الخصائص الضوئية للأيروسولات فوق القاهرة خلال شهر يونيو ٢٠١٠

مقدمة

تؤثر الملوثات الجوية تأثيرا بالغا على سلامة البيئة المحيطة بنا. فالملوثات الجوية تؤثر سلبا على صحة الكائنات الحية. وتلعب الملوثات الجوية دورا هاما فى التأثير على ميزانية الطاقة فى الغلاف الجوى ومن ثم تغير المناخ وما يتبعه من تغير أكيد فى أنشطة الحياة. تعتبر مدينة القاهرة من أكثر المدن تلوثا فى العالم نظرا لزيادة النشاط البشرى. وكنتيجة لمسئولية الهيئة العامة للأرصاد الجوية عن مراقبة الطقس محليا وعالميا وتتبع حركة الهواء لمعرفة اتجاه ومصدر الملوثات الجوية من خلال إدارة بحوث تلوث الهواء التابعة للهيئة العامة للأرصاد الجوية تم تشغيل جهاز *Sunphotometer* بالتعاون مع اسبانيا فى أواخر شهر أبريل ليصبح أول جهاز فى مصر يعمل ضمن منظومة *AErosol ROpotic NETwork (AERONET)* التابعة لوكالة ناسا. الهدف من الجهاز هو قياس الخصائص الضوئية للأيروسولات فى عمود الهواء على محطة القاهرة.

إعداد

د. كمال فهمى محمد

مدير إدارة بحوث تلوث الهواء

ويطلق مسمى الأيروسولات على الجسيمات المعلقة فى الهواء سواء كانت صلبة أو سائلة.

و تشمل الجسيمات الصلبة الأتربة والأدخنة والسناج ، كما تشمل الجسيمات السائلة قطرات متناهية فى الدقة على هيئة ضباب أو رذاذ. وأنواعها على حسب المصدر إما طبيعية كتلك الأيروسولات الناتجة من البراكين أو بشرية كنتيجة للصناعة وحرق الوقود. وتنقسم حسب حجمها إلى جسيمات دقيقة «Fine» أو خشنة تعنى كبيرة «Coarse».

وفكرة الجهاز تعتمد على:

١» قياس شدة الإشعاع الشمسى المباشر عند اطوال موجية مختلفة« ١٦٤٠ - ١٠٢٠ - ٨٧٠ - ٥٠٠ - ٣٤٠ نانومتر». ومن خلال قياسه لشدة الإشعاع الشمسى المباشر يتم حساب عمق الاضمحلال الضوئى Aerosol Optical Thickness or Depth(AOT)

لعمود من الهواء الممتد من سطح المحطة حتى نهاية الغلاف الجوى عند الأطوال الموجية المختلفة وكذا حساب كمية بخار الماء الموجودة فى عمود الهواء نفسه عند الطول الموجى ٩٤٠nm. وباستخدام معامل انجستروم المعروف يمكن حساب حجم الأيروسولات الجوية.

٢» قياس شدة الاشعاع المشتت المباشر «Almucantars» عند اطوال موجية مختلفة «١٦٤٠ ١٠٢٠- ٨٧٠ - ٥٠٠ - ٣٤٠ نانومتر» وذلك لحساب بعض المعاملات الضوئية للايروسولات الجوية مثل معامل الانكسار الضوئى «Refractive indices» و التشتت الأحادى «Single scattering albedo » للايروسولات وغيره.... ومن خلال بيانات الاضمحلال الضوئى المذكورة

شكل «١» صورة للجهاز وفريق العمل المصرى والاسبانى بعد تركيبه
فى محطة تلوث الهواء اعلى مبنى الهيئة العامة للارصاد الجوية بكوبرى القبة

عاليه وبعض المعاملات الضوئية السابقة يمكن تقدير التوزيع الحجمى للأيروسولات الجوية سواء كانت دقيقة «Fine» أو كبيرة «Coarse» وذلك باستخدام الطريقة العكسية.

