التحليل المكاني للتلوث بالمعادن الثقيلة في ترب محطات الوقود بمحافظة الانبار

م.م محمود جميل خلف / قسم المكتبة المركزية ، جامعة الانبار
mohmood.jameel@uoanbar.edu.iq
م. انعام محمد عايد / مركز دراسات الصحراء ، جامعة الانبار
edw.inam1976@uoanbar.edu.iq
م.م نور منذر حسن / مكتب المساعد العلمي ، الجامعة العراقية
nour.m.hassan@aliraqia.edu.iq
عائشة امين عبدالله / قسم المكتبة المركزية ، جامعة الانبار
aisha.ameen@uoanbar.edu.iq

spatial Analysis of Heavy Metal Pollution in Soils Surrounding Fuel Filling Stations in Al-Anbar Governorate

Mahmood Jameel Kalaf
Inam Mohammed Ayyed
Noor Munther Hassan
Aisha Amin Abdullah

المستخلص

يستهدف البحث إلى تحليل التوزيع المكاني لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة في محطات تعبئة الوقود ومنشآت تخزين النفط في محافظة الأنبار، مع تقييم آثاره البيئية والصحية. اعتمدت الدراسة على تحليل (٣١١) عينة تربة جُمعت من (٤٣) محطة وقود باستخدام تقنيات متقدمة شملت الامتصاص الذري (AAS) وطيف الكتلة(ICP-MS) ، فضلاً عن تطبيق مؤشرات التلوث مثل عامل التلوث(CF) ، ومؤشر حمل التلوث(PLI) ، ومعامل التراكم الأرضي.(Igeo)

أظهرت النتائج تجاوز تراكيز بعض المعادن الثقيلة، ولا سيما الكادميوم (Cd) والرصاص(Pb) ، الحدود المسموح بها عالميًا، حيث سجل الكادميوم مستويات تلوث عالية جدًا (CF>6) في جميع مواقع الدراسة، بينما أظهر الرصاص مستويات تلوث عالية CF) بين ٣–٦). في المقابل، كانت تراكيز عناصر الزنك (Zn) والنحاس (Cu) والكروم (Cr) والنيكل (Ni) ضمن الحدود المقبولة وضمن مستويات تلوث منخفضة.

كما بيّن مؤشر حمل التلوث (PLI) أن معظم المواقع تراوحت بين غير ملوثة إلى ملوثة بشكل معتدل، مع تسجيل مستويات تلوث أعلى في بعض المناطق مثل عامرية الصمود والكرمة. وأكد معامل التراكم الأرضي (Igeo) وجود تلوث معتدل إلى عالٍ بعنصر الكادميوم، وتلوث معتدل بالرصاص، في حين لم تُظهر باقي العناصر مستويات تلوث تُذكر.

تشير النتائج إلى أن مصادر التلوث تعود إلى الأنشطة النفطية واحتراق الوقود إضافة إلى بعض العوامل الطبيعية، مما يشكل خطرًا بيئيًا وصحيًا، خاصة على الفئات الحساسة. ويوصي البحث بضرورة تحسين أنظمة تخزين ونقل الوقود، وتعزيز برامج المراقبة البيئية للحد من تراكم المعادن الثقيلة وضمان حماية الصحة العامة

الكلمات المفتاحية (التحليل المكاني،تلوث التربة ،المعادن الثقيلة ،محطات الوقود،مؤشرات التلوث البيئي)

Abstract

This study aims to analyze the spatial distribution of soil contamination by heavy metals at fuel filling stations and oil storage facilities in Al-Anbar Province, with a focus on assessing associated environmental and public health impacts. A total of 311 soil samples were collected from 43 fuel stations and analyzed using advanced techniques, including Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). In addition, pollution indices such as the Contamination Factor (CF), Pollution Load Index (PLI), and Geo-accumulation Index (Igeo) were applied.

The results revealed that concentrations of certain heavy metals, particularly cadmium (Cd) and lead (Pb), exceeded internationally permissible limits. Cadmium exhibited very high contamination levels (CF > 6) across all study sites, while lead showed high contamination levels (CF ranging between 3 and 6). In contrast, zinc (Zn), copper (Cu), chromium (Cr), and nickel (Ni) remained within acceptable limits and indicated low contamination levels.

The Pollution Load Index (PLI) indicated that most sites ranged from unpolluted to moderately polluted, with higher contamination levels observed in specific areas such as Amiriyat Al-Sumoud and Al-Karma. The Geo-accumulation Index (Igeo) confirmed moderate to high contamination by cadmium and moderate contamination by lead, while other elements showed negligible contamination.

The findings suggest that contamination is primarily associated with petroleum-related activities, fuel combustion, and, to a lesser extent, natural factors. This poses potential environmental and health risks, particularly to vulnerable populations. The study recommends improving fuel storage and transportation systems and strengthening environmental monitoring programs to mitigate heavy metal accumulation and protect public health.

Keywords(Spatial Analysis, Soil Pollution, Heavy Metals, Fuel Filling Stations, Environmental Pollution Indices)

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

تلوث التربة بالمعادن الثقيلة، خصوصًا في مناطق محطات تعبئة الوقود ومنشآت تخزين النفط، يشكل تهديدًا كبيرًا للصحة والبيئة. ينتج هذا التلوث عن الأنشطة البشرية أو العمليات الطبيعية، مما يؤدي إلى تدهور التربة وتلوث المياه وتدمير النظم البيئية. يتطلب الأمر دراسة دقيقة لتوزيع وتأثير هذه المعادن لضمان حماية حقوق الإنسان والحفاظ على التوازن البيئي، وتطوير استراتيجيات فعالة لمكافحة التلوث. تم فحص محطات تعبئة الوقود في مدن محافظة الأنبار، حيث تم قياس تراكيز المعادن الثقيلة في التربة. كما أظهرت الدراسات العلمية أن التلوث النفطي يسهم في زيادة تركيز هذه المعادن، وتم إجراء أبحاث لدراسة العلاقة بين تراكيز المعادن الثقيلة وظهور الأمراض المرتبطة بها (مجيد.، ٢٠٢٠).

مشكلة البحث

١- إلى أي مدى تعكس تراكيز المعادن الثقيلة في ترب محطات الوقود في محافظة الأنبار مستويات تلوث تتجاوز الحدود والمعايير البيئية الدولية؟

٢- ما طبيعة التباين في التوزيع المكاني لتراكيز المعادن الثقيلة بين مواقع الدراسة المختلفة، وما العوامل المرتبطة بهذا التباين؟

٣- ما مستوى التلوث البيئي الفعلي وفق مؤشرات التقييم الكمي (CF، PLI، Igeo)، وما دلالاته في تفسير مصادر التلوث وآثاره المحتملة على البيئة وصحة الإنسان؟

فرضية البحث :-

١- أن ترب محطات الوقود في محافظة الأنبار تحتوي على تراكيز مرتفعة من المعادن الثقيلة، ولا سيما الكادميوم (Cd) والرصاص (Pb)، تتجاوز الحدود والمعايير البيئية الدولية.

