تحليل معطيات كمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال الأعوام (٢٠١٤ – ٢٠١٨)

د. حمود العرابي*

الملخص:

دُرست معطيات كمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق ولعدة سنوات من أجل معرفة التغيرات اليومية والفصلية والسنوية لكمية الأوزون الكلية، وذلك باستخدام طرق إحصائية وبيانية. أُخذت المعطيات للأعوام الخمس بدءاً من عام ٢٠١٤ وحتى 2018 بواسطة أجهزة قياس كمية الأوزون (TOMS)، (GOME-2) المحمولة على الأقمار الصناعية. أظهرت النتائج تغيرات ملحوظة لكمية الأوزون، فعلى مستوى التغيرات اليومية التي تتغير بشكل دوري بلغت أعلى قيمة خلال السنوات الخمس (407 DU) وكانت أدنى قيمة (249 DU). أما على مستوى التغيرات الفصلية فقد تغيرت كمية الأوزون بشكلٍ واضح خلال السنة حيث سُجلت أعلى قيم لها في فصل الربيع خلال شهر آذار ونيسان، بينما لوحظت أقل القيم في فصل الخريف خلال شهري تشرين الأول والثاني. أمّا المعدلات السنوية لكمية الأوزون فقد كانت متقاربة جداً خلال السنوات الخمس.

الكلمات المفتاحية: كمية الأوزون الكلية–التغيرات الفصلية–دمشق.

---

*) أستاذ مساعد في قسم الفيزياء – كلية العلوم–جامعة دمشق – سورية.

Data analysis of total quantity of ozone above Damascus city during (2014-2018)

Dr. Hammoud AL-OURABI*

Abstract:

Data on the total amount of ozone over Damascus city were studied for several years in order to know the daily, seasonal and annual changes in the total amount of ozone, using statistical and graphical methods. Measurements were taken for the five years from 2014 to 2018 using spectrometer (TOMS) and Global Ozone Monitoring Experiment–2 (GOME-2) board on satellites .The results showed noticeable temporal changes in the amount of ozone. At the level of daily changes, which change periodically, it reached the highest value during the five years (407 DU) and the lowest value was (249 DU).

As for seasonal changes, the amount of ozone clearly changes during the year, the highest values were noted in the spring during especially March, April and its lowest values were in the autumn during October and November. It was also noted that the annual rates of ozone amount were very close during the five years.

Kay words: Total amount of ozone, Seasonal changes, Damascus.

---

*) Assistant professor at the department of physics, faculty of sciences, Damascus University.

مقدمة:

تحتوي طبقة الأوزون على تراكيز عالية من جزيئات الأوزون، أي ما يقارب ٩٠% من الأوزون الموجود في الغلاف الجوي للأرض هو في طبقة الستراتوسفير (Stratosphere) التي تمتد من 10 km إلى ارتفاع 50km تقريباً فوق سطح الأرض. ويتركز وجود ما يسمى بطبقة الأوزون على ارتفاع يقارب (15~30km) عن سطح الأرض. يتواجد الأوزون في شكله الغازي بتراكيز منخفضة في طبقة التربوسفير للأرض (Troposphere)[5] [10] ، أما في طبقة الستراتوسفير (Stratosphere)، فإن نسبته تكون أعلى بكثير. ويتناقص تركيز الأوزون ببطءٍ تدريجياً عند الابتعاد عن الستراتوسفير الأوسط[1].

ان سماكة الأوزون هي الكمية الكلية في عامود رأسي من الهواء بدءاً من سطح البحر، وهي تختلف من خط عرض إلى آخر لأسباب كثيرة حيث تكون أقل عند خط الاستواء وأكبر عند القطبين. وتختلف أيضا حسب المواسم حيث تكون أكثر سماكة في فصل الربيع وأقل سماكة في فصل الخريف.

إن لهذه الكمية من الأوزون، برغم ضآلتها النسبية، أهمية كبيرة لاستمرار الحياة على سطح الأرض [11] [12]، وذلك لأنها ترشح الإشعاع الشمسي من الأشعة فوق البنفسجية الخطرة ولاسيما الجزء UV–B وتتحول طاقة الأشعة فوق البنفسجية التي يمتصها الأوزون الجوي في طبقة الستراتوسفير إلى طاقة حرارية تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة في تلك الطبقة، ويساهم هذا في جعل طبقة الستراتوسفير مستقرة ديناميكياً، وبالتالي عديمة التأثير في مناخ الأرض.

