العدد 4 No 4
2026 تموز July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

التحليل الجغرافي لتراكيز العناصر الثقيلة الناجمة عن النقل الحضري في مدينة الديوانية

حوراء اعجمي سعدون
أ.د. عبد الرضا مطر عبد الرضا
art.mas.geo24.22@qu.edu.iq

المستخلص: يسعى البحث إلى تحليل التوزيع الجغرافي والتباين الفصلي لتراكيز عنصري الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) العالقين في الهواء الجوي بمدينة مدينة الديوانية لعام 2025 كحالة دراسية للتلوث الناتج عن النقل الحضري والأنشطة البشرية المتداخلة. تم رصد المؤشرات الميدانية والمناخية في 14 موقعا تغطي قطاعات المدينة المختلفة خلال موسمي الشتاء والصيف. أظهرت النتائج تباينا مكانيا وزمانيا واضحا؛ إذ سجل الرصاص ارتفاعا عاما في الصيف مقارنة بالشتاء في جميع المواقع، محققا أعلى تركيز صيفا بقيمة 14.2778 \ \mu\g/m^3في تقاطع النسر (S7) بينما سجل قيمته الدنيا شتاء بمقدار 0.6024 (\mu\g/m^3) في منطقة المعيارية .(S14) وفيما يخص الكادميوم، بلغت القيمة العليا شتاء \ 3.0668) (\mu\g/m^3في حي الفرات (S4) والحد الأدنى (0.3081 \mu\g/m3)في مدخل المدينة(S1) ، بينما سجل في الصيف قيمة عظمى بلغت (4.2569 \mu\g/m^3)في مول طيبة (S5) وقيمة صغرى بلغت (0.9028 \mu\g/m^3)في فلكة العلماء .(S9) وبمقارنة النتائج بالتشريعات البيئية، تبين أن تراكيز الرصاص صيفا تتجاوز المحددات الوطنية العراقية بشكل كبير في معظم المواقع، بينما تتجاوز قيم الكادميوم في كلا الفصلين معايير منظمة الصحة العالمية بمئات الأضعاف، مما يشير إلى مخاطر سمية ومسرطنة تراكمية تتطلب حلولا تخطيطية عاجلة.

الكلمات المفتاحية: العناصر الثقيلة؛ جودة الهواء؛ النقل الحضري؛ مدينة مدينة الديوانية؛ المحددات البيئية.

Geographical Analysis of the Concentration of Heavy Elements Resulting from Urban Transport in Al-Diwaniyah City

Hawraa Ajeely Saadoun
Prof. Dr. Abd al-Rida Matar Abd al-Rida
art.mas.geo24.22@qu.edu.iq

Abstract: This study investigates the spatial distribution and seasonal variations of suspended lead (Pb) and cadmium (Cd) concentrations in the ambient air of Diwaniyah City in 2025, serving as a case study for pollution associated with urban transport and combined anthropogenic activities. Meteorological and environmental parameters were measured at 14 georeferenced sampling stations across the city's urban sectors during winter and summer. The findings revealed significant spatial and temporal fluctuations; lead concentrations were systematically higher in summer than in winter across all stations, peaking in summer at 14.2778\mu\g/m3 at Al-Nisour intersection (S7) and reaching its lowest winter value of 0.6024\mu\g/m3 at Al-Maayaria (S14). Cadmium concentrations reached their winter maximum of 3.0668 \mu\g/m3 in Al-Forat neighborhood (S4) and a minimum of 0.3081 \mu\g/m3 at the City Entrance (S1), while summer cadmium concentrations peaked at 4.2569 \mu\g/m3 at Taiba Mall (S5) with a minimum of 0.9028 \mu\g/m3 at Al-Ulama square (S9). When benchmarked against regulatory criteria, summer lead levels heavily violated Iraqi National Ambient Air Quality Standards at most sites, whereas cadmium levels in both

seasons critically exceeded the World Health Organization (WHO) health-based guidelines by several hundred folds, indicating high cumulative toxicological and carcinogenic risks to the urban population.

Keywords: HeavyMetals; AirQuality; UrbanTransport; DiwaniyahCity; Environmental Standards.

المقدمة:

تعد دراسة جودة الهواء الحضري إحدى الركائز الأساسية لفهم مرونة المدن واستدامتها البيئية في مواجهة التوسع الحضري المتسارع وضغوط النمو السكاني وعشوائية النقل. يمثل هواء المدن وعاء ديناميكيا تتداخل فيه الانبعاثات الغازية والدقائق العالقة الناجمة عن الأنشطة البشرية مع العناصر الجوية السائدة. ومن بين أخطر ملوثات الهواء الحضري تبرز العناصر الثقيلة، مثل الرصاص (Pb)والكادميوم (Cd)، والتي تتميز بصفاتها السمية التراكمية، واستقرارها الكيميائي العالي، وقدرتها على البقاء في النظام البيئي لفترات طويلة دون أن تتعرض للتحلل الحيوي.

تتعدد مصادر هذه العناصر في البيئة الحضرية؛ فإلى جانب مساهمة قطاع النقل الحضري عبر عوادم السيارات واحتكاك الإطارات والمكابح وتآكل أجزاء المركبات، تسهم الأنشطة الصناعية البسيطة، والمولدات الكهربائية الأهلية المشغلة بوقود الديزل الرديء، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية الديزلية، وعمليات الحرق العشوائي للنفايات البلدية في ضخ كميات كبيرة من المعادن السامة إلى الغلاف الجوي. تقع مدينة مدينة الديوانية ضمن منطقة السهل الرسوبي العراقي، وتتميز بمناخها الجاف إلى شبه الجاف، مما يجعل تربتها الكلسية المحلية عرضة للجفاف والتعرية الرياحية المستمرة. وبسبب الاستخدام التاريخي الطويل للوقود المحتوي على الرصاص في العراق، وتراكم مخلفات ورش صيانة السيارات والزيوت المستعملة في التربة الحضرية، فإن هذه التربة والغبار السطحي المستقر يمثلان خزانا للملوثات التاريخية يعاد تعليقه هوائيا بفعل حركة الرياح أو الاضطرابات المرورية الحركية، مما يخلق تغذية عكسية مستمرة تسهم في رفع مستويات التلوث الجوي بقطع النظر عن الانبعاثات المباشرة الآنية.

