

مستويات غاز الأوزون وأكاسيد النتروجين وعلاقتها مع عوامل الأرصاد الجوية مدينة الموصل

**

الله شهاب*

* أستاذ مساعد، جامعة الموصل/مركز بحوث البيئة

** طالب ماجستير، جامعة الموصل/كلية الهندسة- قسم الهندسة المدنية

دراسة تفصيلية لتراكيز ثاني أكبر المدن العراقية
ارتباط هذه الغازات ببعضها وبالعوامل الأرصاد الجوية . تم اختيار
نوع هوريبا لإيجاد التغيرات الشهري وعلاقة
في المدينة للمراقبة وذلك لقربه
من بعض الشوارع الحيوية والمزدحمة بالمركبات أجريت القياسات
أظهرت النتائج
جزء بالمليون على التوالي ، أعلى مستويات الأوزون سجلت خلال الأشهر الحارة بينما على العكس من ذلك بالنسبة
لأكاسيد النتروجين التراكيز العالية خلال أشهر الشتاء . تبين من اختبار سبيرمان
عكسي ومعنوي مع أكاسيد النتروجين، في حين كان ارتباط طردي معنوي بين
ارتبط الأوزون طردي مع درجات الحرارة والأشعة الشمسية وسرعة واتجاه الرياح وعكسي معنوي مع الرطوبة النسبية
من العوامل الجوية
و عكسيا مع الأخيرة .

The Levels of Ozone and Nitrogen Oxides and Its Relationship with Metrological Factors

* Abublmuhsein S. Shihab **Omar A. I. AL-Jarrah

* Ass. Professor, University of Mosul, Environment & Pollution Research Center

**M.Sc. Student, University of Mosul, College of Engineering, Civil Dept.

Abstract

The research includes a first detailed study for ozone and nitrogen oxides NO_x(NO+NO₂) concentration in Mosul city using a monitoring station type Horiba. This research aims to find the monthly variation and the relationships of these gases with metrological factors. The site of general library in the City was selected for monitoring air quality. This site was nearby crowded streets and heavy traffic and intersections. The monitoring period started from 1/5/2013 to 30/4/2014. The research found that the mean concentrations of O₃, NO_x (NO, NO₂) during the study period reached 0.0243, 0.0669 (0.0407, 0.0263) ppm respectively. The higher levels were recorded in the hot months for ozone, and in the cold months for nitrogen oxides. Spearman correlation test showed a significant reverse relationship of ozone with nitrogen oxides, while the relationships among NO, NO₂ and NO_x were significantly positive. For the correlation with metrological factors, ozone correlated positively with temperature, sun light, wind speed and wind direction, while it correlated significantly negative with relative humidity and atmospheric pressure. On the other hand, a nitrogen oxide correlates negatively with the former group of metrological factors and positively with the later ones.

Keywords: Ozone, Oxides of Nitrogen, Mosul, Metrological Factors, Spearman Correlation.

يعتبر تلوث الهواء أحد أهم المشاكل البيئية التي تواجه المدن في الوقت الحاضر ، ويتولد من النشاط السكاني كثير من الملوثات الهوائية نتيجة استهلاك الوقود في المركبات والتدفئة والصناعة ، ويدخل ضمن اهتمام البحث الحالي أكاسيد النتروجين

إذ تتسبب عمليات حرق الوقود في المركبات بانبعاث غاز اول اوكسيد النتروجين NO الذي يتكون من اتحاد غازي النتروجين والاكسجين الجويان ، وهذا الغاز يمكن أن يتأكسد عند خروجه من عوادم المركبات ليتحول إلى NO₂ والآخر يمكن ان يتفكك بوجود اشعة الشمس ويعمل على تكون غاز الاوزون ، وتختلف اوكاسيد النتروجين (NO_x) عن بقية الملوثات الهوائية في أنها تخضع لسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقدة التي يتكون عنها عدد من الملوثات الثانوية الضارة جدا ، ويمكن أن تتفاعل مع المركبات العضوية المتطايرة لتكوين الضباب الكيموضوي . كما يتكون عن هذه التفاعلات عدد من المؤكسدات الكيموضوية ومنها الأوزون . وقد نال غاز ثاني اوكسيد النتروجين الاهتمام الاكبر وذلك لكونه اكثر تأثيرا على صحة الانسان ولذلك فقد وضعت له المحددات كمعدل ساعة ومعدل سنة من قبل المنظمات العالمية . وقد بينت العديد من الدراسات الوبائية العلاقة بين ارتفاع هذه الملوثات مع أمراض القلب والأوعية الدموية وزيادة

Brugge [22 34 35] وجماعته [12] بين
منها غازات NO₂ NO التي تصيب الإنسان فضلا عن الإصابة بالرئو عند [23 32 37] .

مستويات أكاسيد النتروجين في المناطق الحضرية لا يعتمد فقط على نوع الانبعاثات وكمياتها وإنما الطقس المحلية مثل سرعة الرياح واتجاهها في تخفيفها وتشتيتها أو تركيزه [16] يعمل الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة على حدوث تفاعلات كيميائية وكيموضوية بين الملوثات [17] . وقد أجريت العديد من الدراسات حول أكاسيد النتروجين والأوزون الأرضي في العديد من البلدان منها دراسة Seroji [30] في المملكة العربية السعودية ودراس Hatzianastassiou وجماعته [21] Ilia Mavroidis في اليونان [26] .