يتكون الأوزون أحياناً بالقرب من سطح الأرض نتيجة التفاعلات بين بعض الملوثات (مثل أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية الطيّارة) وأشعة الشمس القوية والطقس الحار. يعتبر غاز الأوزون القريب من سطح الأرض أحد المكونات الأساسية للضباب الدخاني الكيميائي، وهي ظاهرة تتكون في الكثير من المناطق الحضرية في دول العالم، خاصة خلال أشهر الصيف.

ينتج الأوزون في الستراتوسفير بشكل أساسي عن تكسر الروابط الكيميائية لجزيئات الأكسجين بواسطة فوتونات شمسية عالية الطاقة (التفكك الضوئي) مما يؤدي إلى إطلاق ذرات أكسجين أحادية، والتي تنضم لاحقًا إلى جزيئات الأكسجين الثنائية لتكوين الأوزون، (وفق سلسلة تفاعلات شابمان في إنتاج وتفكك الأوزون الجوي[1]).

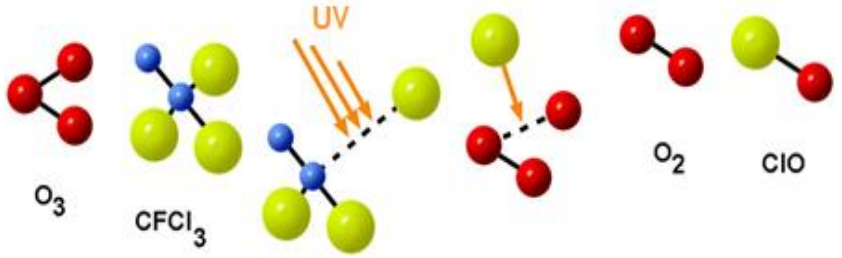
تعتبر طبقة الأوزون درعاً هشاً من الغاز والذي يحجب تقريباً جميع الإشعاعات الشمسية ذات الأطوال الموجية التي تقل عن 320nm وتمنعها من الوصول إلى سطح الأرض، بما في ذلك أنواع معينة من الأشعة فوق البنفسجية وأشكال أخرى من الإشعاع التي يمكن أن تؤذي أو تقتل معظم الكائنات الحية على الأرض في حال وصول الأشعة فوق البنفسجية لا سيما النوع B و C [2] [3] .

لطبقة الأوزون أهمية كبيرة في حماية جلد الإنسان من الأشعة الضارة المسببة للسرطانات، وحماية العيون من الأضرار الصحية مثل إعتام عدسة العين. كما تحافظ طبقة الأوزون على حياة النباتات واستمرارها، وتحمي طبقة الأوزون من الأشعة فوق البنفسجية التي تعمل أيضاً على تلف الحمض النووي(DNA) في الكائنات الحية، بالإضافة إلى دور طبقة الأوزون في الحفاظ على التوازن الغذائي من خلال حماية العوالق البحرية [6]، التي تلعب دوراً هاماً في تثبيت الكربون وإنتاج الأكسجين.

تختلف كمية الأوزون في الستراتوسفير بشكل طبيعي على مدار العام مع دورة الشمس وتعاقب الفصول، وذلك نتيجة لاختلاف العمليات الكيميائية التي تخلق وتدمر جزيئات الأوزون، بالإضافة إلى تغير الرياح وعمليات النقل الأخرى التي تحرك جزيئات الأوزون حول الأرض.

على مدار عدة عقود، أدّت الأنشطة البشرية إلى تغيّر كبير في طبقة الأوزون وحيث تسبّبت في استنفاد الأوزون وانخفاض تركيزه خاصة فوق المناطق القطبية. أدت بعض المواد الكيميائية التي صنعها الإنسان مثل مركبات الكلورو فلورو كربون (CFCs) وغيرها من مركبات الهالوكربونات، إلى تخريب طبقة الأوزون عن طريق تجريد ذرات الأكسجين الأحادية من جزيئات الأوزون بعد وصولها إلى طبقة الستراتوسفير، حيث تتفكك هذه المواد بواسطة الأشعة فوق البنفسجية التي تشعها الشمس، مما يسمح بتحرر ذرات الكلور. تبدأ

هذه الأخيرة في سلسلة من التفاعلات المفككة لكميات كبيرة من الأوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير، كما في التفاعل الآتي الذي يبين تفكك CFC−11.



الشكل(١): تفكك ثلاثي كلورو فلورو ميتان.

