

Study Some of the Hydrochemical Factors and Determination of Some Ions Concentrations (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}) in Rainwater in Lattakia City

Dr. Issam Mohamad*
Sabeha Alsayed**

(Received 18 / 7 / 2022. Accepted 20 / 10 / 2022)

□ ABSTRACT □

The change of some hydrochemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity) in rainwater was studied. The concentrations of sulfate ion were determined by turbidity method, while the concentrations of (nitrate, nitrite) ions in rainwater were determined using visible spectrophotometry technology at maximum absorption wavelength $\lambda_{\text{max}}=407\text{nm}$, $\lambda_{\text{max}}=524\text{nm}$ respectively.

Rainwater samples were sampled from four locations distributed within Lattakia city over four sampling rounds that extended from November 2020 to November 2021 at a rate of two rounds each winter.

The average pH value was 6.72, which is within the low acidity range, which means that Lattakia city does not be under the influence of acid rain, while the highest values of all ions concentrations were in the mufariq buqa (Alhijrah-Aljawazt) and Sheikhdaher locations, as they represent two vital centers with high human activity and heavy traffic. The nitrate ion concentrations (0.8792-2.7814)ppm were higher than nitrite ion concentrations (0.4851-2.1527)ppm (which is oxidizes to nitrate ion) and also than sulfate ion concentrations (0.8087-1.9685)ppm, which indicates that transport vehicles depend on their fuel at coal extracted from sulfur-poor pits.

As a result, it is possible to depend on rainwater to determine the quality of air in Lattakia city, in addition to the possibility of determining the most important influencing factors and working on offering appropriate solutions to reduce pollution, if it exists.

Keywords: Rainwater, Air Pollution, Acid Rain, Ions Analysis (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}).

* Professor. Department of Chemistry- Faculty of Science- Tishreen University- Lattakia-Syria issam.mohamad@tishreen.edu.sy

** Postgraduate student- Department of Chemistry-Faculty of Science- Tishreen University – Lattakia- Syria sabeha.alsayed@tishreen.edu.sy

دراسة بعض العوامل الهيدروكيميائية وتحديد تراكيز بعض الأيونات (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}) في مياه الأمطار في مدينة اللاذقية

د. عصام محمد*

صبيحة السيد**

(تاريخ الإيداع 18 / 7 / 2022. قبل للنشر في 20 / 10 / 2022)

□ ملخص □

تم في هذا البحث دراسة تغيير بعض العوامل الهيدروكيميائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية) وُحددت تراكيز كل من أيون الكبريتات بطريقة العكارة وأيون النترات والنترت في مياه الأمطار باستخدام تقانة الطيف اللوني المرئي عند طول موجة امتصاص عظمى $\lambda_{\text{max}}=524\text{nm}$ ، $\lambda_{\text{max}}=407\text{nm}$ على التوالي. تم اعتيان عينات مياه الأمطار من أربعة مواقع موزعة ضمن مدينة اللاذقية على مدى أربعة جولات اعتيان امتدت من تشرين ثاني 2020 حتى تشرين ثاني 2021 بمعدل جولتين كل فصل شتاء. بلغت متوسط قيم pH (6.72) وهي قيمة تقع ضمن مجال ضعيف الحموضة مما يعني أن مدينة اللاذقية لا تقع تحت تأثير الأمطار الحامضية، في حين سُجلت أعلى قيم لتراكيز كافة الأيونات في موقعي مفرق بوقا (الهجرة والجوازات) والشبخضاهر كونهما يمثلان مركزين حيويين ذات نشاط بشري كبير وحركة مرور كثيفة. لُحظ أن تركيز أيون النترات الذي تراوحت قيمه ما بين (0.4851-2.1527)ppm أعلى من تراكيز أيون النترت الذي تراوحت قيمه ما بين (0.8792-2.7814)ppm (الذي يتأكسد بدوره إلى أيون النترات) وأعلى أيضاً من تراكيز أيون الكبريتات الذي تراوحت قيمه ما بين (0.8087-1.9685) ppm مما يدل على أن مركبات النقل تعتمد في وقودها على فحم مستخرج من مناجم فقيرة بالكبريت. يمكن بالنتيجة الاعتماد على مياه الأمطار لتحديد جودة ونوعية الهواء في مدينة اللاذقية، هذا بالإضافة إلى إمكانية تحديد أهم العوامل المؤثرة والعمل على طرح الحلول المناسبة للتخفيف من التلوث في حال وجوده.

الكلمات المفتاحية: مياه الأمطار، تلوث الهواء، المطر الحامضي، تحليل الأيونات (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}).

* أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالبة دراسات عليا - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

شهد العالم في ظل تزايد الأعداد السكانية وتطور الصناعات التحويلية والتطبيقية، وتزايد أعداد المصانع، إضافة إلى محطات تكرير النفط، ومحطات توليد الطاقة، وصناعة الأسمدة وغيرها من الصناعات التي تلحق ضرراً متزايداً بالبيئة تغيراً في التركيب الكيميائي لمياه الأمطار؛ إذ يترك طرح كميات كبيرة من نواتج تلك المصانع في البيئة الهوائية، وما ينبعث عن عوادم السيارات أثره الكبير في الغلاف الجوي وبالتالي في الخصائص الكيميائية لهذه المياه التي تعد مصدراً مهماً للمياه العذبة [1]؛ إذ يسبب انبعاث غازات مثل أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت (CO_x, NO_x, SO_x) التي تذوب في مياه الأمطار وبالتالي تحويلها تلك الأمطار إلى أمطار حامضية لها تأثيرات ضارة بالبيئة [2]. تتصف مياه الأمطار بأنها من أهم وحدات التغذية الأساس للمصادر المائية (الجوفية والسطحية)، مما يجعل تلك المصادر تتأثر بشكل مباشر بالتركيب الكيميائي لمياه الأمطار [3]، لذا تُعد الخصائص الهيدروولوجية لمياه الأمطار مؤشراً هاماً عن مدى تلوث الغلاف الجوي، بحيث غدا التلوث الهوائي أحد أشكال التلوث الأكثر خطورة التي تواجه المجتمعات المعاصرة سواءً الصناعية منها أو الزراعية. بالنتيجة، أدى ذلك إلى إلحاق الضرر بالإنسان وثرواته وممتلكاته من جهة وبمصادر البيئة من جهة ثانية، وقد بات من الواضح جداً أن الانبعاثات غير الطبيعية والمتزايدة تزايداً مطرداً تؤثر لدرجة خطيرة في التركيب الكيميائي لطبقة التروبوسفير وتقود في الوقت نفسه إلى تغيرات مناخية غير محمودة العواقب [4]، فغالبيتها المواد المنبعثة إلى طبقات الغلاف الجوي تعود إلى الأرض من جديد عبر تساقطها مع مياه الأمطار مما يجعل منها مؤشراً جيداً يمكن من خلاله تحديد التغير الحاصل في طبقة التروبوسفير [5].

