآت الحرفية في كافة أنحاء القاهرة الكبرى؛ حيث يصل عدد مسابك الحديد والمعادن فيها إلى حوالي ٦٢٤ مسبكاً منها ٣٨٠ في محافظة القاهرة و ١٧٤ في محافظة القليوبية و ٧٠ في محافظة الجيزة (جهاز شئون البيئة، ٢٠٠٠، ص. ٣)، وتستخدم المسابك

المازوت كوقود رئيسي، علاوة على حرق المازوت في مصانع الطوب الطفلي في عدة مناطق منها: منشأة القناطر والعياط والصف وعرب أبو مساعد، وتضم الأخيرة أكثر من ٣٣٠ مصنعاً للطوب الطفلي، وتقدر كمية المازوت المستخدم في القاهرة الكبرى بحوالي ٨ مليون طن سنوياً؛ مما ينجم عنه انبعاث ثاني أكسيد الكبريت بتركيزات مرتفعة.

ومن الجدول (٥) يلاحظ أن أنواع الملوثات الناجمة عن أهم الصناعات في القاهرة الكبرى، تتمثل في الأتربة العالقة بجميع أنواعها، وتعد مصانع الأسمنت القومية وطره وأسبك من أهم مصادرها؛ حيث يقدر معدل تساقط الغبار بها ٧ طن/ كم^٢/يوم، بالإضافة إلى أتربة الأسمنت الجانية (الباي باص By Pass) التي تبلغ نحو ألف طن يومياً (سعيد عز الدين خليل، ١٩٩٦، ص. ٦٨)، كما تعد مصانع الحديد والصلب والحراريات والمواسير الإسمنتية (سيجوارت) من أهم مصادر انبعاث أكاسيد الكبريت والنيتروجين والكربون والرصاص، بالإضافة إلى الجسيمات العالقة.

جدول (٥) أهم الصناعات في القاهرة الكبرى وأنواع الملوثات الرئيسية الناجمة عنها

أنواع الملوثات	الصناعات
الأتربة وأكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين	الأسمنت
جسيمات صلبة وأكسيد الكبريت وأكسيد الكربون	الحديد والصلب
جسيمات صلبة تحوي رصاص وأكسيد الكبريت	الصناعات المعدنية
أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين والدخان	الكوك والكيماويات
أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين والدخان	محطات الكهرباء

أما المخلفات الصلبة فتتقسم بصفة عامة إلى مخلفات صناعية ومخلفات منزلية ومخلفات زراعية، وتبلغ الكميات اليومية للمخلفات الصلبة الصناعية والمنزلية في القاهرة الكبرى نحو ١٨ ألف طن يبين توزيعها الجدول (٦)، ويؤدي حرقها إلى تلوث الهواء؛ حيث تحتوي على حوالي ٥٠٪ مواد عضوية ينبعث منها غازات أكسيد الكبريت وأكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين، ومن الزيارات الميدانية إلى مقلب شبرامنت بالجيزة ومواقع دفن المخلفات الصلبة بالدوقية لوحظ استمرارية الحرق المكشوف، وتسببه في انبعاث الملوثات الجوية نتيجة احتراق المواد البلاستيكية والعضوية.

جدول (٦) كميات المخلفات الصلبة الصناعية والمنزلية في القاهرة الكبرى (طن)

التجمع الحضري	اليومي	الشهري	السنوي
القاهرة	٨٣٩١	٢٥٥٢٢٥	٣٠٦٢٧١٥
الجيزة	٨٢١٩	٢٤٩٩٩٤	٢٩٩٩٩٣٥
شبرا الخيمة	١٤٩٣	٤٥٤١٢	٥٤٤٩٤٥

المصدر: الهيئة العامة للنظافة والتجميل بالمحافظات

أما المخلفات الزراعية وبخاصة قش الأرز؛ إذ يري خبراء الزراعة أن فدان الأرز في القليوبية ينتج حوالي طنين من القش؛ مما يعني أن زراعة مساحة ٤٨٧ ألف فدان أرز في القاهرة

والمحافظات المجاورة ويبينها الجدول (٧) تنتج حوالي مليون طن من القش سنوياً، يتم حرق أكثر من ٦٠ ٪ منها؛ بالإضافة إلى عمليات حرق حطب القطن للقضاء على دورة حياة الحشرات الضارة في محافظات الدلتا وبخاصة المناطق الزراعية شمالي القاهرة؛ ومن تقييم الملوثات الناتجة من حرق المخلفات الزراعية، تم تقدير أحمال الملوثات المنبعثة أثناء حرقها خلال عامي ٢٠٠٧ و ٢٠٠٨ م بمتوسط ١,٦ و ٠,٢٧٤ و ٤٠ ألف طن سنوياً من أكسيد النتروجين وأكسيد الكبريت والجسيمات العالقة على التوالي (جهاز شئون البيئة، ٢٠٠٨، ص.٥٩).

جدول (٧) توزيع المساحات المزروعة أرز وكميات القش في القاهرة والمحافظات المجاورة للموسم الزراعي (١٩٩٩-٢٠٠٠)

المحافظة	المساحة المزروعة (فدان)	إنتاجية القش (طن)
القاهرة	٨٧	١٨٨
القليوبية	٢٤٢٢٠	٥٢٣١٥
الشرقية	٢٥٠١٧٨	٤٥٠٣٨٥
البحيرة	٢١٢١١٢	٤٥٨١٦٢
السويس	١٥٢	٣٢٨

المصدر: الإحصاءات البيئية الزراعية، وزارة الزراعة، ٢٠٠١.

بالإضافة إلى ما سبق، يسهم الانبعاث الناتج عن الاستخدام المنزلي للطاقة بقدر ليس بالقليل في تلوث الهواء؛ حيث نجد أن المتوسط النسبي لاتصال المباني بالغاز الطبيعي في الكتلة العمرانية للقاهرة الكبرى طبقاً للنتائج النهائية للتعداد العام للسكن والمنشآت عام ٢٠٠٦ م لا يتعدى ٢٢,٥ ٪ في القاهرة والجيزة و ٦ أكتوبر، بينما تبلغ النسبة في القليوبية ١٣,٥ ٪ وتنخفض إلى ٨,٨ ٪ في حلوان.

نستنتج مما تقدم، أن الملوثات الجوية الناتجة عن الأنشطة البشرية تنقسم إلى ملوثات أولية مثل: أكسيد النيتروجين Nitrogen Dioxide(NO₂) وأكسيد الكبريت Sulfur Dioxide (SO₂) وأول أكسيد الكربون Carbon Monoxide (CO) والأتربة الكلية العالقة Particulates (TSP) والجسيمات

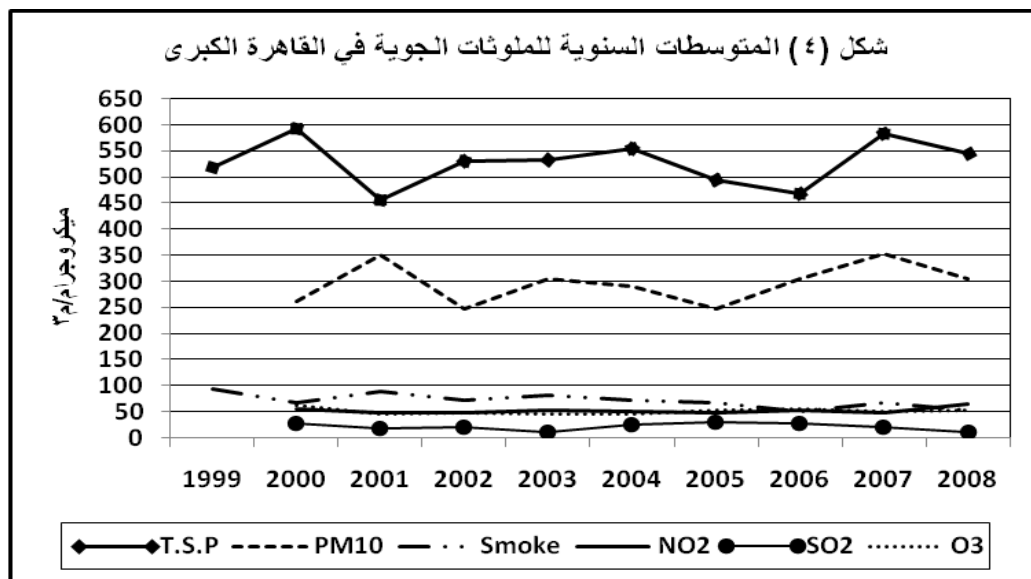
العالقة Particulate Matter (PM₁₀) والدخان Black Smoke (B.S)، وملوثات ثانوية نتيجة تفاعل الملوثات الأولية مع بعضها أو مع بعض المركبات الكيميائية الموجودة في الجو مثل: غاز الأوزون الأرضي Ozone (O₃)، ومن الجدول (٨) والشكل (٤)، وطبقاً لقانون حماية البيئة التي نص على الحد المسموح به لتركيزات الملوثات الجوية كمتوسط سنوي- ٩٠ ميكروجرام/م^٣ للأتربة الكلية العالقة و ٧٠ ميكروجرام/م^٣ للجسيمات العالقة و ٠,٥ ميكروجرام/م^٣ للرصاص العالق بالجسيمات Lead (PB) و ٦٠ ميكروجرام/م^٣ لكل من الدخان وثاني أكسيد الكبريت- لوحظ أن الأتربة العالقة الكلية والجسيمات العالقة، بالإضافة إلى الدخان تتعدى الحد المسموح به؛ حيث تراوحت تركيزات الأتربة العالقة بين ٤٥٨ و ٥٩٣ ميكروجرام/م^٣، وتراوحت تركيزات الجسيمات العالقة بين ٢٦٢ و ٣٥٢ ميكروجرام/م^٣، أما تركيزات الدخان فتعدت الحد المسموح به في معظم

السنوات باستثناء عامي ٢٠٠٦ و ٢٠٠٨م، أما تركيزات الرصاص وثاني أكسيد الكبريت فلا تتعدى الحد المسموح به؛ حيث تراوحت تركيزات الرصاص بين ٠,٠٩ و ٠,٣٨ ميكروجرام/م^٣، وتراوحت تركيزات ثاني أكسيد الكبريت بين ١١,١ و ٣٠,٩ ميكروجرام/م^٣، واتصفت المتوسطات السنوية لتركيزات غاز ثاني أكسيد النتروجين وأول أكسيد الكربون وغاز الأوزون بالاعتدال النسبي؛ حيث تراوحت الأولي ما بين ٤٨ و ٦٤ ميكروجرام/م^٣، والثانية ما بين ٤,٥ و ٧,٤ ملليجرام/م^٣، والثالثة ما بين ٤٦ و ٥٤ ميكروجرام/م^٣ على التوالي.

جدول (٨) المتوسطات السنوية للملوثات الجوية في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨م

الملوثات	١٩٩٩	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨
T.S.P	٥١٨	٥٩٣	٤٥٨	٥٢٩	٥٣٣	٥٥٣	٤٩٣	٤٦٧	٥٨٢	٥٤٥
PM ₁₀	-	٢٦٢	٣٤٩	٢٤٧	٣٠٤	٢٨٩	٢٤٧	٣٠٥	٣٥٢	٣٠٥
PB PM ₁₀	-	٠,٣٨	٠,٣٩	٠,٢١	٠,٢٠	٠,٢١	٠,١٣	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠٩
B.S	٩٣,٧	٦٦,٣	٨٩,٩	٧٢,٧	٨٠,٧	٧٠,٨	٦٦,١	٤٩,٩	٦٦,٩	٥١,٨
NO ₂	-	٥٥	٤٩	٤٩	٥٣	٥٠	٤٨	٥٢	٤٨	٦٤
SO ₂	-	٢٩,٥	١٨,٩	٢١,٢	١٧,٣	٢٥,٢	٣٠,٩	٢٩,٣	٢١,١	١١,١
O ₃	-	٦٢	٤٧	٤٨	٤٧	٤٦	٥٢	٥٦	٥١	٥٤
CO	-	٦,١	٧,٤	٥,٥	٧,١	٦,٦	٧,٣	٤,٥	٥,٦	٦,٤

المصدر: مركز الرصد البيئي- وزارة الصحة



وخلاصة القول؛ إن طبيعة القاهرة الكبرى التضاريسية والعوامل الجوية المتمثلة في انخفاض درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، والملوثات الجوية والأتربة والجسيمات العالقة والدخان تتفاعل مع بعضها بعضاً، وتؤثر بدرجات متفاوتة في تكوين ظاهرة الضباب الدخاني.