مشكلة الدراسة: The Problem of Study:

تتحدد مشكلة الدراسة في التساؤلات العلمية والمنهجية الآتية:

١. ما هي الأنماط المكانية والزمانية الدقيقة لتوزيع تراكيز الرصاص (Pb)والكادميوم (Cd)العالقة في الهواء الجوي لمدينة مدينة الديوانية لعام 2025؟

٢. كيف تتداخل انبعاثات قطاع النقل الحضري مع الانبعاثات الأنثروبوجينية الأخرى (المولدات الأهلية، محطة الديزل، حرق النفايات) في تكوين البؤر الساخنة للتلوث؟

٣. ما طبيعة دور المتغيرات المناخية المستقلة (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح) في تشتيت هذه التراكيز أو زيادة مستوياتها في الهواء المحيط؟

٤. إلى أي مدى تتجاوز التراكيز المرصودة الحدود القانونية المنصوص عليها في التشريعات الوطنية العراقية والمحددات الصحية العالمية لمنظمة الصحة العالمية؟

فرضية الدراسة: Hypothesis of Study:

تتبنى الدراسة الفرضية العلمية الآتية:

تتباين تراكيز عنصري الرصاص (Pb)والكادميوم (Cd)في هواء مدينة مدينة الديوانية تباينا مكانيا وزمانيا واضحا؛ إذ ترتفع معدلاتها في المناطق ذات الاكتظاظ المروري والعقد الحركية المغلقة والأنشطة الصناعية والخدمية المتداخلة، وتزداد صيفا بفعل زيادة حرق الوقود والتأثيرات الرياحية الجافة وإعادة

تعليق غبار الطرق الملوث، مما يؤدي إلى تجاوز المحددات البيئية الوطنية والعالمية بشكل متفاوت، وبما يؤكد تداخل العوامل الأنثروبوجينية والطبيعية في تشكيل جودة الهواء المحيط بالمدينة.

هيكلية الدراسة:

تسعى الدراسة الحالية إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١. قياس وتحديد التوزيع الجغرافي الدقيق لتراكيز عنصري الرصاص والكادميوم العالقين في هواء مدينة مدينة الديوانية باستخدام أجهزة رصد ميدانية متخصصة.

٢. الكشف عن مستويات التباين الفصلي (زمانيا) بين موسمي الشتاء والصيف لهذه الملوثات وربطها بالأنشطة البشرية والظروف الجوية.

٣. تحديد البؤر الجغرافية الساخنة ومصادر الانبعاثات المتداخلة المغذية لها داخل المدينة.

٤. إيجاد قيم معاملات الارتباط (r)ومعاملات التحديدR^2 إحصائيا لتفسير مدى تأثير المتغيرات الجوية المناخية (الحرارة، الرطوبة، الرياح) في سلوك العناصر الثقيلة في الهواء.

٥. تقييم مستويات التلوث الفعلي عبر مقارنتها تنظيميا بنظام حماية الهواء المحيط العراقي رقم 4 لسنة 2012 والمعايير الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية .(WHO)

٦. تقديم رؤية تخطيطية تطبيقية وبيئية متكاملة للحد من المخاطر البيئية والصحية المترتبة على هذا التلوث.

منهج البحث

اعتمد البحث على منهج التحليل الجغرافي التطبيقي، والذي يربط بين العمل الميداني والتحليل الإحصائي والنمذجة الجغرافية. تم تحديد 14 موقعا للرصد الميداني موزعة جغرافيا لتغطي كافة القطاعات الحضرية بمدينة مدينة الديوانية، وجرى توثيقها فلكيا باستخدام نظام الإحداثيات العالمي .(UTM)

الحدود المنهجية والزمنية للرصد: نظرا لاعتماد الدراسة على قراءات ميدانية دورية محددة بيومي الشتاء (20 و22 كانون الثاني 2025) وبيومي الصيف (15 و17 تموز 2025) ، فإن هذه القياسات الميدانية تُصنف بيئيا ومنهجيا بوصفها **(مؤشرات بيئية تشخيصية آنية)**وليست معدلات سنوية تراكمية مستمرة.[15] يهدف هذا التصنيف المنهجي إلى إضفاء الموثوقية العلمية على النتائج وتلافي القصور الناجم عن التمثيل الزمني القصير.

آلية الرصد والتحليل المختبري: تم أخذ القراءات الميدانية بوضع أجهزة سحب وعينات الهواء على ارتفاع تنفسي معياري يبلغ 1.5 متر عن مستوى سطح الأرض لتجنب التيارات الهوائية المباشرة وضمان تمثيل مستويات التعرض البشري الفعلي.[1] تم سحب عينات الغبار والدقائق العالقة على مرشحات كيميائية خاصة، وجرت عمليات الهضم الحامضي الساخن للعينات في المختبر بالاعتماد على مزيج حامضي مركز، لتُقاس التراكيز النهائية للعناصر الثقيلة (Pb وCd) بوحدة المايكروغرام في المتر المكعب (ug/m3)باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبي (وفقا للمواصفات القياسية الدولية).[2] جرت معالجة البيانات جغرافيا لبناء خرائط التوزيع المكاني للملوثات باستخدام برنامج Arc GIS 10.8 تماشيا مع أحدث نظم النمذجة البيئية الجغرافية.

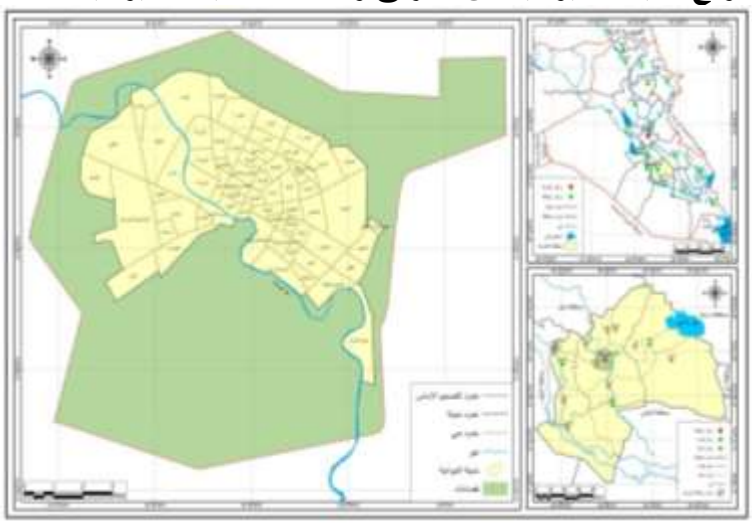
حدود الدراسة: Boundaries of Study :