أهم مصادر تلوث مياه الأمطار:

1. انبعاث الغازات السامة من المنشآت الصناعية ومحطات تكرير النفط، ومحطات توليد الطاقة والنفايات السائلة المتبخرة التي تؤثر تأثيراً سلبياً في مواصفات المحيط الجوي الغازي وبالتالي في مياه الأمطار [6].
 2. الاستخدام الكبير للمواد الكيميائية نتيجة التطورات الأخيرة في المجالات المختلفة العلمية والتكنولوجية [7].
 3. تعدد المصادر البشرية التي ينتج عنها ملوثات مثل: أكاسيد الكبريت والكربون و النتروجين (NO_2, CO_2, SO_2) المشكّلة للضباب الدخاني والذي يقود بدوره إلى حدوث التساقط فوق المدن؛ إذ تتفاعل تلك الملوثات لاحقاً فيما بينها في الغلاف الجوي وذلك عند توفر ظروف مناسبة من درجة حرارة ورطوبة مؤدية إلى تشكيل حمضي الكبريت والآزوت الحمضان القويان الأساسيان المشكلان للأمطار الحامضية التي أصبحت تُشكل مشكلة بيئية خطيرة في العديد من المدن عموماً والصناعية خصوصاً كون الأمطار الحامضية لا تقتيد بحدود الدول فهي تُنقل مع اتجاه الرياح من مكان إلى آخر وإلى مسافات بعيدة [3,8].
- يميل المطر الطبيعي بطبيعته نوعاً ما إلى الصفة الحامضية ويمتلك قيم لـ pH تتراوح ما بين (6 - 5.5)، وتجدر الإشارة إلى أن الأمطار التي تمتلك قيمة لـ pH أقل من 5 تنتمي بصورة فعلية إلى ما يسمى بالأمطار الحامضية، ويوجد نوعان من الحموض المسيطرة في الأمطار الحامضية هما حمض الكبريت H_2SO_4 وحمض الآزوت HNO_3 [9,10].
- أخطار الأمطار الحامضية:**

1. تؤدي إلى رفع حموضة مياه البحيرات والأنهار وتؤثر في التنوع الحيوي (أسماك، عوالق حيوانية، عوالق نباتية) مما يلحق ضرر في السلسلة الغذائية المائية [11].

2. تعمل على قتل أو تثبيط نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، والتي تقوم بدورها في تثبيت الآزوت على جذور النباتات [12،9].
3. يؤدي قتل أو تثبيط نشاط الكائنات الحية الدقيقة إلى تراكم المواد العضوية المعقدة في التربة إلى الحد الذي تعيق معه نفاذ الماء إلى داخل التربة وبالتالي انخفاض إنتاج النباتات والغابات [12].
4. تشكل خطراً على الموارد الاقتصادية (تخفيض من إنتاج المحاصيل الزراعية والمزارع السمكية) [12].
5. تُسبب تآكل الهياكل المعدنية وتآكل الهياكل الأثرية مما يساعد على تحرير المعادن السامة وانتقالها إلى التربة [11].

أهمية البحث وأهدافه:

- يهدف هذا البحث إلى وضع بيانات تحليلية (كيميائية) تكون بمثابة قاعدة، تُشكل مؤشراً، يُمكن من خلاله التعرف على التركيب الكيميائي لمياه الأمطار في مدينة اللاذقية خلال فترة الدراسة، وبالتالي تقدير الأخطار الناجمة عن تلوث تلك المياه، إضافة إلى مساهمة في دراسة إمكانية تحديد مصادر تلك الملوثات، وذلك من خلال:
- قياس بعض العوامل الهيدروكيميائية لمياه الأمطار مثل درجة الحرارة (T) ، درجة الحموضة (pH)، والناقلية الكهربائية (EC) التي تعطي فكرة عن الأملاح الذائبة في مياه الأمطار والتي تؤثر في الغطاء النباتي والمساحات المائية.
 - تحديد تراكيز بعض الأيونات (NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) باستخدام تقانة (مرئي/ فوق بنفسجي) (UV\Vis)
 - إنشاء قاعدة بيانات عن التركيب الكيميائي لمياه الأمطار في منطقة الدراسة (اللاذقية).

طرائق البحث ومواده:

المواد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

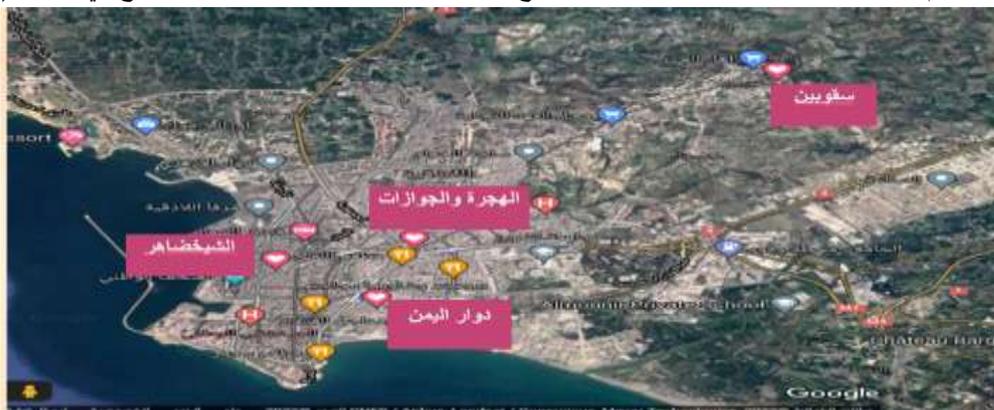
تتمتع جميع المواد المستخدمة بدرجة عالية من النقاوة وفقاً للآتي:

- حمض الكبريت المركز H_2SO_4 (98%)، غليسرول $C_3H_5O_3$ (96%)، كلوريد الصوديوم NaCl (99.5%)، كلوريد الباريوم $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ (99%)، نترات البوتاسيوم KNO_3 (99.0-100.5%)، حمض الساليسيليك $C_7H_6O_3$ ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH (98%)، طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$ (99.5%)، نترات الصوديوم $NaNO_2$ (98%)، حمض كلور الماء HCl (30%)، ألفا نافتول $C_{10}H_8O$ (99%)، 4-أمينو حمض البنزويك (98%).

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- ميزان حساس ماركة (Sartorius, ED₂₂₄₅)، $Sens. \pm 0.1mg$
- جهاز حقلي لقياس درجة الحرارة والناقلية الكهربائية ماركة (HM DIGITAL, COM-100).
- جهاز حقلي لقياس درجة الحموضة pH ماركة (EZDO 7011, pH . mV .Temp).
- جهاز قياس العكارة ماركة (Turbidirect, Tintometer GmbH, Lovibond, Germany)
- جهاز تحليل طيفي (UV-Vis Spectrophotometer) ماركة (SHIMADZU-UV1700) ثنائي الحزمة، يعمل ضمن مجال من طول الموجة يتراوح ما بين (190-1100nm) وعرض الشق الضوئي 1nm، ومزود بخليتين من الزجاج للعمل في المجال المرئي ومزود ببرنامج حاسوبي لمعالجة المعطيات.

- زجاجيات (ببإشراف، دوارق حجمية، ماصات، أسطوانيات مدرجة، أقماع فصل) مختلفة الحجم.
مواقع الاعتيان: تم اعتيان عينات مياه الأمطار من أربعة مواقع موزعة داخل مدينة اللاذقية كما هو موضح في الشكل (1).



شكل (1): صورة جوية تبين مواقع الاعتيان

جدول (1): يبين المواقع التي تم منها اعتيان عينات مياه الأمطار وارتفاع كل منها عن سطح الأرض وإحداثياتها

الموقع	الارتفاع عن سطح الأرض	خط الطول	خط العرض
الهجرة والجوازات	15m	35° 31' 32" N	35° 47' 33" E
الشيخخاهر	21m	35° 31' 16.284" N	35° 46' 36.1596" E
دوار اليمن	21m	35° 30' 47" N	35° 47' 17" E
سقويين	15m	35° 33' 37" N	35° 50' 2" E

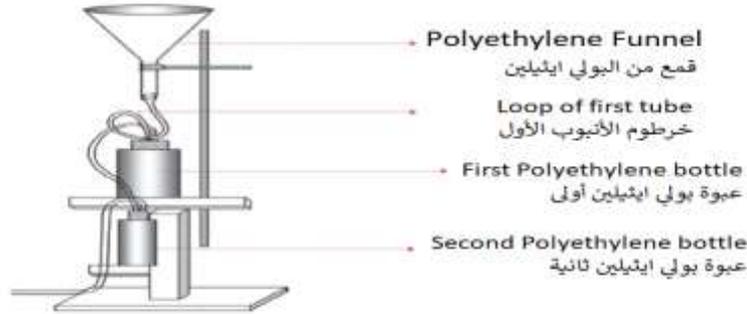
جرى جمع عينات مياه الأمطار على مدى عام كامل بدءاً من تشرين ثاني 2020 وحتى تشرين ثاني 2021 بمعدل مرتين كل فصل شتاء وفق البرنامج الزمني الموضح في الجدول (2).