الخصائص البيئية لظاهرة الضباب الدخاني

اعتمدت الدراسة لإظهار الخصائص البيئية لظاهرة الضباب الدخاني على بيانات العناصر المناخية والأثرية العالقة والملوثات الجوية، وأوضحت نتائج الرصد وجود تباين ملحوظ في المتوسطات اليومية والفصلية على مستوى محطات الرصد في القاهرة الكبرى، ولتوضيح الخصائص نتناول الآتي:

جدول (٩) المعدلات الشهرية للعناصر المناخية في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ م

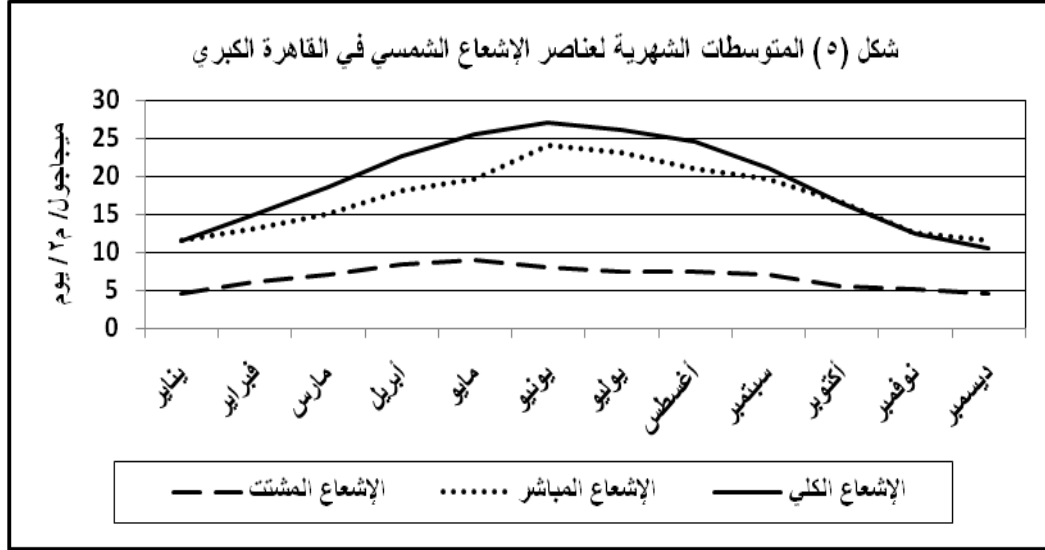
البيان	الإشعاع الشمسي (ميجا جول)	الضغط الجوي (بالمليبار)	الحرارة العظمى (م°)	الحرارة الصغرى (م°)	الرطوبة النسبية (%)	سرعة الرياح (م/ث)
يناير	٢,٦	١٠١٦	١٩,٥	٧,٤	٦٤	٥,١
فبراير	٣,١	١٠١٣	٢٠,٧	٨,٣	٥٩	٥,٣
مارس	٣,٤	١٠١٣	٢٣,٨	١٠,٤	٥٦	٥,٨
أبريل	٣,٩	١٠١٠	٢٧,٨	١٣,٦	٥١	٥,٤
مايو	٤,٣	١٠١١	٣٢,١	١٧,١	٤٨	٥,٥
يونيو	٣,٩	١٠١١	٣٤,٦	٢٠,٢	٤٩	٥,٦
يوليو	٣,٣	١٠٠٨	٣٥,٣	٢١,٧	٥٦	٥,٣
أغسطس	٣,١	١٠٠٨	٣٤,٩	٢١,٨	٥٩	٤,٩
سبتمبر	٢,٩	١٠١١	٣٣,٥	٢٠,٠	٥٩	٥,٦
أكتوبر	٢,٧	١٠١٢	٣٠,٤	١٧,٤	٦٠	٥,٢
نوفمبر	٢,١	١٠١٧	٢٥,٢	١٢,٩	٦٤	٤,٥
ديسمبر	٢,٣	١٠٢٠	٢١,١	٩,٢	٦٥	٥,١
السنوي	١,٣	١٠١٣	٢٨,٢	١٥,٠	٥٨	٥,٢

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية- قسم المناخ، والمعمل المركزي للمناخ الزراعي، بيانات غير منشورة.

أولاً: الخصائص المناخية: تشهد منطقة الدراسة تغيراً زمنياً في عدد ساعات سطوع الشمس؛ حيث يتراوح معدل فصل الصيف بين ٨٥ و ٩٠٪، بينما يتراوح معدل فصل الشتاء بين ٦٥ و ٧٠ ٪، ورغم تقارب عدد ساعات النهار في الأعتدالين يقل المعدل الفصلي لسطوع الشمس في فصل الخريف عن نظيره فصل الربيع بنحو ١٠ ٪؛ ويرجع الانخفاض النسبي لسطوع الشمس خلال فصلي الشتاء والخريف إلى ارتفاع تركيزات الأتربة والملوثات الجوية وحدوث مظاهر التكاثف ومنها الضباب الدخاني؛ ويؤدي ذلك إلى حدوث ظاهرة الخفوت الناتجة عن انخفاض نسبة الإشعاع الضوئي الواصل إلى سطح الأرض.

ومن الشكل (٥) يلاحظ إن الإشعاع الكلي يتوافق مع حركة الشمس الظاهرية، أما بالنسبة للإشعاع المشتت فإنه يصل إلى نهايته الصغرى خلال فصل الشتاء ويصل إلى نهايته العظمى خلال فصل الربيع؛ لتعرضه للعواصف الترابية والرمال الماثرة، أما الإشعاع المباشر فإنه يصل إلى نهايته العظمى صيفاً ونهايته الصغرى شتاءً، وتؤدي الملوثات الجوية والضباب الدخاني إلى نقصان الإشعاع المباشر والكلية وزيادة نسبة الأشعة المشتتة؛ وتوصلت دراسة "مسلم شلتوت" من حساب المعاملات الفيزيائية إلى أن كمية الإشعاع الكلي للشمس في القاهرة الكبرى خلال الثلاثين عاما

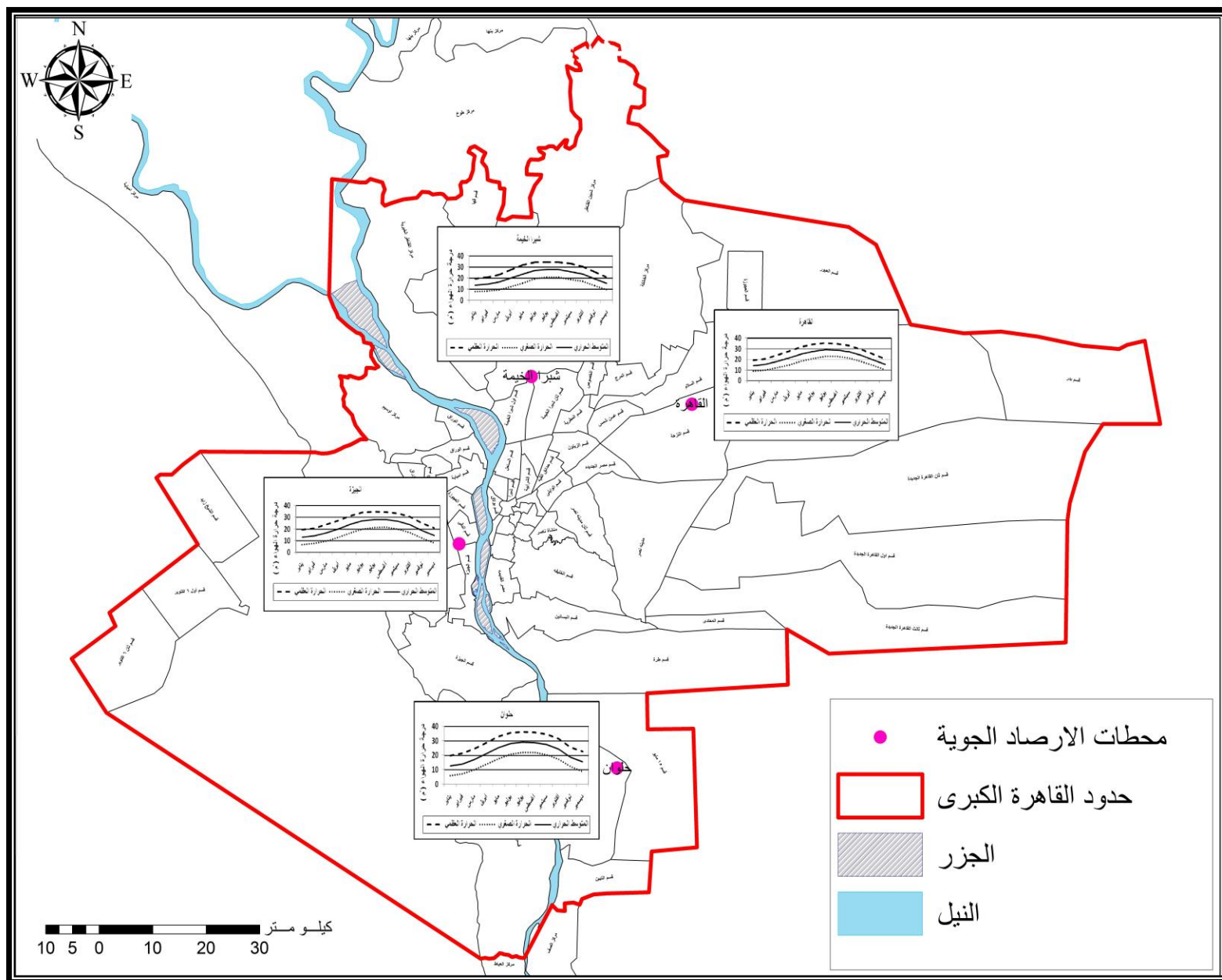
الأخيرة شهدت نقصانا مستمرا للمتوسط العام؛ حيث تصل نسبة الانخفاض في الإشعاع المباشر والكلي في فصلي الخريف والشتاء وفي بعض مناطق القاهرة الكبرى إلى ٤٠٪، مما يشير إلى ارتفاع تركيزات الملوثات الجوية (مسلم شلتوت، Islamonline.net).



المصدر: الأطلس المناخي لمصر، ١٩٩٦، ص. ١٥١.

ومن الجدول (١٠) والشكل (٦) يلاحظ أن أعلى معدلات درجات الحرارة العظمي سجلت في شهر يوليو في محطات حلوان والقاهرة والجيزة ٣٦,٢° و ٣٥,٦° و ٣٥° مئوية على التوالي، في حين سجل أعلى معدل في شهر أغسطس في محطة شبرا الخيمة بمتوسط ٣٤,٥° مئوية، ومن مقارنة البيانات اليومية لدرجات الحرارة الصغرى تبين تأثرها بالقارية؛ حيث تتصف بانخفاض كبير أثناء الليل نتيجة للتبريد بالإشعاع، وتبلغ أدنى معدلات درجات الحرارة الصغرى في شهر يناير في محطات القاهرة وشبرا الخيمة والجيزة وحلوان ٩,١° و ٧,٨° و ٦,٧° و ٥,٩° مئوية على التوالي. أما عن المعدل السنوي لعدد الأيام ذات درجة حرارة صغرى أقل من ٥° مئوية فيتراوح بين ٥ و ١٠ أيام سنوياً (الأطلس المناخي لمصر، ١٩٩٦، ص. ٢٢)، ويدل ذلك على توافر عامل التبريد كشرط أساسي لحدوث ظاهرة الضباب الدخاني.

تتأثر توزيعات الضغط الجوي على القاهرة الكبرى بمرتفع العروض الوسطي ومنخفضات البحر المتوسط، وهذه التوزيعات إحدى العوامل المساعدة على حدوث ظاهرة الضباب الدخاني؛ حيث تؤدي توزيعات الضغط الجوي خلال فصلي الخريف والشتاء إلى تغير في مصادر الهواء من الجنوب إلى الشمال؛ وبخاصة بعد انحسار الموجات الحارة، ومن دراسة المتوسطات اليومية للضغط الجوي، ومن دراسة محمد عيسى (٢٠٠٢)، تبين أن حدوث الظاهرة مرتبط بوجود مرتفع جوي أو منطقة ركود، وتكون الظاهرة حادة في حالة المرتفع الجوي، ومتوسطة أو خفيفة في حالة منطقة الركود.



شكل (٦) المتوسطات الشهرية لدرجة حرارة الهواء في محطات القاهرة الكبرى

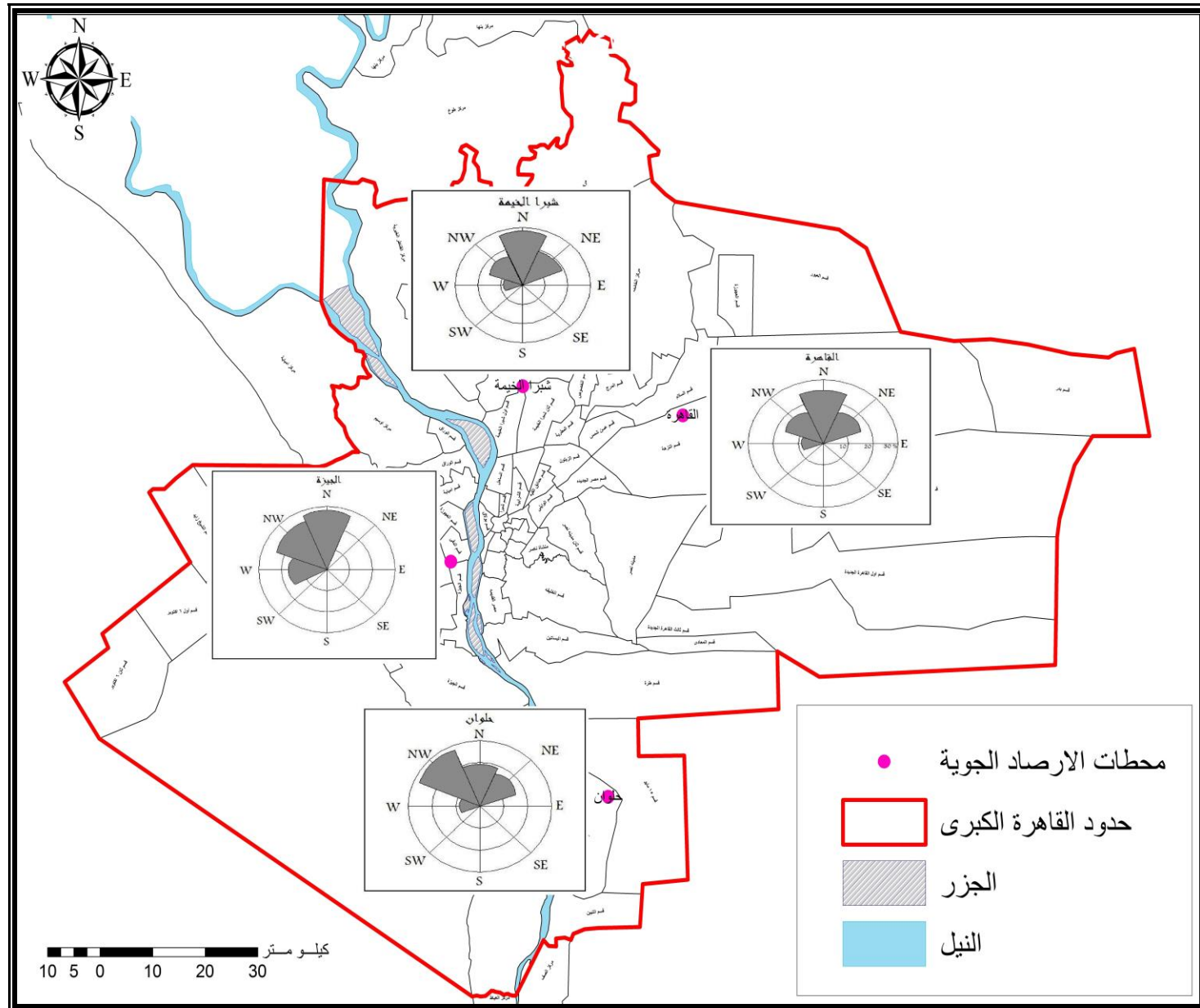
جدول (١٠) المعدلات الشهرية لدرجة حرارة الهواء في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ م (م)