٢- يظهر التوزيع المكاني لهذه المعادن تباينًا واضحًا بين مواقع الدراسة المختلفة، نتيجة اختلاف كثافة الأنشطة النفطية، وطرق التخزين والنقل، وخصائص التربة المحلية.

٣- أن مؤشرات التلوث البيئي (CF، PLI، Igeo) ستعكس مستويات تتراوح بين المتوسطة والعالية، مما يدل على وجود تأثيرات بيئية وصحية محتملة تستدعي اتخاذ إجراءات وقائية وتنظيمية فعّالة.

أهمية البحث :-

١. الأهمية العلمية:

- يقدّم البحث إضافة نوعية في مجال الدراسات البيئية من خلال تحليل مكاني متكامل لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة في بيئة محطات الوقود.
- يساهم في سد فجوة معرفية محلية تتعلق بمحافظة الأنبار، من خلال توفير بيانات ميدانية دقيقة وحديثة.
- يعزز استخدام مؤشرات التلوث البيئي الكمية (CF، PLI، Igeo) ضمن إطار تحليلي موحد، مما يدعم الدراسات المقارنة مستقبلًا.

٢. الأهمية التطبيقية:

- يوفر قاعدة بيانات علمية يمكن أن تُستخدم من قبل صناع القرار والجهات البيئية في وضع سياسات للحد من التلوث.

- يدعم تطوير استراتيجيات إدارة مستدامة للأنشطة النفطية، خاصة في ما يتعلق بأنظمة التخزين والنقل.
- يساعد في تحديد المناطق الأكثر تلوثًا، مما يسهم في توجيه جهود المعالجة البيئية بشكل أكثر كفاءة.

٣. الأهمية البيئية والصحية:

- يسلط الضوء على المخاطر الصحية المحتملة الناتجة عن التعرض للمعادن الثقيلة، خاصة للفئات الحساسة مثل الأطفال والنساء الحوامل.
- يساهم في حماية النظام البيئي من التدهور الناتج عن التراكم طويل الأمد للملوثات.
- يدعم الجهود الرامية إلى تحقيق التنمية المستدامة من خلال تقليل التأثيرات السلبية للأنشطة البشرية على البيئة.

١.١ الخلفية السياقية

تعتبر المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ، الكادميوم، الكروم، الرصاص، والزئبق جزءًا من قشرة الأرض، وقد تتراكم في التربة والمياه بسبب الأنشطة الجيولوجية أو الأنشطة البشرية. محطات تعبئة الوقود ومنشآت تخزين النفط تُعد من المصادر الرئيسية لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة، حيث تساهم الأنشطة المرتبطة بتخزين الوقود والنقل والتوزيع في هذا التلوث. نتيجة لذلك، تؤثر هذه المصادر على البيئة المحيطة. إن قرب هذه المنشآت من المناطق السكنية والأراضي الزراعية يجعل الفئات الحساسة بيئيًا مثل الأطفال والنساء الحوامل أكثر عرضة لهذه الانبعاثات الضارة.

تشير الدراسات الحديثة إلى أن تلوث التربة بالمعادن الثقيلة أصبح قضية عالمية ذات آثار كبيرة على صحة النظم البيئية وسلامة الغذاء وصحة الإنسان. إن زيادة المعادن

الثقيلة في التربة تؤدي إلى تدهور خصوبة التربة وتقليل إنتاج المحاصيل، في حين أن التراكم البيولوجي لهذه المعادن يمكن أن يؤثر بشكل خطير على النباتات والحيوانات والبشر. علاوة على ذلك، فإن المعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق تؤدي إلى أمراض تنفسية وأمراض سرطانية عند التعرض لها من خلال التربة أو المياه أو الطعام. الفئات الأكثر عرضة للتسمم المعدني تشمل الأطفال والنساء الحوامل الذين يعانون من قدرة محدودة على تحمل سمية المعادن **(Lin)**

١.٢ المنهجية المتبعة

في الآونة الأخيرة، تم استخدام مجموعة متنوعة من الأساليب المنهجية لتقييم تلوث التربة بالمعادن الثقيلة، مما يضمن الحصول على نتائج دقيقة وشاملة. من بين هذه الأساليب، يعتبر الامتصاص الذري (AAS) من أبرز الطرق الشائعة، حيث يتميز بدقة عالية في تحديد المعادن الثقيلة مثل الرصاص والكادميوم والنيكل في التربة. استخدم العديد من الباحثين تقنية AAS للكشف عن تلوث التربة في المناطق القريبة من المنشآت الصناعية، ويمكن تطبيق هذه التقنية في مراقبة البيئة وتقييم التلوث في محطات تعبئة الوقود (Herath، ٢٠١٨)

طريقة أخرى دقيقة هي طيف الكتلة البلازمي المقترن بالحث (ICP–MS)، التي تسمح بتحديد آثار المعادن الثقيلة في عينات التربة بدقة عالية. باستخدام هذه التقنية، يمكن تحليل عدة عناصر في وقت واحد بدقة شديدة (Alomary، ٢٠٠٧) .

لتقييم مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة في التربة، يعتمد العلماء على مؤشرات تلوث مثل عامل التلوث (CF)، مؤشر حمولة التلوث (PLI)، ومؤشر التراكم الجغرافي (Igeo). توفر هذه المؤشرات طريقة فعالة لتحديد درجة التلوث وتمييز بين المصادر الطبيعية والمصادر البشرية للتلوث. كما تساعد في تحديد المناطق التي تشهد تركيزات

عالية من المعادن مقارنة بمستوياتها الطبيعية، وتقييم تأثير التلوث على تدهور التربة (Nannoni، ٢٠١١)

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل مستويات المعادن الثقيلة في عينات التربة المأخوذة من محطات تعبئة الوقود ومنشآت تخزين الوقود في مناطق معينة. سيتم جمع العينات وفقًا للإجراءات القياسية من المواقع التمثيلية داخل المنشآت وأيضًا من المناطق المحيطة. ستستخدم تقنيات التحليل مثل الامتصاص الذري وICP–MS لتحديد مستويات المعادن الثقيلة في العينات.