تتمثل الحدود المكانية للدراسة بمدينة مدينة الديوانية، الواقعة بين خطي طول (44°52′30″–44°58′07″) شرقا، ودائرتي عرض (31°56′15″–32°01′52″) شمالا، وهي مركز محافظة مدينة الديوانية. وقد أسهم هذا الموقع في جعلها عقدة مهمة لطرق النقل الرئيسة، إذ تمر عبرها معظم محاور الحركة المرورية في المحافظة. وتبلغ مساحة التصميم الأساس للمدينة (14503) هكتارات، في حين تبلغ مساحة المدينة ضمن هذا التصميم (4711) هكتارا، كما هو موضح في خريطة (1). ويتكون النسيج الحضري للمدينة من خمسة قطاعات تضم (61) حيا سكنيا. وقد تم اخذ مواقع الرصد بشكل اكثر انتشارا في اجزاء منطقة الدراسة بنحو(14 موقعا) خلال موسمي الشتاء والصيف.

مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
العدد 4 No 4
تموز 2026 July 2026

الخريطة(1)

موقع مدينة الديوانية من العراق ومحافظة مدينة الديوانية



المصدر: الباحثة بالاعتماد على الهيأة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية بمقياس ١:٥٠٠٠٠٠بغداد.٢٠٠٩.

الجدول (1)

الظروف الزمانية والمكانية لنقاط الرصد الميداني لعام(2025)

مواقع العينات	رمز الموقع	الموقع الفلكي (UTM)	تاريخ ووقت الرصد خلال فصل الشتاء	تاريخ ووقت الرصد خلال فصل الصيف
مدخل المدينة (السنية)	S1	44.8736961-31.999292	2025/1/20	2025/7/15
حي الصناعي - كراج الموحد	S2	44.892731-31.984867	2025/1/20	2025/7/15
شارع ام الخيل	S3	44.902317-32.002223	2025/1/20	2025/7/15
حي الفرات	S4	44.902727-32.014505	2025/1/22	2025/7/15
مول طيبة	S5	44.908787-31.987726	2025/1/20	2025/7/15
حكمت العوادي (شارع البستان)	S6	44.9110322-31.98259	2025/1/20	2025/7/15
تقاطع النسر	S7	44.916018-32.0104341	2025/1/20	2025/7/15
شارع سيد امين	S8	44.933804-31.991035	2025/1/22	2025/7/17
فلكة العلماء	S9	44.929205-32.006045	2025/1/22	2025/7/17
شارع 30	S10	44.950838-31.998915	2025/1/22	2025/7/17
أبو شميغ	S11	44.945846-31.988119	2025/1/22	2025/7/17
الإسكان	S12	44.955684-31.971509	2025/1/20	2025/7/15
محطة الوقود	S13	44.951952-31.989890	2025/1/22	2025/7/17
المعيارية	S14	44.886896-32.016071	2025/1/22	2025/7/15

المصدر: الدراسة الميدانية

العدد 4 No 4
2026 تموز July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

رابعا: العناصر الثقيلة: -

يتضمن مناقشة قياسات تراكيز العناصر الثقيلة المتمثلة (الرصاص، الكادميوم) أكثر عنصرين تأثير على تلوث الهواء بواسطة عوادم السيارات ومقارنتها مع المحددات منظمة الصحة العالمية – والمحددات الوطنية وتحليل تباينها الزماني والمكاني وتحديد المواقع الذي سجلت اعلى وأدنى القيم.

1_ عنصر الرصاص bp: تتفاوت تراكيز الرصاص الطبيعي في الغلاف الجوي بين 0.50.6 نانو غرام /م3 كما تقدر تراكيزه في هواء المناطق الريفية غير الملوثة بين 0.05_0.1 ميكروغرام /م3[3].إذ ان هذه التراكيز ترتفع في أجواء المدن اذ تساهم وسائط النقل بسبب احتراق الوقود بحوالي 90% من مخلات الرصاص الى الهواء في البيئات الحضرية[4].

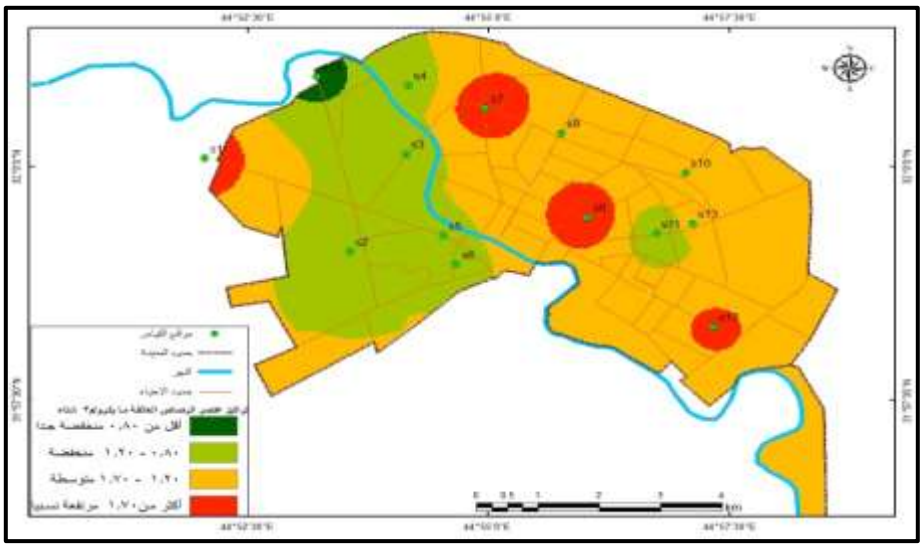
التحليل الجغرافي لعنصر الرصاص (Pb):

في فصل الشتاء: سجل عنصر الرصاص تراكيز تتراوح بين قيمة صغرى تبلغ 0.6024 ug/m^3 في الموقع (S14منطقة المعيارية - حولي الجامعة) بفعل انفتاح المنطقة وسرعة تشتيت الملوثات الحركية السريعة [5]، وقيمة عظمى بلغت 2.1402 ug/m^3 في الموقع (S8شارع سيد أمين). على الرغم من كونه طريقا فرعيا، إلا أنه يمثل شريان اتصال حركي كثيف بين أحياء الجمهوري والوحدة، وتتميز المركبات المارة فيه بقدمها وتكرار مشاكل الاحتراق غير الكامل للوقود بها، إلى جانب انتشار المولدات الكهربائية السكنية المغذية للأحياء المحيطة.