تأتي مدينة الموصل كثاني اكبر مدينة في العراق بتعداد سكاني 1750000 يستوجب دراسة ومراقبة تراكيز اوكاسيد النتروجين والاوزون فيها ومقارنتها مع المحددات العالمية . إذ يبلغ عدد المركبات الكلي في المحافظة 316734 [5] وعدد المولدات الكهربائية الأهلية 3147 [4] (تعتمد المدينة على المولدات الكهربائية نظرا لقطاع الكهرباء) ويبلغ استهلاك المدينة 385 مليون لتر سنويا من وقود التدفئة (الكيروسين) و2100³ شهريا من البنزين و2000³ شهريا من زيت الغاز (خلال تاريخ أخذ القراءات 2013 2014) ونظرا لقلة الدراسات المحلية تأتي أهمية الدراسة الحالية إذ اعتمدت إحدى الدراسات السابقة على خصائص مياه الأمطار للاستدلال على مستوى التلوث الهوائي [3] دراسة اخرى بحساب كمية الملوثات المنبعثة من المركبات بالاعتماد على جداول عالمية [1] عدد محدود من القياسات باستخدام قنصات تحوي على محاليل كيميائية يمرر فيها الهواء ثم يتم تحليلها في المختبر لتقدير تركيز بعض الملوثات الهوائي [2] .

تهدف هذه الدراسة تحديد مستويات وأكاسيد النتروجين الشهري والفصلي باستخدام محطة مراقبة ومقارنتها مع المحددات العالمية ومن ثم إيجاد علاقتها بها وعلاقتها ببعض عوامل الارصاد الجوية وتعد هذه التفاصيل من نوعها مدينة الموصل في مجال تلوث الهواء .

اختيار موقع القياس بالقرب من تقاطع اشارات ضوئية مزدحم يمثل تقاطع شارع رئيس (ذو ممرين) قادم من جسر الحرية يمر فيه نسبة كبيرة من المركبات المتجه إلى مركز المدينة والقادمة منه إلى الساحل الأيسر مع شارع رئيس (ذو ممرين) مزدحم قادم من جسر سنحاريب (1) والقياس في حديقة ويبعد هذا الموقع 130 يبعد عن تقاطع النبي يونس 600 مترا باتجاه الشمال الشرقي . وتمتاز هذه المنطقة بازدهام شديد جدا بالمركبات وخصوصا خلال فترة الدوام الرسمي ، ويجاوره العديد من الأبنية كبنية المكتبة من (طابقين) 15 وارتفاعها 12 يلي بناية المكتبة من نفس الاتجاه منطقة سكنية ، ومن الجنوب طريق رئيس يبعد مسافة 15 20 يليه في الاتجاه نفسه بناية دائرة زراعة نينوى بمسافة 75 وهي بناية مرتفعة نوعا ما (4) ، ومن الاتجاه الغربي بناية نقابة المهندسين التي تبعد مسافة 20 اتجاه الرياح يمكن ان تعمل هذه الأبنية كمصدات تعرقل تشتت وانتشار الملوثات الغازية الناتجة عن أجريت عملية القياس والمراقبة لأكاسيد النتروجين والأوزون باستخدام محطة نوع هوريبا (Horeba) ألمانية المنشأ يتم تشغيلها خلال أوقات الدوام الرسمي من الساعة الثامنة صباحا ولغاية الساعة الثانية بعد الظهر بشكل مستمر ،

شهاب: مستويات غاز الأوزون وأكاسيد النتروجين وعلاقتها مع عوامل الأرصاد الجوية في مدينة الموصل

ويتم القياس كل 3 دقائق ومن ثم إيجاد معدل القراءات لكل نصف ساعة أي بما يمثل معدل عشرة قراءات لكل نصف ساعة ، ويصل مجموع القياسات اليومية إلى 60 قياس لكل ملوث ، ويتم قياس تركيز الأوزون في المحطة بواسطة جهاز نوع (Model APOA-370) والذي يعمل على مبدأ امتصاص الأشعة فوق البنفسجية ، أما أكاسيد النتروجين (NO (NOx) NO₂ فيتم قياسها في المحطة باستخدام جهاز نوع (Model APNA-370) والذي يعمل على مبدأ قياس الطاقة الضوئية (التوهج) (Chemiluminescence method) المعتمدة على انبعاث الضوء من التفاعل الكيميائي ، ويتم معايرة الأجهزة خدام قناني خاصة تحتوي على غازات قياسية بتركيز معلومة (Span Gases) (Zero Gas) . واستمرت فترة القياس من 2013/5/1 ولغاية

. 2014/4/30



(1) موقع محطة القياس في المكتبة العامة في الجانب الأيسر من مدينة الموصل

تم تحليل النتائج إحصائياً، استخدم الوسيط
يمثل القيمة الوسطية عند ترتيب القراءات تصاعدياً أو تنازلياً
مقارنة تراكيز الملوثات المقاسة مع المحددات العالمية لنوعية الهواء (NAAQS) [27] تم استخدام قانون تحويل التركيز لإيجاد المعدلات الخاصة بالملوثات الهوائية وبموجب ما هو مثبت بالمحددات العالمية [10] .
سبيرمان (Spearman Correlation) لإيجاد الارتباط بين الغازات المقاسة فيما بينها
الجوية وقد عُدت النتائج عند مستوى احتمالية 0.05 .