كما يمكن للمركب *ClO* أن يتفكك وفق التفاعل أدناه لينتج ذرة كلور لتدخل مرة أخرى في سلسلة تفاعلات حفزية بوجود الأشعة فوق البنفسجية القصيرة كما يأتي:

$$ClO + h\upsilon(\lambda \approx 242) \rightarrow O + Cl$$

ان ازدياد انبعاث الغازات التي تتفاعل كيميائياً مع غاز الأوزون، مثل غاز الميتان وأكاسيد الآزوت والكبريت والكربون والمركبات الحاوية على جذور الكلور والبروم حيث تكون جذور البروم أكثر تدميراً لغاز الأوزون بخمسين مرة مقارنة مع المركبات الحاوية على الكلور[5] [9] ، أدى إلى ترقق طبقة الأوزون الجوي ونشوء ما يسمى (الثقوب) فيها، وقد لاحظ العلماء في منتصف ثمانينيات القرن الماضي [4] تناقصاً كبيراً وسريعاً في كمية الأوزون الجوي الكلية فوق منطقة القطب الجنوبي كل سنة خلال فصل الربيع القطبي الجنوبي، وسميت تلك الظاهرة بثقب أوزون القارة القطبية الجنوبية (The Antarctic Ozone Hole). وهو منطقة ترق فيها طبقة الأوزون، أي ينخفض فيها تركيز جزيئات الأوزون بشكل كبير يصل إلى ما دون 200DU، والذي يظهر سنويًا بشكل ملحوظ بين شهري أيلول وتشرين الثاني [2] [8] . مع انخفاض كمية الأوزون في الستراتوسفير، يصل المزيد من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض، ولهذا تأثيرات كبيرة على النظم البيئية وصحة الإنسان كما سبق ذكره، وكان هذا المحرك الرئيسي لإقرار معاهدات دولية مثل بروتوكول مونتريال لحماية طبقة الأوزون على الأرض والعمل على التخلص من المواد التي تستنفد طبقة الأوزون[3].

تم اعتماد بروتوكول مونتريال بشأن المواد التي تستنفد طبقة الأوزون سنة 1987، وبفضل هذا البروتوكول أُحرز تقدم سريع نحو القضاء على استخدام أخطر المواد التي تستنفد طبقة الأوزون، حقق بروتوكول مونتريال نجاحًا في التخلص التدريجي من حوالي ٩٩% من المواد الكيميائية المستنفدة للأوزون لا سيما CFC–11 وCFC–12 ، مما أدى في تحسن مستويات الأوزون في الستراتوسفير، ومن ثم توقع عودة طبقة الأوزون إلى سابق وضعها قبل الثمانينيات من القرن الماضي وذلك خلال الفترة 2060–2075 [4].

بالمقابل فإن الزيادة الحاصلة في تركيز الملوثات الصادرة عن النشاطات البشرية، مثل أكاسيد الآزوت والمركبات الهيدروكربونية، وخاصة في المدن المزدحمة، أدى إلى زيادة تركيز الأوزون في الطبقة القريبة (التروبوسفير) من سطح الأرض من الغلاف الجوي [14]، في هذه الحالة يعتبر الأوزون من الملوثات الثانوية، لأنه ينتج خلال ساعات النهار عن طريق تفاعلات تحصل ما بين الملوثات الغازية بوجود وسيط (الإشعاع الشمسي)، وبسبب الفعالية الكبيرة للأوزون يعتبر من الملوثات الخطرة في هذه الطبقة [7].

أهمية البحث وأهدافه:

ان عملية التنبؤ بسماكة طبقة الأوزون وعودتها إلى ما كانت عليه ليست مهمةً سهلة وتتطلب جمع المعطيات على مدار عقود عديدة من الزمن. لا تعتبر التغيرات اليومية، وحتى السنوية مؤشرات جيدة للسلوك طويل الأمد. ومن أجل التقييم الدقيق لصحة طبقة الأوزون إن صح التعبير، يحتاج العلماء إلى رصد الستراتوسفير (طبقة الأوزون) خلال تغيره على مدار فترة طويلة من الزمن.

تكمن أهمية هذا البحث في استمرار مراقبة وتحليل كمية الأوزون الجوي الكلية فوق مدينة دمشق (ولاحقاً مناطق أخرى في سورية)، حيث يكون لنضوب الأوزون تأثيرات عميقة على النظم البيئية والتنوع الحيوي.

ويهدف البحث إلى:

دراسة تغيرات المتوسط الشهري والسنوي لكمية الأوزون الجوي الكلية فوق مدينة دمشق، ومقارنة معطيات كمية الأوزون خلال السنوات الخمس.