جدول (2): تاريخ اعتيان عينات مياه الأمطار خلال فترة الدراسة

تاريخ الاعتيان	الجولة
3-4/11/2020	الأولى
15-16/12/2020	*الثانية
26/2/2021	الثالثة
25-26/11/2021	الرابعة

* تم جمعها بعد الحرائق التي حصلت في غابات القرى والمناطق المحيطة بمدينة اللاذقية
تم استخدام قمع وعبوات سعتها 1500 ml جميعها من البولي إيثيلين غُسلت بحمض الآزوت المسخن (0.1N)، ثم تم غليها بماء ثنائي التقطير وغُلقت بإحكام ووضعت في أكياس نايلون حتى موعد الاعتيان الذي تم خلال موسم الهطول المطري.

جرت عملية الاعتيان في جهاز اعتيان مع كامل الترسبات، إذ رُكب تقريباً على ارتفاع (15-20m) فوق مستوى سطح الأرض، بعيداً عن التربة السطحية وأي مصدر تلوث نوعي. تم اعتيان مياه الأمطار المتساقطة باستخدام قمع بولي إيثيلين وعبوة بولي إيثيلين سعتها 1500ml وذلك عبر وصلة من البولي إيثيلين، بحيث يُسمح للفائض بالعبور إلى عبوة ثانية من البولي إيثيلين، يتم ملؤها بمياه الأمطار باستخدام وصلة تخرج من سداة العبوة الأولى



شكل (2): جهاز اعتيان مياه الأمطار المتساقطة (Sampler Collector)

وتدخل في سداة العبوة الثانية، تحتوي العبوة الثانية على أنبوب يخرج منها مهمته سكب الماء الفائض خارج العبوة [8]. تم تحديد درجة الحرارة T ودرجة الحموضة pH والناقلية الكهربائية Ec مباشرةً بعد الاعتيان باستخدام جهاز قياس حقلي جدول (3). تم ترشيح العينات للتخلص من الرواسب وحفظت بقية العينات في درجة حرارة 4°C بغية تجنب التغيرات الفيزيائية-الكيميائية على أن يتم إنجاز التحليل في غضون أسبوع واحد من تاريخ الاعتيان.

تحليل الأيونات:

أيون الكبريتات SO_4^{2-} :

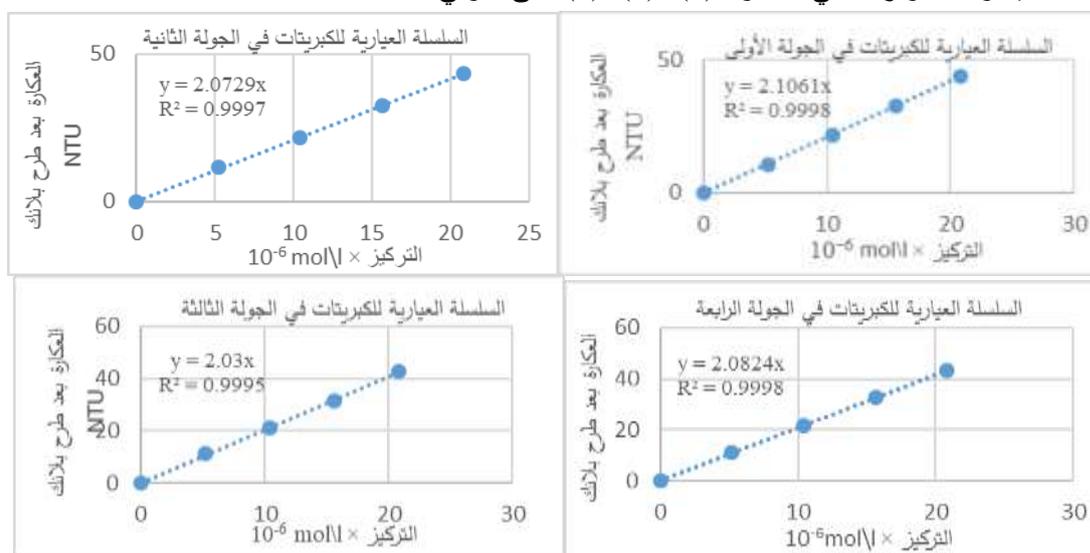
تم أخذ بوساطة أسطوانة مُدرّجة حجمٌ مقداره 25ml من كل عينة من العينات المائية المدروسة، ثم وضع كل منها في بيشر سعة 150ml. أضيف إلى كل حجم من الحجم السابق للعينات المدروسة 1.250ml من المحلول الخاص بالجليسرول، و 0.50g تقريباً من مسحوق كلوريد الباريوم $BaCl_2$ ، حُرك المزيج بعد ذلك باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 30 ثانية، ثم تم قياس عكارة كل محلول. حُضر محلول عياري أم للكبريتات SO_4^{2-} تركيزه

$5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ انطلاقاً من حمض الكبريت المركز (0.5M) وذلك بأخذ حجم مُحدد منه وتمديده 1000 مرة. حُضرت سلسلة محاليل عيارية لـ SO_4^{2-} بما يتوافق مع تركيز الكبريتات في العينات المائية المدروسة وذلك بأخذ حجم عدة (0.260, 0.520, 0.781, 1.041ml) من المحلول العياري الأم ذي التركيز $5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$. وضعت كل منها في ورق معايرة حجمي سعة 25ml، ومددت بماء ثنائي التقطير حتى إشارة التدرج، فتم الحصول على سلسلة التراكيز الآتية:

$$(5.20 \times 10^{-6}, 10.40 \times 10^{-6}, 15.62 \times 10^{-6}, 20.82 \times 10^{-6} \text{ M})$$

تُعامل محاليل السلسلة العيارية بالطريقة نفسها التي عوملت بها العينات المائية المدروسة. حُضر المحلول الشاهد بأخذ حجمٌ مقداره 25ml من الماء ثنائي التقطير، وأضيف إليه 1.25ml من المحلول الخاص بالجليسرول. نُقلت محتويات

الدورق إلى بيشر سعة 150ml وأضيف إليها 0.5g تقريباً من مسحوق كلوريد الباريوم $BaCl_2$ ، وتم تحريك المزيج باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 30 ثانية [14،13]، ثم تم قياس عكارة المحلول فكانت 71.2NTU. طُرحت عكارة المحلول الشاهد من عكارة كل محلول من محاليل السلسلة العيارية والعينات المائية المدروسة، ورسم المنحني العياري في الجدول (4). عوملت العينات المائية المدروسة الخاصة بالجوالة الثانية والثالثة والرابعة ومحلول الشاهد بالطريقة نفسها المتبعة في الجولة الأولى، واعتمدت تراكيز السلسلة العيارية للكبريتات ذاتها التي تم اعتمادها في الجولة الأولى، تم قياس عكارة المحلول الشاهد في الجولة الثانية فكانت 70.8NTU، وللجولة الثالثة 70.1NTU، وللجولة الرابعة 70.4NTU. قيست عكارة محاليل السلسلة العيارية ورسمت المنحنيات العيارية الموافقة $NTU=f(C_{SO_4^{2-}})$ الخاصة بكل جولة كما هو موضح في الشكل (3) وذلك بعد طرح عكارة الشاهد. قيست عكارة العينات المدروسة واستخدمت معادلة المنحني العياري $NTU=f(C_{SO_4^{2-}})$ الخاص بكل جولة في تحديد تركيز أيون الكبريتات وأدرجت نتائج القياس للجولات الثانية والثالثة والرابعة في الجداول (5)، (6)، (7) على التوالي.