الشهور	القاهرة		الجيزة		حلوان		شبرا الخيمة	
	العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى	العظمى	الصغرى
يناير	١٩,١	٩,١	١٩,٣	٦,٧	١٩,٧	٥,٩	١٩,٧	٧,٨
فبراير	٢٠,٥	١٠	٢٠,٦	٧,٨	٢١,٢	٧,١	٢٠,٦	٨,٢
مارس	٢٣,٩	١٢,٢	٢٣,٩	٩,٧	٢٤,٤	٩,٩	٢٣,١	٩,٦
أبريل	٢٧,٨	١٤,٩	٢٧,٢	١٣,١	٢٨,٧	١٣,٩	٢٧,٥	١٢,٥
مايو	٣١,٨	١٨,٤	٣١,٤	١٦,٧	٣٢,٩	١٧,٦	٣٢,١	١٥,٧
يونيو	٣٤,٣	٢٠,٧	٣٤,٢	١٩,٨	٣٥,٧	٢٠,٧	٣٤,٢	١٩,٤
يوليو	٣٥,٦	٢٢,٦	٣٥	٢١,٤	٣٦,٢	٢١,٩	٣٤,٤	٢٠,٩
أغسطس	٣٤,٦	٢٢,٨	٣٤,٧	٢١,٧	٣٥,٨	٢١,٩	٣٤,٥	٢٠,٨
سبتمبر	٣٣	٢١,٢	٣٣,٥	١٩,٨	٣٤,٥	٢٠,٣	٣٣,١	١٨,٧
أكتوبر	٢٩,٤	١٨,١	٣٠,٧	١٧	٣١,٣	١٧,٢	٣٠,٣	١٧,٢
نوفمبر	٢٤,٧	١٤,٢	٢٥	١٢,١	٢٥,٥	١٢,١	٢٥,٥	١٣,٢
ديسمبر	٢٠,٢	١٠,٣	٢٠,٩	٨,٣	٢٢,٥	٨,٨	٢٠,٨	٩,٥
السني	٢٧,٩	١٦,٢	٢٨	١٤,٥	٢٩	١٤,٨	٢٨	١٤,٥

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية- قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

يعد كل من اتجاه الرياح وسرعتها من العوامل الجوية المهمة، التي تسهم في توزيع الملوثات الجوية والأتربة العالقة والدخان؛ حيث تساعد زيادة سرعة الرياح على انتقال الأتربة العالقة والدخان والملوثات الجوية بعيداً عن منطقة الدراسة، كما تساعد التيارات الهوائية الصاعدة في الجو غير المستقر على رفع الأتربة والدخان إلى أعلى، وعدم تركزها قرب سطح الأرض؛ ويعني ذلك أنه كلما اشتدت سرعة الرياح ساعد ذلك على انحسار فرصة تكون الضباب الدخاني، أما حالة الاستقرار الجوي فتساعد على وجود ظاهرة الانقلاب الحراري، وتعمل الأخيرة على تركيز الملوثات الجوية وحدوث ظاهرة الضباب الدخاني.

ومن دراسة الشكل (٧) والجدولين (٩ و ١١)، يلاحظ تشابه اتجاهات الرياح السائدة في محطات القاهرة وحلوان وشبرا الخيمة؛ حيث تهب من الاتجاهات الشمالية مع هبوبها في بعض الأيام من الاتجاه الجنوبي، أما محطة الجيزة فالاتجاهات السائدة من الشمال والشمال الغربي، كما يلاحظ إن أقل سرعة الرياح سجلت في فصلي الخريف والشتاء بمتوسط ٥ عقدة/ث، ومن دراسة سرعة الرياح اليومية لوحظ أن السرعة أقل من ٥ عقدة/ث تمثل ٤٥,٥٪، وسرعة الرياح ما بين ٥ و ١٠ عقدة/ث تمثل ٤٩,١٪، وتقل إلى ٥,٤٪ لسرعة أكثر من ١٠ عقدة/ث، كما لوحظ وجود تغيراً يومياً- يكاد يكون شبه منتظم- في سرعة الرياح، فأعظم سرعة تحدث عند فترة الظهيرة، وأقل سرعة سجلت قبيل شروق الشمس؛ ويسهم هدوء الرياح واعتدالها في حصر الملوثات وبقائها بالقرب من سطح الأرض.



شكل (٧) الاتجاه السائد للرياح والنسبة المئوية لتكرار هبوبها في القاهرة الكبرى

جدول (١١) التوزيع النسبي لاتجاهات الرياح وسرعتها في القاهرة الكبرى

الاتجاه	ش	ش ق	ق	ج ق	ج	ج غ	غ	ش غ	السكون
نسبة التردد	٢٢,٢	٢٤,٤	١,٣	٣,٩	٥,٢	٤,٦	٣,٢	٢٥,٩	٨,٨
سرعة الرياح	٦,٤	٦,٢	٤,١	٤,٣	٥	٦,٦	٦,٤	٥,٦	-

المصدر: (Wind Atlas for Egypt, 2005, p. 153).

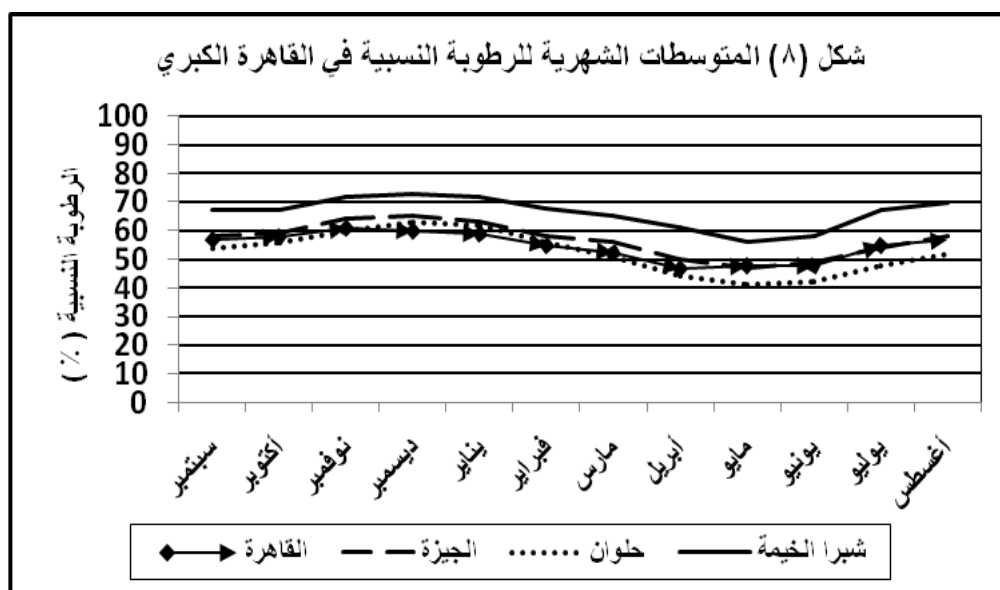
ومن دراسة العلاقة بين اتجاهات الرياح والتركيزات المقاسة للأتربة العالقة وجد أن أعلى التركيزات رصدت عندما تكون الرياح قادمة من الجنوب والجنوب الشرقي؛ ويعني هذا أن مصدر الأتربة العالقة الاتجاه الجنوبي والجنوب الشرقي؛ حيث تمثل الطبيعة الصحراوية الجافة المحيطة بالإطار الحضري جنوبي القاهرة الكبرى مصدراً لها.

تعتمد توزيعات الرطوبة في منطقة الدراسة على درجات الحرارة صيفاً ووصول هواء رطب شتاءً، ومن الجدول (١٢) والشكل (٨) يلاحظ ارتفاع نسب الرطوبة الجوية في أواخر فصل الخريف وأوائل فصل الشتاء؛ حيث تبلغ ٦٤ ٪، ٦٥ ٪، ٦٤ ٪ في شهور نوفمبر وديسمبر ويناير على حين تبلغ ٥٠ ٪ وأقل في أواخر فصل الربيع وبداية فصل الصيف في شهور أبريل ومايو ويونيو، ومن دراسة البيانات اليومية تبين أن حدوث الظاهرة مرتبط بأقصى قيم الرطوبة الجوية؛ حيث يعد ارتفاع الرطوبة الجوية إلى ما يقرب من ٩٥ ٪ من الشروط الأساسية لحدوث ظاهرة الضباب الدخاني.

جدول (١٢) المعدلات الشهرية للرطوبة الجوية في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و٢٠٠٨ م (٪)

البيان	القاهرة	الجيزة	حلوان	شبرا الخيمة	القاهرة الكبرى
يناير	٥٩	٦٣	٦٢	٧٢	٦٤
فبراير	٥٥	٥٨	٥٦	٦٨	٥٩
مارس	٥٢	٥٦	٥١	٦٥	٥٦
أبريل	٤٧	٥٠	٤٤	٦١	٥١
مايو	٤٨	٤٧	٤١	٥٦	٤٨
يونيو	٤٨	٤٩	٤٢	٥٨	٤٩
يوليو	٥٥	٥٤	٤٨	٦٧	٥٦
أغسطس	٥٧	٥٨	٥٢	٧٠	٥٩
سبتمبر	٥٧	٥٨	٥٤	٦٧	٥٩
أكتوبر	٥٨	٥٩	٥٦	٦٧	٦٠
نوفمبر	٦١	٦٤	٦٠	٧٢	٦٤
ديسمبر	٦٠	٦٥	٦٣	٧٣	٦٥
السني	٥٥	٥٧	٥٢	٦٦	٥٨

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة

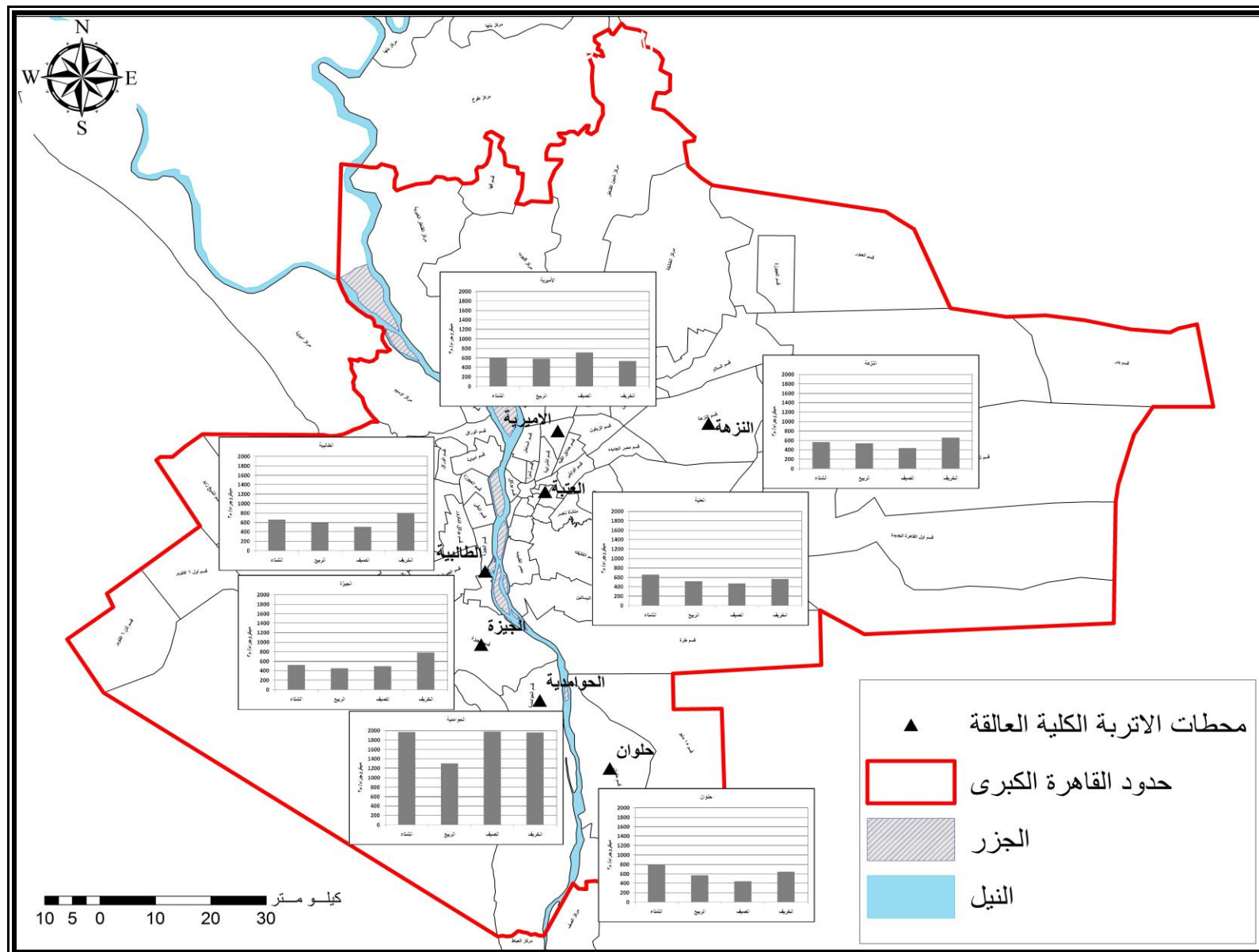


من العرض السابق، ومن دراسة البيانات اليومية التي يلخصها الجدول (١٣)، تبين أن حدوث الظاهرة يرتبط بخصائص مناخية معينة، تتمثل في حالة الاستقرار الجوي والانخفاض الحراري إلى نقطة الندى وارتفاع نسب الرطوبة الجوية، بالإضافة إلى ما تسببه ظاهرة الانقلاب الحراري من حصر الملوثات الجوية وبقائها قرب سطح الأرض في القاهرة الكبرى.