طريقة البحث:

على مدى خمس سنوات (من عام ٢٠١٤ وحتى ٢٠١٨) تم أخذ المعطيات اليومية لكمية الأوزون الجوي الكلية فوق مدينة دمشق ذات الإحداثيات الفلكية (33.5N°,36.32E°) والارتفاع عن مستوى سطح البحر 750m. بواسطة أجهزة قياس كمية الأوزون(TOMS) total ozone mapping spectrometer و(GOME–2) Global Ozone Monitoring Experiment–2 والمحمولة على الأقمار الصناعية(NOAA AURA Satellite)، حيث أن درجة تمثيل المعطيات على سطح الأرض هي1º خط عرض × 1.25º خط طول، وتم تسجيل كمية الأوزون الكلية بانتظام كسماكة لطبقة الأوزون وتعرف بواحدة الدوبسون(DOUBSON) [1] [13]. وتعتمد طريقة البحث على استخراج معطيات كمية الأوزون الكلية اليومية فوق مدينة دمشق بعد إدخال الإحداثيات الفلكية على الموقع المتاح لحساب كمية الأوزون الكلية لمدينة دمشق.

النتائج والمناقشة:

تُظهر تغيرات كمية الأوزون الكلية خلال العام الواحد عدة اتجاهات، منها تغيرات يومية، وقصيرة الأمد وفصلية، فارتفاع كمية الأوزون في فصلي الشتاء والربيع وانخفاضها في فصلي الصيف والخريف يظهر بشكل واضح على الأشكال (٢)،(٣)،(٤)،(٥)،(٦). وتعود تغيرات قيم الأوزون فوق وتحت الخط الفصلي، من ناحية، إلى التغيرات اليومية التي تسببها أنماط الطقس المحلي. بالإضافة إلى ذلك يعود وجود قيم عظمى في فصلي الشتاء والربيع وقيم صغرى في فصلي الصيف والخريف إلى تمدد الغلاف الجوي وتقلصه نتيجة التسخين والتبريد النسبيين بسبب تغير ميل الأشعة الشمسية وبالتالي تغير الشدة الشمسية. حيث يخضع الغلاف الجوي إلى التمدد من الربيع إلى الخريف وإلى التقلص من الخريف إلى الربيع. تتناقص سماكة طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي المتقلص ويهبط الاحتياطي الأوزوني إلى ارتفاعات أقل بحيث تتناقص شدة تحطمه بواسطة الإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى زيادة كمية الأوزون في الشتاء والربيع. بينما تزداد سماكة طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي المتمدد، دافعة الاحتياطي الأوزوني إلى ارتفاعات أعلى حيث تزداد شدة

تحطمه بواسطة الإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى تناقص مستويات الأوزون في الصيف والخريف. وبالنسبة إلى التغيرات قصيرة الأمد في مستويات الأوزون والتي تستمر من أيام إلى أكثر من أسبوعين فهي بشكلٍ عام تغيرات طارئة. إضافة إلى تغيرات الأوزون الفصلية منخفضة التردد والتغيرات قصيرة الأمد، هناك تغيرات عالية التردد (يومية) تسببها مجموعة من العوامل أهمها تغيرات الطقس. فالطقس العاصف يوافق عادة طبقة تروبوسفير رقيقة نسبياً، ويحدث هذا زيادة نسبية في مستويات كمية الأوزون، وبالعكس، فالطقس الصافي يوافق طبقة سميكة نسبياً للتروبوسفير وهذا يحدث نقصاناً في مستويات كمية الأوزون. وتُظهر الأشكال أيضاً أنه يمكن لتغيرات الطقس أن تسبب تغيرات في مستوى كمية الأوزون من 50 DU إلى 100 DU خلال عدة أيام، لكن ما أن يستقر الطقس حتى تعود سوية كمية الأوزون إلى مستواها المعتاد في الفترة نفسها. كما توجد تغيرات طفيفة تتراوح من 10DU إلى ٣٠DU ناتجة عن اختلاف في الضغط الجوي اليومي[1]. ويمكن لكمية الأوزون الكلية أن تتغير بتأثير عدة عوامل طارئة أخرى، كالفعالية البركانية حيث تؤدي إلى تغيرات قصيرة الأمد في مستويات الأوزون، وكذلك توجد عوامل أخرى تؤدي إلى تغيرات طويلة الأمد في كمية الأوزون، كفعالية البقع الشمسية، ودورة الهواء العلوي، التي قد تستمر لأكثر من سنة، ثم تعود طبقة الأوزون إلى مستواها الطبيعي حالما تزول الأسباب المؤثرة في ذلك.