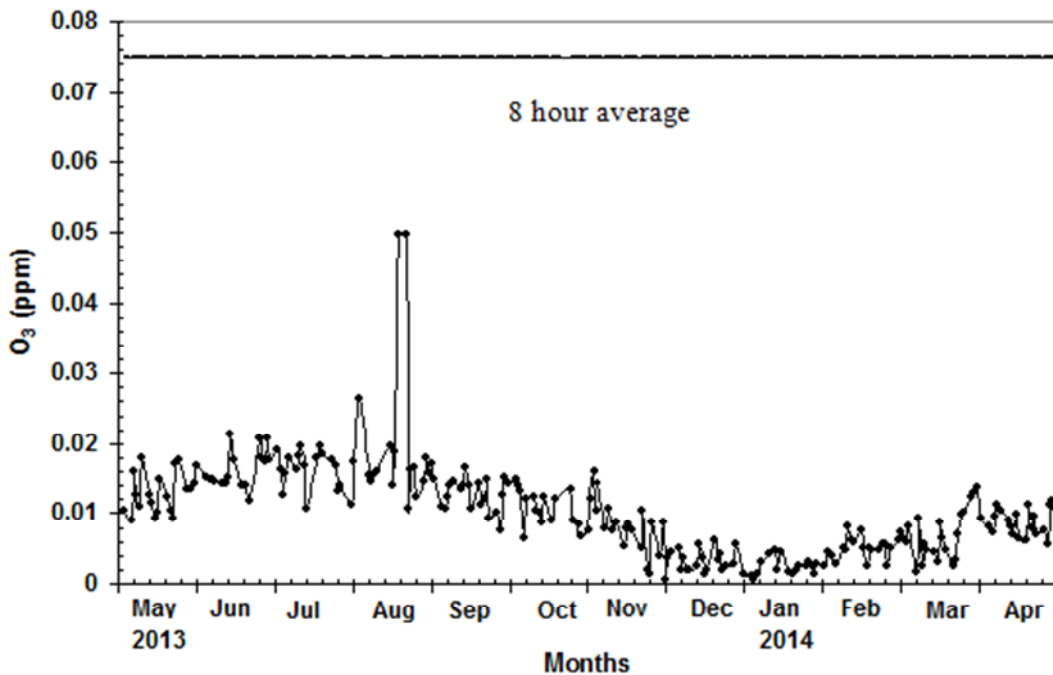
تباينت تراكيز الغازات المقاسة خلال فترة الدراسة ، ويلاحظ من (4 1) مستويات الأشهر الحارة وبالأخص في حزيران يقابلها مستويات غازي أول وثاني أكسيد النتروجين وعلى العكس من ذلك يلاحظ ان أعلى مستويات أكاسيد النتروجين المقاسة سجلت في الأشهر الباردة مقابل مستويات خلال حزيران بوسيط 0.0456 0.0461 بالمليون، وسيط 0.0032 يقابله معدل 0.0051 بالمليون، بين 0.0001 0.1987 بالمليون (1) .

ولم تتجاوز تراكيز غاز الأوزون (معدل 8 ساعات) في موقع القياس المحددات العالمية لنوعية الهواء ((National Ambient Air Quality Standards (NAAQSs)) 0.075 جزء بالمليون كما في الشكل (2) .

(1) مستويات غاز الأوزون (O_3) بوحدة جزء بالمليون في مدينة الموصل خلال فترة الدراسة

Month	Mean	Median	Range		No	SD
			Min	Max		
May 13	0.0365	0.0346	0.0112	0.0719	252	0.013
Jun 13	0.0461	0.0456	0.0074	0.0855	216	0.015
Jul 13	0.0440	0.0420	0.0092	0.1050	228	0.017
Aug 13	0.0433	0.0429	0.0065	0.1987	216	0.023
Sep 13	0.0323	0.0321	0.0056	0.0666	264	0.014
Oct 13	0.0219	0.0204	0.0011	0.0638	228	0.014
Nov 13	0.0103	0.0064	0.0003	0.0432	214	0.010
Dec 13	0.0056	0.0041	0.0002	0.0252	252	0.005
Jan 14	0.0051	0.0032	0.0001	0.0195	228	0.005
Feb 14	0.0104	0.0097	0.0011	0.0322	240	0.008
Mar 14	0.0153	0.0116	0.0008	0.0549	252	0.012
Apr 14	0.0228	0.0234	0.0019	0.0475	214	0.012

أما عند مقارنة تراكيز الأوزون في الدراسة الحالية لمدينة الموصل مع تراكيزه في مدن مختلفة من العالم ، يلاحظ أن تركيز الأوزون في مدينة الموصل قد تجاوز تركيزه في م الرابية الكويتية والتي بلغ التركيز فيها 0.0382 0.0280 [7] 2004 2001 جزء بالمليون (معدل 24 ساعة) للدراسة الحالية بالرغم من كون المدينة الكويتية ذات نشاط صناعي ويمكن أن يعزى ذلك إلى ارتفاع حجم المرور في الموصل ، وكان التركيز أقل منه في مدينة أثينا اليونانية والتي بلغ فيها أعلى معدل يومي (معدل 24) 0.0625 جزء بالمليون [21] ، بينما كانت أكبر المعدلات الشهرية للدراسة الحالية (0.0461) أقل منها في مدينة شيراز الإيرانية والبالغة 0.105 جزء بالمليون [24] لكونها أسخن 8 ساعات لهذا الغاز والبالغ 0.0497 أقل منه لمدينة أثينا في اليونان والتي بلغ فيها 0.1260 جزء بالمليون [19] .



(2) (8 ساعة) غاز الأوزون في مدينة الموصل ومقارنتها مع المحددات العالمية

تغاير تراكيز الغازات المقاسة فيمكن يعزى أن الأشهر الباردة تشهد ارتفاع في إنبعاثات أكاسيد النتروجين في الهواء المحيط نتيجة لزيادة استهلاك الوقود خلال فصل الشتاء لمختلف الاستخدامات منها لأغراض التدفئة

شهاب: مستويات غاز الأوزون وأكاسيد النتروجين وعوامل الأرصاد الجوية في مدينة الموصل

[21] فضلا عن استهلاك أكبر للوقود في محركات المركبات أثناء التشغيل عند انخفاض درجات الحرارة [29] والإزدحامات التي تشهدها شوارع المدينة أثناء أوقات الدوام الرسمي لدوائر ومؤسسات الدولة باختلاف أنواعها وخاصة التعليمية في هذا الموسم من السنة ، كما ان انخفاض شدة اشعة الشمس يقلل من تفكك غاز ثاني اوكسيد النتروجين .
العكس من ذلك يزداد تركيز لصيف مع شدة الشمسية مع زيادة تفكك غاز ثاني اوكسيد النتروجين
NO وأوكسجين يقوم غاز NO وخفض تراكيذه [26 7] ، كما يرافق ارتفاع في درجات الحرارة في الصيف كثرة الاضطرابات التي تحدث للرياح والتي تساهم بدورها في مزج الملوثات بكتلة أكبر من الهواء وبالتالي تنخفض تراكيذه فيها مقارنة بأشهر الشتاء [26] .
سجلت أعلى مستويات غاز اول اوكسيد النتروجين وسيط 0.0833 و 0.0947 ، بينما سجلت أوطأ المستويات في تموز وسيط 0.0085 و 0.0146 جزء بالمليون ، وتراوحت تراكيذ الغاز في هذا الموقع بين 0.0002 و 0.3755 جزء بالمليون (2) .