وتمر بيانات الجهاز على ٣ مراحل:

الأولى:- البيانات مقاسة مباشرة من الجهاز

والثانية بعد عمل تصحيح للسحب وهذان النوعان يكونان مباشرة على صفحة الموقع
http://aeronet.gsfc.nasa.gov
أولا بأول

بينما المرحلة الثالثة تكون جاهزة بعد حوالى ١٢ شهر حيث يعتمد على عمل المعايرة النهائية والتى تتم كل عام كما يتم عمل حسابات أخرى لتكون منظومة كاملة من بيانات الخصائص الضوئية للأيروسولات فى عمود الهواء ومعدل تسخين أو تبريد هذه الايروسولات للغلاف الجوى.

القاهرة ضمن شبكة AERONET

اختيرت القاهرة كموقع هام لقياس الخصائص الضوئية للأيروسولات لاعتبارها من المدن الكبرى والتى يزداد فيها تركيز الملوثات بانواعها المختلفة الطبيعية والبشرية. ففى فصل الربيع تتعرض لانتقال الغبار من الصحراء الغربية بسبب الخماسين ليختلط بالملوثات المحلية الناشئة من النشاطات البشرية الهائلة داخل مدينة القاهرة. أيضا تتعرض القاهرة فى فصل الخريف لزيادة ملحوظة فى تركيز الملوثات التى صارت ظاهرة تُرى بالعين المجردة سميت هذه الظاهرة بـ «السحابة السوداء». هناك دراسات متعددة للوقوف وراء أسباب هذه الظاهرة وكان من أشهر الأسباب التى تم التأكيد عليها حرق قش الارز بالتزامن مع حالة استقرار فى حالة الجو بالإضافة إلى كم النشاطات البشرية داخل القاهرة الكبرى وما يتبعها من انبعاثات لملوثات كيميائية.

دراسة لشهر يونيو ٢٠١٠

عمق الاضمحلال الضوئى «AOT» يعبر عن مدى الاضمحلال فى الإشعاع الشمسى نتيجة مروره عبر طبقة من الأيروسولات. حيث تقوم الأيروسولات بتشتيت الإشعاع الشمسى أو امتصاصه بدرجات متفاوتة معتمدة على تركيز الايروسولات والتركيب الكيميائى لها. لذلك يختلف مقياس عمق الاضمحلال الضوئى من رصدة إلى اخرى ومن موقع لآخر كنتيجة للتغير فى تركيز الايروسولات ومكوناته الكيميائية.

معادلات رياضية

عمق الاضمحلال الضوئى لايقاس مباشرة ولكنه يقدر من عملية رصد الإشعاع الشمسى داخل الغلاف الجوى. بافتراض أن شدة الإشعاع الشمسى الساقط على نهاية الغلاف الجوى هى I_0 وبمرورها عبر الغلاف الجوى وكنتيجة مباشرة لتشتت أو امتصاص الاشعاع الشمسى بواسطة مادة الغلاف الجوى سيحدث اضمحلال وتصبح شدته I مرتبط رياضيا بقانون بورجر بير الآتى:

$$I_\lambda = I_{0,\lambda} \exp(-m)(AOT_\lambda)$$

حيث m كتلة الهواء وتساوى 1 لمسار الإشعاع العمودى وهى

تتناسب مع Cos Z/1 حيث Z تسمى زاوية السمت الراسى «zenith angle» ، λ الطول الموجى.

زاوية السمت الراسى هى الزاوية بين موقع الشمس والعمودى على النقطة فى سطح الارض.

ويحسب معامل انجستروم «A» من العلاقة الآتى

$$A = Ln(AOT_{440}/AOT_{675})/Ln(675/440)$$

نتائج الدراسة

شكل «٢» يوضح عمق الاضمحلال الضوئى للأطوال الموجية المختلفة خلال شهر يونيو ٢٠١٠ وبالتحليل الاحصائى للبيانات لشهر يونيو ٢٠١٠ كانت متوسطات قيم عمق الاضمحلال الضوئى للأطوال الموجية المختلفة تتراوح من ٠,٢٣٧ الى ٠,٦١٩ واعلى قيمة سجلت لكل الأطوال الموجية كانت يوم ٢يونيو كما هو مدون بالجدول «١» وشكل «٥».