جدول (١٣) الخصائص المناخية المرتبطة بالضباب الدخاني في القاهرة الكبرى

العوامل الجوية	البيان
مدى الرؤية الأفقية	٥٠ - ٢٠٠ متراً
متوسط الضغط الجوي	١٠١٦ ملليبار
مقدار الرطوبة النسبية	٩٤ - ١٠٠ %
متوسط سرعة الرياح	٥,٦ (م/ث)
اتجاهات الرياح السائدة	شمالي غرب - شمالي - شمالي شرق
متوسط عدد ساعات الاستقرار	١٥٠ ساعة
متوسط درجة حرارة نقطة الندى	١١ مئوية
متوسط سمك طبقة الانقلاب الحراري	٧٣٩ متر
متوسط عدد ساعات الانقلاب الحراري	٤٨ ساعة

ثانياً: **خصائص الأتربة العالقة:** من الشروط المهمة لتكوين ظاهرة الضباب الدخاني توافر نوايات التكاثف المتمثلة في نوعية الأتربة وأحجمها وتركيزاتها، وعلى مدة بقائها معلقة في الهواء، واعتمدت الدراسة لإظهار ذلك على عدد من المحطات التي ترصد أقصى متوسط للتركيزات، المقاسة كل ساعة للأتربة العالقة ذات القطر أقل من ١٠ ميكرومتر، والمقاسة أسبوعياً للأتربة الكلية العالقة والرصاص، بالإضافة إلى أقصى متوسط يومي لتركيزات الدخان. ومن الجدول (١٤) والشكل (٩)



شكل (٩) المتوسطات الفصلية لأقصى قيم الاتربة الكلية العالقة في القاهرة الكبرى

يلاحظ أن أقصى تركيزات للأتربة الكلية العالقة المرصودة أسبوعياً في سبع محطات منتشرة في القاهرة الكبرى تتراوح بين ٣٦٣ و ٢٧١٧ ميكروجرام/م^٣، وسجلت أعلى التركيزات في محطة الحوامدية، ومن مقارنة قيم التركيزات والمسموح به، وجد أن جميع الأرصاد تفوق معايير منظمة الصحة العالمية التي تحدد الحد المسموح به (٢٣٠ ميكروجرام/م^٣ يومياً).

جدول (١٤) المتوسطات الشهرية للأتربة الكلية العالقة في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (ميكروجرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
النزهة	٤٦٥	٤٨٤	٥٧٧	٦٢٨	٤٠٩	٣٩٣	٥٦٢	٣٥٣	٤٤٨	٨٦٠	٦٦٣	٧٤٤
الأميرية	٥٨٤	٧٣٩	٣٨٨	٩٥٤	٤١٦	٤٧٢	٧٠٧	٩٦٦	٦١٩	٥٨٨	٣٨٧	٤٧٥
العتبة	٦٦٣	٥٤٨	٥٣٣	٤٧٨	٥٥٤	٥٣٠	٥٢٥	٣٦٣	٤٧٦	٦١١	٦١٥	٧٦٩
حلوان	٨٢٩	٦٢٤	٦٧٣	٥٧٧	٤٦٠	٥٠٥	٥٠١	٣٣٧	٥٦٣	٤٥١	٩١٨	٩٦٥
الطالبة	٧٨١	٨٦٠	٥٥٠	٦٢١	٦٢٢	٥٠٨	٥٢٥	٤٩٢	٩٥٦	٩٨٤	٤٧٩	٣٣٨
الجيزة	٤٩٨	٤٦٧	٤١٣	٥١٦	٤٢٥	٤٨٣	٣٦٣	٦٤٦	٧٦٦	٧٦٧	٨٢٩	٥٩٥
الحوامدية	١٧٠٦	١٤٨٠	١٣٦٥	١٢٩٢	١٢٦٣	٢٣٩١	١٩٢٧	١٦١٣	١٦٧١	١٧٢٩	٢٤٩٠	٢٧١٧
القاهرة الكبرى	٧٨٩	٧٤٣	٦٤٣	٧٢٤	٥٩٣	٧٥٥	٧٣٠	٦٨١	٧٨٦	٨٥٦	٩١٢	٩٤٣

المصدر: مركز الرصد البيئي، وزارة الصحة.

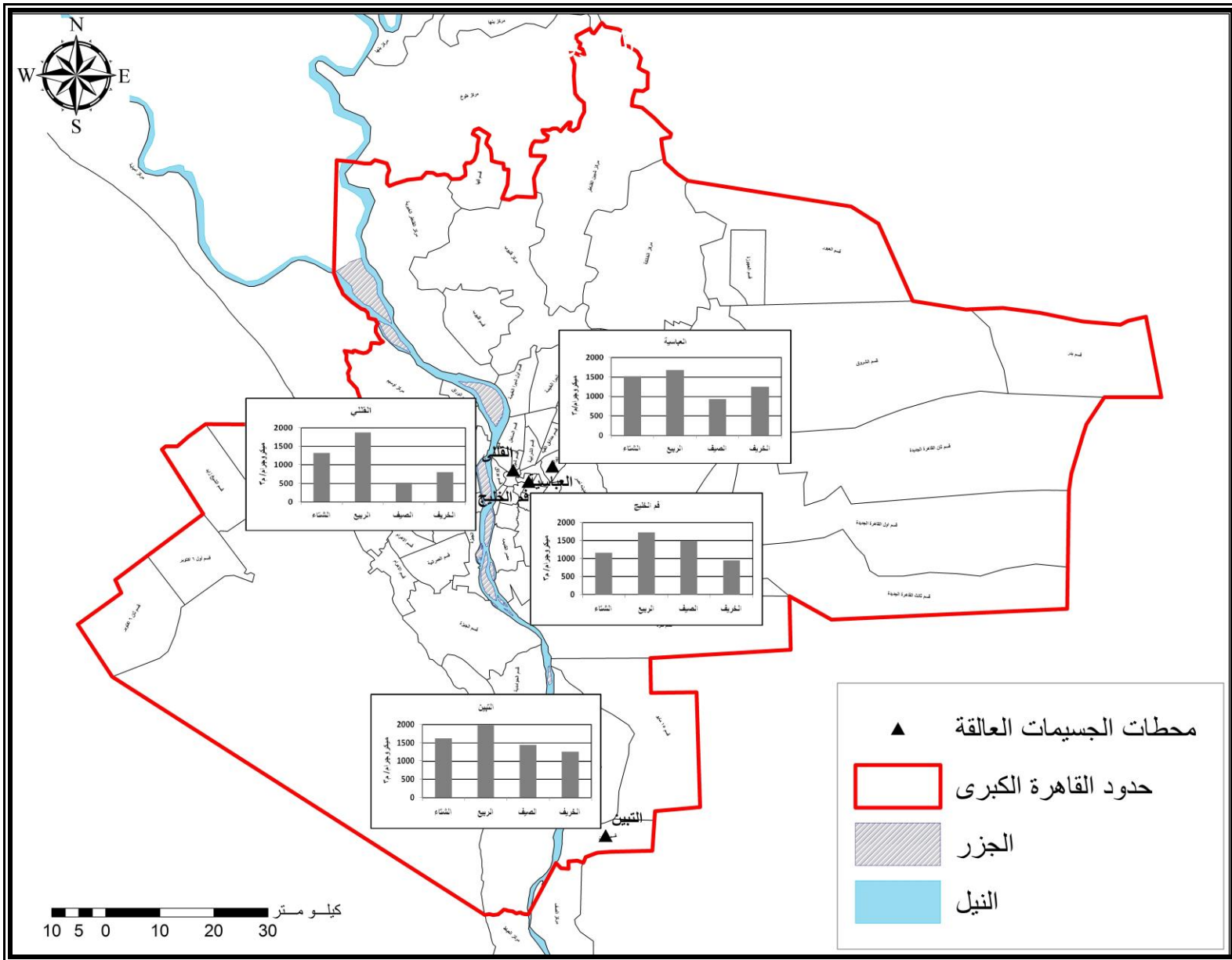
وتعد الجسيمات العالقة في الجو ذات قطر أقل من ١٠ ميكرومتر من العوامل الرئيسية لحدوث مظاهر التكاثر؛ نظراً لتعدد مصادرها وكثرتها، ومن دراسة الجدول (١٥) والشكل (١٠) يلاحظ أن المتوسطات الشهرية التي تم رصدها في محطات العباسية والقللي وفم الخليج والتبين مرتفعة وتتعدى الحد المسموح به بشكل ملحوظ وبالغ الخطورة، وتوفر شرط أساسي لحدوث الظاهرة، كما يدل تقارب تركيزاتها اليومية على مستوى محطات منطقة الدراسة على أن معظم مصادرها محلية.

جدول (١٥) المتوسطات الشهرية للجسيمات العالقة في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكرو جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العباسية	١٦٨٤	١٩٨٧	١٠٠٧	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٤٩٧	١٧٠٥	٥٧٠	٩٦٤	١٢٥٧	١٤٩٥	٨٦٠
القللي	١٢٠٣	١٩٩٢	١٨٩٨	١٧٤٠	١٩٩٤	٥٩٩	٤٧٤	٤٨٩	٤٧٦	٩٩٢	٩٤٢	٧٧٢
فم الخليج	١٠٢٨	١٤٧٨	١٥٩١	١٧٨١	١٨٠٦	١٢٥٣	١٩٣٤	١٣١٤	٦٥١	٧٤٥	١٤٦٢	٩٨٧
التبين	١٩٢٢	١٨٢٦	١٩٦٣	١٩٥٤	١٩٨٦	١٨٥٢	١٩٨٤	٤٩٤	٨٩٨	١٦٨٩	١١٧٧	١١٠٨
القاهرة الكبرى	١٤٥٩	١٨٢١	١٦١٥	١٨٦٩	١٩٤٧	١٠٥٠	١٥٢٤	٧١٧	٧٤٧	١١٧١	١٢٦٩	٩٣٢

المصدر: مركز الرصد البيئي، وزارة الصحة.

وفيما يتعلق بتركيزات الرصاص في الجسيمات العالقة يلاحظ من الجدول (١٦) أن أعلى تركيز يقارب ١ ميكروجرام/م^٣ في النزهة، و أقل تركيز ٠,١ ميكروجرام/م^٣ في حلوان والجيزة، ومن مقارنة قيم التركيزات والمسموح به، وجد أن جميع القياسات باستثناء بعض أيام فصل الشتاء في مناطق النزهة والأميرية والعتبة لا تتعدى معايير منظمة الصحة العالمية التي تحدد الحد المسموح به ٠,٥ ميكروجرام/م^٣.



شكل (١٠) المتوسطات الفصلية لأقصى قيم الجسيمات العالقة في القاهرة الكبرى

جدول (١٦) المتوسطات الشهرية للرصاص العالق في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكرو جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
النزهة	٠,٩٧	٠,٣	٠,٢	٠,٤	٠,١	٠,٢	٠,١٧	٠,١٥	٠,٠٦	٠,١	٠,٢	٠,١٨
الأميرية	٠,٢٣	٠,٨٣	٠,٦٦	٠,٢٢	٠,٣١	٠,٤	٠,٣	٠,٤	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥
العتبة	٠,٣٦	٠,٦٩	٠,٤٩	٠,٢	٠,١٥	٠,١٥	٠,٢٣	٠,١٣	٠,٣	٠,٥	٠,٢	٠,٤٥
حلوان	٠,١	٠,٢	٠,١٦	٠,٥	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,١٤	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١	٠,١
الطابية	٠,١٩	٠,٢	٠,٩	٠,١١	٠,٢	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,١٣	٠,٠٩	٠,٢	٠,٤	٠,١٧
الجيزة	٠,٠٩	٠,١	٠,١	٠,١٣	٠,١٢	٠,١٣	٠,١٢	٠,١	٠,١١	٠,١٥	٠,١٢	٠,١١
الحوامدية	٠,٨	٠,٢٨	٠,٣	٠,١٣	٠,١٣	٠,٢٣	٠,١٧	٠,١٣	٠,١١	٠,١٧	٠,١٢	٠,١٣
القاهرة الكبرى	٠,٣٩	٠,٣٧	٠,٤	٠,٢٤	٠,١٥	٠,١٨	٠,١٧	٠,١٦	٠,١٨	٠,٢٧	٠,٢٣	٠,٢٣

المصدر: مركز الرصد البيئي، وزارة الصحة.

ومن الجدول (١٧) والشكل (١١) يلاحظ أن المتوسطات الشهرية لتركيزات الدخان اليومية تتراوح بين ٣٤ و ٤٣٩ ميكروجرام/م^٣، وسجلت أعلى التركيزات في العتبة وأقل التركيزات في مدينة نصر، وبالنظر إلى المتوسطات الفصلية يلاحظ ارتفاعها خلال فصل الشتاء في العتبة والأميرية وإمبابة والحوامدية، وخلال فصل الخريف في التبين والعتبة والحوامدية، مقارنة بالحد المسموح به (١٥٠ ميكروجرام/م^٣).