يلاحظ من الجدول (1) أن المتوسطات السنوية x لكمية الأوزون الكلية متقاربة جداً وكذلك الانحراف المعياري بين السنوات المدروسة، وقد سُجلت قيمة كمية الأوزون الوسطية لمدينة دمشق في الفترة (٢٠١٤ إلى ٢٠١٨) قيمة تقارب وسطياً:

$$\overline{X} = 309.6 \pm 27.4\ DU$$

وهذه القيمة مقاربة لما تم تسجليه لمدينة دمشق عام2013($302 \pm 23\ DU$) [1]، وأعلى من القيمة الوسطية لمدينة الرمادي العراقية والبالغة (296 DU) وذلك لمعطيات الفترة (١٩٩٨–٢٠١٧) والواقعة على خط العرض نفسه لمدينة دمشق تقريباً [14]، ورغم وجود قيم منخفضة تصل إلى249 DU كما يبين الجدول والأشكال، إلا أنه لا يوجد ما يشير إلى فجوة أوزونية، وسُجلت أعلى قيمة لمعامل الاختلاف عام ٢٠١٨، ومع ذلك على الرغم من

هذه التغيرات الإيجابية، من الأهمية بمكان أن تستمر مراقبة سماكة طبقة الأوزون وأن تتضافر كل الجهود لعودة الوضع الطبيعي لطبقة الأوزون.

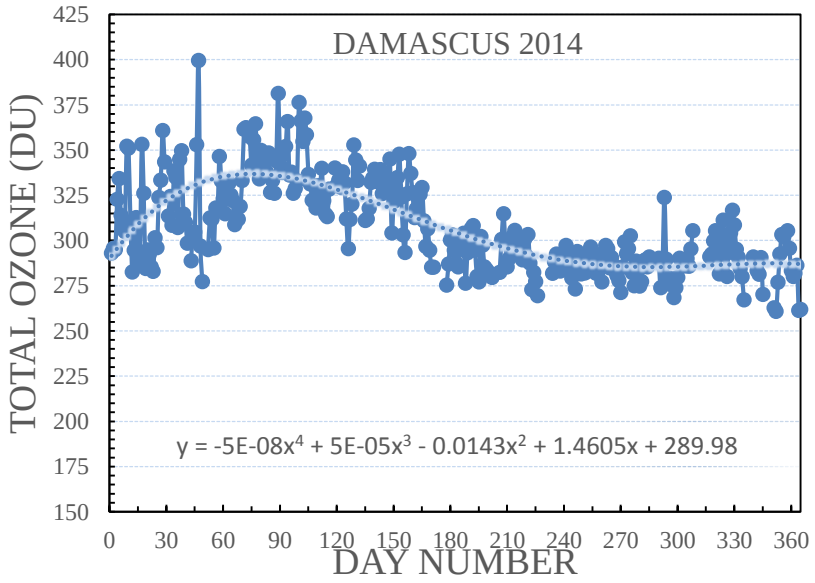
جدول(1): المتوسطات السنوية X والانحراف المعياري SD والمدى R ومعامل الاختلاف CV.

دمشق	X	SD	Max	Min	R	CV
٢٠١٤	307.6	25.6	399.5	260.8	138.7	45 %
٢٠١٥	312.7	26.8	407.2	262.4	144.8	46 %
٢٠١٦	308.9	26.4	389	260.9	128.1	41 %
٢٠١٧	310.6	29.7	389	262.5	126.5	41 %
٢٠١٨	308.2	28.7	406.7	249	157.7	51 %
$\overline{X}$	309.6	27.4	398.3	259.1	139.2	45 %

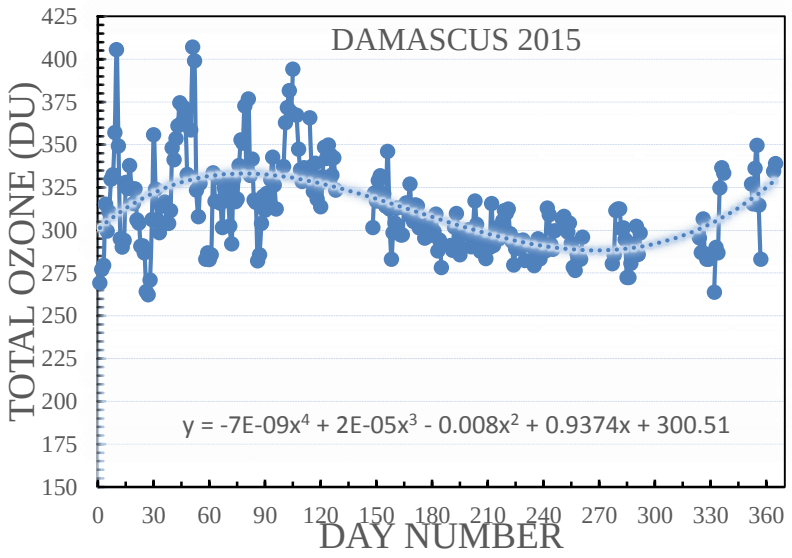
يمثل الجدول (2) والشكل (٧) مقارنة التغيرات الشهرية لمدينة دمشق خلال سنوات الدراسة حيث نلاحظ أن قيمة كمية الأوزون الشهرية العظمى توافق تقريباً شهري آذار ونيسان بينما تباينت القيمة الصغرى. كما يلاحظ أن هناك تقارب بين القيم الشهرية والسنوية للمدة المدروسة.