شكل (3): المنحنيات العيارية الخاصة بأيون الكبريتات

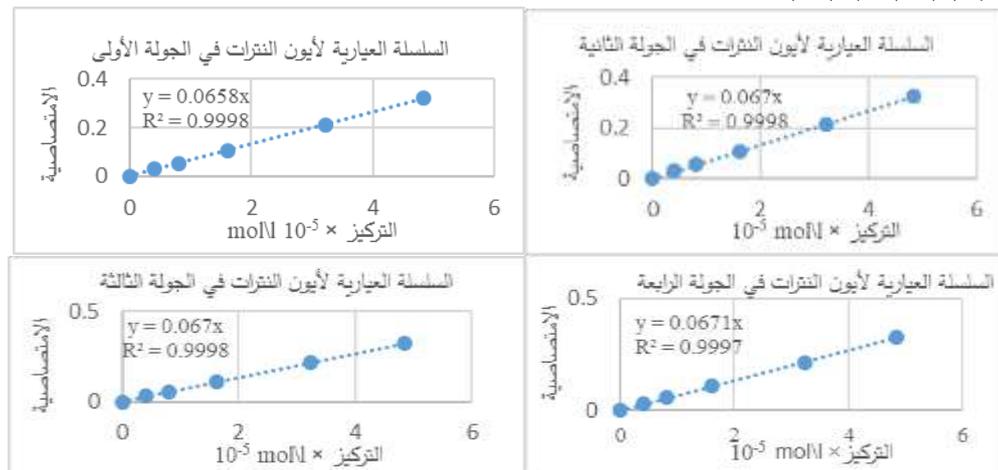
أيون النترات NO_3^- :

تم أخذ بواسطة أسطوانة مدرجة حجم مقداره 5ml من كل عينة من العينات المائية المدروسة، ثم وضع كل منها في دورق معايرة حجمي سعة 25ml، وأضيف إليه 1.5ml من محلول ماءات الصوديوم 40% و 0.5ml من محلول ساليسيلات الصوديوم 0.5%. بُخر المحلول عند درجة حرارة 110 °C، وترك جانباً ليبرد. أضيف إليه 1ml من حمض الكبريت المركز، ثم حرك جيداً، وترك لمدة عشر دقائق. أضيف إلى المزيج الناتج 7.5ml من ماء ثنائي التقطير، و 7.5ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم وطرطرات الصوديوم والبيوتاسيوم ومُدد المزيج حتى إشارة التدرج. حُضر محلول عياري أم (أول) لشاردة النترات NO_3^- من خلال إذابة 0.1646g من نترات البيوتاسيوم اللامائي KNO_3 في دورق معايرة حجمي سعة 1lit، وأكمل الحجم بالماء ثنائي التقطير حتى إشارة التدرج، فتم الحصول على محلول تركيزه $0.1g\ NO_3^-/L$ (0.00161M). حُضر محلول عياري جديد من المحلول السابق، وذلك بنقل 50ml من المحلول الأم (الأول) إلى دورق معايرة حجمي سعة 1lit، وأكمل الحجم بالماء ثنائي التقطير حتى إشارة التدرج،

فتم الحصول على محلول أم (ثاني) تركيزه $5\text{mgNO}_3^-/\text{L}$ ($8.06 \times 10^{-5}\text{M}$). حُضرت سلسلة محاليل عيارية لأيون النترات NO_3^- وذلك بنقل حجوم عدة (1.250, 2.50, 5.0, 10.0, 15.0ml) من المحلول العياري الأم ذي التركيز $8.060 \times 10^{-5}\text{M}$ إلى دوارق معايرة حجمية سعة كل منها 25ml وذلك بما يتوافق مع تركيز النترات في العينات المائية المدروسة التي تم اعتيائها خلال الجولات الأربع وأكمل المحلول حتى إشارة التدرج بماء ثنائي التقطير. تُعامل المحاليل العيارية بالطريقة نفسها التي عوملت بها العينات المائية المدروسة فتم الحصول على سلسلة التراكيز الآتية:

$$(0.403 \times 10^{-5}, 0.806 \times 10^{-5}, 1.612 \times 10^{-5}, 3.224 \times 10^{-5}, 4.836 \times 10^{-5}\text{M})$$

رافق ذلك تلون كل محلول من محاليل السلسلة العيارية باللون الأصفر. حُضر المحلول الشاهد بأخذ 5ml من ماء ثنائي التقطير في دورق حجمي سعة 25ml وعومل بالطريقة نفسها التي عوملت بها المحاليل العيارية والعينات المائية المدروسة [14، 13]. جرى مسح الطيف اللوني المرئي عند التركيز $8.060 \times 10^{-5}\text{M}$ ، وحدد طول موجة الامتصاص الأعظمي عند $\lambda_{\text{max}} = 407\text{nm}$. قيس امتصاصية محاليل السلسلة العيارية للنترات عند λ_{max} ، ورسمت المنحنيات العيارية الموافقة $A=f(C_{\text{NO}_3^-})$ لجولات الاعتيان الأربع كما هو موضح في الشكل (4)، استخدمت معادلة المنحني العياري لكل جولة في تحديد تركيز أيون النترات وأدرجت نتائج القياس للجولات الأولى والثانية والثالثة والرابعة في الجداول (8)، (9)، (10)، (11).



شكل (4): المنحنيات العيارية الخاصة بأيون النترات

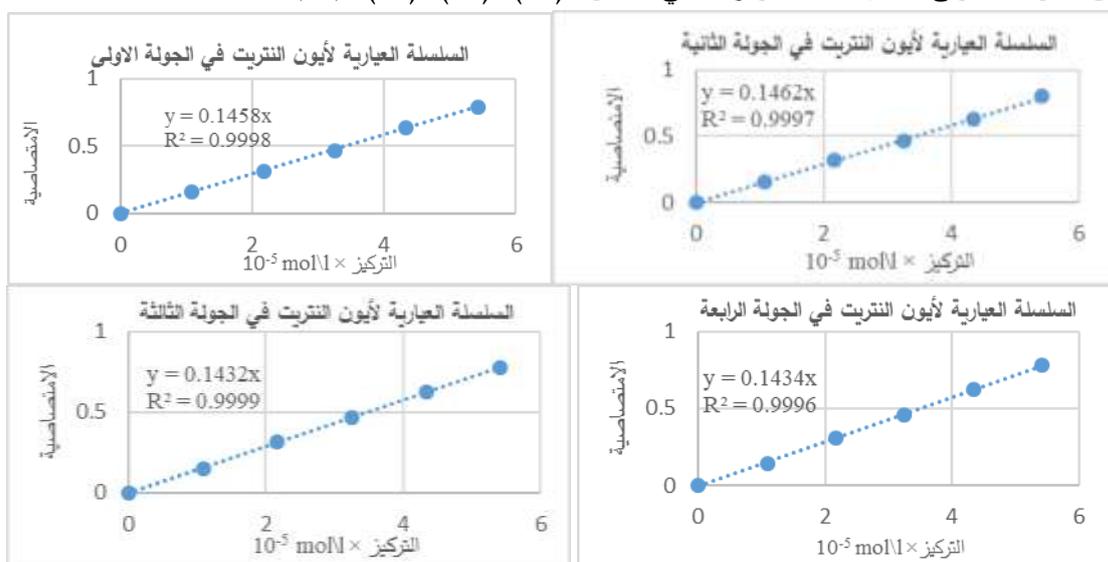
أيون النتريت NO_2^- :