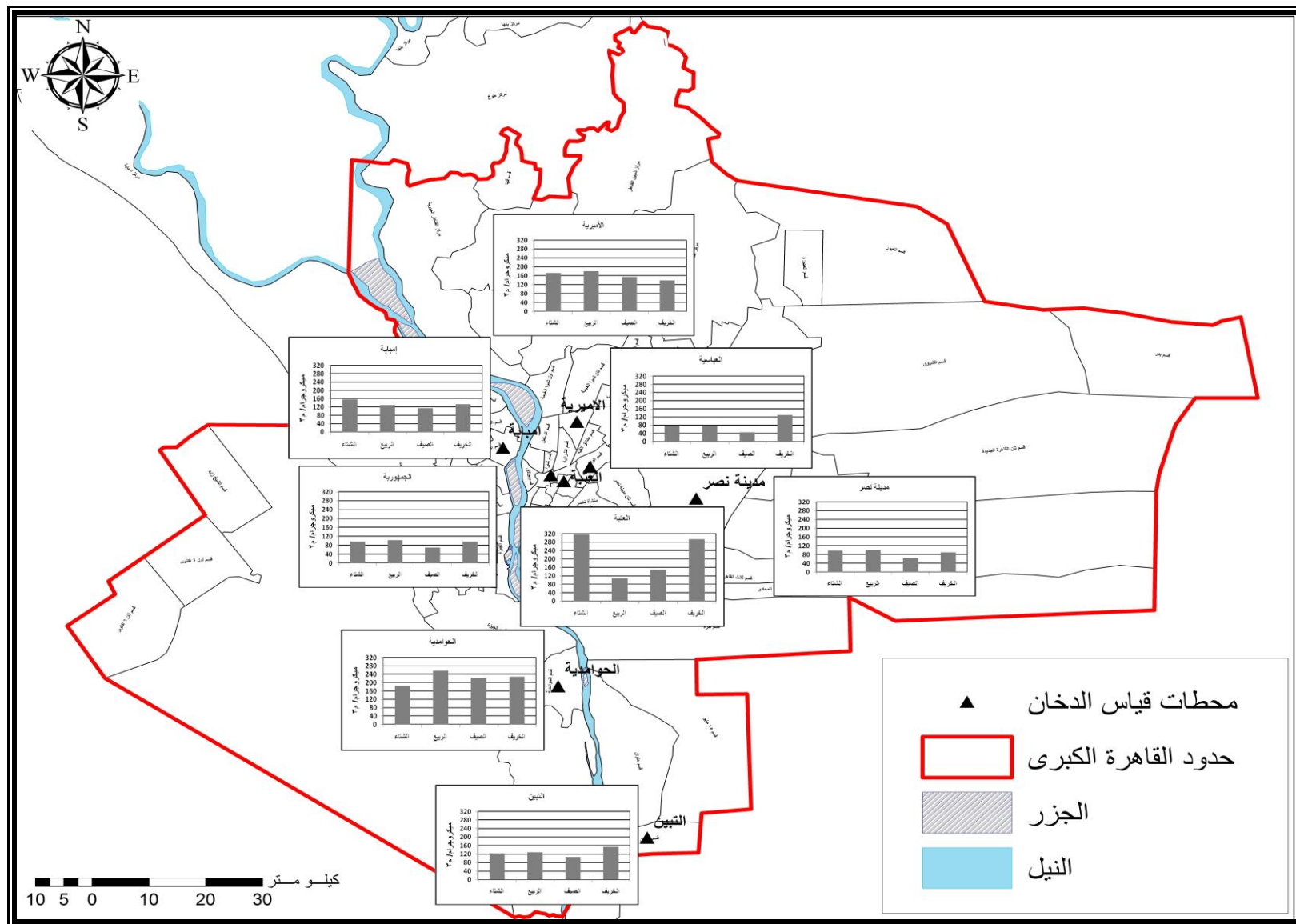
جدول (١٧) المتوسطات الشهرية للدخان في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكرو جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
مدينة نصر	٦٦	١٣٥	١٥١	٩٢	٦٠	٣٥	٩١	٦٨	١٠٦	٩٦	٦٧	٩٧
العباسية	٥٠	٣٥	١٠٩	٦٥	٥٥	٣٤	٥٦	٥١	١٢٠	١٦٤	١٠٦	١٥٣
الجمهورية	٧٣	١٧٠	١٢٣	٧٧	١١٠	٦٨	٧٧	٦٥	٩٢	٩٢	١٠٦	٤٧
التبين	١٣٠	١٨٦	١٧٠	٩٠	١٢٤	٨٦	١٢٦	١١٠	١٩٨	١١٨	١٤٦	٥٤
العتبة	٣٨٩	٣٩٩	١٠١	٤٨	١٧٧	١٦٠	١١٨	١٦٤	٤٣٩	١٧٨	٢٦١	١٦٢
الأميرية	١٢٣	١٩٧	١٩٩	١٨٤	١٦٠	١٨٢	٩٤	١٨٨	١٤٧	١٨٩	٨٠	١٩٧
إمبابة	١٤٦	١٦٦	٩٨	١٥٣	١٤٠	١١٠	١٠٥	١٢٧	٩١	١٥٣	١٥٩	١٥٩
الحوامدية	١٨٩	١٨٨	٣٤٨	٢٥٠	١٧٧	٢٩٠	١٩٤	١٨٩	١٩٥	٢٣٥	٢٥٤	١٧٨
القاهرة الكبرى	١٤٦	١٨٥	١٦٢	١٢٠	١٢٥	١٢١	١٠٨	١٢٠	١٧٤	١٥٣	١٤٧	١٣١

المصدر: مركز الرصد البيئي، وزارة الصحة.

وتشير نتائج معمل تلوث الهواء بالمركز القومي للبحوث أن تركيزات الدخان وصلت إلى مستويات بلغت في بعض الأحيان ١٢٠٠ ميكروجرام/م^٣ في شبرا الخيمة وأكثر من ١٥٠٠ ميكروجرام/م^٣ في الدقي (طلعت إبراهيم الأعوج، ١٩٩٤، ص. ٩٤)، مما يدل على أن مصادر الدخان معظمها محلية ولا تستمر إلا لفترات قصيرة نسبياً.

وخلاصة القول؛ فإن نتائج تحليل البيانات تبين أن أقصى متوسط للتركيزات المقاسة للأتربة العالقة بجميع أحجامها، والدخان كانت أعلى من معدلاتها، وتعدت الحد المسموح به في قانون حماية البيئة، باستثناء فصلي الربيع والصيف؛ حيث تؤدي تركيزاتها في فصلي الشتاء والخريف - وبخاصة خلال فترات الاستقرار الجوي- إلى حدوث ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى.



شكل (١١) المتوسطات الفصلية لأقصى قيم الدخان اليومية في القاهرة الكبرى

ثالثاً: خصائص الملوثات الجوية: لإظهار خصائص الملوثات الجوية اعتمدت الدراسة على المحطات الأوتوماتيكية التي ترصد كل ساعة تركيزات كل من ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأوزون، وبمقارنة تركيزات الملوثات الجوية تبين الآتي:

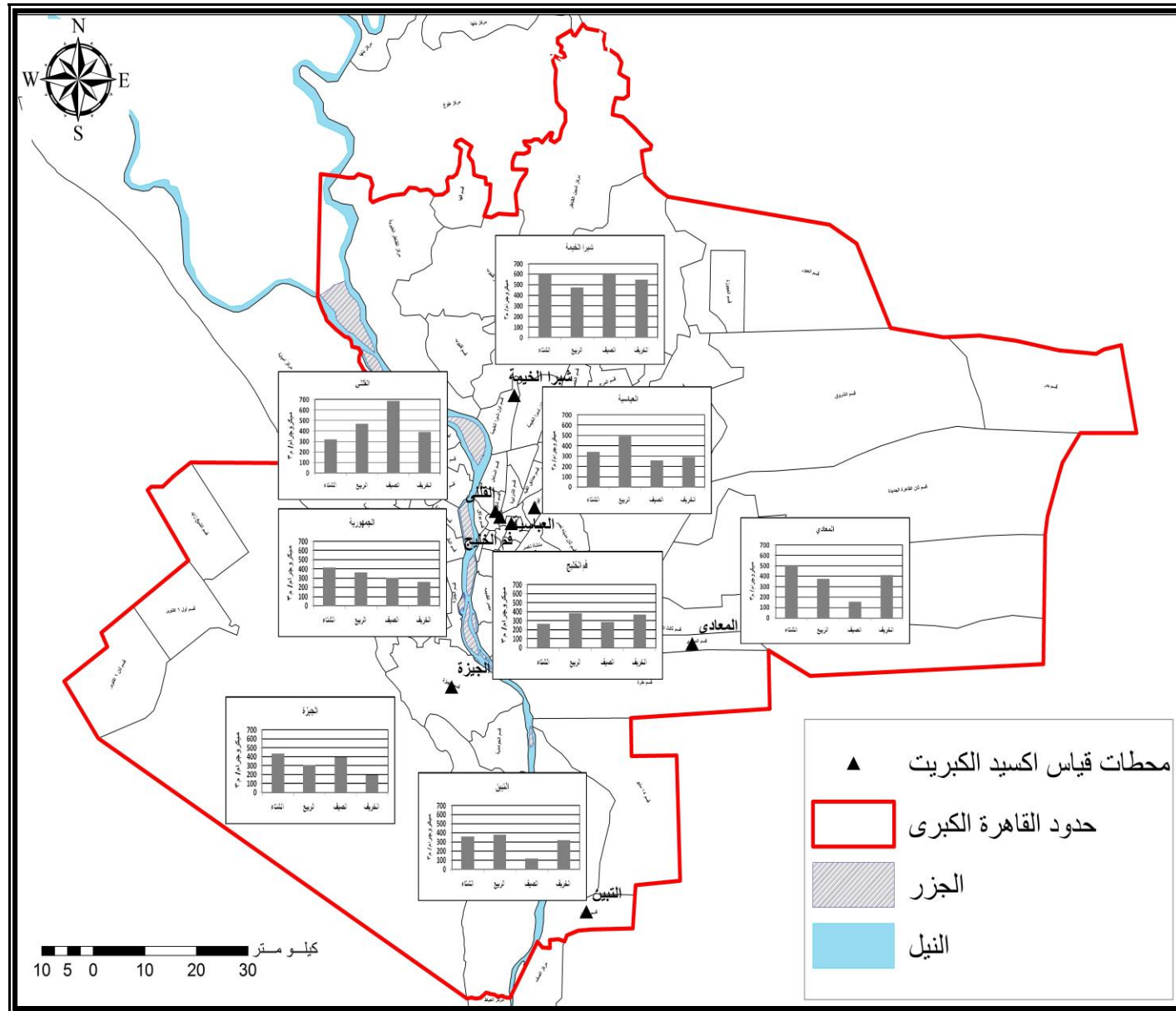
أظهر قياس تركيزات ثاني أكسيد النيتروجين في عدد ست محطات بالجدول (١٨) أنها لم تتجاوز الحد المسموح به (٤٠٠ ميكروجرام/م^٣)؛ حيث بلغت أقصى التركيزات في مناطق الجمهورية وفم الخليج والمعادي ٢٨٠ و ٢٨٤ و ٢٩٥ ميكروجرام/م^٣ على التوالي، أما مناطق القللي والجيزة فكانت تركيزاتها معتدلة؛ حيث بلغت ٢٢٣ و ٢٠١ ميكروجرام/م^٣ على التوالي. ومن الشكل (١٢) يلاحظ تباين التركيزات فصلياً؛ حيث كانت أكثر ارتفاعاً في فصلي الشتاء والربيع، وتراوح بين ١٢٧ و ٤٣٦ ميكروجرام/م^٣، وهي تركيزات تفوق المتوسط الفصلي المنصوص عليه في المعايير الأمريكية (١٠٠ ميكروجرام/م^٣)، ونتيجة لزيادة التركيزات بالقرب من سطح الأرض يحدث اختزال ضوئي لثاني أكسيد النيتروجين بواسطة الأشعة الشمسية إلى أكسيد النيتروجين وأوكسجين ثم يتفاعل الأوكسجين ويكون الأوزون الأرضي (طلعت إبراهيم الأعوج، ١٩٩٤، ص.٦٦)، ويؤدي ارتفاع تركيزات الأوزون إلى الإسهام في تكوين الضباب الدخاني شتاءً بفعل التفاعلات الكيمووضوئية بين المركبات الهيدروكربونية وأكسيد النيتروجين.

جدول (١٨) المتوسطات الشهرية لثاني أكسيد النيتروجين في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكروجرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الجمهورية	٢٣٤	٢٣٨	٢٩٩	٤١٦	٤٤٩	٣٠٣	٢٧٣	١٩٩	٢٢٨	٢١٧	٢٤٨	٢٥٩
القللي	٢٢٢	٢٢٩	٢٢٢	٢٣٤	٢٧٧	١٧٦	٣٠٨	١٩٩	٢٢٩	١٧١	١٦٩	٢٤٤
فم الخليج	٥٦٤	٢٧٨	٣٠٢	٢٦٥	٢٦٨	٢٠٨	٢٣٢	٢٧٢	١٩٣	٢٠٨	٣٥٦	٢٦٣
المعادي	٣٧٦	٦٩٤	٢٣٨	٢٦٣	٢٦٦	٢٣٧	٢٥٢	١٨٥	٢٥١	٢٨٨	٢٥٢	٢٣٩
التبين	١٤٥	١٦٠	١٣٠	٤٥٨	١٢٢	١٣١	١٢٥	٣٣١	١٠٧	٨٨	١٩٠	١٣٤
الجيزة	٢٢٠	١٨٤	٤٠٤	١٩١	١٩٨	١٥٢	١٤٣	١١٠	١٢٧	١٣٢	٢١٧	٣٣٦
القاهرة الكبرى	٢٩٤	٢٩٧	٢٦٦	٣٠٥	٢٦٣	٢٠١	٢٢٢	٢١٦	١٨٩	١٨٤	٢٣٩	٢٤٦

المصدر: جهاز شؤون البيئة، وزارة البيئة.

أظهر قياس تركيزات ثاني أكسيد الكبريت في عدد ثمان محطات بالجدول (١٩) أنها تتعدى الحد المسموح به الذي يمثل ١٥٠ ميكروجرام/م^٣، بنسبة زيادة تصل إلى ٢٠٠ ٪؛ حيث تراوحت التركيزات بين ٩٠ و ٤٩٠ ميكروجرام/م^٣، وكانت التركيزات المنخفضة في المناطق السكنية والمرتفعة في المناطق الصناعية. ومن الشكل (١٣) يلاحظ وجود تباين مضطرب في قيم التركيزات الفصلية؛ حيث تجاوزت الحد المسموح به في فصلي الخريف والشتاء، ويعد ثاني أكسيد الكبريت من أكثر عناصر التلوث الهوائي تأثيراً، فهو غاز حمضي يذوب في بخار الماء مكوناً حمض الكبريتيك ويبقى معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ، ويساعد رذاذ الكبريتيك على سرعة تكاثف الضباب الدخاني.



