التلوث الهوائي وخصائص مياه الامطار في مدينة الموصل

طارق أحمد محمود **سعدي عبد الوهاب** **رياض محمود صالح**

مركز بحوث البيئة **مديرية طرق وجسور نينوى** **مركز بحوث البيئة**

جامعة الموصل **جامعة الموصل**

الخلاصة

جرت دراسة تركيز الرصاص والكادميوم في مياه الأمطار وفي ستة مواقع مختلفة من مدينة الموصل جرى اختيارها بحيث تغطي المساحة الجغرافية واستخدامات الارض في المدينة . وقد كان بالامكان اختبار ما يزيد على عشر مزن مطرية مستقلة لاغراض التحري .

ولقد تم قياس تراكيز الكادميوم والرصاص (فضلا عن الملوثات الأخرى) إضافة إلى القيم التراكمية لهذه المعادن في المواقع الستة وللمزن المطرية المختلفة ، وتبين ان المواقع القريبة من مركز المدينة أظهرت تراكيز عالية من هذين المعدنين مما يؤشر ان مصدر هذين المعدنين هو وسائط النقل نتيجة لحرق الوقود والاحتكاك بين الاطارات والطرق .

ورغم محدودية تراكيز الكادميوم والرصاص الحالية فان مؤشرات حرجة لتراكيزها في نهر دجلة واحتمالات وصولها الى المياه الجوفية ، فضلا عن الاضرار الصحية المتأتية من استنشاق الملوثات مع الهواء يدفع الى ضرورة الانتباه الى هذه المشكلة وعدم السماح بتفاقمها وتحجيم مصادر نشوئها قدر الإمكان .

الكلمات الدالة : مياه الامطار، خصائص نوعية ، تلوث هواء ، رصاص ، كادميوم، ساقط غباري

Air Pollution and Rainwater Properties in Mosul City

T. A. Mahmood **S. S. Abdelwahab** **Riyadh M. Al-Obaidi**
Environment Research Center **Road and Bridges** **Environment Research Center**
ConstructionOffice
Mosul University **Mosul**
Mosul University

Abstract

Concentration and cumulative depositions of some major air pollutants (especially Lead Pb and Cadmium Cd) was measured in six locations distributed with certain patern in Mosul city .It was possible to survey more than (10) separate rainfall storms during the period of study.

Locations near the city center exhibited the highest Cd and Pb value due to heavy traffic .
The level of Cd and Pb is still moderate, but due to probable effect on Tigris and groundwater as well as direct air quality, it is important to control sources of these two heavy metals in the future.

Keywords; rainwater, quality characteristics, air pollution, lead, cadmium,

---

المقدمة :

أستلم في 2005/9/13 **قبل في 2006/9/20**

لايختلف اثنان على ان موارد البيئة (الماء –الهواء – التربة) مترابطة مع بعضها ترابطا بيئيا لا شك فيه بمنظومة متوازنة ، واذا ما حصل خلل او تلوث في أي من هذه الموارد فلا بد من تأثر الموارد الاخرى به من قريب او بعيد . هذه الميزة لهذه المنظومة المتوازنة يمكن الاستفادة منها في اماكن عدة ، فحينما يكون من الصعب قياس حدة التلوث في مورد ما بدقة يمكن تخمين درجة التلوث ذلك من تقنيات مراقبة التلوث في المورد الاخر . هذا الكلام ينطبق على موضوع تقدير حجم التلوث الهوائي من قياس الملوثات الموجودة في المياه السطحية (وفي مياه الامطار)في حالة عدم او صعوبة الحصول على تقنيات قياس التلوث الهوائي ومراقبته . وقد درس العديد من الباحثين هذا الموضوع (٢) سواء بالتركيز على موضوع تلوث المياه بمصادر الهواء (الجو) ، او على تخمين التلوث الهوائي عن طريق قياس تلوث المياه الناجم عن مصادر الجو . وعلى اية حال فهذا الشيء يدعم فكرة الترابط المطروحة بادئ الامر .وفي هذا العمل تم التركيز على تلوث مياه الأمطار بالتلوث الهوائي ومنها تلوث المياه السطحية .

ويعد علم كيمياء السقيط وسيلة مهمة في دراسة تأثر مياه الامطار ومنها المياه السطحية بالمصادر الجوية ، وقد ازدادت أهمية هذا العلم في السني الاخيرة بنشوء الحقيقة التي تقول بأن الملوثات المحتواة في السقيط تؤثر جليا على المزروعات والتربة والبحيرات والانهار والكثير من البنى التحتية وقد صُبت الأهمية على الاحمال السنوية والشهرية للعديد من الملوثات الواصلة من الجو فضلا عن التركيز على التغيرات الحاصلة في تركيز الشوائب في السقيط خلال كل مزنة مطرية (١) . فدراسة التركيب الكيميائي مهم لغرض فهم العديد من المسائل العلمية والتطبيقية . وبمعرفة هذا التركيب يكون من الممكن تقدير درجة التلوث الهوائي ، ومعرفة دورة جزيئات الرذاذ والغازات المذابة في الماء في الغلاف الجوي وتوقع درجة التآكل التي تسببها مياه الأمطار ، وكذلك تأثير الأمطار على توازن المواد في التربة والماء والنباتات (٢) .