(2) مستويات غاز أول أكسيد النتروجين (NO) بوحدرة جزء بالمليون في مدينة الموصل

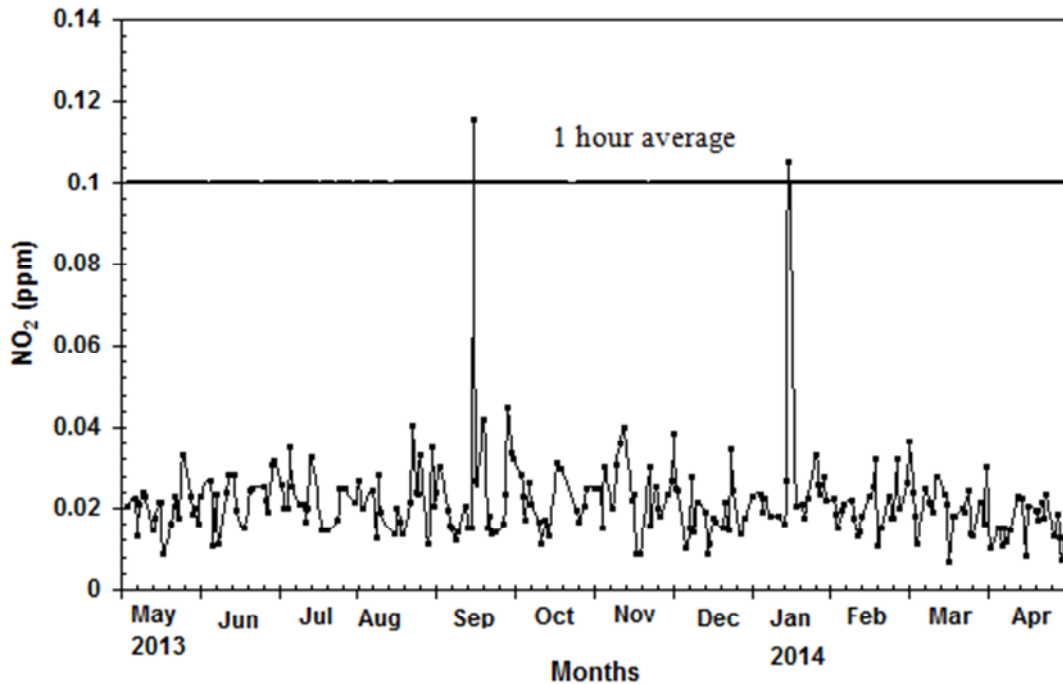
Month	Mean	Median	Range		No	SD
			Min	Max		
May 13	0.0228	0.0149	0.0003	0.2246	252	0.023
Jun 13	0.0172	0.0099	0.0007	0.0930	216	0.018
Jul 13	0.0146	0.0085	0.0006	0.1044	228	0.018
Aug 13	0.0153	0.0087	0.0002	0.1566	216	0.020
Sep 13	0.0145	0.0115	0.0011	0.0690	264	0.011
Oct 13	0.0345	0.0253	0.0018	0.2980	228	0.037
Nov 13	0.0564	0.0486	0.0016	0.2064	216	0.039
Dec 13	0.0776	0.0641	0.0036	0.3755	252	0.061
Jan 14	0.0947	0.0833	0.0153	0.2846	228	0.054
Feb 14	0.0544	0.0464	0.0063	0.2370	240	0.037
Mar 14	0.0526	0.0459	0.0034	0.2176	252	0.040
Apr 14	0.0327	0.0274	0.0048	0.1093	216	0.025

وعند مقارنة مستويات أول اوكسيد النتروجين الحالية في مدينة الموصل مع مستوياته في مدن أخرى يلاحظ أن أعلى معدل يومي (معدل 24 ساعة) لموقع القياس والبالغ 0.1033 جزء بالمليون أقل منه في مدينة أثينا اليونانية والبالغ 0.2268 جزء بالمليون [21] لمدينة الموصل 0.1958 جزء بالمليون أكبر منه في الرقة الكويتية والبالغ 0.0250 جزء بالمليون [9] وأكبر منه لمدينتي زيچت وفرايبورگ الألمانية 0.0422 جزء بالمليون [25] . ويمكن أن تعزى هذه الفروقات إلى تباين حجم المرور وكذلك نوعية الوقود واختلاف العوامل الجوية وطبيعة المنطقة .
أما تراكيذ غاز NO₂ فيبين الجدول (3) أعلى وسيط خلال تشرين الثاني 0.0309 و 0.0316 جزء بالمليون ، وأوطأ وسيط خلال أيلول 0.0217 ويقابله المعدل 0.0256 جزء بالمليون ، وتراوحت تراكيذ الغاز بين 0.0006 و 0.2222 بالمليون.

(3) مستويات غاز ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) بوحدة جزء بالمليون في مدينة الموصل خلال فترة الدراسة

Month	Mean	Median	Range		No	SD
			Min	Max		
May 13	0.0242	0.0235	0.0022	0.0633	252	0.011
Jun 13	0.0270	0.0238	0.0060	0.0610	216	0.013
Jul 13	0.0244	0.0223	0.0056	0.0669	228	0.011
Aug 13	0.0270	0.0232	0.0045	0.0781	216	0.013
Sep 13	0.0256	0.0217	0.0006	0.2222	264	0.018
Oct 13	0.0281	0.0264	0.0030	0.0603	228	0.011
Nov 13	0.0316	0.0309	0.0007	0.0765	216	0.015
Dec 13	0.0255	0.0235	0.0076	0.0667	252	0.011
Jan 14	0.0295	0.0296	0.0057	0.2026	228	0.015
Feb 14	0.0260	0.0235	0.0022	0.0701	240	0.011
Mar 14	0.0250	0.0248	0.0054	0.0581	252	0.011
Apr 14	0.0227	0.0223	0.0051	0.0450	216	0.010

(3) عند مقارنة تراكيز الغاز (معدل ساعة) مع محددات الانبعاثات العالمية والبالغة 0.1 جزء بالمليون (3) يلاحظ تجاوزها بواقع مرة واحدة خلال شهر أيلول ومرة واحدة خلال كانون الثاني .