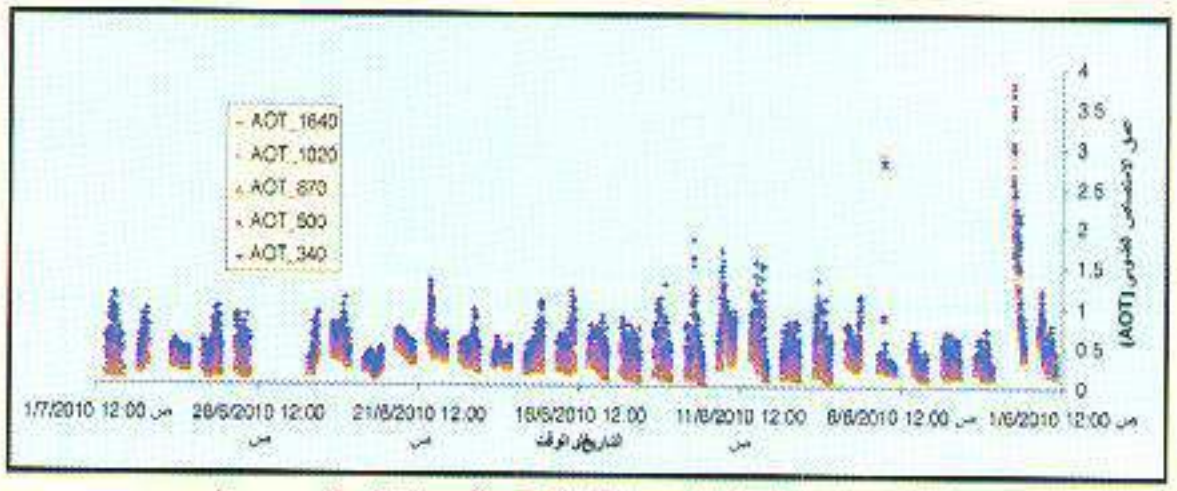
من اسباب الزيادة فى عمق الاضمحلال الضوئى هو وجود رمال مثارة سجلت معظم نهار ٢ يونيو كما هو واضح من صورة القمر الصناعى «٣».

ويتضح ايضا من التوزيع الحجمى للايروسولات ليوم ٢ يونيو زيادة نسبة عمق الاضمحلال الضوئى الناشئ من وجود جسيمات كبيرة الحجم عن عمق الاضمحلال الضوئى الناشىء من وجود جسيمات صغيرة الحجم مما يدل على زيادة تركيز الجسيمات كبيرة الحجم عن الجسيمات صغيرة الحجم فى عينة الهواء. ويتطابق هذا القياس مع حالة الجو التى سادت يوم ٢يونيو حيث تدهورت مدى الرؤية الافقية طيلة اليوم وصلت إلى حد العاصفة الترابية الخفيفة حوالى الساعة ٥:٣٠ مساء محلى مع وصول الرؤية إلى ٨٠٠ متر.

وبدراسة معامل انجستروم خلال شهر يونيو نجد ان المتوسط ٠,٨ تعنى ان القاهرة تختلط بها الملوثات الدقيقة مع الغبار. كما نلاحظ هبوط قيمه لتكون قريبة من الصفر حوالى ٥ مرات لتعبر عن زيادة نسبة الجسيمات الكبيرة فى هذه الحالات. شكل «٤».وصلت قيمة معامل انجستروم يوم ٢ يونيو -٠,٠٢ شكل «٦». مما هو جدير بالذكر أن معامل انجستروم هو مؤشر معبر عن حجم الايروسولات فى العينة. فقيمة معامل انجستروم عندما تتجه قيمته إلى الصفر فهى معبرة عن زيادة تركيز الجسيمات الكبيرة ودليل للعواصف الترابية كما هو الحال فى يوم ٢ يونيو. أما إذا زاد معامل انجستروم عن ١,٥ فيعبر عن زيادة تركيز الجسيمات دقيقة الحجم فى العينة