ولقد اصبح من الواضح جدا ان الانبعاثات الغازية غير الطبيعية (Anthropogenic) أصبحت تؤثر بدرجة خطيرة على التركيب الكيميائي لطبقات الجو ليس فقط على المستوى القريب من هذه الانبعاثات بل حتى على المستوى الخارجي (العالمي) .وبما ان هذه التغييرات قد تقود إلى تغيرات مناخية غير محمودة العواقب فان هناك حاجة متزايدة إلى مراقبة تطورات تغاير تركيب طبقة الجو Atmosphere بمضمار واسع ، وتركيب مياه الأمطار هو مؤشر جيد غير مباشر لتلوث جزء كبير لطبقة Troposphere ، ولذلك فقد قررت منظمات الأرصاد الجوية العالمية

التركيب الكيميائي للسقيط فضلا عن القياسات الأخرى (عمق وشدة المطر والرياح والخ) في برنامج أسباب وخلفيات التلوث الهوائي (٢) .

شار (٣) الى ان الكيمياويات المذابة في مياه الامطار (في المناطق غير الواقعة تحت تأثير البراكين) تكون قادمة من مصدرين وهما - ان تكون مشتقة من دقائق الغبار الخاملة (غير الفعلة) وفي هذه الحالة تترسب كساقط جاف ،- أو قد تكون غازية او املاح مذابة في مياه الامطار نفسها . اما الامطار الحامضية فقد أصبحت من الهواجس المزعجة التي تحيط المدن الصناعية ، ولاشك في خطورة الامطار الحامضية على الحياة المائية وعلى النظام البيئي Terrestrial System وقد تسبب مضارا صحية كبيرة على البشر سواء من خلال استنشاق الرذاذ الحامضي – أو من ذوبان العناصر السامة في منظومة مياه الإسالة (٥).

المؤشرات الفيزيائية والكيميائية Physical and Chemical Parameters :

هذه من اهم العوامل التي يمكن بها تخصيص نوعية المياه ، والقيم المركبة والمطلقة لها تمكن الباحثين من تصنيف الماء من ناحية المعادن الموجودة فيه ومن التركيب الكيميائي ووصف درجة التلوث الهوائي وطبيعة الملوثات السائدة وتسجيل التزايد المفاجئ في تركيب الملوثات فضلا عن حصر المصادر الرئيسة للتلوث (٦). ومن هذه المؤشرات :

١- **أكاسيد الكبريت SOx** : ثنائي اوكسيد الكبريت (SO_2) هو الاكثر شيوعا بين اكاسيد الكبريت وهو غاز عديم اللون يسبب تآكل العديد من المعادن وله مضار صحية على الجهاز التنفسي والعيون وقد يسبب مشاكل صحية متسلسلة .الجزء الاكبر من هذا الاوكسيد هو حرق الوقود الحاوي على الكبريت خاصة الفحم والنفط والاصناف الواطئة (الرديئة) من الوقود .وهناك العديد من المصادر الاخرى التي تؤدي الى انبعاث اكاسيد الكبريت الى الجو ولها تأثيرات سلبية كبيرة حيث يمكن ان تغير التوازن الاشعاعي للأرض والجو ويمكن ان تؤثر على قدرة الهواء على تشكيل المطر (١٠)و(١١).ومركبات الكبريت تنتقل الى الهواء الجوي ماعدا جزيئات كبريتات ملح البحر(٧). وعلى الرغم من هذه الحقيقة فان اغلب الكبريت الموجود في الهواء الجوي غير الملوث هو جزيئات الكبريتات (١١).

٢- **الرصاص Pb** :الرصاص من اكثر المعادن الشائعة في التأثير على صحة العاملين . وفي المدن غير الصناعية معظم الرصاص المحمول بالهواء سببه محركات المركبات المارة ، وعموما فالناس الذين يمكثون قرب الطرق العامة هم الاكثر تعرضا للرصاص . وا برز مركبات الرصاص القاعدية المقللة للفرقعة في الوقود رباعي اثيل الرصاص ($Pb(C_2H_5)_4$) ورباعي مثيل الرصاص ($Pb(C_2H_3)_4$) وقد استخدمت في وقت مبكر من القرن الماضي ، وتضاف الى مركبات تقليل الفرقعة مواد بتركيز (2-4 mg/l) غالبا ما تكون كاسحة (Scavenger) لمنع تكوين الترسبات ، ومن هذه المواد ثنائي بروميد أو ثنائي كلوريد الاثيلين . لذلك فان مادة الرصاص تنفذ بدرجة كبيرة كأملاح غير عضوية متطايرة . وفي الهواء الجوي تتفاعل هذه المواد لتكون كربونات الرصاص ممثلة بـ ($2PbCO_3.Pb(OH)_2$) ، وكذلك جزيئات الأوكسيد . وكمية الرصاص الواصلة للهواء تتراوح بين (25-75%) من كمية الرصاص المحتواة في الوقود اعتمادا على ظروف الانبعاث . ففي السرع الواطئة يبقى قسم من الرصاص في منظومة الاحتراق للمركبة ، ولكنه ينفذ عندما تعمل المركبة بسرعة عالية . وعلى العموم فان ٥٠% من الرصاص الموجود في الجو يغسل بالامطار في غضون ٧ ايام ، واكثر من ٩٠ % منه يغسل بالامطار من الجو في غضون ٢٢ يوما حيث ان مياه الامطار تعطي للرصاص مدى مكوث في الهواء الجوي يتراوح بين (٧-٣٠ يوما) (١٢) .

يدخل الرصاص البيئة المائية من خلال السقيط او الساقط الغباري او من تعرية التربة او من مياه المطروحات الصناعية والمنزلية والسيح الذي يحمل الساقط الغباري من الشوارع والساحات الأخرى . محتوى الرصاص في البحر المتوسط والمحيط الهادئ ٠.٢ و٠.٣٥ مغ/ لتر ، وهما اكثر من التركيز المتوقع قبل الانفجار الصناعي في المناطق الساحلية بعشر مرات(٩) .وقد تزايد الرصاص في السنين الأخيرة في الأنهار والبحيرات . ويمكن القول بالاستدلال بالبيانات المتوفرة بأن المستوى الطبيعي للرصاص في الأنهار والبحيرات هو (١٠mg/l-١) ومحتوى الرصاص في الترب الريفية هو (15-10 µg/g) بينما المدى الاعتيادي لمحتوى الرصاص في التربة (200-2 ppm) باستثناء المناطق القريبة من مناجم الرصاص على الرغم من تجاوز هذه النسبة في العديد من الأماكن (٨)و(١) .