(3) معدلات (معدل ساعة) غاز ثاني أكسيد النتروجين لموقع القياس في مدينة الموصل ومقارنتها مع المحددات العالمية

وبمقارنة مستويات هذا الملوث مع دول أخرى وجد أن أعلى معدل ساعي في الموصل والبالغ 0.1247 جزء بالمليون كان أقل منه الرابية الكويتية والبالغ 0.1614 جزء بالمليون لعام 2001 وأعلى منه في الرابية [7] 2004 0.0866 جزء بالمليون وأقل منه في مدينة أثينا اليونانية والتي بلغ فيها التركيز 0.2340 جزء بالمليون [19] ، وكان أعلى معدل سنوي لمواقع القياس والبالغ 0.1158 جزء بالمليون أكبر منه في مدينة شنغهاي الصينية (من 2002 ولغاية 2009) 0.0329 جزء بالمليون [36] وأعلى من أكبر معدل سنوي لثلاث مدن في ولاية نيويورك الأمريكية والبالغ 0.0465 جزء بالمليون [13] وأعلى منه في مدينتي زيجت وفرابورك الألمانية والتي بلغ فيها معدل

شهاب: مستويات غاز الأوزون وأكاسيد النتروجين وعلاقتها مع عوامل الأرصاد الجوية في مدينة الموصل

تركيز الغاز 0.0223 جزء بالمليون [25] ويمكن أن يعزى السبب لرداءة أنواع الوقود المحلية وعدم إجراء الصيانة الدورية لمحرك المركبات ، أما أكبر المعدلات الشهرية لمواقع القياس في هذه الدراسة والبالغ 0.0316 جزء بالمليون مقارب لأعلى معدل شهري في مدينة راولبندي الباكستانية والبالغ 0.0387 جزء بالمليون [6] .
يبين الجدول (4) تباين مستويات أكاسيد النتروجين NO_x مع اختلاف أشهر السنة . إذ سجلت أعلى القيم خلال كانون الثاني وبلغ الوسيط 0.1152 0.1227 جزء بالمليون ، أما أوطأ القيم فقد سجلت خلال تموز إذ بلغ الوسيط 0.0309 0.0390 جزء بالمليون وتراوح تراكيز أكاسيد النتروجين بين 0.0023 0.3988 جزء بالمليون .

ويلاحظ التقارب بين هذا التباين مع تباين تراكيز NO يشكل نسبة 90% NO أسيد النتروجين عند الانبعاث [31] .

وبمقارنة مستويات هذا الملوث بمدن أخرى نجد أن أعلى معدل سنوي والبالغ 0.2079 جزء بالمليون كان مقارب لمدينة الرقة الكويتية والتي بلغ فيها 0.2100 جزء بالمليون [9] ، وكان أعلى معدل لشهر أيار (معدل شهري) والبالغ 0.0468 جزء بالمليون أقل منه بالقرب من الحرم المكي في المملكة العربية السعودية والذي بلغ 0.0535 جزء بالمليون [8] .

(4) مستويات أكاسيد النتروجين (NO_x) بوحدته جزء بالمليون في مدينة الموصل خلال فترة الدراسة

Month	Mean	Median	Range		No	SD
			Min	Max		
May 13	0.0468	0.0405	0.0034	0.2342	252	0.032
Jun 13	0.0441	0.0326	0.0074	0.1401	216	0.029
Jul 13	0.0390	0.0309	0.0080	0.1618	228	0.027
Aug 13	0.0422	0.0337	0.0047	0.2301	216	0.031
Sep 13	0.0401	0.0347	0.0023	0.2340	264	0.026
Oct 13	0.0626	0.0533	0.0075	0.3324	228	0.043
Nov 13	0.0880	0.0841	0.0029	0.2542	216	0.047
Dec 13	0.1030	0.0933	0.0112	0.3988	252	0.067
Jan 14	0.1227	0.1152	0.0325	0.3203	228	0.057
Feb 14	0.0804	0.0740	0.0085	0.2810	240	0.044
Mar 14	0.0775	0.0712	0.0112	0.2442	252	0.048
Apr 14	0.0554	0.0501	0.0119	0.1506	216	0.034

بين الغازات المقاسة :

يبين الجدول (5) (O_3) بصورة عكسية ومعنوية NO_x NO_2 NO

$$-0.786 \quad -0.328 \quad -0.695$$

NO والذي يمكن أن يعود لكون أن ازدياد تركيز NO في الهواء المحيط يعمل على تفكيك غاز الأوزون وزيادة تركيز NO_2 نتيجة قيامه بأكسدة NO [15] .

$$NO + O_3 \quad NO_2 + O_2$$

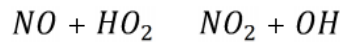
وهذا يؤدي ول أكسيد النتروجين ثاني أكسيد النتروجين 0.652

زيادة تراكيز NO يحدث زيادة في تراكيز NO_2 في الهواء المحيط وذلك لعملية التي يمر بها NO وجود تفاعلات كيميائية أخرى مرتبطة ببعض الجذور الكيميائية الحرة (Free Radicals)