في فصل الصيف: شهدت جميع المواقع قفزة نوعية في تراكيز الرصاص؛ إذ تراوحت بين 1.9041 ug/m^3 كحد أدنى في الموقع (S2الحي الصناعي - كراج الموحد) و14.2778 ug/m^3 كحد أقصى في الموقع (S7تقاطع النسر). يعزى الارتفاع الكارثي في تقاطع النسر إلى الاختناق المروري الحاد، ووقوف المركبات لفترات طويلة تصل إلى دقيقتين مع استمرار تشغيل المحركات، مما يؤدي لتراكم كميات هائلة من انبعاثات الوقود وعوادم الاحتراق المباشرة، لاسيما عند لحظة الانطلاق التي تطلب عزما دورانيا عاليا للمحركات وضخا كثيفا للعناصر السامة، فضلا عن مجاورة التقاطع لمحطة وقود رئيسية وحركة حافلات النقل الثقيلة القادمة من خارج المحافظة.

خريطة (2) التباين المكاني لتراكيز **عنصر الرصاص** العالقة ما يكرو/م ^{3} ضمن نقاط الرصد الموزعة على قطاعات مدينة الديوانية (2025) شتاء

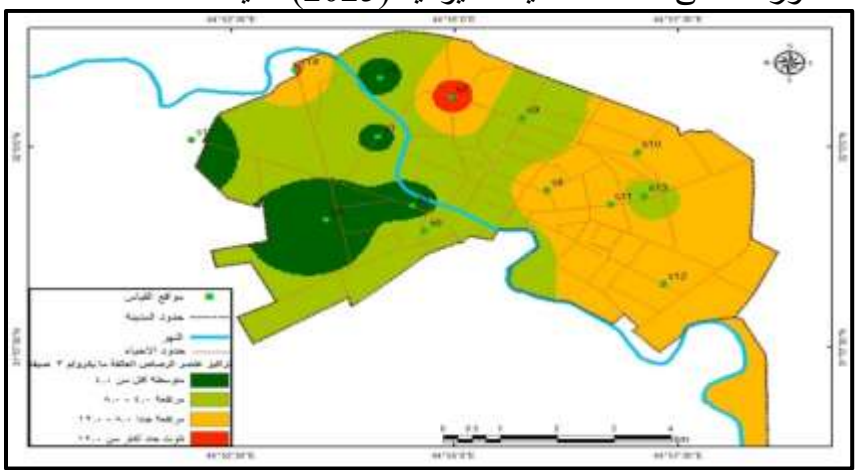
المصدر إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (2) ومخرجات برنامجArcGIS



خريطة (3) التباين المكاني لتراكيز **عنصر الرصاص** العالقة ما يكرو/م ^{3}

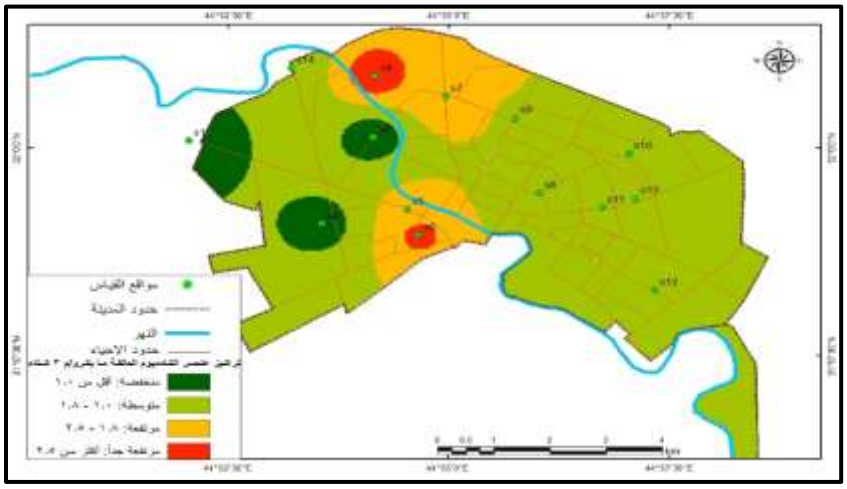
العدد 4 No 4
تموز July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

ضمن نقاط الرصد الموزعة على قطاعات مدينة الديوانية (2025) صيفا



المصدر إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (2) ومخرجات برنامجArcGIS

خريطة **(4)** التباين المكاني لتراكيز عنصر الكادميوم العالقة ما يكرو/م ^{3} ضمن نقاط الرصد الموزعة على قطاعات مدينة الديوانية (2025) شتاء
المصدر إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (2) ومخرجات برنامجArcGIS



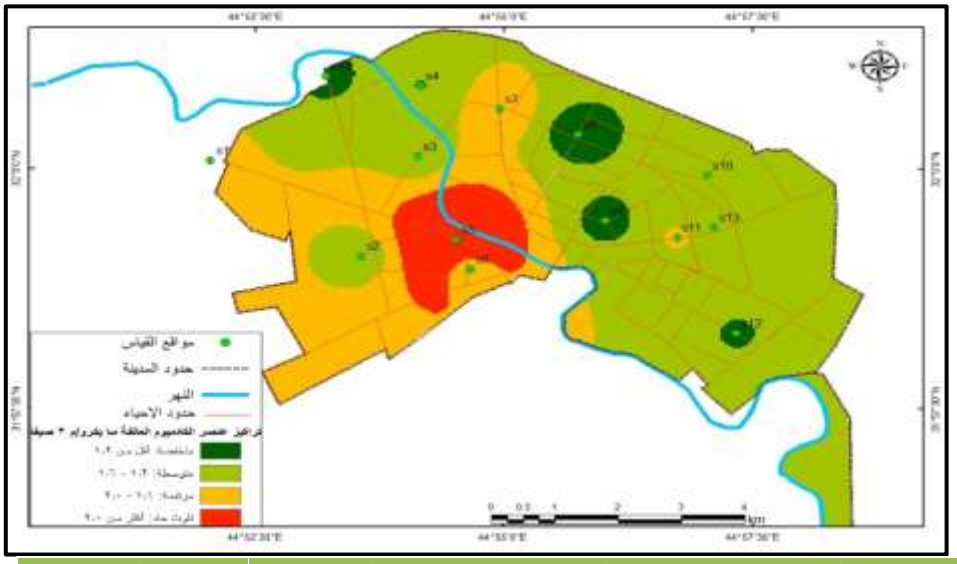
خريطة (**5**) التباين المكاني لتراكيز تراكيز عنصر الكادميوم العالقة ما يكرو/م ^{3} ضمن نقاط الرصد الموزعة على قطاعات مدينة الديوانية (2025) صيفا