شكل (١٣) المتوسطات الفصلية لأقصى قيم ثاني أكسيد الكبريت في القاهرة الكبرى

جدول (١٩) المتوسطات الشهرية لثاني أكسيد الكبريت في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكرو جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العباسية	٣٦٧	٣٩١	٥٨١	٥٨٨	٣٠٩	٣٥٤	٢٢٥	٢٠٢	٣٦٩	٢٤٨	٢٥٥	٢٧١
الجمهورية	٤٩٠	٤٠٥	٢٩٨	٥٤٠	٢٤٧	٤٢٧	٢٧٣	٢٢٢	٢١٣	٢٨٥	٢٩١	٣٥٥
القللي	٣٤٢	٢٩٥	٤٠٩	٥١٣	٤٨٧	٦٦٦	٧٩٤	٥٩٤	٤٧٦	٣١٤	٣٩٠	٣٢٩
فم الخليج	٢٥٣	٢٧٥	٣٤٢	٤٧٣	٣٣٥	١٨١	٣٤٦	٣٣٣	١٩٨	٥٢٠	٣٩١	٢٧٤
المعادي	٤١٣	١٧٥	٦٧٢	٢٩٠	١٥٩	١٣٠	١٨٥	١٥٥	٤٦٥	٥٧٠	٢٠١	٩٤٠
التبين	٤٩٩	٣٠٣	٤١٨	٤٦٢	٢٦٠	٩٠	١٣١	١٤١	٢٤٧	٣٧٨	٣٣٨	٢٧٨
الجزيرة	٤٦٥	٣٥٠	٢٣٠	٤٣٦	٢٥٢	٤٦٢	٣٨٦	٣٣٥	١٧٣	٢٤٢	١٧٤	٤٨٤
شبر الخيمة	٥١٠	٦٧١	٣١٤	٦٥٦	٤٤٨	٨٢٤	٥٤٢	٤٣٣	٦٧٩	٤٩٢	٤٧٢	٦٤٢
القاهرة الكبرى	٤١٦	٣٥٨	٤٠٨	٤٩٥	٣١٢	٣٩٢	٣٦٠	٣٠٢	٣٥٣	٣٨١	٣١٤	٤٤٧

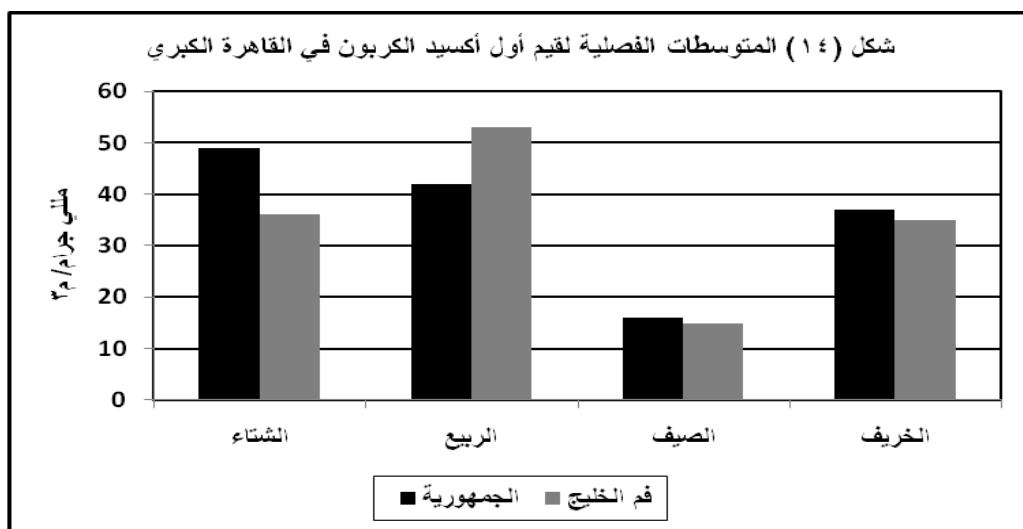
المصدر: جهاز شئون البيئة، وزارة البيئة

ومن الجدول (٢٠) والشكل (١٤)، يلاحظ أن تركيزات أول أكسيد الكربون في محطتي الجمهورية وفم الخليج تراوحت بين ١١ و ٨١ مللي جرام/م^٣، مع ظهور تباين مضطرب في التركيزات الفصلية؛ حيث تعدت التركيزات الحد المسموح به خلال فصلي الشتاء والربيع في منطقة الجمهورية، وفي كل فصول باستثناء فصل الخريف في منطقة فم الخليج، وبوجه عام تتجاوز التركيزات الحد المسموح به الذي يبلغ ٣٠ مللي جرام/ م^٣ طبقاً لقانون البيئة المصري في فصول الخريف والشتاء والربيع، مع وجود تحسن واضح خلال فصل الصيف .

جدول (٢٠) المتوسطات الشهرية لأول أكسيد الكربون في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مللي جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الجمهورية	٥٤	٤٤	٥٦	٣٨	٣٣	١٨	١٦	١٣	٢٧	٢٥	٦٠	٤٨
فم الخليج	٢٥	٣٥	٥٤	٥٥	٥٠	١٥	٨١	١١	٢٢	٣٧	٤٧	٤٩
القاهرة الكبرى	٤٠	٤٠	٥٥	٤٧	٤٢	١٧	٤٩	١٢	٢٥	٣١	٥٤	٤٩

المصدر: جهاز شئون البيئة، وزارة البيئة.

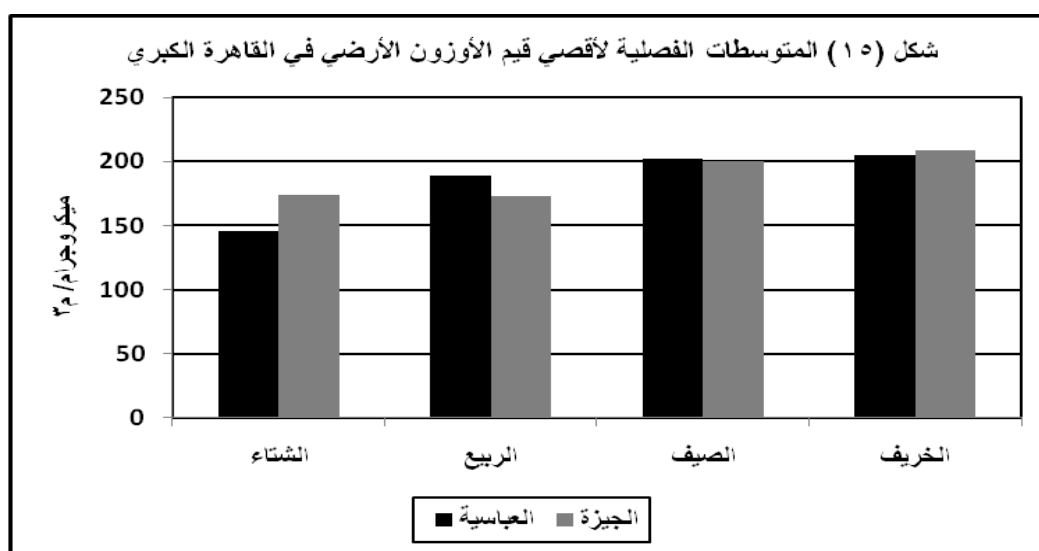


أما الأوزون الأرضي فيتكون من تفاعل الملوثات الجوية مع أكسيد النيتروجين في وجود الأشعة الشمسية. ومن الجدول (٢١) والشكل (١٥) يلاحظ ارتفاع تركيزاته في محطتي الجيزة والعباسية خلال فصل الخريف عنها في فصل الشتاء؛ مكوناً الضباب الكيميائي الضوئي في فصل الخريف.

جدول (٢١) المتوسطات الشهرية للأوزون في القاهرة الكبرى بين عامي ١٩٩٩ و ٢٠٠٨ (مايكرو جرام/م^٣)

المحطات	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العباسية	١١١	٢٢٤	١٤٠	١٧٤	٢٥٢	٢١١	٢٣٠	١٦٦	٢٥٩	١٩٦	١٥٩	١٠٣
الجيزة	٢٢٨	١٥٤	١٦٧	١٧٨	١٧٣	٢١٠	٢٠١	١٩٠	٢٠٣	٢٣٧	١٨٨	١٤٠
القاهرة الكبرى	١٧٠	١٨٩	١٥٤	١٧٦	٢١٣	٢١١	٢١٦	١٧٨	٢٣١	٢١٧	١٧٤	١٢٢

المصدر: جهاز شئون البيئة، وزارة البيئة.



من العرض السابق، ومن دراسة البيانات اليومية للملوثات الجوية، تبين أنها من العوامل التي تسهم بدرجات متفاوتة في حدوث ظاهرة الضباب الدخاني؛ حيث يرتبط حدوث الظاهرة بارتفاع تركيزاتها، وبصفة خاصة ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون الأرضي.

التحليل العامل لظاهرة الضباب الدخاني

يهدف التحليل إلى إيجاد العوامل المسؤولة عن توليد الاختلافات المؤدية إلى حدوث ظاهرة الضباب الدخاني في مجموعة مكونة من عدد من متغيرات الاستجابة، باستخدام طريقة المكونات الأساسية؛ حيث تم حساب المكونات باستخدام مصفوفة الارتباطات **Correlation Matrix** وباستعمال المتغيرات المعيارية **Slandered Variables**، وذلك لاختلاف وحدات القياس للمتغيرات، ويبين الجدول (٢٢) متغيرات الاستجابة وعددها خمسة عشر متغيراً تبدأ بمتغير الإشعاع الشمسي وتنتهي بمتغير الدخان، كما يبين القيم الأولية والمستخلصة، التي تؤخذ مساوية إلى الواحد في طريقة

المكونات الأساسية، وتتراوح من صفر إلى واحد، وتعبّر عن مربع معامل الارتباط المتعدد Square Multiple Correlations للمتغير مع العوامل.

جدول (٢٢) القيم الأولية والمستخلصة للأشتركيات Communalities

Response Variables متغيرات الاستجابة	2006		2007	
	Initial	Extraction	Initial	Extraction
Radiation الإشعاع الشمسي	1.000	.523	1.000	.493
L.Temp. درجة الحرارة الصغرى	1.000	.921	1.000	.896
Dew point درجة حرارة نقطة الندى	1.000	.835	1.000	.797
h.humidity أعلى رطوبة نسبية	1.000	.643	1.000	.715
h.Pressure الضغط الجوي المرتفع	1.000	.797	1.000	.785
Wind Dir. اتجاه الرياح السائد	1.000	.653	1.000	.706
AVG.Wind متوسط سرعة الرياح	1.000	.609	1.000	.673
SO2 ثاني أكسيد الكبريت	1.000	.763	1.000	.564
NO2 ثاني أكسيد النيتروجين	1.000	.546	1.000	.703
NOX المجموع الكلي لأكسيد النيتروجين	1.000	.751	1.000	.674
CO أول أكسيد الكربون	1.000	.783	1.000	.660
PB الرصاص العالق بالأتربة الدقيقة	1.000	.621	1.000	.776
PM10 الجسيمات العالقة	1.000	.661	1.000	.600
T.S.P الأتربة الكلية العالقة	1.000	.597	1.000	.725
B. Smoke الدخان الأسود	1.000	.424	1.000	.498

Extraction Method: Principal Component Analysis.

جدول (٢٣) تباين المكونات لمصفوفة الارتباطات Total Variance Explained

Component	Initial Eigen values			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.226	28.170	28.170	4.226	28.170	28.170
2	2.083	13.883	42.054	2.083	13.883	42.054
3	1.538	10.250	52.304	1.538	10.250	52.304
4	1.360	9.069	61.373	1.360	9.069	61.373
5	1.061	7.071	68.444	1.061	7.071	68.444
6	.760	5.067	73.511			
7	.735	4.903	78.413			
8	.644	4.292	82.705			
9	.566	3.771	86.476			
10	.532	3.547	90.024			
11	.474	3.160	93.184			
12	.400	2.669	95.853			
13	.303	2.021	97.874			
14	.234	1.558	99.432			
15	8.525E-02	.568	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

وتشير البيانات اليومية لعامي ٢٠٠٦م و٢٠٠٧م، المستخدمة في التحليل أن العوامل المشتركة تفسر نسبة عالية من التباين؛ حيث نجد تقارب القيمة المستخلصة لاشتراكية المتغيرات المناخية منها: درجة الحرارة الصغرى والضغط الجوي المرتفع والرطوبة الجوية واتجاه الرياح، وتباعد نسبي للملوثات الجوية منها ثاني أكسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، ويوصي باستبعاد متغيري الإشعاع الشمسي والدخان الأسود من التحليل لحصولهما على قيمة مستخلصة صغيرة تشير إلى عدم أهميتهما.

ومن الجدول (٢٣) يلاحظ أن الجذور الكامنة لمصفوفة الارتباطات (تباين المكونات) ومجموعها يساوي رتبة المصفوفة ويساوي ١٥ بقدر عدد المتغيرات؛ حيث إن المكون الرئيسي الأول له أكبر جذر كامن (أو تباين المكون) ويساوي ٤,٢٣، ويفسر ٢٨,٢٪ من التباينات الكلية لمتغيرات ظاهرة الضباب الدخاني، أما المكون الثاني فتبلغ نسبته ١٣,٩٪ ويفسر المكونان نسبة ٤٢٪، بينما المكونات الثالث والرابع والخامس فتبلغ نسبتهما ١٠,٣٪ و ٩,١٪ و ٧,١٪ على التوالي، وتفسر المكونات الخمسة نسبة ٦٨,٤٪ من هيكل التباينات للمتغيرات الخمسة عشر وقد أهمل البرنامج بقية المكونات نظراً لكون جذورها الكامنة أقل من الواحد.