٣-الكادميوم Cd: الكادميوم من الملوثات الخطرة جدا ودالة تأثيره الحيوي غير معروف . ويوجد بكثرة في البيئة كبقايا متخلفة ونظرا لدرجة غليانه الواطئة نسبيا فانه يتطاير من حرق النفايات وكذلك ينتج من اعادة تعدين مخلفات الحديد (السكراب) . كما ينتج من حرق النفط الحاوي عليه وكذلك مخلفات الإطارات المطاط(١١) (وهنا تكمن خطورة حرق الاطارات المستعملة) . ويمكن ان ينتشر الكادميوم بالهواء الى مسافات بعيدة كما يمكن ان يترسب الى الأرض أو مباشرة على النباتات من خلال الغبار او الامطار .

تراكم الكادميوم في الترب المجاورة لصناعة التعدين قد يسبب تراكيز عالية في المياه القريبة ويمكن ان يتسرب من الصناعات الطلائية الى المياه الجوفية . واغلب المصادر النقية للماء تحتوي على الكادميوم بتركيز اقل من ١مايكروغرام/لتر . واغلب تحاليل مياه البحار تشير الى معدل تركيز لـCd = ٠.١٥ مايكروغرام /لتر (١١).

العوامل المناخية :

لشدة التلوث الهوائي ومضاره تعتمد على عدة امور اهمها :

١- التيارات الهوائية ،
٢- توزيع الحرارة مع الارتفاع فوق سطح الأرض ،
٣- السقيط .

العاملين الأولين يحددان نقل الهواء للملوثات ، اما الثالث فيعمل ككاسح للشوائب وتضاف فعاليته الى الترسيب الوزني (بالجاذبية) .

طرائق العمل

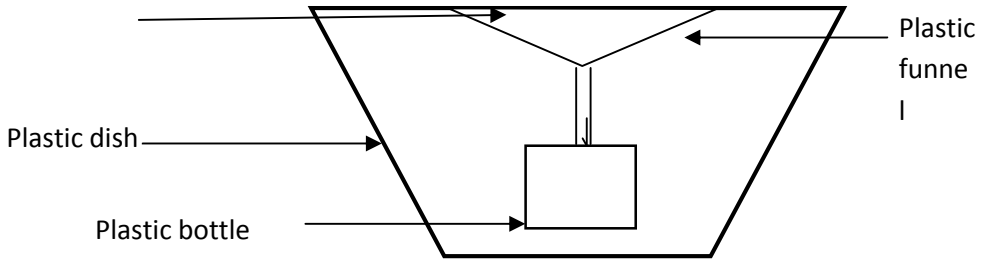
تم اختيار ستة مواقع متفرقة في مدينة الموصل لاستحصال النماذج منها وهي مناطق متباينة من حيث خصائصها الموقعية ومن حيث استخدامها وكما مبين في الجدول (١) .

الجدول (١) : مواقع النمذجة من مياه الامطار ومختصر وصف كل موقع .

الموقع	الاسم الشائع للموقع	الوصف	ارتفاع إناء جمع النماذج

الموقع (١)	اليرموك	غرب مدينة الموصل- **متوسطة الكثافة** السكانية	**٤متر فوق منسوب الأرض**
الموقع (٢)	باب الجديد	مركز الضفة اليمنى للمدينة-عالية الكثافة السكانية –كثيفة بالحركة المرورية	**١٠ متر** = = =
الموقع (٣)	**الصناعة** (القديمة)	**غرب مركز** المدينة – منطقة صناعية	**٤ متر** = = =
الموقع (٤)	الرشيدية	شمال المدينة –**منطقة** سكنية زراعية – **محطة أرصاد الموصل**	**٤ متر** = = =
الموقع (٥)	السويس	الضفة اليسرى لمدينة **الموصل-متوسطة** الكثافة السكانية – كثيفة المسالك المرورية	**٦ متر** = = =
الموقع (٦)	السلا ّ مية	جنوب مدينة الموصل – منطقة زراعية	**٤ متر** = = =

اما جمع نماذج مياه الامطار فقد تم بواسطة إناء مصنوع محليا لهذا الغرض وهو كما مبين في



للشكل (١) .

الشكل (١) : مخطط مبسط لواسطة جمع نماذج مياه الامطار **وقد اعتمد على** مساحة كافية ومثبت افقياً لتجميع مياه الامطار بالشكل الذي يحقق وصف الامطار الساقطة في مجمل المنطقة وبمراعاة شروط النمذجة العلمية.

وقد تم تحليل الخصائص المختلفة مباشرة بعد كل مزنة مطرية ولما يزيد على عشر مزن مطرية امتدت بين ايلول ١٩٩٠ وحزيران ١٩٩١ . **وقد تم** التحليل وفقا للطرق القياسية . **علما ان** المعلومات المناخية المرافقة لكل مزنة مطرية تم تسجيلها لملاحظة تأثيرها .