المصدر إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات الجدول (3) ومخرجات برنامجArcGIS

التحليل الجغرافي لعنصر الكادميوم (Cd):
في فصل الشتاء: تراوحت قيم الكادميوم بين حد أدنى حقيقي يبلغ 0.3081 ug/m^3 في الموقع S1(مدخل المدينة) نتيجة حركة السير المستمرة والسرعة المنتظمة للمركبات بالفلكة الدائرية دون توقف إجباري ^{2}، وحد أقصى بلغ 3.0668 ug/m^3 في الموقع (S4حي الفرات). يعود هذا الارتفاع الحاد في حي الفرات إلى كثافة حركة مركبات ومعدات الحمل الثقيلة (اللوريات والجرافات) والأنشطة الإنشائية المستمرة في تلك القطاعات السكنية، لاسيما في ساعات الذروة الصباحية والمسائية.

العدد 4 No 4
2026 تموز July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

في فصل الصيف: سجل الكادميوم أعلى تركيز له بمقدار 4.2569 ug/m^3 في الموقع (S5مول طيبة) نتيجة للكثافة التجارية الحادة، وتجمع سيارات الأجرة، ووجود الدوائر الخدمية والإدارية الجاذبة للحركة المرورية، فضلا عن التشغيل المستمر للمولدات الكهربائية الضخمة الخاصة بالمجمعات التجارية لتعويض انقطاع الطاقة في فترات الصيف اللاهب أما الحد الأدنى صيفا فقد سجل في الموقع (S9فلكة العلماء) بمقدار 0.9028 ug/m^3 نتيجة للرصد الصباحي المبكر جدا (الساعة السابعة صباحا) وتراجع النشاط المروري الحركي حينها.



جدول (2): قيم تراكيز الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd)في هواء مدينة مدينة الديوانية لعام 2025

رمز الموقع	اسم موقع الرصد الميداني	تراكيز الرصاص شتاء (ug/m^3)	تراكيز الرصاص صيفا (ug/m^3)	تراكيز الكادميوم شتاء (ug/m^3)	تراكيز الكادميوم صيفا (ug/m^3)
S1	مدخل المدينة (السنية)	1.9617	2.3125	0.3081	1.6736
S2	حي الصناعي - كراج الموحد	1.0191	1.9041	0.6364	1.3630
S3	شارع أم الخيل	0.9069	3.4722	0.4298	1.3819
S4	حي الفرات	0.9783	2.3125	3.0668	1.1944
S5	مول طيبة	1.1499	2.3125	1.9889	4.2569
S6	حكمت العوادي (شارع البستان)	1.0984	6.0890	2.7222	1.5479
S7	تقاطع النسر	2.1333	14.2778	2.4150	1.9167
S8	شارع سيد أمين	2.1402	9.1301	1.2476	1.0205
S9	فلكة العلماء	1.6030	5.0139	1.7358	0.9028

S10	شارع 30	1.3559	11.4178	1.7396	1.3151
S11	أبو شميغ	0.7962	8.7534	1.0485	1.6507
S12	الإسكان	1.7646	11.4178	1.0937	1.1781
S13	محطة الوقود	1.3048	6.8493	1.4135	1.3356
S14	المعيارية (حولي الجامعة)	0.6024	12.1781	1.2457	1.1027

المصدر: الباحثة بالاعتماد على المسح الميداني وباستخدام برنامج (Arc GIS 10.8).

ثالثا: علاقة المتغيرات المستقلة الطبيعية ومدى تأثيرها على المتغيرات المرتبطة في معدل تركيز العناصر الثقيلة في الهواء.

١. **ظاهرة الانقلاب الحراري الشتوي**: تفسر العلاقة العكسية الضعيفة بين الرصاص والحرارة شتاء (r=-0.191) فيزياويا بأن انخفاض درجات الحرارة يقلل من سماكة طبقة الخلط الجوي السطحية، مما يؤدي إلى حبس الهواء البارد الثقيل القريب من الأرصفة وجوانب الطرق وحصر الملوثات المنبعثة من عوادم السيارات والمولدات في نطاق ضيق ومنع تشتتها العمودي، مما يرفع من تراكيزها المقاسة.

٢. **آلية إعادة التعليق الهوائي لدقائق الغبار المتساقط**: يفسر الارتباط الطردي الواضح صيفا بين سرعة الرياح وتراكيز العناصر الثقيلة (للرصاص r=0.396 وللكادميوم r=0.235) بأن الرياح الشمالية الغربية السائدة صيفا والمعروفة بـ السموم أو الشمال[6] تعمل كقوة ميكانيكية قادرة على كشط وإثارة التربة الكلسية الناعمة والغبار السطحي المستقر على جوانب الطرق. وبسبب تلوث هذه التربة تاريخيا نتيجة عقود من استخدام البنزين المحتوي على الرصاص والزيوت المستعملة[7]، فإن نشاط الرياح يعيد إطلاق هذه المعادن السامة عالقة في الجو، مما يرفع من مستوياتها دون وجود مصادر انبعاث مرورية جديدة.

٣. **أثر الرطوبة النسبية وتكامل الترسيب الجاف**: يظهر الارتباط العكسي المتوسط للكادميوم صيفا مع الرطوبة النسبية (r= -0.421) أن انخفاض الرطوبة النسبية وجفاف الهواء الشديد صيفا يعززان من تفكك الدقائق العالقة وصغر حجمها، مما يمنعها من الترسيب الجاذبي ويجعلها محلقة في الهواء لفترات طويلة. وتسهم الرطوبة المرتفعة في الشتاء في تكتل الجسيمات الدقيقة وزيادة كتلتها بفعل تكثف رطوبة الهواء حولها، مما يعجل من ترسيبها الجاف وسقوطها أرضا، وخفض تراكيزها الهوائية.