تم أخذ بوساطة أسطوانة مدرجة حجم مقداره 20ml من كل عينة من العينات المائية المدروسة، ووضع كل منها في دورق معايرة حجمي سعة 25ml، وأضيف إليه 2.5ml من محلول حمض 4-أمينو البنزويك و 2.5ml من محلول النافتول-1. حُضر محلول عياري أم (أول) للنتريت من خلال إذابة 1.529g من نتريت الصوديوم NaNO_2 في دورق معايرة حجمي سعة 1lit. يحتوي كمية مناسبة من ماء ثنائي التقطير، ثم مُدّد المزيج الناتج بماء ثنائي التقطير حتى إشارة التدرج الموجودة على عنق الدورق، فتم الحصول بذلك على محلول عياري تركيزه $1\text{gNO}_2^-/\text{L}$ ($2.17 \times 10^{-2}\text{M}$). حُضر محلول عياري أم (ثاني) من المحلول السابق وذلك بنقل 10ml من المحلول العياري الأم (الأول) إلى دورق معايرة حجمي سعة 1lit، وأكمل الحجم بالماء ثنائي التقطير حتى إشارة التدرج، فتم الحصول على محلول عياري جديد تركيزه $0.01\text{gNO}_2^-/\text{L}$ ($2.17 \times 10^{-4}\text{M}$). حُضرت سلسلة محاليل عيارية لـ NO_2^- انطلاقاً من المحلول العياري الأم ذي التركيز ($2.17 \times 10^{-4}\text{M}$) وذلك بأخذ حجوم عدة

(1.250, 2.50, 3.750, 5.0, 6.250 ml) بما يتوافق مع تركيز أيون النتريت في العينات المائية المدروسة، ثم وضع كل منها في دورق معايرة حجمي سعة 25ml، وأضيف إلى كل منها 2.50ml من محلول حمض 4-أمينو البنزويك و 2.50ml من محلول النافتول-1، فتم الحصول بذلك على سلسلة التراكيز الآتية:

$$(1.085 \times 10^{-5}, 2.17 \times 10^{-5}, 3.255 \times 10^{-5}, 4.340 \times 10^{-5}, 5.425 \times 10^{-5} \text{M})$$

رافق ذلك تلون كل محلول من محاليل السلسلة العياريّة باللون الأرجواني [13،14]. جرى مسح الطيف عند التركيز $2.17 \times 10^{-5} \text{M}$ وحدد طول موجة الامتصاص الأعظمي عند $\lambda_{\text{max}} = 524 \text{ nm}$. قيس امتصاصية محاليل السلسلة العياريّة للنتريت باستخدام مطيافية الطيف اللوني المرئي، ورسمت المنحنيات العياريّة الموافقة $A = f(C_{\text{NO}_2^-})$ لجولات الاعتيان الأربع. استخدمت معادلة المنحني العياري الموافق لكل جولة في تحديد تركيز أيون النتريت وأدرجت نتائج القياس للجولات الأولى، الثانية، الثالثة والرابعة في الجداول (12)، (13)، (14)، (15).



شكل (5): المنحنيات العياريّة الخاصة لأيون النتريت

النتائج والمناقشة:

يوضح جدول (3) قيم درجة الحموضة pH، الناقلية الكهربائية Ec ودرجة الحرارة T في مواقع الاعتيان خلال فترة الدراسة وفق الآتي:

جدول (3): قيم درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، درجة الحرارة في مواقع الاعتيان خلال فترة الدراسة

موقع الاعتيان	درجة الحموضة				الناقلية الكهربائية				درجة الحرارة			
	pH*				EC* (µs\cm)				T °C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
الهجرة والجوازات	6.53	6.51	6.61	6.47	43.9	45.8	43.3	51.6	24.7	17.1	13.3	25.6
الشيخضاهر	6.55	6.52	6.54	6.49	37.2	37.4	35.9	42.4	24.7	17.1	13.3	25.6
دوار اليمن	6.84	6.75	7.12	6.62	32.5	33.4	32.4	35.2	24.7	17.1	13.3	25.6
سقوبين	6.96	6.87	7.32	6.85	29.5	29.6	29.3	31.5	24.7	17.1	13.3	25.6

1,2,3,4 تعبر عن ترتيب الجولات، * تدل على متوسط أربع قراءات متتالية تراوحت قيم pH للعينات المدروسة ما بين (6.47-7.32) بمتوسط 6.72 وهي قيمة تقع ضمن مجال ضعيف الحموضة إلى قلوي ضعيف، وكانت تلك القيم مشابهة للقيم التي سجلت في بغداد والتي بلغت 6.7 [15]، وبمتوسط 6.84 في سوريا [16].

لُحظ من خلال النتائج المسجلة أن قيم الحموضة كانت أعلى في موقعي الهجرة والجوازات والشيخضاهر (انخفاض في قيم الـ pH) مقارنة بموقع دوار اليمن، ويعزى ذلك إلى ارتفاع تركيز كل من أيون الكبريتات جدول (4,5,6&7) والنترات جدول (8,9,10&11) اللذان يظهران على هيئة حمضي الكبريت والآزوت الحمضان المسؤولان عن تشكيل الأمطار الحامضية في العينات التي تم جمعها من الموقعين السابقين وهذا متوافق مع الدراسات الأخرى [14,17]، في حين كانت قيمها في موقع سقوبين قريبة من المعتدلة إلى القلوية الضعيفة (pH=7.32)، وتعود هذه النتيجة إلى حمولة الجو من كربونات الكالسيوم والطبيعة القلوية لتربة الأراضي المحيطة بالمنطقة وهذا متوافق مع دراسة عالمية [18]. بلغت قيم الناقلية في مياه الأمطار (29.3-51.6µs\cm) بمتوسط (36.93µs\cm)، وقد لُحظ أن قيمها تتعلق مباشرة بدرجات الحرارة وبذوبانية الأيونات في العينات المائية المدروسة، وتجدر الإشارة إلى أن القيم الشائعة للناقلية في مياه الأمطار تتراوح ما بين (5-1000µs\cm) [19].

جدول (4): تركيز أيون الكبريتات في موقع الهجرة والجوازات

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	العكارة* NTU	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.5953	16.618×10 ⁻⁶	35.0	0.0644	4.0368	1.5953 ± 0.0893
15-16/12/2020	1.9172	19.972×10 ⁻⁶	41.4	0.0245	1.2779	1.9172 ± 0.0340
26/2/2021	1.5653	16.305×10 ⁻⁶	33.1	0.0038	0.2427	1.5653 ± 0.0053
25-26/11/2021	1.9685	20.505×10 ⁻⁶	42.7	0.0130	0.6604	1.9685 ± 0.0180

جدول (5): تركيز أيون الكبريتات في موقع الشيخضاهر

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	العكارة* NTU	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.5452	16.0961×10 ⁻⁶	33.9	0.0064	0.4141	1.5452 ± 0.0089
15-16/12/2020	1.8153	18.9107×10 ⁻⁶	39.2	0.0327	1.8013	1.8153 ± 0.0454
26/2/2021	1.5086	15.7142×10 ⁻⁶	31.9	0.0077	0.5104	1.5086 ± 0.0107
25-26/11/2021	1.8809	19.5927×10 ⁻⁶	40.8	0.0037	0.1967	1.8809 ± 0.0051

جدول (6): تركيز أيون الكبريتات في موقع دوار اليمن

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	العكارة* NTU	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.1212	11.680×10 ⁻⁶	24.6	0.0207	1.8462	1.1212 ± 0.0287
15-16/12/2020	1.6765	17.4634×10 ⁻⁶	36.2	0.0648	3.8651	1.6765 ± 0.0900
26/2/2021	1.1113	11.5763×10 ⁻⁶	23.5	0.0102	0.9178	1.1113 ± 0.0141
25-26/11/2021	1.7518	18.2481×10 ⁻⁶	38.0	0.1357	7.7463	1.7518 ± 0.1883

جدول (7): تركيز أيون الكبريتات في موقع سقوبين

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	العكارة* NTU	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	0.8614	8.9739×10 ⁻⁶	18.9	0.0226	2.6236	0.8614 ± 0.0313
15-16/12/2020	1.3102	13.6523×10 ⁻⁶	28.3	0.0067	0.5113	1.3102 ± 0.0093
26/2/2021	0.8087	8.4236×10 ⁻⁶	17.1	0.0176	2.1763	0.8087 ± 0.0244
25-26/11/2021	1.3646	14.2143×10 ⁻⁶	29.6	0.0037	0.2711	1.3646 ± 0.0051

* تمثل متوسط أربع قراءات متتالية للعينة الواحدة للأيونات المدروسة، تمثل SD Standard Deviation الانحراف المعياري، Percentage Standard Deviation RSD% الانحراف المعياري النسبي المئوي و CL Confidence Level حد الثقة عند مستوى ثقة 95% وعدد درجات حرية t=2.776، عند أربع تراكيز مكررة n=4 لكل عينة من العينات المدروسة والأيونات المدروسة.