النتائج والمناقشة :

حيث ان البحث تركز على تأثير وسائط النقل على التلوث باعتبارها مصدرا رئيسيا مألوفا في اغلب المدن المتوسطة والكبيرة علاوة على التلوث الصناعي ، فان الملوثات الرئيسة الناتجة عنه هي ما ينتج عن حرق الوقود وما يحتويه من شوائب ومضافات أبرزها الرصاص والكادميوم (ذات الخطورة الأهم) ، فضلا عن اكاسيد الكربون والكبريت الى غير ذلك من الملوثات .

١-الرصاص : كما نلاحظ في الجدول (٣) ان تركيز الرصاص في مياه الامطار للمناطق المدروسة يتراوح بين القيم غير المحسوسة (N.D. - 650 µg/L) ومعدله (163.4 µg/L) وهذا التغاير في التركيز **لوحظ من قبل** (٨) الذي وجد ان تركيز الرصاص في مياه النهر بين (1.1 –29 µg/L) **اما** (٩) فقد اعطى مدى اكبر للرصاص بين (2-120 µg/L) . **اما** (١٠) **فقد** بين ان تركيز الرصاص في أمطار مدينة الموصل يتراوح بين (20-500 µg/L) وهذا يتوافق مع النتائج المستحصلة في الدراسة الحالية .

وبما انه لا توجد صناعة ثقيلة في المناطق المدروسة فيمكن ان يعزى وجود معادن الرصاص في مياه الامطار (وبالأحرى في الهواء) **الى وسائط النقل بالدرجة الاولى** . وهذا يفسر سبب تصاعد تركيز الرصاص في الموقع (5) الكثيف بالحركة المرورية المزدحمة . والشكل (٢) يعطي تركيز الرصاص في العينات المأخوذة في كافة المواقع الستة .

٢-الكادميوم : تركيز هذا العنصر في مياه الأمطار كما موضح في الجدول (٣) يتراوح بين (N.D-20µg/L) **وبمعدل سائد** (6.42 µg/L) . **وقد أوضح** (٧) ان تركيز الكادميوم في مياه الامطار للموقع الذي ضمنه بدراسته (وهو موقع ساحلي) يتراوح بين (0.4-55.2 µg/L) . الكادميوم في الهواء الجوي مصدره الرئيس إطارات السيارات والاحتكاك الكبير الحاصل بينها وبين سطح الطريق . ولكون هذا الاحتكاك يزداد في تقاطعات الطرق الضيقة نجد الموقع (٢)

الذي يتصف بذلك يفوق المواقع الاخرى بتركيز الكادميوم .والشكل (٣) يعطي فكرة عن تركيز الكادميوم في مياه الأمطار خلال الدراسة .

٣-الملوثات والشوائب الاخرى : تراكيز الملوثات الاخرى ذات الاهمية في مجال التلوث الهوائي سواء جراء وسائط النقل او غيرها مثبتة في الجدول (٣) .وبغض النظر عن الفترة بين المزن المطرية والمواقع كافة فان هذا الجدول يبين مجمل الخصائص في المواقع كافة ومعظمها يشير الى الى تلوث مياه الامطار وخطورته على المياه السطحية والتربة وغيرهما جراء التلوث الناجم عن وسائط النقل وبعض المصادر الاخرى وهذه النتائج تعود الى فترة لم تكن فيها المولدات الكهربائية بالشكل والكثافة التى تعمل بها الان فمن المؤكد ان الملوثات قد زادت اضعافا جراء الحالة المضطربة بيئيا (وخصوصا في مجال التلوث الهوائي) والتي سببها الاهمال البيئي الحاصل في معظم الامكنة والقطاعات .

الترسب الكلي للشوائب : Total Deposition

يمكن الاستفادة من معلومات نوعية مياه السقيط بحساب كمية الترسبات المتراكمة على التربة او السطح لكل ملوث ، بسبب الامطار وكسحها لهذا الملوث وأبصاله إلى الأرض ويتم حساب الترسب الكلي (Total Deposition T.D) من المعادلة الاتية :

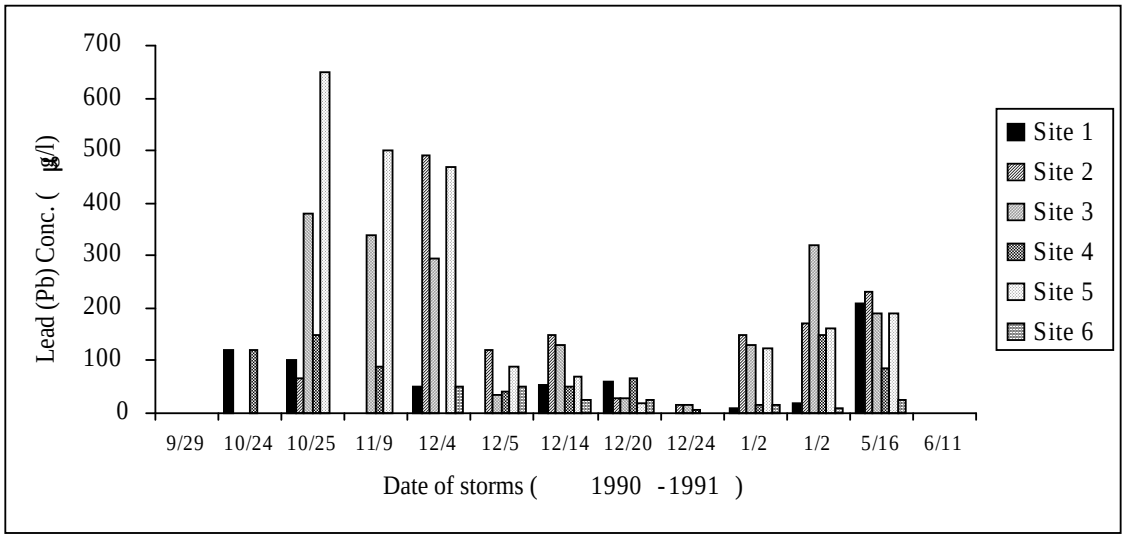
$$T.D = M \times q \text{ ....(*)}$$

اذ ان :