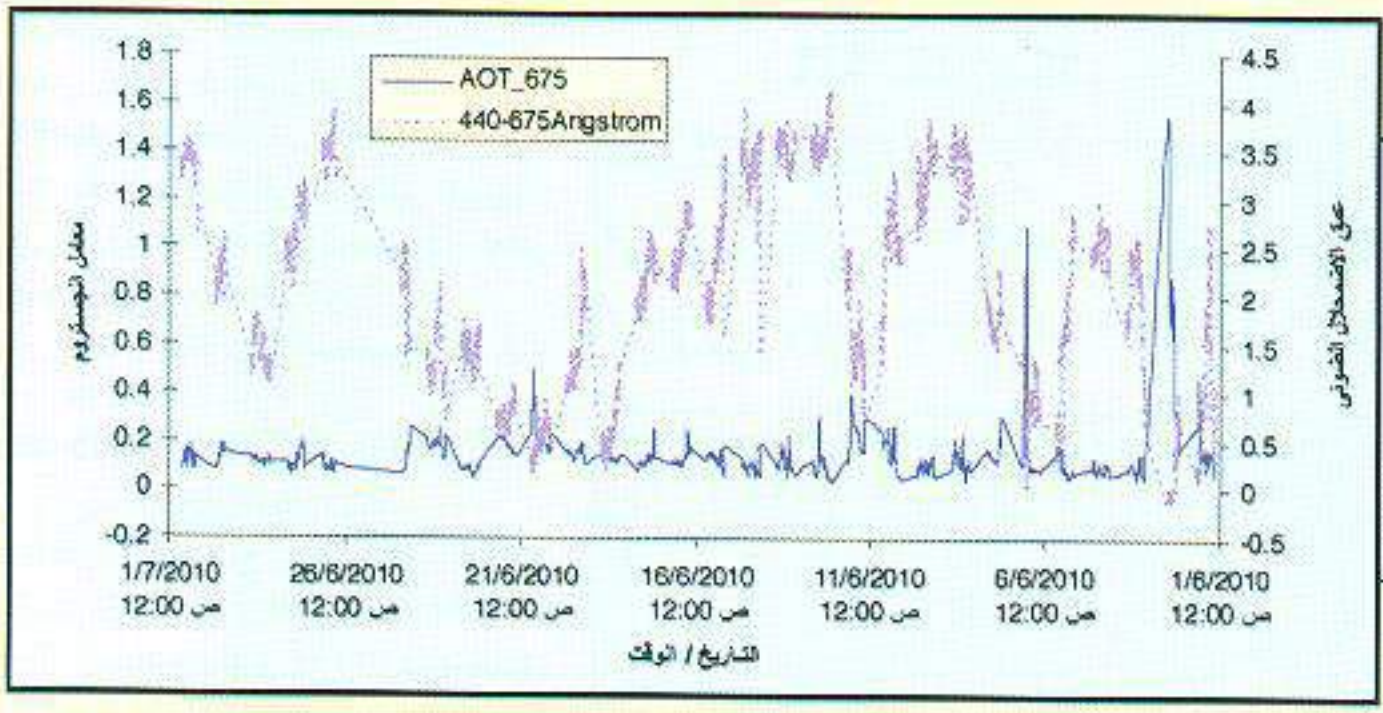
جدول «١» يوضح متوسط عمق الاضمحلال الضوئى خلال شهر يونيو وأعلى قيمة

الطول الموجى (نانومتر)	١٦٤٠	١٠٢٠	٨٧٠	٥٠٠	٣٤٠
المتوسط خلال الشهر	٠,٢٣٧	٠,٢٩١	٠,٣٢١	٠,٤٦	٠,٦١٩
اعلى قيمة يوم ٢-٦	٣,٠٣	٣,٦٧	٣,٧٧	٣,٨	٣,٦٩