بينت النتائج في الجداول 4, 5, 6 & 7 أن أعلى قيم لتركيز أيون الكبريتات في المواقع المدروسة كانت في الجولة الرابعة، وهذا يدل على أن تركيز الملوثات في مياه الأمطار يزداد من عام لآخر بسبب الاستخدام الواسع لمحطات توليد الطاقة التي تستخدم فحم مستخرج من مناجم غنية بالكبريت ومحطات تكرير النفط، في حين كان تركيز الكبريتات في موقعي مفرق بوقا (الهجرة والجوازات) والشيوخضاهر أعلى من تركيزها في موقعي دوار اليمن وسقوبين؛ إذ يعود السبب إلى النقل الجوي لملوث الكبريت تبعاً لإتجاه الرياح وكثافة وسائل النقل بين موقع وآخر.

أيون النترات:

توضح الجداول (8)، (9)، (10)، (11) قيم تراكيز أيون النترات في المواقع المدروسة لجولات الاعتيان الأربع.

جدول (8): تركيز أيون النترات في موقع الهجرة والجوازات

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	2.6007	4.1945×10 ⁻⁵	0.276	0.0201	0.7729	2.6007 ± 0.0279
15-16/12/2020	2.7300	4.4029×10 ⁻⁵	0.295	0.0075	0.2747	2.7300 ± 0.0104
26/2/2021	2.0082	3.2388×10 ⁻⁵	0.217	0.0261	1.2996	2.0082 ± 0.0362
25-26/11/2021	2.7814	4.4858×10 ⁻⁵	0.301	0.0075	0.2696	2.7814 ± 0.0104

جدول (9): تركيز أيون النترات في موقع الشيخضاهر

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	CL= $\bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	2.1485	3.4650×10 ⁻⁵	0.228	0.0076	0.3537	2.1485 ± 0.0105

15-16/12/2020	2.6005	4.1940×10^{-5}	0.281	0.0075	0.2884	2.6005 ± 0.0104
26/2/2021	1.8786	3.0298×10^{-5}	0.203	0.0075	0.3992	1.8786 ± 0.0104
25-26/11/2021	2.6890	4.3368×10^{-5}	0.291	0.0075	0.2789	2.6890 ± 0.0104

جدول (10): تركيز أيون النترات في موقع دوار اليمن

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.7527	2.8267×10^{-5}	0.186	0.0153	0.8729	1.7527 ± 0.0212
15-16/12/2020	2.0637	3.3283×10^{-5}	0.223	0.0199	0.9642	2.0637 ± 0.0276
26/2/2021	1.3511	2.1791×10^{-5}	0.146	0.0151	1.1176	1.3511 ± 0.0209
25-26/11/2021	2.1253	3.4277×10^{-5}	0.230	0.0075	0.3529	2.1253 ± 0.0104

جدول (11): تركيز أيون النترات في موقع سقوبين

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	0.9234	1.4893×10^{-5}	0.098	0.0153	1.6572	0.9234 ± 0.0212
15-16/12/2020	0.9995	1.6119×10^{-5}	0.108	0.0226	2.2611	0.9995 ± 0.0314
26/2/2021	0.8792	1.4179×10^{-5}	0.095	0.0226	2.5705	0.8792 ± 0.0314
25-26/11/2021	1.0534	1.6989×10^{-5}	0.114	0.0199	1.8912	1.0534 ± 0.0276

يُلاحظ من الجداول السابقة أن أعلى قيم لتركيز أيون النترات كانت في موقع الهجرة والجوازات يليها موقع الشيخضاهر ويعود ذلك إلى أن الموقعين المدروسين يمثلان مركز المدينة وبالتالي وجود حركة مرورية كثيفة للمركبات وعمليات التوقف والحركة للمركبات أكبر مقارنة مع بقية المواقع الأخرى الأمر الذي يساهم في انطلاق أكاسيد الآزوت، وهذا يفسر ارتفاع تركيز أيون النترات مقارنة بتركيز أيون الكبريتات كونه ينبعث من عوادم السيارات العاملة على البنزين ونسبة الكبريت فيه قليلة أساساً وبالتالي فإن نسبة انطلاق أكاسيد الكبريت قليلة وهذا ما أكدته الكثير من الدراسات [21،20،15].

أيون النتريت:

توضح الجداول (12)، (13)، (14)، (15) قيم تراكيز أيون النتريت في المواقع المدروسة لجولات الاعتيان الأربع.

جدول (12) تركيز أيون النتريت في موقع الهجرة والجوازات

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.8080	3.9300×10^{-5}	0.573	0.0068	0.3761	1.8080 ± 0.0094
15-16/12/2020	2.0925	4.5486×10^{-5}	0.665	0.0068	0.3249	2.0925 ± 0.0094
26/2/2021	1.2528	2.7234×10^{-5}	0.390	0.0069	0.5507	1.2528 ± 0.0096
25-26/11/2021	2.1527	4.6792×10^{-5}	0.671	0.0069	0.3205	2.1527 ± 0.0096

جدول (13): تركيز أيون النتريت في موقع الشيخضاهر

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.3977	3.0384×10^{-5}	0.443	0.0051	0.3648	1.3977 ± 0.0070
15-16/12/2020	1.6047	3.4884×10^{-5}	0.510	0.0051	0.3178	1.6047 ± 0.0070
26/2/2021	1.1533	2.5069×10^{-5}	0.359	0.0094	0.8150	1.1533 ± 0.0130

25-26/11/2021	1.6939	3.6820×10^{-5}	0.528	0.0094	0.5549	1.6939 ± 0.0130
---------------	--------	-------------------------	-------	--------	--------	---------------------

جدول (14): تركيز أيون النتريت في موقع دوار اليمن

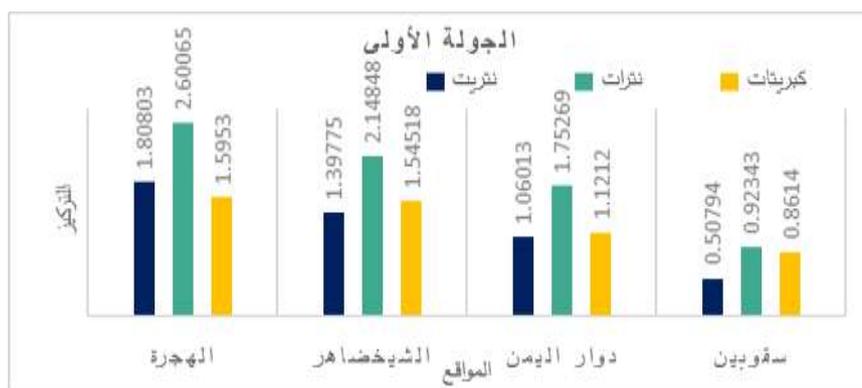
تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	1.0601	2.3045×10^{-5}	0.336	0.0068	0.6414	1.06013 ± 0.0094
15-16/12/2020	1.2082	2.6265×10^{-5}	0.384	0.0089	0.7366	1.20817 ± 0.0123
26/2/2021	0.7807	1.6969×10^{-5}	0.243	0.0052	0.6660	0.78067 ± 0.0072
25-26/11/2021	1.3153	2.8591×10^{-5}	0.410	0.0069	0.5245	1.31531 ± 0.0096