جدول(2): المتوسطات الشهرية لكمية الأوزون المسجلة فوق مدينة دمشق، خلال الأعوام ٢٠١٤–٢٠١٨. حيث x المتوسط الشهري لكمية الأوزون الجوي الكلية بواحدة الدوبسون (DU).

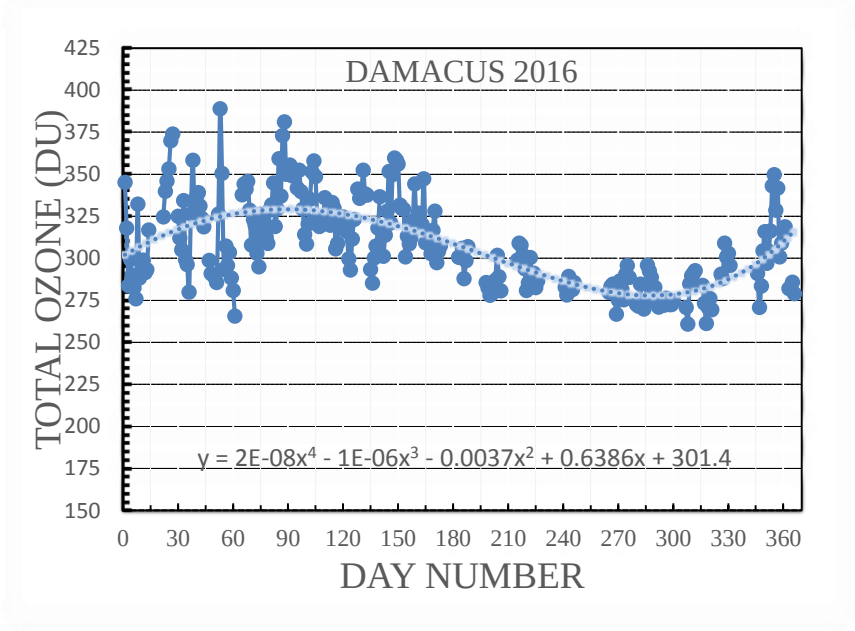
شهر	٢٠١٣ *x(DU)* [1]	2014 *x(DU)*	2015 *x(DU)*	٢٠١٦ *x(DU)*	٢٠١٧ *x(DU)*	٢٠١٨ *x(DU)*
1	297.4	311.4	310.4	316.3	300.8	314.6
2	281.5	319.3	335.9	313.8	357.3	322.4
3	306.6	337.6	321.0	330.4	…	317.8
4	328.8	337.7	341.5	328.8	343.8	350.9
5	323.6	328.3	332.1	326.0	330.2	331.3
6	300.6	312.3	308.5	317.4	313.8	314.4
7	293.9	292.2	295.9	291.2	316.8	293.9
8	295.2	289.9	295.1	291.3	309.1	291.3
9	291.5	286.3	293.5	280.9	281.7	279.6
10	292.2	285.1	293.1	278.8	…	285.7
11	289.6	295.5	286.9	284.0	289.2	292.6
12	319.6	282.1	326.8	306.1	289.2	293.7



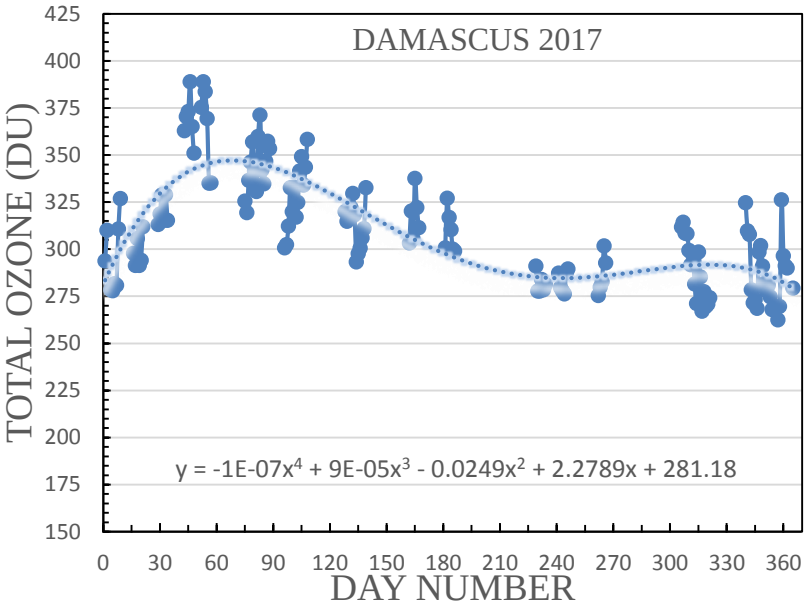
الشكل(٢): التغيرات اليومية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال عام ٢٠١٤.