(organic peroxy radicals, RO_2) مثل جذور البيروكسي العضوية

(hydro peroxy radical, HO_2) وكسيد العضوية مثل جذور الهيدروبروكسي

جذور المثيل أو ما يعرف بجذور المثيل بيروكسي (methyl peroxy radical, CH_3O_2) والتي من خلالها يتحول NO [30] NO_2 حسب المعادلات التالية :



NO₂ NO بصورة طردية ومعنوية مع أكاسيد النتروجين (NO_x)
 0.800 0.961 وهذا طبيعي لكون الأخيرة
 NO₂ NO عند الانبعاث من المركبات وبعد أن يتأكسد NO
 %90 NO_x NO₂ ، إذ يمثل NO
 %70 NO_x NO₂ . [31]

(5) مصفوفة ارتباط سبيرمان بين الملوثات الهوائية المقاس

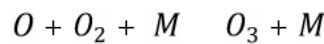
Gases	O ₃	NO	NO ₂	NO _x
O ₃	1			
NO	-0.786***	1		
NO ₂	-0.328***	0.652***	1	
NO _x	-0.695***	0.961***	0.800***	1

*** Significant at p ≤ 0.001, according to Spearman Test

وتتطابق هذه النتائج مع دراسة Habeebullah (2013) في المملكة العربية السعودية [20]
 العكسية بين الأوزون وبين NO₂ NO_x Odhiambo (2010) في نيروبي [28]
 العكسية بين الأوزون وغاز NO والطردي بين NO₂ NO Tasdemir (2005) الذين
 توصلوا إلى وجود علاقة طردية بين غاز NO NO_x NO₂ . [33]

العلاقة بين الغازات المقاسة وعوامل

يبين الجدول (6) علاقة معنوية بين تركيز غاز الأوزون وأكاسيد النتروجين (NO+NO₂) بين
 الرصد الجوية المقاسة ، طردية مع درجة الحرارة والأشعة فوق البنفسجية والأشعة الساقطة
 الكلية وسرعة واتجاه الرياح ، وعكسية مع الرطوبة النسبية والضغط الجوي ، ويمكن أن يعزى ذلك إلى تأثير هذه العوامل
 على عملية تكوين هذا الملوث الثانوي الذي يتشكل في الجو من خلال التفاعلات الكيموضونية [18] .



وكانت أقوى علاقة طردية بين الأوزون ودرجة حرارة الهواء
 ارتباطه مع الأشعة الساقطة الكلية والأشعة فوق البنفسجية بلغ 0.769 0.548 ويعود السبب
 ينتج في الجو عن سلسلة من التفاعلات الكيموضونية ، وبما أن ارتفاع درجة الحرارة مرتبط مع زيادة شدة أشعة الشمس
 فيعملان معا على زيادة تركيز غاز الأوزون . وهذه النتائج تتطابق مع العديد من الدراسات منها دراسة
 Hatzianastassion وجماعته (2007) في اليونان [21] Al-Azmi (2008) في الكويت [7]
 Marka وجماعته (2010) في ألمانيا [25] Buchholz وجماعته (2010) في بلجيكا وفرنسا وألمانيا
 Odhiambo [13] (2010) في نيروبي [28] Mavroidis (2012) Iliia
 اليونان [26] Al-Jeelani [8]

(6) مصفوفة الارتباط بين الملوثات الهوائية وعوامل الأرصاد الجوية

Weather Gases	Temp.	Humidity	Air Pressure	UV Dose	Radiation	Wind Speed	Wind Direction	Rain
O ₃	0.824**	-0.775**	-0.719**	0.769**	0.548**	0.282**	0.248**	-0.191**
NO	-0.599**	0.536**	0.544**	-0.469**	-0.414**	-0.339**	-0.475**	0.159**
NO ₂	0.047*	-0.066**	0.05**	-0.032	-0.056**	-0.368**	-0.393**	-0.013
NO _x	-0.477**	0.394**	0.433**	-0.384**	-0.363**	-0.388**	-0.406**	0.128**

* significant at p ≤ 0.05, ** significant at p ≤ 0.01, according to spearman correlation

طرديا مع سرعة الرياح 0.282 ، ويمكن أن يعزى ذلك إلى عملية التخفيف التي تقوم بها الرياح لتراكيز بعض الملوثات التي تؤثر على مستوى الأوزون كغاز NO لانخفاض استهلاكه في أكسدة الغاز . معامل الارتباط العكسي بين الأوزون وبين الرطوبة النسبية والضغط الجو 0.775 0.719 ، ويمكن أن يكون السبب أن ارتفاع مستويات الرطوبة النسبية والضغط يحدث خلال الأشهر التي تشهد انخفاض في درجات الحرارة والتي يكون تركيز هذا الغاز خلالها في أدنى مستوياته كما أشارت إلى ذلك دراسة Mavroidis Iliia [26] Al-Jeelani [8] .

ويظهر من مصفوفة الارتباط (6) ارتباط أكاسيد النتروجين المعاكس لارتباط الأوزون مع عوامل الأرصاد الجوية أي أنها تسلك سلوك معاكس لسلوك غاز الأوزون الأرضي من ناحية علاقتها مع عوامل الأرصاد الجوية فالعوامل التي تعمل على زيادة مستوى غاز الأوزون تعمل بنفس الوقت على خفض مستويات أكاسيد النتروجين في الهواء المحيط .

NO_x NO₂ NO عكسية ومعنوية درجة حرارة الهواء لكون ارتفاع الحرارة يساعد على والتخفيف عكسية ومعنوية أيضا بالأشعة الشمسية وفوق البنفسجية وسرعة واتجاه الرياح وطردي لكون الإذابة بارتفاع الرطوبة الجوية يزيد من سرعة التفاعلات الخاصة بإنتاجها النسبية NO ، وهذه العلاقة تدخل ضمن التفاعلات

الكيموضوئية للغازات ، إذ أن زيادة شدة الأشعة الشمسية وفوق البنفسجية والذي يصاحبه ارتفاع في درجات الحرارة يعمل على زيادة تراكيز غاز الأوزون والذي بدوره يعمل على أكسدة غاز NO وخفض تراكيزه ، كما تساهم عمليات حرق الوقود المستخدم للتدفئة في الشتاء في زيادة تراكيز هذه الغازات والذي يتزامن معها ارتفاع مستويات الرطوبة النسبية وهذا يطابق Tasdemir (2005) في مدينة بورصة التركية [33] والذي بين أن

أكاسيد النتروجين ترتبط عكسيا مع درجات الحرارة والرياح وطرديا مع الرطوبة النسبية Pourmahabadian Mansouri [29] في مدينة كرمشاه الإيرانية Hatzianastassion وجماعته [21] والذين وجدوا ارتفاع تراكيز NO في الأشهر الباردة في اثينا وانخفاضه في فصل الصيف .