جدول (3): معاملات الارتباط (r)ومعاملات التحديد (R^2)ة وأثرها البيئي الفعلي

الفصل الدراسي	المتغير التابع (Y)	المتغير المناخي المستقل (X)	معامل ارتباط بيرسون (r)	معامل التحديد المحسوب (R2 = r2)	نسبة التأثير المفسر الحقيقية (%)	اتجاه وقوة العلاقة الحقيقية ومغزاها الجغرافي
الشتاء	الرصاص (Pb)	درجة الحرارة (X1)	0.191-	0.0365	%3.65	عكسية ضعيفة جدا: ترتبط بظاهرة الانقلاب الحراري الشتوي الذي

						يحبس الملوثات قرب سطح الأرض.
		الرطوبة النسبية (X2)	0.130	0.0169	%1.69	طردية ضعيفة جدا: رطوبة الشتاء تزيد من رطوبة الجسيمات العالقة وتماسكها دون أثر غسيل هوائي حقيقي.
		سرعة الرياح (X3)	0.351	0.1232	%12.32	طردية ضعيفة: تسهم في نقل الملوثات محليا من المناطق القريبة المجاورة وعقد الطرق السريعة.
	الكادميوم (Cd)	درجة الحرارة (X1)	0.094	0.0088	%0.88	طردية ضعيفة جدا (منعدمة فعليا): تؤكد استقلالية انبعاث الكادميوم شتاء عن التغير الحراري المباشر.
		الرطوبة النسبية (X2)	0.045	0.0020	%0.20	طردية منعدمة الأثر: الرطوبة الشتوية لا تمثل متغيرا حاسما في تباين الكادميوم.
		سرعة الرياح (X3)	0.252	0.0635	%6.35	طردية ضعيفة جدا: تسهم بشكل هامشي في تشتيت الملوث أو نقله من بؤر الهدم والإنشاء.
الصيف	الرصاص (Pb)	درجة الحرارة (X1)	0.230	0.0529	%5.29	طردية ضعيفة: ترتبط بزيادة استهلاك وقود المولدات والسيارات بارتفاع الحرارة.
		الرطوبة النسبية (X2)	0.199-	0.0396	%3.96	عكسية ضعيفة جدا: جفاف هواء الصيف يساعد على تعليق الجسيمات الغبارية لفترات زمنية أطول.[7]
		سرعة الرياح (X3)	0.396	0.1568	%15.68	طردية متوسطة إلى ضعيفة: الرياح الصيفية النشطة (السموم) تثير

						الغبار السطحي الملوث تاريخيا وتعيد تعليقه.
	الكادميوم (Cd)	درجة الحرارة (X1)	0.364	0.1325	%13.25	طردية ضعيفة: تعزى لزيادة معدل حرق الوقود الثقيل في محطات الطاقة والمولدات صيفا.
		الرطوبة النسبية (X2)	0.421-	0.1772	%17.72	عكسية متوسطة القوة: جفاف الهواء صيفا يمنع الترسيب الرطب للكادميوم ويحافظ على جزيئاته العالقة بالجو.
		سرعة الرياح (X3)	0.235	0.0552	%5.52	طردية ضعيفة جدا: الرياح تثير الغبار الكلسي السطحي الحامل للكادميوم الناجم عن تآكل إطارات السيارات.

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جداول (2) **وبرنامج spss**

رابعا: تقييم التجاوزات التنظيمية والمقارنة بالمحددات الوطنية والدولية:

تم فحص وتصنيف البيانات وفقاو للمحددات القانونية الوطنية العراقية المنصوص عليها في نظام حماية الهواء المحيط رقم 4 لسنة 2012 والمحددات البيئية والصحية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO):

يتضح أن جودة هواء مدينة مدينة الديوانية شتاء فيما يخص عنصر الرصاص هي **ضمن المحددات الوطنية المقبولة** لولا التجاوز الطفيف جدا في شارع سيد أمين وتقاطع النسر .وتبرز المشكلة البيئية الحقيقية صيفا في تقاطع النسر، أذ يسجل الرصاص قفزة حادة تتجاوز السقف القانوني الوطني العراقي بأكثر من 7 أضعاف، وهو ما يمثل مخالفة صريحة للمادة 15 من قانون حماية وتحسين البيئة رقم 27 لسنة 2009 التي تمنع استخدام مركبات أو محركات ينبعث منها عادم يفوق الحدود البيئية الوطنية

تمثل أرقام الكادميوم الكارثة البيئية الكبرى والصامتة بالمدينة؛ فرغم مطابقتها النسبية ظاهريا للمقاييس السنوية المحلية المعتمدة وطنيا) بسبب تساهل المحدد السنوي العراقي البالغ 3.0 ug/m^3 مقارنة بمتطلبات الصحة الدولية[8]، إلا أنها تشهد تجاوزا مرعبا يصل إلى **851ضعفا** للمعيار الصحي الدقيق لمنظمة الصحة العالمية البالغ 0.005 ug/m^3. يشير هذا التجاوز التراكمي الهائل إلى وجود بيئة ملوثة ومسرطنة تهدد السلامة الجسدية لسكان مدينة مدينة الديوانية على المدى الطويل

جدول (3): المقارنة المنهجية للتراكيز المرصودة بالمعايير التنظيمية الوطنية والعالمية وتحديد مستويات الخطورة

العنصر الملوث	الموسم	مدى التراكيز المرصودة	المحدد الوطني العراقي	محدد منظمة الصحة	تقييم مطابقة المحدد	تقييم مطابقة محدد منظمة الصحة	الأثر البيئي والصحي المترتب على

العدد 4 No 4
2026 تموز July 2026
مجلة ساوة للدراسات الانسانية
Sawah Journal of Humanities
E-ISSN 3106 - 8324 P-ISSN 3106 - 8316
مجلة محكمة تصدر عن
جامعة ساوة الاهلية

		(ug/m³)	(ug/m³)	العالمية (WHO)	الوطني العراقي	العالمية	التعرض
الرصاص (Pb)	الشتاء	0.6024 - 2.1402	**2.0** (يومي لـ 24 ساعة)	**0.5** (سنوي)	مطابق ومقبول بيئا في 12 موقعا، وتجاوز طفيف في موقعين فقط (S7 و S8)	متجاوز للحدود الاسترشادية السنوية في جميع المواقع بلا استثناء (1.2 إلى 4 أضعاف).	تراكم الرصاص في أنسجة الجسم الناعمة والعظام، واعتلال الوظائف الكلوية والعصبية، وتراجع حاد في القدرات الإدراكية للأطفال.
	الصيف	1.9041 - 14.2778	**2.0** (يومي لـ 24 ساعة)	**0.5** (سنوي)	تجاوز صارخ وخطير للمحدد اليومي في 13 موقعاو من أصل 14 بمعدلات عالية جداو.	تجاوز كارثي وتراكمي يفوق المعيار الصحي العالمي بـ 4 إلى 28 ضعفاو.	فقر الدم الحاد، تلف دائم في خلايا الدماغ والجهاز العصبي المركزي، الفشل الكلوي المزمن، والتأثير السلبي التراكمي على الأجنة.
الكادميوم (Cd)	الشتاء	0.3081 - 3.0668	**3.0** (معيار سنوي محلي)	**0.005** (سنوي)	مطابق للمحدد الوطني في 13 موقعاو، وتجاوز طفيف جداو في موقع واحد (S4).	تجاوز مرعب وهائل للمحدد الصحي العالمي بـ 61 إلى 613 ضعفاو في كافة المواقع.	تراكم الكادميوم في الكلى وتسببه في اعتلال كلوى حاد (تلف الأنابيب الكلوية)، وهشاشة العظام الشديدة، وتثبيط عمل الإنزيمات الحيوية.
	الصيف	0.9028 -	**3.0**	**0.005**	مطابق	تجاوز فادح	الكادميوم