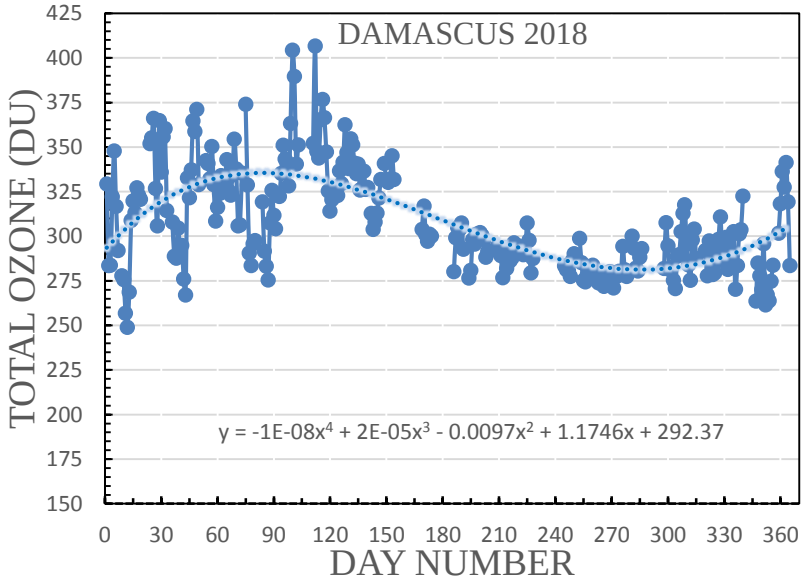
الشكل(٣): التغيرات اليومية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال عام ٢٠١٥.



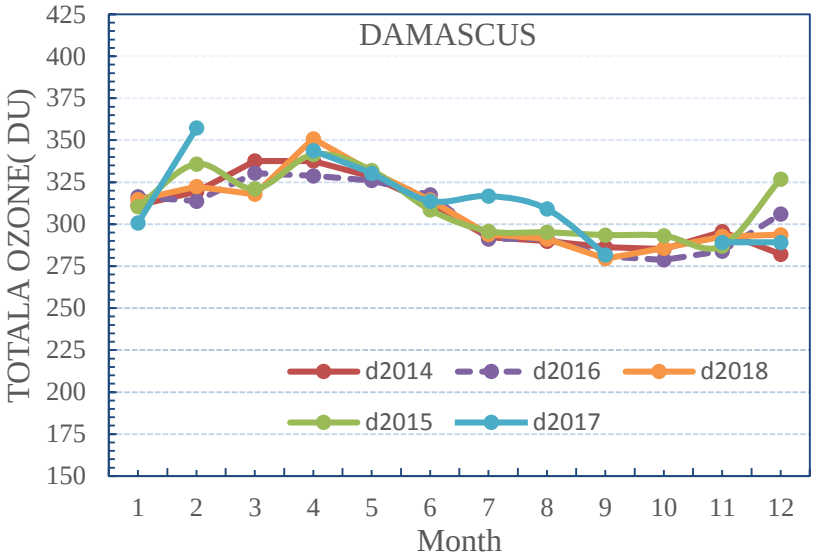
الشكل(٤): التغيرات اليومية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال عام ٢٠١٦.



الشكل(٥): التغيرات اليومية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال عام ٢٠١٧.



الشكل(٦): التغيرات اليومية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال عام ٢٠١٨.



الشكل(7): التغيرات الشهرية لكمية الأوزون الكلية فوق مدينة دمشق خلال ٢٠١٤-٢٠١٨.