جدول (٢٤) مصفوفة المكونات Component Matrix

Response Variables متغيرات الاستجابة	Component				
	1	2	3	4	5
Radiation الإشعاع الشمسي	.250	.581	-.175	-5.159E-02	.245
L.Temp. درجة الحرارة الصغرى	.877	.181	.285	8.240E-02	7.982E-02
Dew point درجة حرارة نقطة الندى	.828	-.247	.103	-.140	.142
h.humidity أعلى رطوبة نسبية	.134	-.528	-.347	-.495	.231
h.Pressure الضغط الجوي المرتفع	-.770	-.390	-.173	-6.296E-02	-7.998E-02
Wind Dir. اتجاه الرياح السائد	.803	9.548E-02	6.652E-02	-2.356E-02	.218
AVG.Wind متوسط سرعة الرياح	.331	.415	-.312	.538	-6.999E-02
SO2 ثاني أكسيد الكبريت	-.358	-.305	.559	7.756E-02	-.156
NO2 ثاني أكسيد النتروجين	-.392	.264	.474	-.420	.281
NOX المجموع الكلي لأكسيد النتروجين	-.605	.462	-.170	-.217	.134
CO أول أكسيد الكربون	-.468	.517	5.766E-02	-.123	.394
PB الرصاص العالق بالأتربة الدقيقة	-.386	-.256	-.233	.386	.600
PM10 الجسيمات العالقة	-.322	.285	.612	.183	-8.181E-02
T.S.P الأتربة الكلية العالقة	-.251	-.382	.204	.589	.357
B. Smoke الدخان الأسود	.402	-.322	.351	-.136	.302

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 5 components extracted.

ومن مصفوفة المكونات التي تتضمن تشبعات Loading المكونات الخمسة التي تم استخلاصها بالجدول (٢٤) يلاحظ أن أقوى المتغيرات ارتباطاً بالمكون الأساسي الأول هي الانخفاض الحراري وسرعة الرياح واتجاهها؛ حيث أن تشبع متغير درجة الحرارة الصغرى بالمكون الأساسي الأول ٨٧٧,٠، يليه درجة حرارة نقطة الندى، يليه متغير اتجاه الرياح سرعتها، وأن أضعف المتغيرات

ارتباطا بالمكون الأول هو الإشعاع الشمسي، أما أقواها ارتباطاً عكسياً فيتمثل في متغيرات الملوثات الجوية في مقدمتهم المجموع الكلي لأكسيد النتروجين.

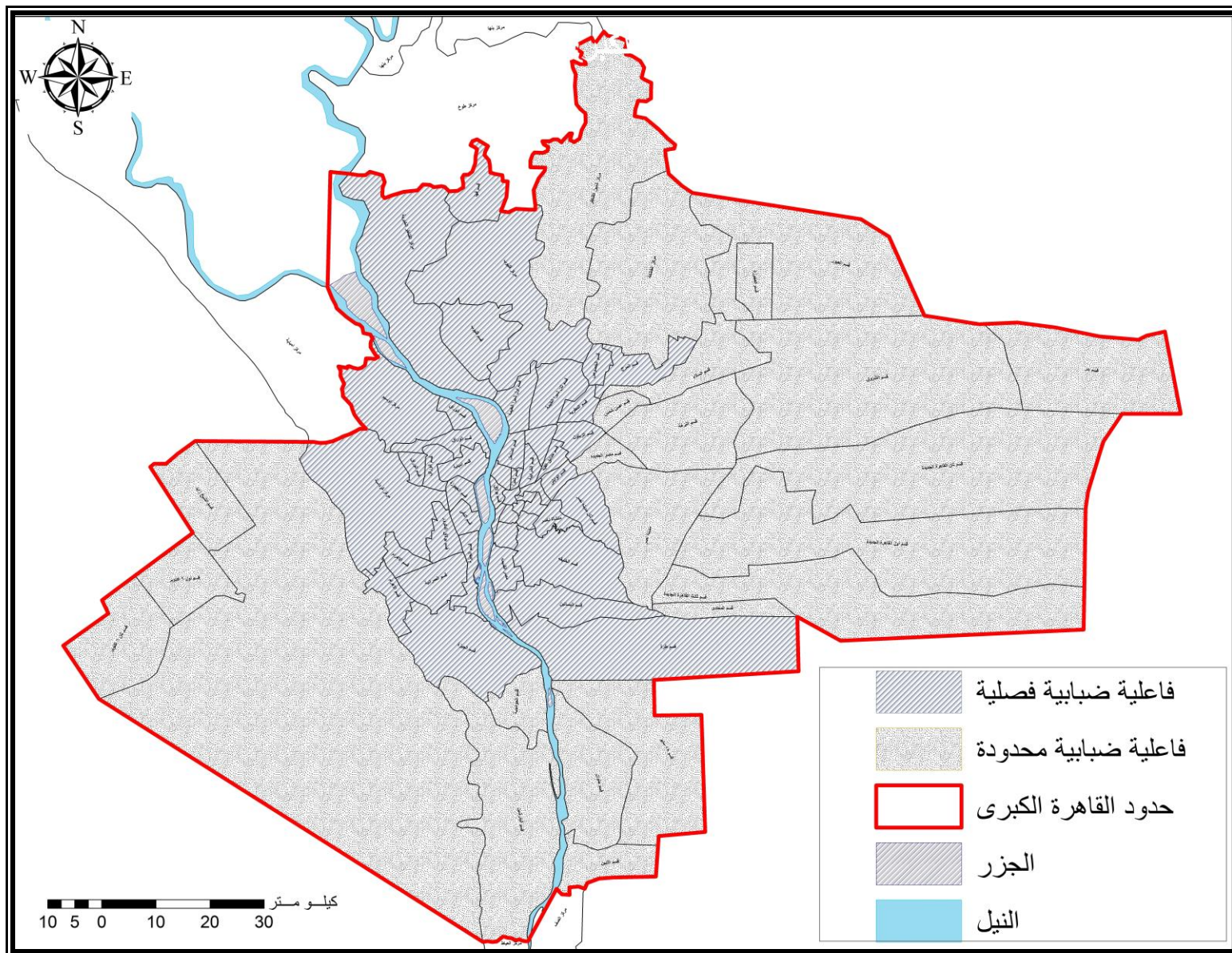
أما أقوى المتغيرات ارتباطا بالمكون الثاني فهي الرطوبة الجوية والضغط الجوي وسرعة الرياح والمجموع الكلي لأكسيد النتروجين والأتربة الكلية العالقة، وأقوى المتغيرات ارتباطا بالمكون الثالث ثاني أكسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات العالقة، وأقوى المتغيرات ارتباطا بالمكون الرابع الرطوبة الجوية وسرعة الرياح وثاني أكسيد النتروجين والأتربة الكلية العالقة، ويرتبط المكون الخامس بعلاقة ضعيفة ببقية المتغيرات.

وخلاصة القول؛ أن كل من العوامل الجوية الممثلة في الانخفاض الحراري إلى ما دون نقطة الندى، وارتفاع الرطوبة النسبية إلى أكثر من ٩٤٪، مع وجود حالة استقرار جوي مصاحبة لظاهرة الانقلاب الحراري، وتوافر نوايات التكاثر الممثلة في الأتربة العالقة بأحجامها المختلفة، وبمساعدة بعض الملوثات الجوية وخاصة أكسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت والأوزون تؤثر مجتمعة في حدوث ظاهرة الضباب الدخاني وفي تنوع خطورتها.

وعلى ضوء التحليل العاملي للمعطيات المناخية والملوثات الجوية، لوحظ اختلاف أهمية تلك العوامل مكانياً وزمنياً؛ فمن الصعوبة بمكان التنبؤ بهذه الظاهرة زمنياً؛ حيث يرتبط حدوثها بتغير في الأحوال الجوية، أما من حيث درجة الفاعلية المكانية فيمكن تقسيم القاهرة الكبرى إلى نمطين يوضحهما الشكل (١٦) وهما:

مناطق ذات فاعلية ضبابية فصلية: تقع تلك المناطق في قلب القاهرة الكبرى وتشمل معظم مناطق الضفة الشرقية لنهر النيل في القاهرة و شبرا الخيمة، ومناطق الضفة الغربية لنهر النيل في الجيزة، وتعد أكثر المناطق تأثراً بمسببات ظاهرة الضباب الدخاني؛ حيث تكون أكثر وفرة لمصادر الرطوبة الجوية ونوايات التكاثر؛ وبخاصة الأتربة والرمال المحملة بالرياح، كما ترتفع بها درجات الحرارة نهاراً، بينما تنبدد حرارة الهواء سريعاً عقب غروب الشمس، وتفقد معظم مساحات سطح الأرض للحرارة المكتسبة نهاراً، مما يؤدي إلى تبدد الإشعاع الأرضي، وهذه الأحوال تعطي تلك المناطق صفة الفاعلية الضبابية المؤقتة خلال فصلي الشتاء والخريف.

مناطق ذات فاعلية ضبابية محدودة: تقع تلك المناطق على الأطراف الصحراوية الجنوبية والشرقية والغربية للقاهرة الكبرى، التي تتصف بمعدلات رطوبة نسبية منخفضة، على الرغم من ارتفاع نسبة الأتربة العالقة بالهواء فيها، واختلاف تركيزات الملوثات الجوية، إلا أن الاختلاف لا يرفع عنها صفة توافر الشروط الخاصة لحدوث الظاهرة أو الفاعلية الضبابية المحدودة؛ حيث ترتفع الرطوبة النسبية وتركيزات الملوثات الجوية أحياناً في فصلي الشتاء والخريف.



شكل (١٦) تصنيف مناطق القاهرة الكبرى طبقاً للفاعلية الضبابية

تأثير الضباب الدخاني على صحة سكان القاهرة الكبرى

تُسبب ظاهرة الضباب الدخاني لسكان القاهرة الكبرى البالغ عددهم ١٦٩٦١٣٥٧ نسمة- طبقاً لتقرير الجهاز المركزي لعام ٢٠٠٩م- مشكلات صحية بدرجات متفاوتة لاحتوائها على نسب من الملوثات الصلبة وحمض الكبريتيك والغازات الملوثة منها: أول أكسيد الكربون؛ حيث يؤدي استنشاق الأتربة والغبار إلى تهيج الجهاز التنفسي والإصابة بأمراض عديدة تبدأ من ضيق التنفس إلى الأورام السرطانية، وتعد الجسيمات العالقة الأكثر خطورة؛ حيث يتم استنشاقها بصورة أكبر وتستقر في الرئتين مسببة مشكلات صحية بترسب الجسيمات الأكبر حجماً داخل الأنف والقصبة الهوائية، بينما تصل الجسيمات الأصغر- فيما أقل من ١٠ ميكرون- إلى الرئة وتذوب القابلة منها للذوبان حينما تترسب وتدخل في مجرى الدم وتؤثر على الأعضاء الداخلية، أما الجسيمات غير القابلة للذوبان فتحدث تفاعلاً حينما تترسب وتؤدي إلى أمراض في منطقة الترسيب.

أما الضباب الدخاني في المناطق الصناعية فيحتوي على نسبة تتراوح بين ٥ و ٢٠ ٪ من حمض الكبريتيك الناتج من تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت، وعندما يتنفس الإنسان يؤثر الحمض سلباً على الأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي؛ حيث يؤدي إلى نوبات تنفسية؛ وبخاصة لدى المسنين المصابين بالتهابات رئوية.

ويعد أول أكسيد الكربون CO من أخطر أنواع الملوثات الجوية وأشدّها سمية؛ حيث يتحد مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين، وبذلك يمنع الأكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين، وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأكسجين، ويحدث الاختناق الداخلي فإذا تجاوزت نسبة ٠,٢ ٪ أي ٢٠٠٠ جزء من المليون تحدث اضطراب لدى الإنسان والإغماء بعد نصف ساعة، وربما الموت بعد ساعة من استنشاقه، وأوضحت الدراسة أن أول أكسيد الكربون يوجد بكثرة في الأماكن ذات الكثافة المرورية المرتفعة مثل ميدان التحرير وميدان رمسيس وميدان الجيزة وأن درجة تركيزه تفوق المسموح به عالمياً.

جدول (٢٥) معدلات الوفيات للأطفال في القاهرة الكبرى (طفل متوفى/ألف مولود حي)

الحالة	القاهرة (٪)	الجيزة (٪)	شبرا الخيمة (٪)
حديثو الولادة	٢٠,٣	٥,١	٨,٣
الأطفال الرضع	٣٢,٤	١٦,٥	١٧,٦
الأطفال دون الخامسة	٣٩,١	٢٢,٢	٢٢
المعدل العام	٦,٦	٦,٤	٥,٩

المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء، ووزارة الصحة والسكان.

ومن الدراسات الطبية والمقابلات الشخصية تبين ارتفاع عدد المرضى المصابين بأمراض الجهاز التنفسي في القاهرة الكبرى؛ حيث ترتفع أعدادهم بنحو ١٥٠ ٪ في فترات حدوث الظاهرة خلال فصلي الخريف والشتاء، كما تبين أن أكثر الفئات تعرضاً للإصابة بأمراض الجهاز التنفسي قصيرة المدى والمزمنة، والأمراض المرتبطة بالضباب الدخاني وتلوث الهواء؛ هي فئات كبار السن

والمرضي والأطفال، والمقيمين بالقرب من الكثافة المرورية المرتفعة والمناطق الصناعية. وتبدو الآثار الحادة لظاهرة الضباب الدخاني على سكان القاهرة الكبرى عند حدوث المرض أو الوفاة، والجدول (٢٥) يبين معدلات الوفيات للأطفال في القاهرة الكبرى، ومنها نستخلص تضاعف النسب بين أطفال محافظة القاهرة على الرغم من تقارب المعدل العام بين مناطق القاهرة الكبرى.

كما تمثل ظاهرة الضباب الدخاني خطورة على النساء الحوامل خاصة اللاتي يعانين من حساسية الأنف والصدر، مع إمكانية حدوث اختناق للجنين بسبب نقص الأوكسجين وارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون، كما تتسبب الظاهرة وفق تقديرات المستشفيات في موت خمسة آلاف شخص سنوياً، ومن الجدول (٢٦) يلاحظ ارتفاع نسب الوفاة بين كبار السن على مستوى منطقة الدراسة.