		4.2569	(معيار سنوي محلي)	(سنوي)	للمحدد الوطني في 13 موقعاو، وتجاوز واضح في موقع واحد (S5).	وكارثي يفوق الحد الآمن لسلامة البشر بـ 180 إلى 851 ضعفاو في كل المواقع.	مصنف كمسرطن بشري من المجموعة الأولى (IARC Group 1)؛ يؤدي استنشاقه المزمن للإصابة بسران الرئة والبروستات والكلى.

١. المصدر: Saleem, A., & Abdullah, E. J. (2024). Assessment of Particulates and Heavy Metals Concentration Distribution in Ambient Air around Al-Dora Refinery in Baghdad City, Iraq. *Iraqi Geological Journal*, *57*(2F), 149-160. https://www.igj-iraq.org

٢. Al-Hasnawi SS, Hussain HM, Al-Ansari N, Knutsson S. The Effect of the Industrial Activities on Air Pollution at Baiji and Its Surrounding Areas, Iraq. Engineering. 2016;8(1):34-44. doi:10.4236/eng.2016.81004.

ملاحظة :تم اعتماد المحدد السنوي العراقي للكادميوم البالغ 3.0 ug/m^3 لعدم وجود محدد يومي تفصيلي في نظام حماية الهواء رقم 4 لسنة 2012.

الاستنتاجات:

١. يظهر التوزيع الجغرافي لعنصري الرصاص والكادميوم في هواء مدينة مدينة الديوانية لعام 2025 تباينا مكانيا وزمانيا حادا ينسجم كليا مع فرضية الدراسة ويجيب على تساؤلات مشكلتها العلمية.

٢. يسجل هواء المدينة تلوثا حادا وغير مسبوق بالرصاص صيفا؛ إذ بلغت ذروته 14.2778 ug/m3 في تقاطع النسر (S7)نتيجة للاختناقات المرورية المتكررة، والتوقف المستمر للمركبات، وضخ العوادم في العقد المزدحمة، فضلا عن مجاورة محطة تعبئة الوقود.

٣. أثبتت المعالجة الإحصائية أن الحد الأدنى الحقيقي للرصاص صيفا يقع في الحي الصناعي - كراج الموحد (S2)بقيمة 1.9041 ug/m^3.

٤. ثبت بالدليل المختبري الإحصائي أن القيمة الدنيا شتاء هي 0.3081 ug/m^3 سجلت في S1والقيمة الدنيا صيفا هي 0.9028 ug/m^3(سجلت في S9).

٥. ترتبط زيادة تراكيز الرصاص والكادميوم في هواء مدينة الديوانية بتداخل مصادر التلوث الحضرية؛ فإلى جانب النقل تشترك المولدات الأهلية المشغلة بوقود الديزل الرديء، ومحطة ديزلات مدينة الديوانية لإنتاج الكهرباء، وعمليات حرق النفايات البلدية في العراء والمكبات المفتوحة في إطلاق هذه السموم المعدنية للجو.

٦. كشف تصحيح القراءات الإحصائية لـ SPSS أن العوامل الجوية المناخية تمتلك تأثيرا متوسطا إلى ضعيف على التراكيز (لا يتعدى 17.72% في أقصى حالاته)؛ إذ يسهم الانقلاب الحراري الشتوي في تركيز

الملوثات سطحيا ، بينما تعزز الرياح الشمالية الغربية النشطة (السموم) صيفا تشتيت الغبار السطحي والتربة الكلسية الملوثة تاريخيا وإعادة تعليق الملوثات هوائيا.

٧. عند فحص ومقارنة التراكيز بالمعايير البيئية كشف واقع خطير؛ إذ يطابق الرصاص المحددات الوطنية شتاء في 12 موقعا بينما يتجاوزها جميعا بشكل حاد وصارخ صيفا. أما الكادميوم، فرغم كونه ضمن السقف السنوي الوطني المرتفع، إلا أنه يتجاوز بصورة مرعبة محددات منظمة الصحة العالمية بمئات الأضعاف في كلا الفصلين، مما يخلق مخاطر سمية ومسرطنة تراكمية فائقة الخطورة على الصحة العامة.

التوصيات:

يوصي البحث بتبني استراتيجية تطبيقية عاجلة تقوم على أربعة محاور تكاملية:

١. يوصى بتبني حلول هندسية عاجلة لتطوير تقاطع النسر (S7)ومحيط مول طيبة (S5)وحكمت العوادي (S6)عبر تشييد المجسرات والأنفاق لتقليل توقف المركبات واختناق حركة المرور والحد من انبعاثات السكون.

٢. تفعيل المادة 15 من قانون حماية وتحسين البيئة رقم 27 لسنة 2009 عبر تسيير دوريات الفحص الفني الإلزامي الدوري لعوادم المركبات، ومنع سير السيارات القديمة والمتهالكة ذات الاحتراق الجزئي غير الكامل للوقود داخل مركز المدينة.

٣. إلزام أصحاب المولدات الأهلية المنتشرة في الأحياء السكنية والتجارية بتركيب فلاتر كيميائية ومصائد دقائق الكربون العالق لتقليل انبعاثات المعادن المصاحبة لحرق الديزل الرديء.

٤. منع حرق النفايات البلدية في العراء والمكبات المفتوحة في أطراف ومحيط مدينة الديوانية بشكل قطعي تفعيلا للمادة 17 من قانون البيئة، والتحول الكامل نحو الإدارة الهندسية لخلايا الطمر الصحي الحديثة لمنع تسرب الكادميوم والرصاص للتربة والمياه والهواء.