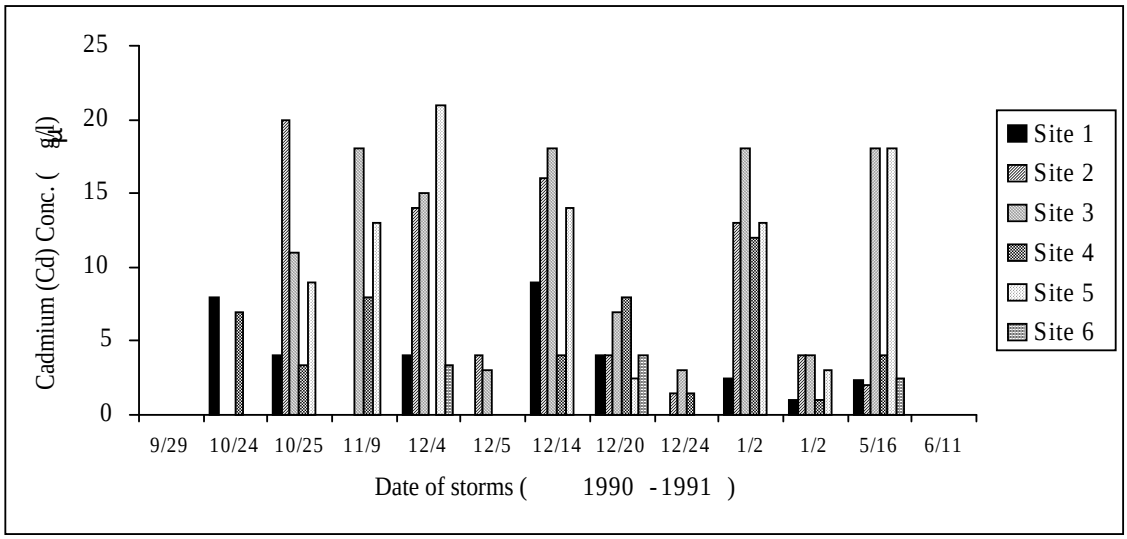
M : عمق السقيط (mm)

q : تركيز العنصر (الملوث) في مياه الامطار (mg/l) . والجدول (٤) يبين ترسبات الملوثات المختلفة في المناطق المدروسة .

ان هذه القيم (وخصوصا الرصاص والكادميوم) تشكل مصدر تلويث كامن للمياه السطحية بهذين الملوثين ، حيث تجرف مياه الامطار العناصر المحمولة بها فضلا عن تلك الموجودة اصلا على الارض جراء تراكمها بالجاذبية فتؤدي الى زيادة تركيزها في المياه السطحية (وهي عادة المصادر الرئيسة لماء الشرب في هذه المناطق) الى الحدود التي قد لا يسمح بها في مياه الشرب.



الشكل (٢) : محتوى الرصاص في مياه الامطار في مختلف مواقع الدراسة .



الشكل (٣): محتوى الكادميوم في مياه الامطار في مختلف مواقع الدراسة .

تأثير فترة الجفاف :

قد يكون لفترة الجفاف (الفترة الزمنية بين مزنة مطرية واخرى) تأثير مهم على تركيز الشوائب في مياه الامطار ، ولكن ذلك ليس اكيدا دائما اذ من الممكن ان يكون للرياح المرافقة او السابقة للمزنة المطرية دور في تفريق الملوثات قبل ان تدخل في تكوين القطرة المطرية لسبب او لاخر ، كما يدخل في المسالة سعة خزن طبقة الجو على حمل الملوثات اضف لذلك تغاير الشوائب من ناحية الوزن النوعي نسبة الى الهواء وقد تدخل الشحنة الكهربائية التي تحملها كل شائبة في التأثير على وقت بقاء الشوائب في الهواء ، وكل تلك الامور يمكن ان تعطل الشك السائد حول تأثير فترة الجفاف بشكل مباشر على تركيز الشوائب في مياه

الامطار . والأشكال (٤ و٥ و ٦) ، يمكن متابعتها لملاحظة التأثير الفعلي لفترة الجفاف على تركيز الملوثات في مياه الامطار ، اذ لا يوجد تأثير ثابت كما نلاحظ من هذه الأشكال .

الجدول (٣) : القيم الدنيا والقصوى لتراكيز بعض الملوثات في مياه الامطار في المواقع المدروسة .

الملوث	الموقع (١)		الموقع (٢)		الموقع (٣)		الموقع (٤)		الموقع (٥)		الموقع (٦)	
	الأدنى	الاقص	الادنى	الاقص	الادنى	الاقص	الادنى	الاقص	الادنى	الاقص	الادنى	الاقص
الرصاص µg/l	nd	200	10	500	10	370	2	150	7	650	2	60
الكادميوم µg/l	nd	9	1	20	3	18	nd	8	nd	14	nd	4
غاز (CO_2) mg/l	1.4	24	1.2	18.9	2.7	21	1.1	50	0.48	45	0.75	15
النترات mg/l	0.93	8.05	0.85	9.48	1	7.52	0.45	7.17	0.73	7.76	0.99	9.48
الكبريتات mg/l	0.78	15.8	2.4	17.6	4.1	16.7	0.3	15	0.9	14.1	2	10.2
الكلوريدات mg/l	7	24	12	38.3	6	28	7	36	2	30	4	32.4