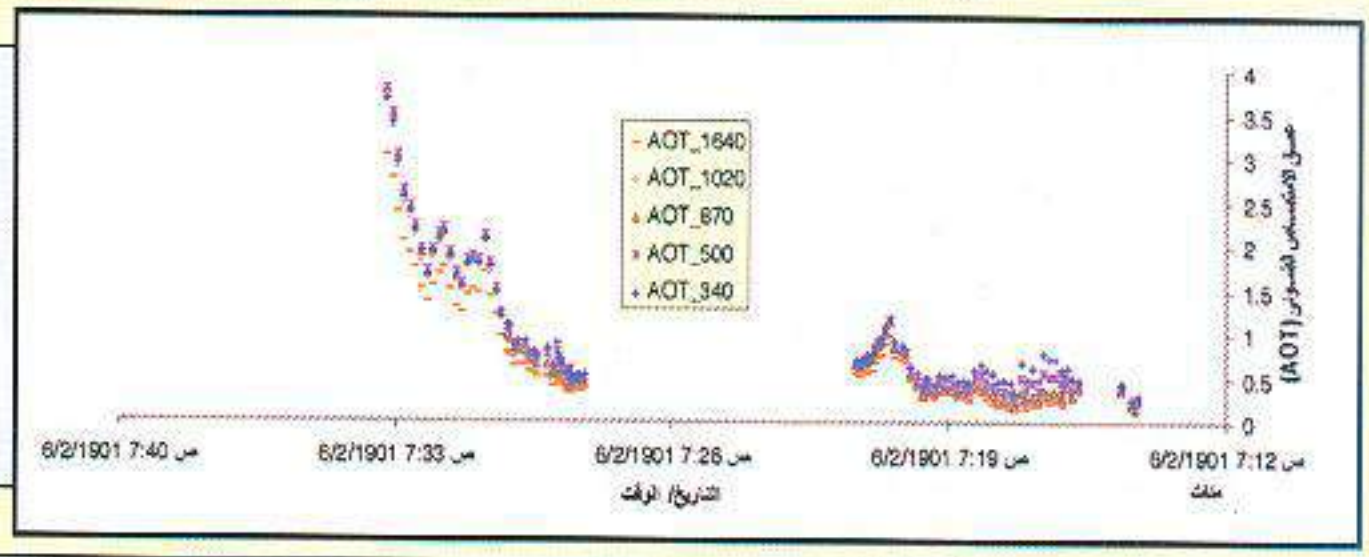


شكل «٢» عمق الاضمحلال الضوئى خلال شهر يونيو

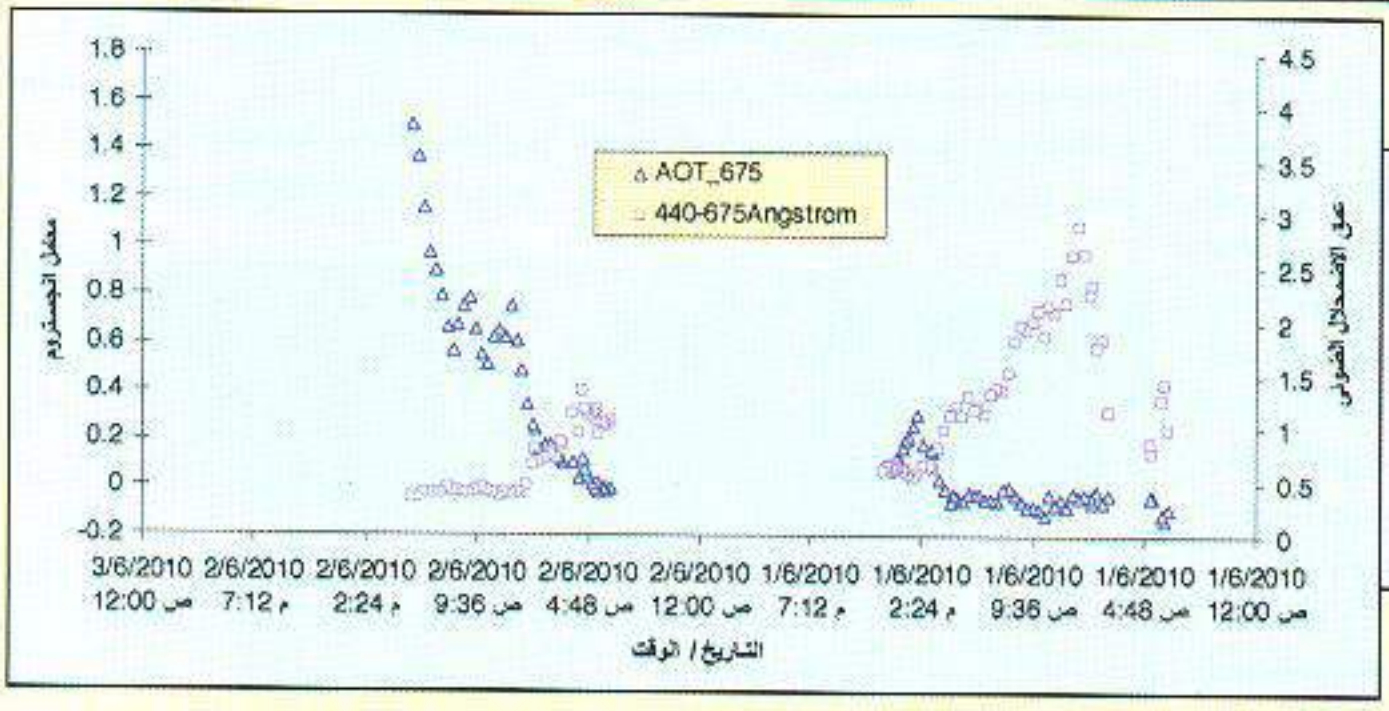
شكل «٣» صورة قمر صناعى ليوم ٢ يونيو تبين وجود رمال مثارة على القاهرة