جدول (15): تركيز أيون النتريت في موقع سقوبين

تاريخ الاعتيان	التركيز الوزني* (mg/l~ ppm)	التركيز المولاري* mol/l~M	الامتصاصية* A	SD*	RSD%*	$CL = \bar{X} \pm \frac{t.s}{\sqrt{n}}$ *
3-4/11/2020	0.5079	1.1042×10^{-5}	0.161	0.0093	1.8310	0.5079 ± 0.0129
15-16/12/2020	0.5663	1.2312×10^{-5}	0.180	0.0135	2.3839	0.5663 ± 0.0187
26/2/2021	0.4851	1.0544×10^{-5}	0.151	0.0069	1.4223	0.4851 ± 0.0096
25-26/11/2021	0.6352	1.3807×10^{-5}	0.198	0.0094	1.4798	0.6352 ± 0.0130

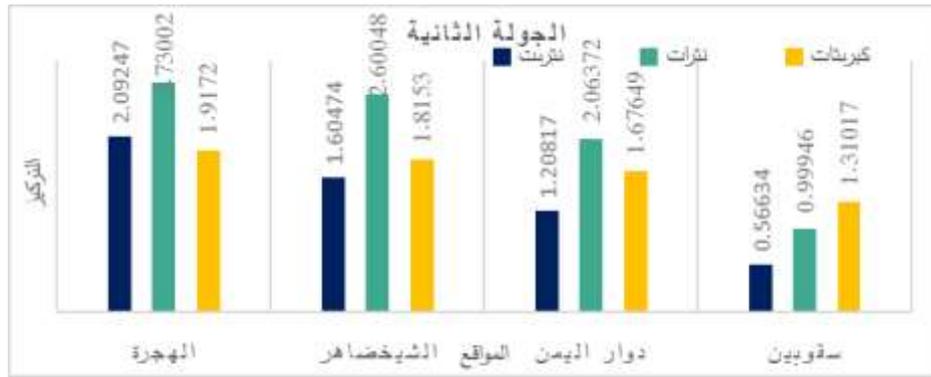
أظهرت القيم التي عرضت في الجداول السابقة إلى تطابقها مع قيم أيون النتريت NO_3^- كون أيون النتريت NO_2^- مترافقاً مع أيون النتريت؛ إذ ينبعث أيون النتريت بادئ الأمر ثم يتأكسد إلى أيون النتريت. سُجل أعلى تركيز لأيون النتريت في موقع الهجرة والجوازات والشيخضاهر في الجولة الرابعة وهذا يدل إلى وجود تلوث حديث في المواقع المدروسة وهذا متوافق مع دراسة [9].

تدل القيم التي تم الوصول إليها من خلال الدراسة الإحصائية أن الدقة جيدة، تؤكدها قيم الانحراف المعياري النسبي المئوي % RSD التي لم تتجاوز 5% من أجل جميع الأيونات إلا لقيمة واحدة فقط لأيون الكبريتات في الجولة الرابعة لموقع دوار اليمن.



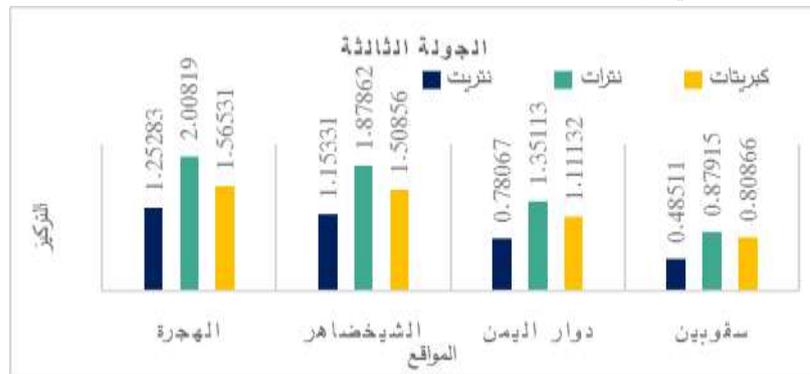
شكل (6): تركيز الأيونات في الجولة الأولى

يبين الشكل السابق أن أعلى قيمة تركيز كانت لأيون النتريت يليه أيون الكبريتات ثم أيون النتريت في موقعي الهجرة والجوازات والشيخضاهر ويعود ذلك إلى غلبة الحركة المرورية في الموقعين السابقين مقارنة بموقع دوار اليمن وسقوبين كون أكاسيد النتروجين NO_2^- , NO_3^- تنبعث من عوادم محركات السيارات.



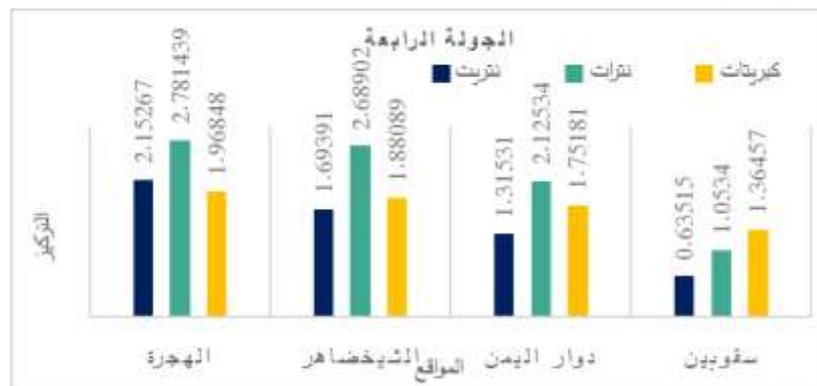
شكل (7): تركيز الأيونات في الجولة الثانية

يُلاحظ من الشكل السابق ارتفاع تركيز الأيونات في كافة المواقع المدروسة في هذه الجولة مقارنة بالجولة الأولى، يُعزى ذلك إلى أن خلال فترة الدراسة حصلت حرائق في الغابات المحيطة بمدينة اللاذقية مما أدى إلى ارتفاع تركيز الملوثات التي تم غسلها بمياه الأمطار التي تم ائتيانها مباشرة بعد الحرائق [22].



شكل (8): تركيز الأيونات في الجولة الثالثة

يُلاحظ من الشكل السابق أن قيم تراكيز الأيونات انخفضت مقارنةً بالجولات السابقة وهذا يفسر أن لمياه الأمطار دور كبير في غسل الجو من الملوثات.



شكل (9): تركيز الأيونات في الجولة الرابعة

تمت هذه الجولة في موسم مطري جديد ويبين الشكل أن تركيز الأيونات ارتفع من جديد وهذا يعني أن تركيز الملوثات يرتفع خلال فصل الصيف حيث لا توجد فرصة لحصول هطل مطري فتتجمع الملوثات في الجو على هيئة غبار جاف وتنتقل من منطقة لأخرى قبل أن تتوفر لها البيئة المناسبة لترسبها على هيئة أمطار حامضية، ولهذا السبب يكون من الصعب أحياناً تحديد المصادر النوعية لملوثات المطر الحامضي وهذا ما بينته دراسة [7].

تمت مقارنة النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث مع نتائج دراسات أجريت في سوريا (طرطوس والقدموس) ودراسات عالمية أجريت في (اليونان -تركيا والأردن) كدول محيطة بالجمهورية العربية السورية جدول (16)؛ إذ يُلاحظ أن قيم pH في جميع الدراسات تقع ضمن مجال ضعيف الحموضة مما يدل على أن هذه الدول لا تقع تحت تأثير الأمطار الحامضية. كان أيون النترات الأعلى تركيزاً في طرطوس [23] بالمقارنة مع الدراسات الأخرى كونها محافظة ذات مساحة ضيقة وكثافة سكانية عالية وتحتوي على 135 ألف مركبة نقل وهناك العديد من الأنشطة الصناعية مثل معمل الأسمت ومحطات توليد الطاقة العاملة على الديزل. في حين سجلت الدراسة التي أجريت في الأردن [24] أعلى قيمة للناقلية الكهربائية كون الدراسة تمت في منطقة البتراء وهي منطقة صحراوية يسيطر عليها غبار الغلاف الجوي. كان أيون الكبريتات في اليونان [25] الأعلى تركيزاً مقارنة بالدراسات الأخرى وهذا يعزى إلى النقل الطويل الأمد لملوثات الهواء الجوي المحملة بغاز ثنائي أكسيد الكبريت من أوروبا والمناطق الصناعية المجاورة للمنطقة التي تمت دراستها في اليونان. تم تقييم منطقة مرسين في تركيا [26] كمنطقة تقع تحت تأثير المصادر الطبيعية مثل الغبار الجيري والمصادر البحرية.