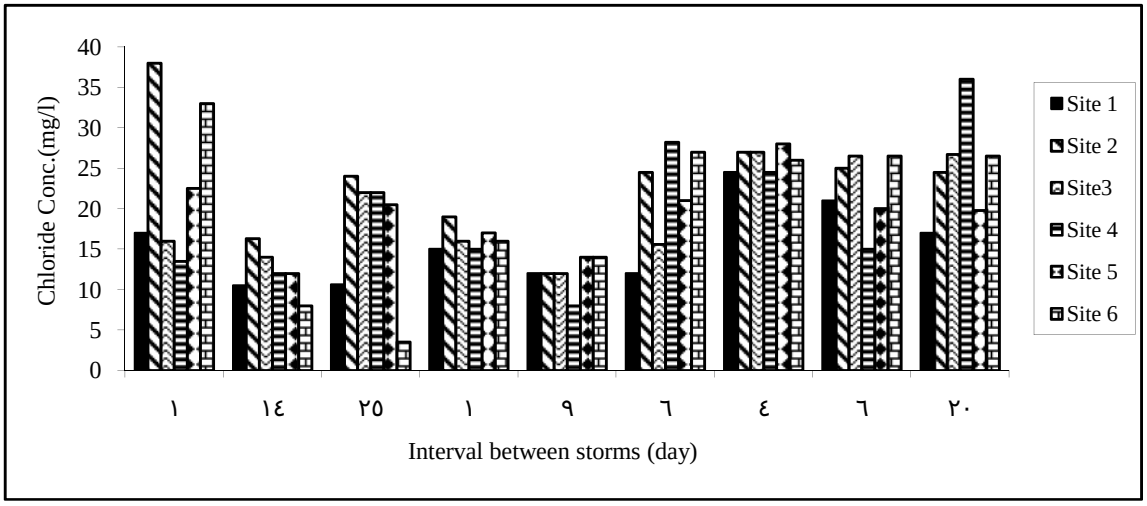
الجدول (٤): قيم الترسبات المتراكمة للشوائب المقاسة في المواقع الستة المدروسة (mg/m^2) .

Ion or pollutant	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6

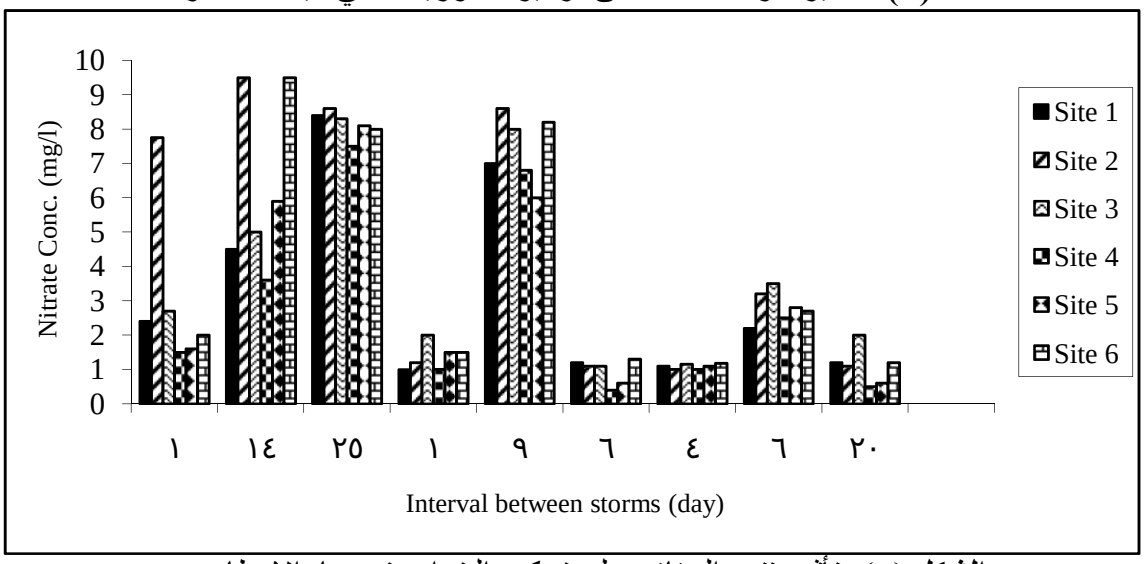
K^+	91.56	68.57	128	54.03	65.67	105.48
Na^+	67.44	87.29	123.6	63.6	64.77	66.1
Ca^{++}	714.58	745.12	675.9	702	765	683.7
Mg^{++}	326.75	331.9	382.26	310	343.9	360.96
NH_4^+	29	16.55	26.1	25.3	23.1	19.97
Cl^-	764.54	1128	861.6	1285.8	1058	1055.6
SO_4^{-2}	336.43	255	302.4	272.2	195.1	23.4
NO_3^-	96.11	93.61	102	90.1	82.3	75.27
Pb	1470	3120	3910	3070	4710	550
Cd	91.9	284.55	339.5	241.5	150.2	41.1

مقارنة بعض الخصائص مع حالات اخرى :