شكل «٤» عمق الاضمحلال الضوئى ومعامل انجستروم لشهر يونيو.



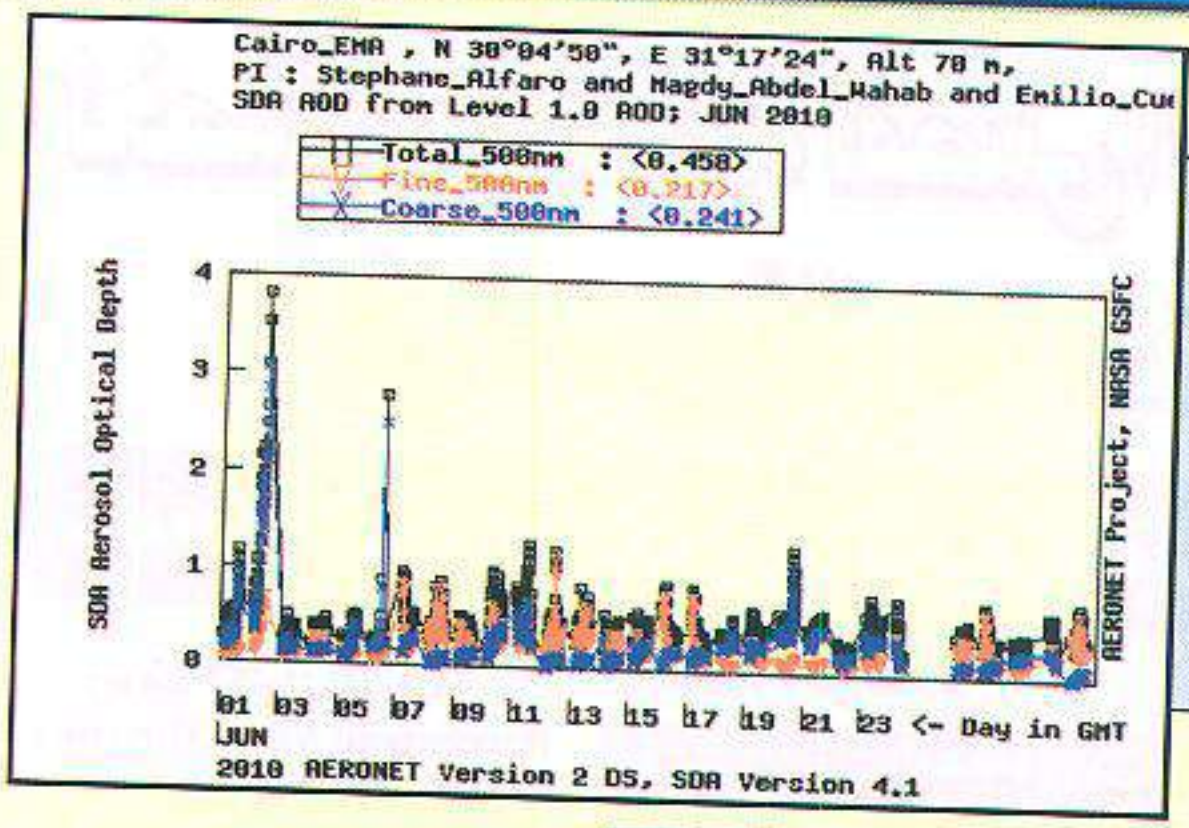
شكل «٥» عمق الاضمحلال الضوئى ليومى ١و ٢ يونيو حيث تزيد قيمته ظهيرة ٢ يونيو لتزيد عن ٣,٥ وقت عاصفة ترابية.