١.٣ الآثار المحتملة

أظهرت العديد من الدراسات أن تلوث التربة بالمعادن الثقيلة له آثار بيئية وصحية كبيرة، بالإضافة إلى تداعيات اقتصادية واجتماعية. من الناحية البيئية، يؤدي تلوث التربة بالمعادن الثقيلة إلى تقليل خصوبة التربة وتدمير النظام البيئي. كما أن المعادن الثقيلة يمكن أن تبقى في البيئة لفترات طويلة وتكون سامة للكائنات الحية، مما يعزز التلوث المزمن. هذا التلوث قد يشكل تهديدًا للاستدامة البيئية والتنوع البيولوجي في المناطق المحيطة بمحطات تعبئة الوقود.

من الناحية الصحية، يرتبط التعرض للمعادن الثقيلة بزيادة مخاطر الإصابة بأمراض مثل اضطرابات الجهاز التنفسي والسرطان والمشاكل الصحية الأخرى، خاصة لدى الفئات الضعيفة مثل الأطفال. المعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق تعد من أكثر المعادن سمية، وتسبب تأثيرات صحية خطيرة نظرًا لقدرتها على التراكم في الأنسجة الحية (Mason، ٢٠١٤)

من الناحية الاقتصادية والاجتماعية، يؤدي تلوث التربة إلى تقليص الإنتاج الزراعي وبالتالي يؤثر على دخل المزارعين وسلامة الغذاء. علاوة على ذلك، فإن تنظيف

المناطق الملوثة يستلزم تكاليف باهظة، كما أن قيمة الأراضي الملوثة تنخفض بشكل كبير. وهذا يزيد من تكاليف الرعاية الصحية بسبب الأمراض المرتبطة بالتلوث. وبالتالي، يمكن القول إن معالجة التلوث بالمعادن الثقيلة في التربة ليس فقط ضرورة بيئية بل أيضًا ضرورة اقتصادية وصحية(Zannoni, 2016) .

١.٤ فجوة البحث والمساهمة

لقد تم الاعتراف سابقًا بتلوث التربة الناتج عن الأنشطة الصناعية، بما في ذلك المنشآت المتعلقة بالنفط (AL-Heety، ٢٠٢١) . ولإكمال هذه الفجوة في المعلومات المتعلقة تحديدًا بالعمليات في محافظة الأنبار، من الضروري إجراء أبحاث في هذا المجال. ولذلك، تحاول هذه الدراسة سد هذه الفجوة من خلال جمع بيانات تجريبية حول مستوى ونتائج تلوث التربة بالمعادن الثقيلة في المناطق المحيطة بمحطات الوقود ومراكز التوزيع. في هذه الحالة، ستغلق الدراسة هذه الفجوة المعرفية، مما سيمكن جميع الأطراف المعنية وصناع السياسات والمجتمع العلمي من فهم المخاطر البيئية والصحية العامة المرتبطة بأنشطة النفط، وبالتالي تمكينهم من تنفيذ استراتيجيات ملائمة للتخفيف من مخاطر التلوث وتعزيز التنمية المستدامة في المنطقة.

5-مواقع الدراسة

بعد تحديد مواقع الدراسة بدقة، تم الحصول على الموافقات اللازمة لدخول هذه المواقع وجمع العينات منها. تم إعداد استمارة معلومات خاصة بكل موقع من المواقع التي تضم المنشآت النفطية، والتي شملت محطات تعبئة الوقود في محافظة الأنبار. تم أخذ عينات من (٤٣) محطة وقود موزعة على مختلف أقضية المحافظة، حيث تم جمع إجمالي (٣١١) عينة تربة من جميع المواقع المذكورة، وذلك على النحو التالي:

6-محطات الوقود :

تم جمع عينات التربة من معظم أقضية محافظة الأنبار، حيث تم أخذ عينات من (١٣) محطة وقود في قضاء الرمادي، و(٥) محطات وقود في قضاء الفلوجة، و(٧) محطات وقود في قضاء الخالدية، و(٢) محطة وقود في قضاء الكرمة، و(٢) محطة وقود في قضاء عامرية الصمود، و(٧) محطات وقود في قضاء هيت، و(٣) محطات وقود في قضاء حديثة، و(٢) محطة وقود في قضاء القائم، بالإضافة إلى محطة واحدة في كل من قضاء عانة وقضاء راوه. وبذلك، يصل العدد الإجمالي لمحطات الوقود إلى (٤٣) محطة، كما هو موضح في الجدول (١) التالي.

الجدول (١) يوضح احداثيات مواقع محطات الوقود

ت	اسم المحطة	رمز المحطة	عدد العينات	موقع المحطة	
				خطوط الطول	خطوط العرض
قضاء الرمادي					
١	تاج الجزيرة	R1	7	٤٣.٤٣٥٨٣٢٣١	٣٣.٤٦٥٩٧٨٦٥
٢	الراشد	R2	8	٤٣.٣٢٧٣٠١٤١	٣٣.٤٦٠١٦٠٣٩
٣	الكورنيش	R3	7	٤٣.٢٧٢٠٧٢٥	٣٣.٤٤٦٠٠٦٠٦
٤	الدليم	R4	7	٤٣.٢٧٠٨٧٠٩٨	٣٣.٤٥٧٥٩٣٧٢
٥	المسرة	R5	6	٤٣.٣٢١٠٤٦٣٨	٣٣.٤٣٢٩٣١٧٣
٦	الرمادي الجديدة	R6	8	٤٣.٣٤٨٤٢٠٨٧	٣٣.٤٢٨٧٠٢٤٩
٧	رماح الأنبار	R7	6	٤٣.٣٣٤٧٤٨١٣	٣٣.٤٢١٧٧٧٣٨
٨	الأوائل	R8	7	٤٣.٢٧٩٩٣٤٧٧	٣٣.٤١٧٢٧٥٨٦
٩	الرمادي القديمة	R9	5	٤٣.٣٠٤١٣٩١٤	٣٣.٤٢٥٨١٧٨٨
١٠	الصابرين	R10	4	٤٣.٣١٢٤١٨١٧	٣٣.٤١١٦٣٦٥٥
١١	المنتصر بالله	R11	8	٤٣.٢٢٤٣٢٥٦	٣٣.٤١٤٣٦٣١٤
١٢	الاتحاد	R12	7	٤٣.١٩٨٣٨٣٣٠	٣٣.٤٠٧٥١٠٣٧