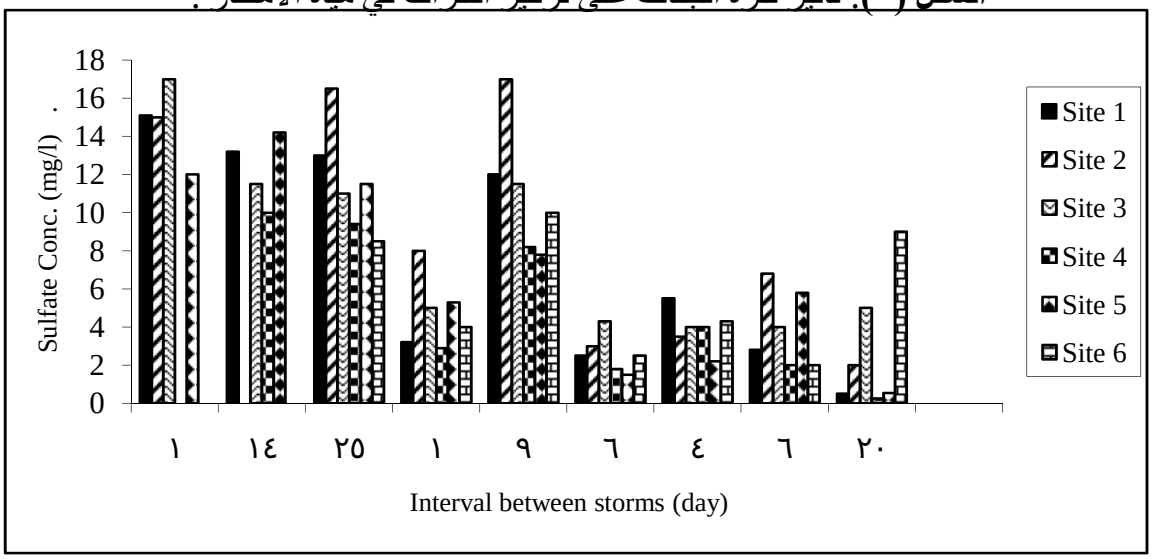
وحين مقارنة بعض خصائص مياه الامطار كمعدل للمواقع المدروسة مع حالات اخرى (في سنغافورة كمثل متوفر)كما نلاحظ في الجدول (٥) فاننا نلاحظ تلوثا اكبر في الدراسة الحالية . ان من الممكن في المستقبل القريب استخدام مياه الامطار كمصدر مساعد ثانوي لاستخدامات عامة للمياه اسوة بالبلدان الاخرى (للتبريد – للغسل – سقي الحدائق – الى غير ذلك من الاستخدامات شبه النقية) وذلك يستوجب الحذر في المناطق المؤكدة التلوث الهوائي وخصوصا بالصناعات .



الشكل (٤) : تأثير فترة الجفاف على تركيز الكلوريدات في مياه الامطار .



الشكل (٥): تأثير فترة الجفاف على تركيز النترات في مياه الامطار .



الشكل (٦): تأثير فترة الجفاف على تركيز الكبريتات في مياه الامطار .

الجدول (٥): مقارنة النتائج المستحصلة مع حالة اخرى .

تركيز الملوث في مياه الامطار	لمدينة الموصل في الدراسة الحالية	لموقع في سنغافورة (١٢)
١-الكبريتات (mg/l)	1.65 –15.1	2.9 –10
٢- الكلوريدات (mg/l)	6.33 –31.2	1.0 –1.5
٣- النترات (mg/l)	0.83 –8.29	0.3 –0.6

٤- الرقم الهيدروجيني (pH)	6.5-7.8	4.2 –4.3
٥- الرصاص (µg/l)	Nd - 650	----------
٦- الكادميوم (µg/l)	Nd - 20	----------

وكما نلاحظ من الجدول ان الكبريتات في مواقع الدراسة كانت بمدى اوسع عنها في موقع المقارن (سنغافوة) وذلك قد يعزى الى ان مصدر الكبريتات في الموقع الاول هو حرق الوقود اضافة الى المصادر الاخرى بينما في الموقع الثاني يمكن ان يكون مصدرها الرئيس طبيعيا حيث كما ذكرنا ان الكبريت في الهواء غير الملوث يكون معظمه بهيئة كبريتات ، وما يؤيد ذلك ارتفاع تركيز الكلوريدات في الموقع الاول والذي يمكن ان يكون سببه في الهواء المركبات الداخلة في مضافات الوقود أي بمعنى وسائط النقل ذات التأثير الأهم ، اما النترات ففي الموقع الاول ايضا كانت بتراكيز اعلى منها للموقع المقارن اما الرقم الهيدروجيني فنرى انه يميل الى الحامضية في الموقع الثني وهذه الحالة تكاد تكون طبيعية في الهواء غير الملوث وذلك بسبب غاز ثنائي اوكسيد الكربون الموجود غالبا في الجو، اما الرصاص والكادميوم فلم يتم تحسسها في الموقع الثاني وهذا ما يؤيد فكرة التلوث الناجمة في الموقع الاول عن وسائط النقل .

وفي دراسة حديثة لمدينة الموصل وجد (١٣) الخصائص التالية لمياه مزن مطرية في مدينة الموصل امتدت لفترة من تشرين الثاني ٢٠٠٢ والى شهر نيسان ٢٠٠٣ ، وكما موضح في الجدول رقم (٦)، والمواقع هي أقرب المواقع للمواقع المراقبة فس هذه الدراسة.