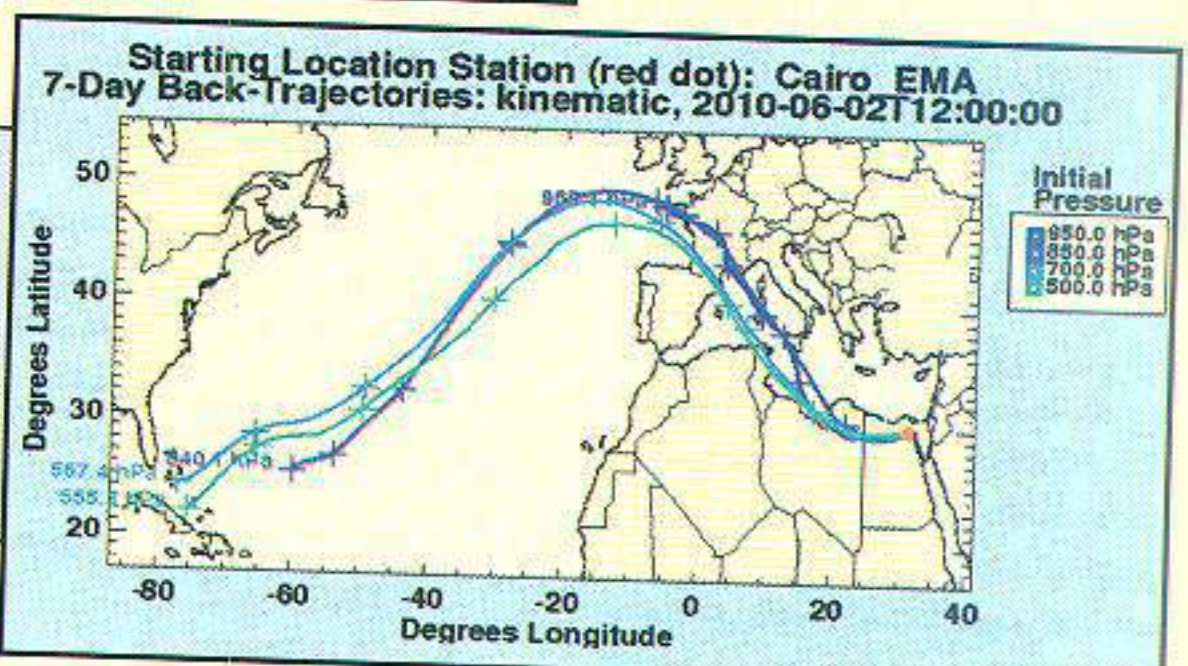
شكل «٦» عمق الاضمحلال الضوئى ومعامل انجستروم ليومى ١ و٢ يونيو

اى زيادة تركيز الايروسولات الناتجة من حرق الوقود.