جدول (٢٦) نسب الوفيات للفئات العمرية لعام ٢٠٠٥ في القاهرة (متوفى/ألف نسمة)

الفئة العمرية	٧ أيام	٢٨ - ٧ يوم	٢٨ يوم - سنة	١ - ٥ سنة	٥ - ١٥ سنة	١٥ - ٤٥ سنة	٤٥ - ٦٥ سنة	٦٥ فأكثر سنة	العام
النسبة	١,٤	٣,٣	١٠,٢	٥,٢	٣,٥	٢٣,٦	٦٣,٨	١٠٥,٩	٦,٣

المصدر: مديرية الشؤون الصحية في محافظة القاهرة

كما أظهر المسح الطبي لبعض مناطق القاهرة الكبرى منها: منطقتي شبرا الخيمة وحلوان، أن نحو ٢٠ ٪ من سكان المنطقة الأولى الصناعية يعانون بأمراض الجهاز التنفسي؛ نتيجة تعرضهم لمستويات مرتفعة من ثاني أكسيد الكبريت والدخان، وأن ٢٩ ٪ من تلاميذ المدارس في المناطق المتاخمة لمصانع الأسمنت بحلوان؛ يعانون بأمراض الجهاز التنفسي، بالمقارنة بنحو ٩ ٪ من تلاميذ مدارس المناطق الريفية. كما يعاني سكان القاهرة كثيراً من الأتربة الدقيقة العالقة، التي مصدرها تلال المقطم والجبل الأحمر في فترات نشاط حركة الرياح السطحية؛ حيث تسبب حساسية شديدة مع احمرار وحكة ودموع بالعين، وينصح الدكتور إبراهيم غنيم استشاري أمراض العيون، بعدم التعرض للضباب الدخاني (إبراهيم غنيم، ١١/١٠/٢٠٠٩م).

كما يسهم الضباب الدخاني في ارتفاع معدلات حوادث الطرق على الطرق السريعة؛ حيث يغطي الضباب الدخاني في فترات حدوثه طرق الاتوستراد والمحور والدائري وطريقي القاهرة-إسكندرية الزراعي والصحراوي، ويعمل على اضمحلال الرؤية الأفقية، والتي يتوقف مداها على ما تحويه الظاهرة من أتربة وملوثات الجوية.

وللحد من خطورة الظاهرة من الضروري بمكان تعاون الجهات المعنية ومنظمات المجتمع المدني، ونشر الوعي البيئي بين سكان القاهرة الكبرى عن خطورة هذه الظاهرة، وكيفية علاجها والحد من آثارها، واتخاذ الخطوات والإجراءات لمواجهتها، نقترح منها:

- عدم التعرض المباشر للظاهرة، وعدم التواجد في أماكن مغلقة خلال فترة حدوثها، والحماية منها بوضع منديل مبلل على الأنف للتقليل من استنشاق الأتربة والملوثات الجوية.

- نقل الصناعات المصحوبة بالانبعاث عالٍ للملوثات الجوية على المدى البعيد خارج نطاق القاهرة الكبرى، مع استخدام المرشحات في الوقت الراهن لتقليل الانبعاث.
- نقل الخدمات الحكومية والأسواق خارج القاهرة الكبرى، وتنفيذ محاور الطرق للتقليل من الكثافات المرورية المرتفعة، ومراقبة عوادم السيارات والتوسع في استخدام الغاز الطبيعي لتقليل انبعاث الغازات الملوثة لأقل درجة ممكنة.
- حظر الحرق المكشوف للمخلفات الصلبة والزراعية، وعدم حرقها داخل أو خارج القاهرة الكبرى، وتدويرها وتحويلها إلى مصدر من مصادر الطاقة الحيوية **Bio Mass Energy**.
- زيادة المساحات الخضراء والتشجير حول القاهرة الكبرى؛ لتقليل الأثرية العالقة المسببة لتكوّن الضباب الدخاني؛ حيث لا تتعدى مساحة الحدائق حالياً عن ٩٧١٦ ألف متر مربع.

الخاتمة والنتائج:

من دراسة ظاهرة الضباب الدخاني في القاهرة الكبرى من منظور جغرافي، توصلت الدراسة إلى: أن الضباب الدخاني ظاهرة مناخية تنتمي إلى ضباب الإشعاع الأرضي، وأن الضوابط المتحركة في حدوثها تتمثل في الأحوال الجوية من انخفاض درجة حرارة الهواء إلى مادون نقطة الندى، وتوافر الرطوبة الجوية بنسب تزيد علي ٩٤٪، وهدوء الرياح وسيطرت حالة من الاستقرار الجوي.

يعد فصلا الخريف والشتاء الأكثر تعرضاً لحدوث ظاهرة الضباب الدخاني؛ حيث تتكرر حدوثها سنوياً خلال الفترة من نهاية سبتمبر وحتى نهاية شهر ديسمبر، وخاصة في حالة حدوث ظاهرة الانقلاب الحراري نتيجة تبدد الإشعاع الأرضي.

وجود فروق واضحة في قيم تركيزات الملوثات الجوية على مستوي المتوسطات الفصلية واليومية، والتركيزات المقاسة كل ساعة بين محطات رصد الملوثات الجوية في القاهرة الكبرى، وتتعدى معظمها الحدود المسموح بها في قوانين البيئة محلياً وعالمياً.

تتأثر ظاهرة الضباب الدخاني بتزايد تركيزات الملوثات الجوية؛ وبخاصة ثاني أكسيد النتروجين وثنائي أكسيد الكبريت والأوزون الأرضي، وينخفض تأثيرها بأول أكسيد الكربون والدخان، وتسهم الملوثات الجوية مع تصافر المسببات الأخرى في حدوث الظاهرة.

تنقسم القاهرة الكبرى من حيث درجة الفاعلية المكانية إلى نمطين هما: مناطق ذات فاعلية ضبابية فصلية؛ وتشمل معظم مناطق الضفة الشرقية لنهر النيل في القاهرة و شبرا الخيمة، ومناطق الضفة الغربية لنهر النيل في الجيزة، ومناطق ذات فاعلية ضبابية محدودة؛ وتشمل مناطق الهوامش الجنوبية والشرقية والغربية الصحراوية للقاهرة الكبرى.

تمثل ظاهرة الضباب الدخاني خطورة على صحة سكان القاهرة الكبرى؛ حيث تؤثر على الجهاز التنفسي، ومع التعرض المستمر تؤدي للشعور بالاختناق؛ وتسبب أمراض مزمنة بالشعب الهوائية والرئتين، وأمراض العيون، كما تسهم في ارتفاع معدلات حوادث الطرق.

التوصيات:

بناء على التحليل الجغرافي لظاهرة الضباب الدخاني، توصي الدراسة بالاهتمام بدراساتها من تخصصات أخرى، تساعد على حل المشكلات المتعلقة بها، وذلك بالاهتمام بالآتي:

- إنشاء قاعدة بيانات ذات مقياس ساعي لنوعية الهواء، من خلال إقامة شبكة محطات للرصد الجوي البيئي، لتغطي بصورة أكثر كثافة المناطق المعرضة لحدوث الظاهرة.
- إنشاء قاعدة بيانات عن المركبات، والطرق وتوزيعها، والمنشآت الصناعية، والمخلفات الصلبة والزراعية في القاهرة الكبرى، وحصر الانبعاث الناتج عن كل منها.
- الاهتمام بتعميق دراسة الملوثات الجوية عامة، والضباب الدخاني خاصة، وتحديد درجة خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.
- إجراء المزيد من الدراسات التطبيقية، وبحوث النانوتكنولوجي Niño Technology Environmental Effect؛ وبخاصة في انبعاث الملوثات الجوية الناتجة من عوادم السيارات و المصانع والمخلفات الصلبة والزراعية؛ للحد من خطورة الضباب الدخاني.

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر والمراجع العربية:

١. أحمد عبد الوهاب عبد الجواد (١٩٩١): تلوث الهواء، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
٢. آمال إسماعيل شاور (١٩٨٨): تلوث الهواء بمدينة حلوان كرد فعل لتدمير الإنسان للبيئة، المجلة الجغرافية العربية، ص ٦٧-٩٠.
٣. إيملي محمد حمادة (٢٠٠٠): تلوث الهواء بالجسيمات العالقة- الدخان والغبار- في مصر، دراسة جغرافية، نشرة مركز الخدمة للاستشارات البحثية، العدد ٢٢، كلية الآداب، جامعة المنوفية.
٤. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (٢٠٠٩): الكتاب الإحصائي السنوي، القاهرة.
٥. جهاز شئون البيئة (٢٠٠٠): مشروع تحسين هواء القاهرة "تقرير عن المسابك في القاهرة الكبرى" القاهرة.
٦. جهاز شئون البيئة (٢٠٠٢): الرؤية المستقبلية لوزارة الدولة لشئون البيئة عام ٢٠٣٠ طبقاً لأولويات الخطة الوطنية للعمل البيئي ٢٠٠٢-٢٠١٧، القاهرة.
٧. جهاز شئون البيئة (٢٠٠٨): استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في تحديد مواقع حرائق قش الأرز، الإدارة المركزية للمعلومات والحاسب الآلي، القاهرة.
٨. جهاز شئون البيئة (٢٠٠٩): تقرير حالة البيئة في مصر ٢٠٠٨، القاهرة.
٩. جهاز شئون البيئة (عدة سنوات) التقارير الشهرية عن نوعية الهواء في مصر خلال الفترة من عام ١٩٩٩ حتى عام ٢٠٠٨، برنامج المعلومات والرصد البيئي، القاهرة.
١٠. جهاز شئون البيئة (عدة سنوات) التقارير السنوية عن نوعية الهواء في مصر خلال الفترة من عام ١٩٩٩ حتى عام ٢٠٠٨، برنامج المعلومات والرصد البيئي، القاهرة.
١١. حسنين كشك (٢٠٠٥): السحابة السوداء، مركز حابي للحقوق البيئية، القاهرة.
١٢. سعيد عز الدين خليل وزملاؤه (١٩٩٦): دراسة بيئية عن الأتربة بهواء المناطق المحيطة بشركات الأسمنت بمنطقة حلوان الصناعية، وزارة الصناعة، القاهرة.
١٣. صلاح محمود الحجار (٢٠٠٣): السحابة الدخانية المشكلة- الأثر- الحل، دار الفكر العربي، القاهرة.
١٤. طارق زكريا إبراهيم (٢٠١٠): الجزر الحرارية لإقليم القاهرة الكبرى- دراسة في الجغرافيا المناخية، الإنسانيات، إصدار خاص يوليو ٢٠١٠، كلية الآداب، دمنهور.
١٥. طلعت إبراهيم الأعوج (١٩٩٤): التلوث الهوائي والبيئة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، سلسلة العلم والحياة، ج ١، العدد ٣٧، القاهرة.
١٦. عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (١٩٨٨): أهم ملامح المناخ في مدينة القاهرة، مركز بحوث الشرق الأوسط، جامعة عين شمس، القاهرة.
١٧. عمر محمد الصادق (١٩٩٣): الصناعة وتلوث البيئة في مدينة القاهرة، دراسة تطبيقية على منطقتي شبرا الخيمة وحلوان، المجلة الجغرافية العربية، ص ٦١-١٢٨، القاهرة.
١٨. القانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤م (١٩٩٨): قانون في شأن البيئة ولائحته التنفيذية بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥م، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة.

١٩. محمد السيد ارناؤوط (١٩٩٦): التلوث البيئي وأثره على صحة الإنسان، الدار العربية للكتاب، القاهرة.
٢٠. محمد السيد ارناؤوط (١٩٩٩): الإنسان وتلوث البيئة، الدار المصرية اللبنانية، القاهرة.
٢١. محمد عبد الرحمن الشرنوبى (١٩٩٣): مشكلات البيئة المعاصرة، دراسة العلاقة بين الإنسان والبيئة، مكتبة الأنجلو المصرية، ط٢، القاهرة.
٢٢. محمد محمود عيسى (٢٠٠٢): دراسة وصفية وإحصائية للأوضاع السيئوبتكية في حالات حدوث السحابة السوداء على القاهرة، الهيئة العامة للأرصاد الجوية ، نشرة بحوث الأرصاد الجوية، العدد ١١٧، القاهرة.
٢٣. مسلم شلتوت (٢٠٠٠): حتى لا تتكرر ظاهرة السحب السوداء، الثلاثاء ٣ أكتوبر . Islumonline.net
٢٤. الهيئة العامة للأرصاد الجوية (١٩٩٦): الأطلس المناخي لمصر ، القاهرة.
٢٥. الهيئة العامة للأرصاد الجوية، قسم المناخ، بيانات مناخية غير منشورة لمحطات الرصد الجوي في القاهرة الكبرى في الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٨م، القاهرة.
٢٦. وزارة الزراعة، المعمل المركزي للمناخ الزراعي، بيانات مناخية غير منشورة لمحطات الرصد الجوي في القاهرة الكبرى في الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٨، القاهرة.
٢٧. وزارة الصحة والسكان، مركز الرصد البيئي ودراسات بيئة العمل، بيانات غير منشورة للملوثات الجوية في القاهرة الكبرى في الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٨م، القاهرة.
٢٨. يسري إبراهيم مصطفى، وأحمد حسن إبراهيم مشرف (١٩٨٣): مشاكل التلوث البيئي مع إشارة خاصة لتلوث الهواء بالقاهرة الكبرى، معهد التخطيط القومي، القاهرة.

ثانياً: المصادر والمراجع بلغات أجنبية:

٢٩. Bell M. & Walker M.J. (1992): Late Quaternary Environmental change, physical and human perspectives, Longman, London.
٣٠. E issa, M.M.(2003): Diagnostic and statistical study of Black clod on Cairo, Meteorological Research Bulletin, vol.22, pp 1- 14, Cairo.
٣١. El- Taieb, N. (2001): Solar radiation and particular matter in Cairo during Smog episode case study, The Egyptian Journal of Community Medicine,19,pp 37-43, Cairo.
٣٢. EEAA Egyptian Environmental Affairs Agency (many years): Air Quality in Egypt, Cairo.
٣٣. Niels G. Mortensen et, al., (2005): Wind Atlas for Egypt, the New and Renewable Energy, the Egyptian Meteorological Authority and Riso National Laboratory, Cairo and Roskilde.
٣٤. Seyam, M.A.(2008): The Black Clod Episode over Cairo city during Nov. 1999, Meteorological Research Bulletin, vol.23, pp 90- 103, Cairo.

٣٥. UN Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 1992).
٣٦. www.aramtis.com/events/denmark/copenhagen/climate Copenhagen climate conference, 2009.
٣٧. www.Kyotoprotocal.com Kyotoprotocal- Toward climate stability, 1997.
٣٨. www.unece.org/env/lrtap/ Convention on long- Range transboun day Air pollution (Geneva Convtion, 1979).