الاستنتاجات

١- هناك تأثير كبير لوسائط النقل في تلويث المواقع ٢ و٥ التي فيها خطوط مرورية مزدحمة .
٢- من المتوقع ان يكون هناك تلوث لا يستهان به للمصادر المائية ناجم عن التلوث الهوائي ولايؤخذ بنظر الاهمية حيث شاع التركيز على المصادر الصناعية والمدنية ذات التأثير المباشر على هذه المياه . وليس غريبا ان تكون أقصى حالات تلوث نهر دجلة بعد سقوط مزنة مطرية شديدة نسبيا تغسل الجو والأرض .
٣- حيث ان العمل على هذه الدراسة اجري عام ١٩٩٠-١٩٩١ فإننا نتوقع ان مؤشرات التلوث هذه قد تضاعفت عدة أضعاف (مع توقع تغير توطينها) بعد الاهمال البيئي الذي مر به البلد جراء الظروف السياسية والاقتصادية المتقلبة والمتوالية وما رافقها من انشطة مخلة بالنظام البيئي وخصوصا في مجال التلوث الهوائي ابتداء من تسيير المركبات غير الموافقة للشروط البيئية ومرورا بتشغيل مولدات الطاقة الكهربائية في كل حي سكني وانتهاء بالانشطة الجانبية الأخرى .
٤- يمكن ان تعد مراقبة السقيط وتركيبه وخصائصه وسيلة متواضعة غير مباشرة لمراقبة التلوث الهوائي الحاصل ، ذلك لان بعض المناطق والأقاليم المناخية يحصل فيها الكثير من التغيرات في الطقس قبيل حدوث أي عاصفة مطرية من شأنها ان تذهب بمكونات الهواء بعيدا من منطقة الى اخرى ، (هبوب الرياح بسرعة كبيرة قبل حدوث المزنة المطرية يقوم بهذا الدور الذي يعد سلبيا على ما ذكر أعلاه) .
٥- لحد هذه الدراسة فان مدينة الموصل لاتقع تحت تأثير الامطار الحامضية وان كان الرقم الهيدروجيني يميل الى ما دون (٧) فان ذلك بسبب غاز (CO_2) الموجود في الغالب بشكل طبيعي في الجو .

التوصيات

١. اجراء دراسة عن ملوثات الهواء بشكل دوري لملاحظة التغيرات الحاصلة بصورة مستمرة .
٢. قد تكون التوجهات قريبة من استخدام مياه الامطار كمصدر مساعد للاستخدامات المختلفة ، في هذه الحالة يجب التمعن في فحص المقاييس المختلفة لملائمة المياه للاستخدامات المزمعة ،(مثل فحص الإشعاع - البكتيريا والفيروسات – والمركبات الهيدروكربونية ... الخ) .
٣. الاهتمام بقطاع النقل بشكل يضمن السلاسة والانسيابية في عمل هذا القطاع الحيوي دون إحداث آثار سلبية على الهواء.
٤. دراسة خصائص السيل المطري لمعرفة حقيقة مايصل الى الموارد المائية من ملوثات هوائية وغيرها .

الجدول (٦):مدى ومعدل تراكيز الشوائب في مياه الامطار الشتوية في المواقع المدروسة للفترة بين شهر تشرين الثاني ٢٠٠٢ وشهر نيسان ٢٠٠٣ .(١٢)

المواقع	SO_4 (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_3 (mg/l)	pH	Pb $\mu g/m^3$	Cd $\mu g/m^3$
الموقع ١	15.9-9 (12.3)*	13.8-4 (9.1)	5.6-2.2 (3.4)	5.8-6.9 (6.15)	13-100 (75)	N.D-8 (5.3)
الموقع ٢	19-14.5 (17.2)	4.2-11.2 (7.6)	2.65-1.9 (2.4)	6.2-7.4 (6.6)	13-100 (67.0)	8-12 (9.3)
الموقع ٣	27-12.1 (14.7)	13.7-4.2 (8.0)	3.2-1.9 (2.6)	5.7-7.4 (6.5)	25-350 (247.3)	16-7.2 (50.7)
الموقع ٤	8.7-6.9 (7.8)	4.7-2.6 (3.5)	1.2-1.0 (1.1)	6.8-7.3 (6.95)	N.D-12.5 4.2dc	N.D-N.D
الموقع ٥	10.1-7.2 (8.8)	9.6-3.8 (6.9)	2.1-1.2 (1.6)	5.9-7.4 (6.48)	25-100 (58.3)	N.D-8 (5.33)

*القيمة بين القوسين تشير الى معدل للقراءات .

المصادر : **References**

1. D.M. Revitt ; J.B Ellis ,(1980). “Rainwater Leachates of heavy metals in road surface sediments.” Water Research, Vol. 14, pp.1403.
2. C.L . Branquinho ; V.J. Robinson , (1976), “Some aspects of lead pollution Reo De Janeiro” Enviro. Pollu. ,Vol. 10,pp.287.
3. M.H.A. Jabbori ; N.A.A. Ansari .(1989). “Chemical composition of rainwater in Baghdad area”.Iraqi journal for Science .Vol.30,No.3,pp.371.

4. H.M. Brink et.al. (1988). “Plum Wash-out near a coal-fired power plant measurements and model calculations”. Atmo. Envi. , Vol.22, No.1, pp.177.
5. C. Meszaros ,(1981). “Atmospheric Chemistry, Fundamental Aspects”. Elsevier ,Amsterdam .
6. WHO. (1978).“Water quality surveys” UNESCO/WHO.
7. .P.W. Balls,(1989). “Trace metal and major ion composition of precipitation at a North sea coastal site”. Atmo. Envi. , Vol.23, No.12.pp.2751.
8. D.M. Alkattan ,(1989) “Trace elements in Tigris river and their impact on drinking water”. M.Sc. Thesis, University of Mosul College of Engineering .
9. S. Witz ;A.S.Moor,(1981) . “Effect of meteorology on the atmospheric concentrations of traffic-related pollutants at a Los Angeles site”. APCA, Vol.31, No.10, pp.1098.
10. N.F. Khalil et.al. (1989). “Investigation of some heavy and trace metals in the soil and settled dusts in the main streets of Mosul city”. Science J. No.7.

11. R.A. Horne (1978) “The chemistry of our environment”. John Wiley and Sons,Inc.

١٢- الصفاوي ، عبدالعزيز يونس طليع، (التلوث البيئي لمدينة الموصل وطرق المعالجة) أطروحة دكتوراه ، قسم علوم الحياة كلية التربية ، جامعة الموصل.