٥. توظيف المعالجة الحيوية من خلال زراعة أحزمة شجرية وأسيجة خضراء كثيفة ومتعددة الطبقات حول العقد المرورية الملوثة والتقاطعات وعلى جوانب الشوارع السريعة.

٦. بالاستناد إلى الدراسات البيئية التطبيقية العراقية، يوصى باستخدام فصائل نباتية محلية دائمة الخضرة، وتتميز بمقاومتها للجفاف وبمساحة سطح ورقي خشنة ذات شعيرات قادرة على امتصاص وترسيب الجسيمات العالقة الدقيقة ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) المحملة بالمعادن الثقيلة (مثل الدفلة، الكونوكاربس ، واليوكالبتوس)، حيث تسهم هذه الأسيجة النباتية في خفض مستويات تلوث الهواء بالغبار المعدني بنسبة تتراوح بين 30% إلى 50%، فضلا عن دورها في خفض التلوث الضوضائي الحجري وتثبيت الأتربة من التطاير الرياحي.

٧. تأسيس شبكة مراقبة بيئية مستمرة ومحطات رصد ثابتة لجودة الهواء في الديوانية تابعة لوزارة البيئة بدلاً من الاعتماد على القياسات الميدانية المؤقتة.

٨. توظيف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS) لبناء قاعدة بيانات تفاعلية لخرائط التلوث المعدني في أوساط الهواء والتربة والمياه في المحافظة، واستخدام هذه الخرائط كأداة تخطيطية ملزمة تمنع توجيه المشاريع الإسكانية والمدارس والمستشفيات نحو العقد التي يثبت تخطيها للمحددات الصحية الدولية لضمان سلامة الأجيال القادمة.

الهوامش

1) OUTDOOR AIR CONTAMINANTS-HEAVY METALS AND ASSOCIATED HEALTH RISKS IN DUHOK-IRAQ.

2) Mohammed K. Al-Kasser. Spatial and Seasonal Variation of Atmospheric Particulate Matter Heavy Metals in Al-Diwaniyah City, Iraq. Article - September 2018. ResearchGate. University of Al-Qadisiyah.

3)Al-Dabbas MA, Mahdi KH, Al-Khafaji R, Obayes KH. Heavy metals characteristics of settled particles of streets dust from Diwaniyah City- Qadisiyah Governorate - Southern Iraq. In Journal of Physics: Conference Series 2018 (Vol. 1003, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

4) معتز الدباس ولمياء عبد الأمير وعدنان عفج. تأثير مصفى كركوك على التلوث الهوائي في مدينة كركوك - العراق، ملحق مؤتمر التحسس النائي)، (2012) ص. 8-18) *المجلة العراقية للعلوم*، 53.

5 (.4263 وزارة البيئة العراقية، نظام حماية الهواء المحيط من التلوث رقم 4 لسنة 2012، الوقائع العراقية، العدد

6) Al-Dabbas, M. A., Mahdi, K. H., Al-Khafaji, R., Obayes, K. H. (2018). Heavy metals characteristics of settled particles of streets dust from Diwaniyah City- Qadisiyah Governorate - Southern Iraq. *Journal of Physics: Conference Series, 1003*(1), 012023. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1003/1/012023

7) وفاء صاحب عبود الأوسي؛ ، إيمان عبد المهدي عليوي. دراسة تلوث بعض الترب الكلسية بالكادميوم والرصاص وعلاقتها بالتأثير التراكمي لزيت المحركات المستعمل على مفصولات التربة المعدنية **Mesop. environ. j**. ،2016، عدد خاص وقائع المؤتمر الدولي السادس للعلوم البيئية - جامعة بابل، ص ص. 54-65.

8) **Al-Dabbas, M. A., Mahdi, K. H., Al-Khafaji, R., & Obayes, K. H. (2018).** Heavy metals characteristics of settled particles of streets dust from Diwaniyah City- Qadisiyah Governorate - Southern Iraq. *Journal of Physics: Conference Series*, 1003(1), 012023. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1003/1/012023

المصادر:

١. **الدباس، معتز، وعلي، لمياء عبد الأمير، وعفج، عدنان .(2012)** .تأثير مصفى كركوك على التلوث الهوائي في مدينة كركوك - العراق .*المجلة العراقية للعلوم*، 53) ملحق مؤتمر التحسس النائي)، 8-18.

٢. **الأوسي، وفاء صاحب عبود، وعليوي، إيمان عبد المهدي .(2016)** .دراسة تلوث بعض الترب الكلسية بالكادميوم والرصاص وعلاقتها بالتأثير التراكمي لزيت المحركات المستعمل على مفصولات التربة المعدنية*Mesopotamia Environmental Journal* .، (عدد خاص بوقائع المؤتمر الدولي السادس للعلوم البيئية - جامعة بابل)، 54-65.

٣. **وزارة البيئة العراقية .(2012)** .نظام حماية الهواء المحيط من التلوث رقم 4 لسنة 2012 .*الوقائع العراقية*، العدد 4263.

٤. **الهيأة العامة للمساحة .(2009)** .خريطة العراق الإدارية بمقياس 1:50000. بغداد، العراق.

ثانياً: المصادر الأجنبية

١. **Al-Dabbas, M. A., Mahdi, K. H., Al-Khafaji, R., & Obayes, K. H. (2018).** Heavy metals characteristics of settled particles of streets dust from Diwaniyah City- Qadisiyah Governorate - Southern Iraq. *Journal of Physics: Conference Series*, 1003(1), 012023. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1003/1/012023

٢. **Al-Hasnawi, S. S., Hussain, H. M., Al-Ansari, N., & Knutsson, S. (2016).** The Effect of the Industrial Activities on Air Pollution at Baiji and Its Surrounding Areas, Iraq. *Engineering*, 8(1), 34-44. https://doi.org/10.4236/eng.2016.81004

٣. **Al-Kasser, M. K. (2018).** Spatial and Seasonal Variation of Atmospheric Particulate Matter Heavy Metals in Al-Diwaniyah City, Iraq. *University of Al-Qadisiyah*, ResearchGate.

٤. **Saleem, A., & Abdullah, E. J. (2024).** Assessment of Particulates and Heavy Metals Concentration Distribution in Ambient Air around Al-Dora Refinery in Baghdad City, Iraq. *Iraqi Geological Journal*, 57(2F), 149-160. https://www.igj-iraq.org