١٣	غصن الزيتون	R13	6	٤٣.٤١٦٨٤٤٠٧	٣٣.٤٢٢١٢٩٦٥
قضاء الفلوجة					
١	الصقلاوية	F1	5	٤٣.٦٩٥٩٣٦١٦	٣٣.٤٠٢٩٥٣٤١
٢	رحاب الفلوجة	F2	7	٤٣.٧٥٨٢٥٠٧٤	٣٣.٣٦٦٨٥٠٨
٣	الفردوس	F3	5	٤٣.٨٠٣٧٨٨٤٦	٣٣.٣٥٤٠٥٨٣٣
٤	جوهرة الفلوجة	F4	5	٤٣.٧٨٨٩٠٩٩١	٣٣.٣٢١٣٠٥٣٤
٥	الدوحة	F5	5	٤٣.٧٨٨٣٧٦٤٣	٣٣.٣٨٩٥٨٨٥١
قضاء الخالدية					
١	الكوثر	K1	6	٤٣.٤٥٤٢٩٦٥٤	٣٣.٤٠٥٥٠٧٣٨
٢	الخالدية	K2	4	٤٣.٥١٧٩٦١٥٠	٣٣.٣٩٧٤٠١٦٣
٣	الحبانية القديمة	K3	6	٤٣.٥٤٥٠٣٥٩٧	٣٣.٣٦٨٣٢٩٤٥
٤	الدمام	K4	5	٤٣.٦٥١٢٧٩٤٠	٣٣.٣٦١٥٥٥٥٨
٥	الوئام	K5	5	٤٣.٥٠٦٢٩٧٠٤	٣٣.٤٢٧٠٢٣٠٥
٦	الراية البيضاء	K6	6	٤٣.٦٠٥٢٣٤٠٠	٣٣.٣٦٨٧٨١١٢
٧	الحبانية الجديدة	K7	5	٤٣.٥٨٤٩٣٢١٤	٣٣.٣٨٥٣١٣٢٦
قضاء الكرمة					
١	الكرمة	C1	7	٤٣.٩١٧٥٧٦٧٦	٣٣.٣٩٦٧١٦٦٥
٢	المرزوق	C2	6	٤٣.٩٤٦٢٠٢٩٦	٣٣.٤٠١٧٦٢٢٧
قضاء عامرية الصمود					
١	الفارس العربي	A1	5	٤٣.٨٤٦١٥٠٨٥	٣٣.١٨٣١٥٣٥١
٢	عبد الحكيم	A2	5	٤٣.٧٥٤٧٧٩١٢	٣٣.٢٣٠٧٧٢٧٠
قضاء هيت					
١	الجبل	H1	7	٤٢.٥١٩٢٢٢٥٤	٣٣.٨٨٦٣٥٧٩٢
٢	المحمدي	H2	4	٤٢.٨٨٣٨٦٣٩٣	٣٣.٥٩٥٦٩٥٧٠
٣	هيت الجديدة	H3	6	٤٢.٨٥١٣٩٨٧٢	٣٣.٦١٩٠٠٥٠٥

٤	الغزال	H4	4	٤٢.٧٩٠٨٤٣١٤	٣٣.٦٦٠٥٩٣٠٨
٥	وحدة العراق	H5	4	٤٢.٨٣٠١٤٩٨٤	٣٣.٧٥٠٢١٩٣٩
٦	كبيسة	H6	7	٤٢.٦٢٣٧٢٧٤٠	٣٣.٥٩٧٤٢٥٦٠
٧	ناحية الفرات	H7	6	٤٢.٩٢٦٥٧٥٧٧	٣٣.٥٥٦١٦٩٩
قضاء حديثة					
١	انوار حديثة	D1	5	٤٢.٣٦٠٣٤٤٧٠	٣٤.١٢٤٨٠٢٢٠
٢	بروانة	D2	6	٤٢.٣٨٤٦٣٢٣٤	٣٤.٠٨٠٤٠٤٠٥
٣	الحقلانية	D3	5	٤٢.٣٥٥٣٦١٠٩	٣٤.٠٨٥٥٩٨٣٠
قضاء راوه					
١	راوه	O	5	٤١.٩٢٠٨٥٨٢١	٣٤.٤٧٩٩٨٠٢٠
قضاء عانة					
١	عانة	N	5	٤١.٩٨٤٥٨٢٦٥	٣٤.٣٦٧٤٦٩١٩
قضاء القائم					
١	القائم	Q1	4	٤٠.٩٨٢٧٨٠٤٧	٣٤.٤١٣٢١١٨٨
٢	البساط الأخضر	Q2	5	٤١.٢٢٧٢٣٣٥٢	٣٤.٤٧٤٢١١٧٠

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات Arc-map10.9

7-جمع العينات:

تم جمع عينات التربة في ظروف جوية طبيعية، حيث تراوحت درجة الحرارة بين ١٢°C و ٢٣°C، وسرعة الرياح بين ١٢ و ٢٨ كم/ساعة، والرطوبة بين ٧٣٪ و ٨٢٪. تم جمع العينات من التربة السطحية لأن مستويات التلوث تكون عادة أعلى فيها مقارنة بالتربة الجوفية، حيث تتأثر أكثر بالإشعاع الشمسي والحرارة والرطوبة. استخدمت مجرفة صغيرة لجمع العينات، التي تم تخزينها في حاويات شفافة محكمة الغلق من البولي إيثيلين للحفاظ على حالتها للتحليل.

8-تحضير العينات :

بعد جمع عينات التربة، تم خلط العينات من كل موقع دراسي. تم الحصول على عينة واحدة من كل محطة وقود، ليصل العدد الإجمالي إلى ٥٥ عينة لفحص العناصر الثقيلة والعناصر المشعة.

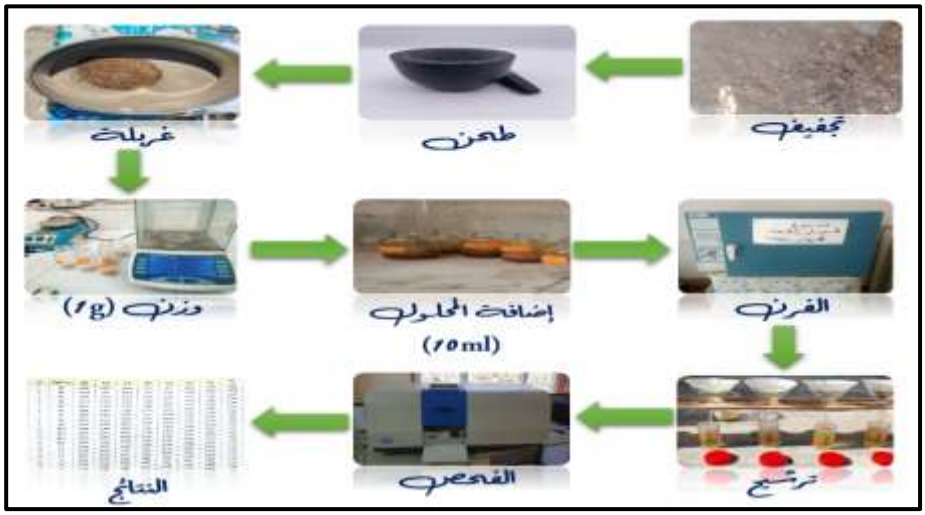
تم تجهيز العينات لفحص العناصر المشعة بتجفيفها، غربلتها، وطحنها، ثم حفظها في حافظات بلاستيكية. أما العينات المخصصة لفحص العناصر الثقيلة، فتتطلب تحليلاً كيميائيًا للتخلص من الشوائب والكربون الذي يؤثر على الفحص. يتضمن التحليل الكيميائي عدة مراحل.