ويتم تصنيف الهواء إلى ٤ اقسام نظيف – متربة «جسيماته من الغبار ذو الحجم الكبير» – ملوث «جسيماته تتالف من الملوثات الدقيقة» – خليط من الغبار والملوثات. ويتم التصنيف على أساس عمق الاضمحلال الضوئى ومعامل انجستروم. فيكون الهواء نظيفا عندما تكون قيمة عمق الاضمحلال الضوئى اقل من ٠,٦ وعندما يكون عمق الاضمحلال الضوئى اكبر من ٠,٦ يكون متربأ عندما يكون معامل انجستروم اقل من ٠,٢٥ ويكون ملوثاً عندما يكون معامل انجستروم اكبر من ١ ويكون خليطاً فى الظروف الاخرى. وتم تصنيف الهواء فى شهر يونيو



شكل «٨» عمق الاضمحلال الضوئى
الناتج من الايروسولات الدقيقة
«Fine»
والايروسولات الكبيرة
«Coarse»

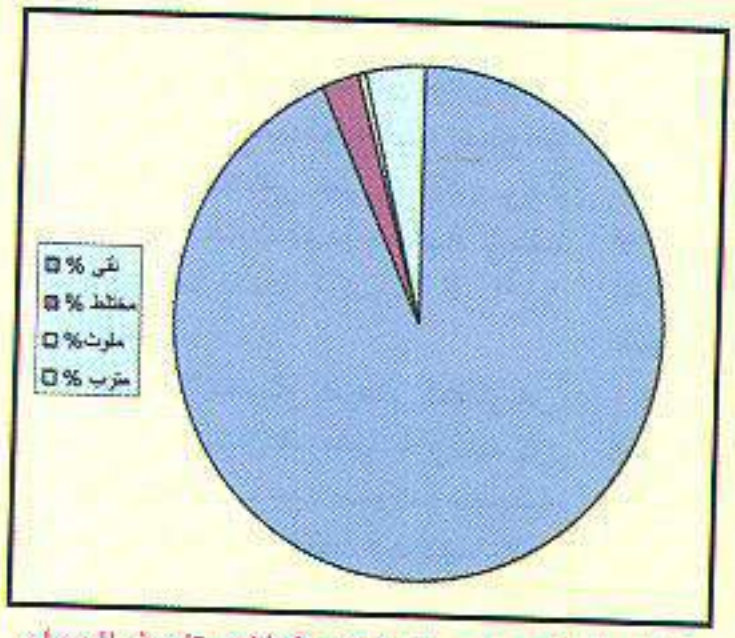


شكل «٩» مسار الرياح للخلف
Back-trajectories
لمدة ٧ أيام تبدأ من ٢ يونيو ٢٠١٠

وكانت النتائج كما فى شكل «٧».
اتسم بنقاء الهواء معظم الشهر
وصلت لاعلى من ٩٠ ٪.

أيضا تم دراسة عمق الاضمحلال الضوئى الناتج من وجود أيروسولات دقيقة وعمق الاضمحلال الضوئى الناتج من وجود ايروسولات كبيرة الحجم فتلاحظ أنه فى حال وجود العاصفة الترابية كما هو الحال يوم ٢ يونيو زادت نسبة الاضمحلال الضوئى الناتج من وجود الأيروسولات كبيرة الحجم عن الأيروسولات الدقيقة شكل «٨».

كما تمت دراسة تتبع لمسار الرياح لمدة ٧ أيام «Back-trajectories» تسبق يوم ٢ يونيو لمستويات ٩٥٠و ٨٥٠ و٧٠٠ و٥٠٠ هيكتوباسكال واتضح أن الرياح التى سادت خلال يوم العاصفة كانت غربية على جميع المستويات على مدينة القاهرة. ومع وجود منخفض جوى شرق ليبيا تسبب فى عاصفة ترابية نقلته الرياح الغربية إلى مدينة القاهرة شكل «٩».



شكل «٧» نسبة حدوث تصنيفات تلوث الهواء
خلال شهر يونيو ٢٠١٠