جدول (16): مقارنة هذه الدراسة مع دراسات أخرى محلية وعالمية

	الناقلية الكهربائية $\mu\text{s/cm}$	درجة الحموضة pH	النترات NO_3^- $\mu\text{eq/l}$	الكبريتات SO_4^{2-} $\mu\text{eq/l}$
الدراسة الحالية	36.93	6.72	$30.83 \approx 1.9115\text{mg/l}$	$30.10 \approx 1.4876\text{mg/l}$
طرطوس	75.30	6.94	272	79.5
القدموس	14.80	6.46	25.7	39.2
الأردن	160.60	6.85	35.70	53.20
اليونان	26.6	6.45	36.2	94
تركيا - مرسين	47.8	6.22	28.5	75.9

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. تراوحت قيم pH للعينات المدروسة ما بين (6.47-7.32) بمتوسط 6.72 والتي تقع ضمن مجال ضعيف الحموضة مما يعني أن المواقع المدروسة لا تقع تحت تأثير الأمطار الحامضية وإن كان الرقم الهيدروجيني يميل إلى ما دون 7 فإن ذلك يعود إلى ذوبانية غاز ثنائي أكسيد الكربون ذوباناً طبيعياً في الجو.
2. تملك الجولة الرابعة التي تمت بتاريخ 25-26/11/2021 أعلى درجة للحموضة وبالتالي أخفض قيم لـ pH ولتركيز كافة الأيونات، يليها الجولة الثانية ثم الأولى ثم الثالثة ويعود ذلك لعمليات الإذابة والغسل للمواد العالقة والغازات التي يزداد تركيزها في الفصول الجافة [15].
3. تميز موقعي الهجرة والجوازات والشيخضاهر قيم تراكيز أعلى لجميع الأيونات مقارنةً بموقعي دوار اليمن وسقوبين كونهما يمثلان المركز الحيوي للمدينة.

4. لُحظ أن قيم تراكيز أيون النترات NO_3^- أعلى من قيم تراكيز الأيونين NO_2^- و SO_4^{2-} وهذا يعني سيطرة حمض الآزوت على حموضة مياه الأمطار، ويتم هذا عندما تكون الانبعاثات صادرة عن مركبات نقل تعتمد في وقودها على فحم مستخرج من مناجم فقيرة بالكبريت.

التوصيات:

1. يُعدّ من الضروري استمرار مراقبة مكونات الهطولات المطرية خصوصاً بعد تزايد عدد مركبات النقل تزايداً مطرداً وانتشار أعمال البناء والحفر انتشاراً غير مسبوق في مدينة اللاذقية خاصة والمدن السورية عامة خلال السنوات الأربع الماضية وما يرافق ذلك من تزايد في عدد الملوثات المنبعثة باختلاف أنواعها.

References:

1. Demirak A. The Influence of a Coal-Fired Power Plant in Turkey on the Chemical Composition of Rain Water in a Certain Region. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006; 129(1-3):189-196.
2. Salve P, Maurya A, Wate S, Devotta S. Chemical Composition of Major Ions in Rainwater. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2008; 80(3):242-246.
3. Ghanem M, Shalash I, Al-Rimmawi H. Hydrochemical Characteristics of Rainwater in Ramallah District. *Asian Journal of Earth Sciences*. 2009; 3(1):11-19.
4. Saleh R, Mahmoud T, Abdel Wahab S. Air Pollution and Precipitation Characteristics in Mosul City. *Al-Rafidain Engineering Journal*. 2007;: 1-14 .
5. Pachauri T, Saraswat R. Chemical characterization of Rainwater at Agra, UP, India. *Research Journal of Recent Sciences*. 2018; 7(5):14-17.
6. Facchini Cerqueira M, Pinto M, Derossi I, Esteves W, Rachid Santos M, Costa Matos M et al. Chemical characteristics of rainwater at a southeastern site of Brazil. *Atmospheric Pollution Research*. 2014; 5(2):253-261.
7. Dinrifo R, Babatunde S, Bankole Y, Demu Q. Physico- Chemical Properties of Rain Water Collected from Some Industrial Areas of Lagos State Nigeria. *European Journal of Scientific Research*. 2010; 41(3):383-390.
8. KHAN M. Chemical composition of wet precipitation of air pollutants: A case study in Karachi, Pakistan. *Atmósfera*. 2014; 27(1):35-46.
9. Singh A, Agrawal M. Acid rain and its ecological consequences. *Journal of Environmental Biology*. 2008; 29(1):15-24.
10. Qassem A, Sabri R, Younis R. Study of the effect of air pollutants on the characteristics of rainwater in Al-Araj village / Hamam Al-Alil district, south of Mosul city. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*. 2012;2(19):1-12.
11. Islam A. Pollution is a problem of the times. Kuwait: Council for Culture, Arts and Letters; 1990
12. Sivaramanan S. A C I D R A I N , C A U S E S , E F F E C T S A N D C O N T R O L S T R A T E G I E S. 2015;:1-13.
13. Rice E, Bridgewater L. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C.: American Public Health Association; 2012.
14. Mohamad I. Environmental Chemistry Practical Section. Iattakia: Tishreen University Publication; 2008.
15. Awadh S. The Atmospheric Pollution of Baghdad City, Iraq. The Proceeding of 3rd scientific conference of College of Science, University of Baghdad. 2009;:1727-1740.
16. Kattan Z. Factors affecting the chemical composition of precipitation in Syria. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; (27):28408–28428.

17. Demirak A, Balci A, Karaoğlu H, Tosmur B. Chemical characteristics of rain water at an urban site of south western Turkey. *Environ Monit Assess.* 2006;1-3(123):271–283.
18. Saad Z, slim k, Ghaddar A, Nasr El Dine M, Kattan Z. Chemical composition of rain water in Lebanon. *Journal européen d'hydrologie.* 2010; 2(31):223-238.
19. ALLAN M. World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch, Manual for The GAW Precipitation Chemistry Programme Guidelines. Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures. GAW Precipitation Chemistry Science Advisory Group. 2015; 160.
20. Hasan N, Drijeana D, Sulaeman A. Composition of Ions and Trace Metals in Rainwater in Bandung City, Indonesia. *IPTEK Journal of Proceedings Series.* 2017; 3(6).
21. Rao P, Tiwari S, Matwale J, Pervez S, Tunved P, Safai P et al. Sources of chemical species in rainwater during monsoon and non-monsoonal periods over two mega cities in India and dominant source region of secondary aerosols. *Atmospheric Environment.* 2016; 146:90-99.
22. Ramadan K A. Acid Deposition Phenomena. 2004; 30(2).
23. Al-Charideh A, Nasser S. Chemical composition of rainwater and the acid neutralization effect at Tartous and Kadmous sites in coastal area of Syria.2022:<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2107624/v1> .
24. Al-Khashman O A. Ionic composition of wet precipitation in the Petra region, Jordan. *Atmos Res.* 2005; 78:1–12.
25. Anatolaki C, Tsitouridou R. Relationship between acidity and ionic composition of wet precipitation. A two years study at an urban site, Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research.* 2009; 92(1):100–113.
26. Özsoy T, Türker P, Örnektekin S. Precipitation chemistry as an indicator of urban air quality in Mersin, north-eastern Mediterranean region. *Water, Air, and Soil Pollution.* 2008; 189:69–83.