تجهيز العينات للتحليل الكيميائي: تم تجفيف عينات التربة عند ٢٧°C لإزالة الرطوبة، ثم تم تنظيفها من الشوائب مثل الحصى والنباتات. بعد ذلك، تم إدخال العينات في الفرن عند ٦٥°C لمدة ٢٤ ساعة لتجفيف الرطوبة المتبقية. تم طحن العينات باستخدام الهاون الخزفي وغربلتها بمنخل بفتحة ١٥٠ ميكرومتر، ثم تم أخذ العينات لإجراء التحليل الكيميائي.

تجهيز محلول التحليل الكيميائي: يتكون محلول التحليل الكيميائي من خليط ثلاثي من الأحماض المركزة: HCl و HNO3 و H2SO4 بنسب ٣:٢:٢.

التحليل الكيميائي للعينات بالفرن: تم أخذ ١٠ مل من المحلول المحضر وأضيفت إليها ١ غم من عينة التربة في بيكر سعة ١٠٠ مل. تم تحريك المزيج جيدًا، ثم وضع في الفرن عند ١٦٠°C لمدة نصف ساعة حتى يقترب من الجفاف. بعد تبريد المزيج، تم غسله بالماء المقطر عدة مرات، ثم تم ترشيحه باستخدام ورق الترشيح حتى الوصول إلى ٥٠ مل. تم حفظ الناتج في أنابيب زجاجية للتحليل.

شكل (١) يوضح مراحل عملية التحليل الكيميائي



9-مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة:

للتعرف على مستوى التلوث في منطقة الدراسة وتحديد ما إذا كانت تركيزات العناصر الثقيلة المحسوبة مرتفعة أو منخفضة، قمنا بحساب مؤشرات التلوث التالية:

9-1عامل التلوث (CF) :

يُعرف عامل التلوث بأنه زيادة تركيز العناصر الثقيلة في التربة عن المستوى الطبيعي الموجود في القشرة الأرضية. يُعتبر هذا العامل أداة فعّالة لمراقبة تلوث التربة بالعناصر الثقيلة، ويُستخدم لتقييم مدى التلوث الناتج عن الأنشطة البشرية. كما يمكن الاستفادة منه في التمييز بين مصدر العناصر الثقيلة، سواء كانت ناتجة عن الأنشطة البشرية أو تأثيرات طبيعية. يعتمد عامل التلوث على مقارنة تركيز كل عنصر في التربة أو الغبار مع تركيزه الطبيعي أو الخلفية الطبيعية لذلك العنصر. يُستخدم في هذا السياق المعادلة

رقم (١) لحساب عامل التلوث كما يلي (Al-Sheraefy, 2023)

$$CF=\frac{(Cm)sample}{(Cm)Background} \quad -----(6-3)$$

حيث ان:-

sample (Cm):- تركيز أي عنصر في العينة المدروسة.

Background (Cm):- تركيز العنصر نفسه في القشرة الارضية.

جدول(٢) المتوسط الصخري العالمي للعناصر الثقيلة في القشرة الأرضية (Martin, 1979) .

ت	العنصر	رمز العنصر	Background (ppm)
١	الزنك	Zn	١٢٧
٢	الكوبالت	Co	١٣
٣	النحاس	Cu	٣٢
٤	الرصاص	Pb	١٦
٥	الكادميوم	Cd	٠.٢
٦	الكروم	Cr	٧١
٧	الحديد	Fe	٣٥٩٠٠
٨	النيكل	Ni	٤٩

وهناك اربع مستويات لوصف عامل التلوث كما في الجدول (٣-٥) :

الجدول (3) يبين مستويات عامل التلوث

عامل التلوث(CF)	درجة التلوث
CF<1	التلوث منخفض
1< CF<3	التلوث متوسط
3< CF<6	التلوث عالي
CF>6	التلوث عالي جدا

9-2مؤشر حمل التلوث (PLI) :

يُعد مؤشر حمل التلوث أداة مفيدة تُستخدم عادة لتقييم مستوى التلوث في التربة، كما يعتبر وسيلة سهلة لتقدير درجة التدهور الذي يصيب التربة نتيجة تراكم المعادن الثقيلة فيها. ويمكن تقسيم مؤشر حمل التلوث إلى ست درجات، كما هو موضح في الجدول(٤). يتم حساب مؤشر حمل التلوث في التربة باستخدام المعادلة (٢) (Waida J, 2022)

$$PLI=(CF1 \times CF2 \times CF3 \times \ldots\ldots\ldots\ldots \times CFn)\ 1/n \quad ----(7-3)$$

حيث ان:-

CF:- عامل التلوث وتحسب قيمة من المعادلة (٣-٦)

n:- عدد العناصر

جدول (٤) يوضح مؤشر معامل حمل التلوث

الدرجة	قيمة (PLI)	مستويات التلوث
١	1≥PLI	غير ملوث
٢	2≥PLI≥1	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
٣	3≥PLI≥2	ملوثة بشكل معتدل
٤	4≥PLI≥3	معتدل الى عالية التلوث
٥	5≥PLI≥4	عالية التلوث
٦	PLI>5	عالي جدا التلوث

3-9عامل التراكم الأرضي (Igeo)

عامل التراكم الارضي أو مؤشر التراكم الجغرافي هو أحد المؤشرات الأكثر شيوعًا في قياس مستوى التلوث بالمعادن بشكل كمي. يُستخدم هذا المؤشر على نطاق واسع لتقييم تلوث المعادن الثقيلة في التربة الحضرية من خلال مقارنة التركيزات الحالية مع التركيزات المرجعية لخلفية التربة الطبيعية. يتم حساب مؤشر التراكم الجغرافي في التربة وفقًا للطريقة الموضحة في الجدول (٥)، ويُحسب باستخدام المعادلة (٣)

$$Igeo = \log2 \left[\frac{\text{Ci Sample}}{1.5 \times \text{Ci Background}}\right] \text{------}(8-3)$$

حيث ان:-

Ci Sample :- تركيز العنصر المراد معرفة التراكم له (العينة المدروسة)

Cr Background :- التركيز الاصلي(عينة مقارنة) للعنصر مضروب بـ (1.5) لاحتمال التنوع بالقيمة الاصلية في البيئة.