من خلال الأشكال (6,5,4,3,2) التي تم فيها تمثيل المنحنيات المعبّرة عن التغيرات اليومية لكمية الأوزون الجوي الكلية فوق مدينة دمشق خلال الأعوام ٢٠١٤،٢٠١٥،٢٠١٦،٢٠١٧، ٢٠١٨، تبيّن أن كمية الأوزون الجوي الكلية ترتفع مع بداية أشهر الشتاء، وتكون القيم عالية في أواخر فصل الشتاء وخلال فصل الربيع خصوصاً، حيث تقوم الدورة العامة للرياح بنقل الهواء الغني بالأوزون من المناطق المدارية باتجاه مناطق العروض المتوسطة والعليا. كما لوحظ أن قيمة كمية الأوزون الجوي الكلية تكون منخفضة خلال فصل الخريف. وتميل كمية الأوزون الكلية خلال فصل الصيف إلى التناقص، ويترافق ذلك مع زيادة شدة الإشعاع الشمسي الكلي، وبالتالي زيادة شدة الإشعاعات فوق البنفسجية الواردة من الشمس، وبسبب تناقص كمية الأوزون يزداد خطر الأشعة فوق البنفسجية الواصلة إلى سطح الأرض. ولا تشير المعطيات إلى وجود فجوة أوزونية خلال الأعوام الخمسة رغم وجود أيام تكون قيم كمية الأوزون فيها منخفضة مقارنة مع القيم المسجلة.

الاستنتاجات:

١- تبلغ القيمة الوسطية لكمية الأوزون الكلية المسجلة فوق مدينة دمشق خلال الأعوام الخمسة 309.6±27.4DU وتعتبر هذه القيمة لطبقة الأوزون واقية من خطر الإشعاعات فوق البنفسجية.

٢- وجد أن القيمة العظمى لكمية الأوزون توافق شهري آذار ونيسان، أما القيمة الصغرى فتوافق شهري تشرين الأول والثاني.

٣- أكبر قيمة للمدى خلال السنوات الخمس بلغت 157.7 DU في عام ٢٠١٨.

المقترحات والتوصيات:

١) مراقبة ومتابعة دراسة المعطيات على فترة زمنية طويلة لمعرفة المستويات الطبيعية لطبقة الأوزون وخصوصاً بعد حظر استخدام المواد المؤثرة عليها.

٢) دراسة تغيرات كمية الأوزون الكلية فوق مواقع أخرى في سورية لخطوط عرض متباينة.

المراجع:

١. العرابي حمود، ٢٠١٧. **تحديد كمية الأوزون الكلية ومعامل الأشعة فوق البنفسجية فوق مدينة دمشق لعام ٢٠١٣**، مجلة بحوث جامعة دمشق، العلوم الأساسية، المجلد ٣٣، العدد الثاني، ٦١-٨٦.

٢. برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، ٢٠٠٩. **نشاط الأوزون/ ٢٠١٠ ماذا بعد**، نشرة خاصة، ٣٦ صفحة.

٣. برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، ٢٠١٠. **الأوزون/ مجموعة بيانات الأوزون وعلاقتها بالمناخ**، الإصدار الثاني، ٥٤ صفحة.

4. Farman j.c., and Gardiner B.G., and Shanklin j.d., 1985. **Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx /NOx interaction**, Nature,315, 207-210.

5. Krummel P , Fraser P,2024 **The 2024 Antarctic Ozone Hole**, Report #1, CSIRO Environment, Australia's National Science Agency,p12

6. Langematz .U.,2019 **Stratospheric ozone: down and up through the anthropocene**-ChemTexts (2019) 5:8,p12
7. Lucas R. et al., 2006 **Solar Ultraviolet Radiation/Global burden of disease from solar ultraviolet radiation**, Environmental Burden of Disease Series, No. 13, Geneva,pp:250.
8. Orte, P.F.,*et al* 2020 **Comparison of OMI-DOAS total ozone column with ground-based measurements in Argentina,** REVISTA DE TELEDETECCIÓN, Asociación Española de Teledetección, 57, 13-23.
9. Prather M.J., and Watson R.T., 1990. **Stratospheric ozone depletion and future levels of atmospheric chlorine and bromine**, Nature. 344:729-734.
10. Resmi C. T., at al , 2021. **Analysis of Long Term Variation of the Total Column and Tropospheric Ozone over the Indian Region,** Atmospheric and Climate Sciences, 11, 194-213.
11. Rex M., and Gathen P., 2007 **Match campaigns to measure stratospheric ozone loss**, Bulletin vol.56 No. 4, pp: 257-262.
12. Seinfeld J.H., Pandis S.N., 1998.**Atmospheric chemistry and physics**. A Wiley-Interscience publication.1309 pages.
13. Vega J. L. P.,*et al*, 2014.**Trend of total column ozone over Mexico from TOMS and OMI data(1978-2013)** ,*Atmósfera 27(3), 251-260* .
14. Youns F., AL-Rijabo W.,2021 **Empirical models for the correlation between total ozone column and latitude in different regions in IRAQ**, Journal of nature, life and applied sciences, vol.(5), Issue(3),153-165.