أما العلاقة المعنوية والعكسية بين أكاسيد النتروجين وكل من سرعة واتجاه الرياح بلغ فيها معامل الارتباط 0.339 0.475 على التوالي ، ويعزى ذلك إلى أن ازدياد سرعة الرياح يعمل على تخفيف تراكيز الملوثات ومنها أكاسيد النتروجين (NO_x=NO+NO₂) وكذلك فإن العلاقة العكسية لاتجاه الرياح تدل على أن ازدياد زاوية اتجاه الرياح مع عقارب الساعة هي التي تخفض تراكيز الملوثات وهذا يتطابق مع الرياح السائدة في المنطقة والتي تأتي من الشمال الغربي لمدينة الموصل . يلاحظ تقارب علاقات ارتباط أكاسيد النتروجين مع أول أوكسيد النتروجين بعوامل الأرصاد الجوية وهذا دليل على أن النسبة NO_x يشغلها غاز NO [31] .

1. تجاوزت تراكيز غاز NO₂ المحددات العالمية في موقع القياس وشهدت تراكيز غاز الأوزون ارتفاع في مستوياتها خلال الأشهر بالأشهر الباردة بينما على العكس كانت أعلى القيم من المعدل والوسيط لأكاسيد النتروجين (NO + NO₂) خلال الأشهر الباردة وأدناها خلال الأشهر الحارة ، وبلغت المعدلات والوسيط والمديات للملوثات المقاسة كما هو :

	الوسيط			
O ₃	0.0243	0.0207	0.1987	0.0001
NO	0.0407	0.0255	0.3755	0.0002
NO ₂	0.0263	0.0245	0.2222	0.0006
NO _x	0.0669	0.0527	0.3988	0.0023

2. عكسية معنوية أكاسيد النتروجين (NO₂ NO) .
3. كان لعوامل الأرصاد الجوية تأثيرات على تراكيز الملوثات ، إذ ارتبط الأوزون بصورة معنوية طردية مع درجة الحرارة والأشعة الساقطة الكلية والأشعة فوق البنفسجية وسرعة واتجاه الرياح في حين كانت علاقته عكسية مع الرطوبة النسبية والضغط الجوي ، أكاسيد النتروجين (NO₂ NO) بصورة عكسية معنوية مع الحرارة والأشعة الساقطة الكلية والأشعة فوق البنفسجية وسرعة واتجاه الرياح وبصورة معنوية وطرديا مع الرطوبة النسبية والضغط الجوي .

:

1. الراوي ، ساطع محمود والطيار، طه احمد (2006) . "انعكاسات أنشطة النقل البري على تلوث البيئة في العراق" ، مجلة هندسة الرافدين ، المجلد: 14 : 4 : 59 68 ، كلية الهندسة جامعة الموصل .
2. الصفاوي ، عبد العزيز يونس ظليح (2006). "التلوث البيئي لمدينة الموصل وطرق معالجته"، أطروحة دكتوراه ، قسم علوم الحياة ، كلية التربية ، جامعة الموصل .
3. عبد الوهاب (1991) . "تأثير التلوث الهوائي على نوعية مياه الأمطار في الموصل"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل .
4. لجنة المولدات / محافظة نينوى (2013) 1363 2013/12/2 .
5. مديرية مرور محافظة نينوى / مديرية المرور الـ (2012) 7660 2012/5/6 .
6. Ahmad. S.S., Biiker, P., Emberson, L., Shabbir, R. (2011). "Monitoring Nitrogen Dioxide Levels in Areas in Rawalpindi, Pakistan", Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 220, Iss. 1, pp.141-150.
7. Al-Azmi, B.N., Nassehi, V., Khan, A.R. (2008). "Comparative Assessment of Ambient Air Quality in Rabia Area for Years 2001 and 2004 in the State of Kuwait", American Journal of Environmental Science. Vol. 4, Iss. 1, pp.50-62.
8. Al-Jeelani, H. A. (2013). "The Impact of Traffic Emission on Air Quality in an Urban Environment", journal of Environmental Protection. Vol. 4, Iss. 2, pp.205-217.
9. Al-Salem, S.M., Khan, A.R. (2008). "Comparative Assessment of ambient air Quality in two urban areas adjacent to petroleum downstream/upstream Facilities in Kuwait", Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 25, Iss. 4, pp.683-696.
10. Al-Smadi, B.M., Al-Zboon, K.K., Shatnawi, K.M. (2009). "Assessment of Air Pollutants Emissions from a Cement Plant: A Case Study in Jordan", Jordan Journal of Civil Engineering, Vol.3, Iss.3, pp.265-282.
11. Berthouex, P.M. and Brown, L.C. (2002). "Statistics for Environmental Engineers". 2nd ed., CRC Press Co., London.
12. Brugge, D., Durant, J., Rioux, C. (2007). "Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks", Environment Health, BioMed Central. Vol. 6, Iss: 23, pp. 1-12.
13. Buchholz, S., Junk, J., Krein, A., Heinemann, G., Hoffman, L. (2010). "Air pollution characteristics associated with mesoscale atmospheric patterns in northwest continental Europe", Atmospheric Environment, Vol. 44, pp. 5183-5190.
14. Buckley, S.M., Mitchell, M.J. (2011). "Improvements in Urban Air Quality: Case Studies From New York State ,USA", Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 214, Iss. 1, pp. 93-106.
15. Chen, J., Wang, W., Zhang, J., Liu, H., Ren, L., Liu, X., Zhang, W., Wang, X. (2009). "Characteristics of gaseous pollutants near a main traffic line in Beijing and its influencing factors", Atmospheric Research, Vol.94, Iss.3, pp.470-480.
16. Chen, Z.H., Cheng, S.Y., Li, J.B., Guo, X.R., Wang, W.H., Chen, D.S. (2008). "Relationship between atmospheric pollution processes and synoptic pressure patterns in northern China", Atmospheric Environment, Vol. 42, Iss.24, pp. 6078-6087.
17. Civerolo, K., Hogrefe, C., Lynn, B., Rosenthal, J., Ku, J-Y., Solecki, W., Cox, J., Small, C., Rosenzweig, C., Goldberg, R., Knowlton, K., Kinney, P. (2007). "Estimating the effects of increased urbanization on surface meteorology and ozone concentrations in the New York City metropolitan region", Atmospheric Environment, Vol.41, Iss.9, pp.1803-1818.