حيث تم وضع سبع مستويات لعامل التراكم كما مبين في الجدول (٥)

جدول (٥) يبين المستويات السبعة لعامل التراكم الجغرافي

المستوى	قيمة (Igeo)	مستوى التلوث
٠	Igeo≤0	غير ملوث
١	0<Igeo<1	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
٢	1<Igeo<2	ملوثة بشكل معتدل
٣	2<Igeo<3	ملوثة بشكل معتدل الى ملوثة بشكل عالي
٤	3<Igeo<4	ملوثة بشكل عالي
٥	4<Igeo<5	ملوثة بشكل عالي الى شديد التلوث
٦	5<Igeo	شديد التلوث

10-النتائج والمناقشة :

تراكيز العناصر الثقيلة في بيئة محطات الوقود:

تم جمع العينات من محطات الوقود وقياس تركيز العناصر الثقيلة فيها. تم الحصول على النتائج الواردة في الجدول (٦)، حيث تم حساب تركيز كل محطة ومقارنته بالحدود المسموح بها وفقًا لوكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) ومنظمة الصحة العالمية (WHO)، بالإضافة إلى مقارنة هذه النتائج مع القيم الحدية العالمية المسموح بها.

الجدول (٦) يبين تراكيز العناصر الثقيلة بوحدة (ppm) لبيئة محطات الوقود

المنطقة	الرمز	Zn	Co	Cu	Pb	Cd	Cr	Fe	Ni
محطات وقود قضاء الرمادي	R1	76.25	38.27	11.66	55.29	2.14	40.54	7192	17.823
	R2	91.13	39.06	9.61	48.83	1.67	29.54	9902	37.13
	R3	74.25	39.99	8.49	57.54	1.91	38.33	8680	7.331
	R4	89.75	39.85	9.82	60.81	2.27	42.99	7720	6.299
	R5	73.25	39.14	8.02	53.54	1.93	35.32	5758	6.385
	R6	80.5	39.27	7.802	96.64	1.92	40.15	6176	21.22
	R7	76.125	38.99	10.62	63.63	1.84	31.92	5964	13.48
	R8	77.125	41.48	9.25	82.25	1.91	27.83	12882	19.15
	R9	83.5	40.21	13.72	54.62	1.76	25.8	12384	25.52
	R10	82.75	40.77	10.51	74.13	1.62	33.06	24446	4.45
	R11	76.35	39.49	10.25	56.89	1.67	32.66	8134	13.05
	R12	79.875	40.29	5.18	53.23	1.65	31.6	9904	24.66
	R13	79.125	40.62	14.54	64.89	1.41	27.96	10274	34.55
المعدل	R	79.998	39.802	9.959	68.637	1.806	33.669	9955.076	17.772
محطات وقود قضاء الفلوجة	F1	83.625	40.08	10.54	74.58	1.62	29.69	13866	25.95
	F2	80.25	36.35	10.50	52.93	1.41	21.04	5926	4.45
	F3	80.875	39.81	18.51	51.69	1.71	28.3	10278	38.85
	F4	78.25	36.85	11.51	48.24	1.43	21.19	5750	30.25
	F5	83.625	39.75	12.63	50.14	2.15	29.6	7602	8.75
المعدل	F	81.325	38.568	12.738	55.516	1.648	25.964	8684.4	21.65

محطات وقود قضاء الخالدية	K1	97.25	39.89	16.40	79.77	1.81	26.06	11810	8.75
	K2	85.125	39.18	14.09	51.33	2.15	24.27	13720	12.749
	K3	82.125	37.67	9.73	46.38	1.62	23.98	9280	10.47
	K4	91.25	39.83	13.51	61.11	2.21	29.72	8314	34.55
	K5	76.875	38.16	9.86	48.79	1.64	23.64	10194	25.95
	K6	82.375	38.23	10.16	53.52	6.6	33.89	10004	8.75
	K7	80.51	37.55	10.13	48.35	1.71	24.85	13576	38.42
المعدل	K	85.072	38.644	11.982	55.607	2.534	26.63	10985.42	19.948
محطات وقود قضاء هيت	H1	96.53	39.22	16.34	56.32	2.05	21.8	9464	26.81
	H2	81.25	39.04	18.76	48.76	1.98	21.71	11202	0.365
	H3	85.55	41.91	12.71	57.01	1.92	24.74	13366	5.74
	H4	99.25	38.38	12.46	56.51	1.86	23.53	7798	38.85
	H5	82.25	38.31	8.78	47.19	1.51	21.79	10458	17.35
	H6	81.75	38.21	8.88	48.19	1.91	21.86	10532	25.09
	H7	79.875	38.31	10.2	53.68	2.1	25.17	9376	12.62
المعدل	H	86.636	39.054	12.59	52.522	1.904	22.942	10313.71	18.117
محطات وقود قضاء العامرية	A1	77.375	37.65	10.81	52.38	14.88	26.53	10504	10.04
	A2	80.23	38.35	15.72	60.69	3.6	30.73	10948	30.25
المعدل	A	78.802	38	13.265	56.535	9.24	28.63	10726	20.145
محطات وقود قضاء الكرمة	C1	78.625	38.65	5.81	55.38	11.88	21.53	10904	10.04
	C2	79.375	37.35	22.72	66.69	5.6	33.73	11348	25.95

المعدل	C	79.12	38.01	14.265	61.035	8.74	27.63	11126	17.995
محطات وقود قضاء حديثة	D1	75.625	38.67	7.25	46.43	2.88	25.87	10534	21.65
	D2	88.625	36.03	28.7	55.38	7.28	32.41	10786	8.75
	D3	74.875	37.23	10.15	101.45	5.18	34.47	8900	13.05
المعدل	D	79.708	37.31	15.366	67.753	5.113	30.917	10073.33	14.483
محطات وقود قضاء القائم	Q1	78.875	38.24	10.25	67.12	2.74	26.47	9222	30.25
	Q2	79.75	38.99	12.04	84.73	4.49	12.65	4746	17.35
المعدل	Q	79.312	38.615	11.145	75.925	3.615	19.56	6984	23.8
محطة وقود قضاء راوه	O	80.75	38.12	6.25	71.66	6.31	34.26	7128	30.68
محطة وقود قضاء عانة	N	80.625	38.25	14.06	53.95	2.29	35.22	10914	34.55
منظمة الصحة العالمية[118]		–	–	٣٦	٨٥	٠.٨	١٠٠	–	٣٥
وكالة البيئة الامريكية[119]		110	–	16	40	0.6	25	30	16
التراكيز المسموح بها[120]		١٢٩	٢٠	٣٢	٢٠	٠.٢	٩٧	–	٤٩

11-مؤشرات تلوث العناصر الثقيلة:

إن تقييم تلوث العناصر الثقيلة في المواقع المدروسة بناءً على التراكيز فقط لا يوفر صورة شاملة عن التلوث. لذا، تم استخدام مؤشرات التلوث لتحديد ما إذا كان هناك تلوث أم لا، وتحديد مدى شدته.

11-1عامل التلوث(CF): كانت قيم عامل التلوث (CF) للعناصر (Zn, Fe, Cr, Cu, Ni) أقل من ١، مما يشير إلى وجود تلوث منخفض في جميع مواقع الدراسة. أما بالنسبة للعنصر (Cd)، فقد كانت قيم عامل التلوث (CF) أكبر من ٦ في جميع المواقع، مما يدل على تلوث عالٍ جداً. بالنسبة للعنصر (Pb)، تراوحت قيم عامل التلوث بين ٣ و ٦، مما يشير إلى وجود تلوث عالي. أما عنصر (Co)، فقد كانت قيم عامل التلوث تتراوح بين ١ و ٣، مما يعكس تلوثاً متوسطاً، باستثناء في مستودع نفط الأنبار الجديد ومحطات وقود قضاء الرمادي وهيت، حيث كان التلوث فيها عالياً.

الجدول (٧) يوضح عامل التلوث (CF) لجميع مواقع الدراسة

المواقع	رمز الموقع	عامل التلوث(CF)							
		Zn	Co	Cu	Pb	Cd	Cr	Fe	Ni
محطات الوقود	R	0.62	3.06	0.31	4.25	9.03	0.47	0.27	0.36
	F	0.64	2.96	0.39	3.46	8.24	0.36	0.24	0.44
	K	0.66	2.97	0.37	3.47	12.67	0.37	0.30	0.40
	H	0.68	3	0.39	3.28	9.52	0.32	0.28	0.36
	A	0.62	2.92	0.41	3.53	46.2	0.4	0.3	0.41
	C	0.62	2.92	0.45	3.81	43.7	0.39	0.31	0.37
	D	0.63	2.87	0.48	4.23	25.57	0.44	0.28	0.3
	Q	0.62	2.97	0.35	4.75	18.08	0.28	0.19	0.49
	O	0.64	2.93	0.2	4.48	31.55	0.48	0.2	0.63
	N	0.63	2.94	0.44	3.37	11.45	0.5	0.3	0.71

التلوث منخفض	التلوث متوسط	التلوث عالي	التلوث عالي جدا

11-2عامل حمل التلوث (PLI): مؤشر حمل التلوث

يُستخدم عامل حمل التلوث (PLI) لقياس مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة في موقع معين. أظهر التقييم باستخدام هذا العامل أن مستويات التلوث تتراوح بشكل عام بين عدم وجود تلوث إلى تلوث معتدل لا يشكل خطراً كبيراً.

الجدول (٨) يوضح عامل حمل التلوث(PLI) لجميع مواقع الدراسة

عامل حمل التلوث(PLI)			
المواقع	رمز الموقع	قيمة PLI	مستويات التلوث
محطات الوقود	R	1.0038	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
	F	0.9726	غير ملوث
	K	1.0444	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
	H	0.9727	غير ملوث
	A	3.1594	معتدل الى عالية التلوث
	C	1.2528	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
	D	1.1682	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
	Q	1.0469	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل
	O	2.7431	ملوثة بشكل معتدل
	N	1.1631	غير ملوث الى ملوث بشكل معتدل

11-3عامل التراكم الأرضي(Igeo)

كانت قيم عامل التراكم الأرضي (Igeo) للعناصر (Zn, Fe, Cr, Cu, Ni) أقل من ٠، مما يشير إلى غياب التلوث بهذه العناصر في جميع المواقع المدروسة. أما بالنسبة لعنصر الرصاص (Pb)، فقد كانت قيم (Igeo) تتراوح بين ١ و ٢ في جميع المواقع، مما يدل على وجود تلوث معتدل بالرصاص. فيما يتعلق بعامل التلوث (CF) لعنصر

الرصاص (Pb)، وعامل التراكم الأرضي (Igeo) لعنصر الكوبالت (Co)، فقد كانت قيمهما تتراوح بين ٠ و ٣، مما يشير إلى أن التلوث يتراوح بين غياب التلوث إلى تلوث معتدل.

أما بالنسبة لعنصر الكادميوم (Cd)، فكانت قيم عامل التراكم الأرضي (Igeo) تتراوح بين ٢ و ٣، مما يشير إلى وجود تلوث معتدل إلى تلوث عالٍ، باستثناء مناطق توزيع النفط ومحطات الوقود في قضاء الخالدية والقائم، حيث كان التلوث في هذه المناطق عالياً. في حين كانت مستويات التلوث بعنصر الكادميوم (Cd) عالية إلى عالية جداً في محطات الوقود في عامرية الصمود والكرمة وحديثة راوه.

الجدول (٩) يوضح عامل التراكم الأرضي(Igeo) لجميع مواقع الدراسة

المواقع	رمز الموقع	عامل التراكم الأرضي(Igeo)							
		Zn	Co	Cu	Pb	Cd	Cr	Fe	Ni
محطات الوقود	R	-1.25	1.03	-2.27	1.52	2.59	-1.66	-2.44	-2.05
	F	-1.23	0.98	-1.91	1.21	2.46	-2.04	-2.63	-1.76
	K	-1.16	0.99	-2	1.21	3.08	-2	-2.29	-1.88
	H	-1.14	1	-1.93	1.13	2.67	-2.21	-2.38	-2.02
	A	-1.27	0.96	-1.86	1.24	4.94	-1.9	-2.33	-1.87
	C	-1.27	0.96	-1.75	1.35	4.86	-1.95	-2.28	-2.03
	D	-1.26	0.94	-1.64	1.5	4.09	-1.78	-2.42	-2.34
	Q	-1.26	0.99	-2.11	1.66	3.59	-2.44	-2.95	-1.63
	O	-1.24	0.97	-2.94	1.58	4.39	-1.64	-2.92	-1.26
	N	-1.24	0.97	-1.77	1.17	2.93	-1.6	-2.3	-1.09

غير ملوث	غير ملوث الى تلوث معتدل	تلوث معتدل
تلوث معتدل الى تلوث عالِ	تلوث عالِ	تلوث عالِ الى تلوث عالِ جدا

الاستنتاجات:

١- **مستويات المعادن الثقيلة:** تجاوزت تراكيز الكادميوم (Cd: 1.41–46.20 ppm) والرصاص (Pb: 46.38–101.45 ppm) الحدود العالمية، مع تسجيل تلوث عالي جدًا للكادميوم (CF>6) وعالي للرصاص (CF 3–6). بينما كانت تراكيز Zn, Cu, Cr, Ni ضمن الحدود المسموح بها مع تلوث منخفض (CF<1).

٢- **مؤشرات التلوث:** أظهرت قيم PLI تراوحًا بين ٠.٩٧٢٦ و٣.١٥٩٤، مع أعلى تلوث في محطات عامرية الصمود. كما أظهرت قيم Igeo للكادميوم ٢–٥ (تلوث معتدل إلى شديد)، وللرصاص ١–٢ (تلوث معتدل).

٣- **التباين المكاني:** سجلت محطات عامرية الصمود، الكرمة، وحديثة تراكيز مرتفعة للكادميوم والرصاص مقارنة بمواقع أخرى مثل الرمادي والفلوجة، ما يعكس تأثير كثافة النشاط النفطي وطرق التخزين على مستويات التلوث.

٤- **المخاطر البيئية والصحية:** تشير النتائج إلى مخاطر واضحة على الفئات الحساسة والنظام البيئي، نتيجة تراكم الكادميوم والرصاص في التربة.

التوصيات

١- **تحسين إدارة التخزين والنقل للوقود:** ضرورة تطبيق نظم تخزين محكمة وتقنيات نقل آمنة لتقليل التسربات النفطية ومنع تراكم المعادن الثقيلة في التربة.

٢- **تعزيز برامج المراقبة البيئية:** إنشاء برامج متابعة دورية لمستويات المعادن الثقيلة في التربة باستخدام مؤشرات التلوث (CF، PLI، Igeo) لتقييم الوضع البيئي بشكل مستمر.

٣- **إجراءات وقائية للفئات الحساسة:** تبني سياسات وقائية لحماية الأطفال والنساء الحوامل والسكان القريبين من محطات الوقود من التعرض المباشر للمعادن الثقيلة.

٤- **التخطيط للتنمية المستدامة:** دمج نتائج الدراسة في استراتيجيات التنمية المحلية لتقليل التأثيرات البيئية والصحية لأنشطة محطات الوقود، بما يشمل تحسين توزيع المحطات واختيار مواقعها بعيدًا عن المناطق السكنية والزراعية.

المراجع

1. A. A & ,.Belhadj, S. Alomary .(٢٠٠٧) .Determination of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) by ICP-OES and their speciation in Algerian Mediterranean Sea sediments after a five-stage sequential extraction procedure .(الصفحات ٢٦٥-٢٨٠) .Environmental monitoring and assessment.

2. D., Pitawala, A., Gunatilake, J., Herath .(٢٠١٨) .Using multiple methods to assess heavy metal pollution in an urban city .(الصفحات ١-١٥) . مجلة الرصد والتقييم البيئي، ١٩٠.

3. D., Valotto, G., Visin, F., Rampazzo, G. Zannoni .(٢٠١٦) .Sources and distribution of tracer elements in road dust: The Venice mainland case of stud .(الصفحات ٦٤–٧٢.) .Journal of Geochemical Exploration, 166.

4. F., Protano, G & ,.Riccobono, F. Nannoni .(٢٠١١) .Fractionation and geochemical mobility of heavy elements in soils of a mining area in northern Kosovo .(الصفحات ٦٣–٧٣) .Geoderma, 161.,(١-٢)

5. J. M & ,.Meybeck, M. Martin .(١٩٧٩) .Elemental mass-balance of material carried by major world rivers. Mar Chem .(.٢٠٦–١٧٣ الصفحات) .Mar Chem. 7(3):173–206.

6. L. F., Hasan, O. M & ,.Al-Heety, E. A. M. S. AL-Heety .(٢٠٢١) . Heavy metal pollution and ecological risk assessment in soils adjacent to electrical generators in Ramadi City .(١٠٧٧–١٠٨٧ الصفحات) .Iraq.: Iraqi Journal of Science.

7. L. H., Harp, J. P & ,.Han, D. Y. Mason .(٢٠١٤) .Pb neurotoxicity: Neuropsychological effects of lead toxicity .*BioMed research international*.٨٤٠٥٤٧ صفحة ،

8. L., Yang, H., Lin .(٠) .Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity :٠ .(صفحة ١٠) ٠ .Frontiers in Environmental Science.

9. R. M & ,.Al-Mallah, A. Y. Al-Sheraefy .(٢٠٢٣) .Spatial distribution of heavy metals in the soil of different area at left bank in Mosul Cit . .(الصفحات ١٣٢–١٥٣.)Iraq: Part 2. Iraqi Natl J Earth Sci. 2023;23(1):132–53.

10. Rilwan U, Ismail WO, Yusuff IM, Sunday BI. Waida J .(٢٠٢٢) . Pollution Load Index of Heavy Metals Resulting from Mining Activities in Plateau State, Nigeria .(الصفحات ١٧-٥٧) .Nigeria: J Rad Nucl Appl.;7(3):18–57.

١١. محمد، علي عبد الوهاب مجيد. (٢٠٢٠). تقييم الأثر البيئي باستخدام الأسلوب المباشر للتسميد الكيميائي على تراكم بعض العناصر الثقيلة والمشعة في التربة والنباتات النامية في قضاء أبو غريب. ٠ (الصفحات ٥٦٩–٥٨٨.). بغداد: مجلة مداد الآداب.

١٢. منصور عويدات سالم. (٢٠٢٢). تقييم الآثار البيئية الناتجة عن انتشار الأنشطة الصناعية المختلفة ومحطات الوقود بالمنطقة الشمالية الغربية للساحل الممتدة من تاجوراء شرقًا حتى الماية غربًا وجنوبًا حتى قصر بن غشير. (الصفحات ٦٢-٧١). مجلة العلوم البحتة والتطبيقية، ٢١(١).

١٣. منصور عويدات سالم. (٢٠٢٢). تقييم الآثار البيئية الناتجة عن انتشار الأنشطة الصناعية المختلفة ومحطات الوقود بالمنطقة الشمالية الغربية للساحل الممتدة من تاجوراء شرقًا حتى الماية غربًا وجنوبًا حتى قصر بن غشير. (الصفحات ٦٢-٧١). مجلة العلوم البحتة والتطبيقية، ٢١(١).