18. Cooper, C.D., Alley, F.C. (2014). "Air Pollution Control, A Design Approach", 4th ed, Waveland Press, Inc. Publishers, USA, 839p.
19. Economopoulou, A.A., Economopoulos, A.P. (2002). "Air Pollution in Athens Basin and Health Risk Assessment", Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 80, Iss. 3, pp. 277-299.
20. Habeebullah, T.M. (2013). "An Analysis of Air Pollution in Makkah – a View Point of Source Identification", Environment Asia. Vol. 6, Iss. 2, pp.11-17.
21. Hatzianastassion, N., Katsoulis, Basil D., Antakis, B. (2007). "Extreme Nitrogen Oxide and Ozone Concentrations in Athens Atmosphere in Relation to Meteorological Conditions", Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 128, Iss. 1, pp.447-464.
22. Kassomenos, P., Gryparis, A., Samoli, E., Katsouyanni, K., Lykoudis, S., Flocas, H.A. (2001). "Atmospheric circulation types and daily mortality in Athens Greece", Environmental Health Perspectives, Vol.109, Iss:6, pp. 591-596.
23. Lin, S., Munsie, J.P., Hwang, S.A., Fitzgerald, E., Cayo, M.R. (2002). "Childhood asthma hospitalization and residential exposure to state route traffic". Environmental Research , Vol. 88, Iss:2, pp.73-81.
24. Mansouri, B., Hoshyari, E., Mansouri, B. (2011). " Study on ambient concentration on air quality parameters (O3, SO2, CO and PM10) in different months in Shiraz City, Iran", International Journal of Environmental Sciences. Vol. 1, Iss. 7, pp.1440-1447.
25. Marka, L., Mayer, H., Mika, J., Santa, T., Holst, J. (2010). "Variations of traffic related air pollution on different time scales in Szeged, Hungary and Freiburg, Germany", Physics and Chemistry of the Earth, Vol. 35, Iss. 1-2, pp. 85-94.
26. Mavroidis, I., Iliia, M. (2012). "Trends of NOx, NO2 and O3 concentrations at three different types of air quality monitoring stations in Athens, Greece", Atmospheric Environment. Vol. 63, pp. 135-147.
27. NAAQS, "National Ambient Air Quality Standards", (2010). Cited by Cooper, C.D., Alley, F.C. (2014). "Air Pollution Control, A Design Approach", 4th ed, Waveland Press, Inc. Publishers, U.S.A., 839p.
28. Odhiambo, G., Kinyua, A.M., Gatebe, C.K., Awange, J. (2010). "Motor Vehicles Air Pollution in Nairobi, Kenya", Research Journal of Environmental and Earth Sciences. Vol. 2, Iss. 4, pp.178-187.
29. Pourmahabadian, M., Mansouri, N. (2006). "Carbone Monoxide Monitoring at Stationary and Mobile Stations", Journal of Applied Sciences. Vol. 6, Iss. 6, pp.1384-1388.
30. Seroji, A. R. (2007). "Study of the Incident UV Irradiance on Mina Area and its Relation to the Ground Level NOx and O3 Concentrations during Hajj Time", Umm Al-Qura Univ. J. Sci. Med. Eng. Vol. 19, Iss. 2, pp.55-77.
31. Tang, X., Zhang, Y., Shao, M. (2006). "Atmospheric Environmental Chemistry", Second Edition, Higher Education Press, Beijing, pp. 58-62.
32. Tonny, J.I., Patrick, A.R. (2005). "Geographic variations of childhood asthma hospitalization and outpatient visits and proximity to ambient pollution sources at a U.S.-Canada border crossing". International Journal of Health Geographic, Vol. 14, Iss:4, pp.1-11.
33. Tasdemir, Y., Cindoruk, S.S., Esen, F. (2005). "Monitoring of Criteria Air Pollutants in Bursa, Turkey", Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 110, Iss. 1, pp.227-241.

34. Wordley, J., Walters, S., Ayres, J.G. (1997).” Short-term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution". Occupational and Environmental Medicine, Vol. 54,Iss:2, pp. 108-116.
35. World Health Organization, (2004). “Health aspects of air pollution: results from the WHO project Systematic review of health aspects of air pollution in Europe”, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
36. Zhen-min, C., Wei, X. (2010). “Relations between Traffic Vehicles and Environmental Pollution” , 2010 Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 1, pp.388-390.
37. Zmirou, D., Gauvin, S., Pin, I., Sahraoui, F., Just, J., Le Moullec, Y., Bremont, F., Cassadou, S., Reungoat, P., Albertini, M., Lauvergne, N., Chiron, M., Labbe, A. (2004). “Traffic related air pollution and incidence of childhood asthma: results of the vesta case-control study”, Epidemiology and Community Health, Vol. 58, Iss.1, pp.18-23.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة =