Derna Academy Journal for Applied Sciences
E-ISSN: 3006-3159
DAJAS

تقييم مدى تلوث التربة المحيطة بمكب الشليوني - المرج بالكروم السداسي (Cr^{+6}) عالي السمية

يوسف حمد صالح بلل [1*]، فايز فرج محمد علي [2]، مجدي حسن محمد حماد [3]
التقنية البيئية ، المعهد العالي للتقنيات الزراعية المرج ، المرج، ليبيا[1*2*3]

Assessment of the Extent of Soil Contamination Surrounding the Al-Shalyouni Landfill – Al-Marj with Highly Toxic Hexavalent Chromium (Cr^{6+})

Yousuf Hamad Salih Balal [1], Fayiz Faraj Mohammed Ali [2], Majdi Hasan Mohammed Hammad [3]
[1*2*3] Higher Institute of Agricultural Technologies, Al-Marj, Environmental Technology, Al-Marj, Libya.

Volume: 7 **Issue: 1** **Page Number: 84 - 94**

الملخص :
يُعدّ الكروم السداسي ***(Cr^{+6})*** من الملوثات عالية السمية التي تمثل مخاطر بيئية وصحية كبيرة، خاصة في المناطق المتأثرة بالتخلص غير المنظم من النفايات الصلبة البلدية. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تراكيز الكروم السداسي في التربة السطحية (بعمق 0–20 سم) المحيطة بمكب الشليوني العشوائي بمدينة المرج ليبيا، ودراسة تأثير المسافة والاتجاه المكاني عن المكب على أنماط التلوث. جُمعت 16 عينة تربة بطريقة منتظمة من الحدود الشمالية والغربية للمكب وعلى مسافات تراوحت بين 10–220 مترًا، بالإضافة إلى عينة مرجعية على بعد 2000 متر من المكب. تم استخلاص الكروم السداسي باستخدام طريقة الهضم القلوي، وقياس تراكيزه بواسطة جهاز المطياف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية ***(UV–Vis)*** عند طول موجي 540 نانومتر باستخدام طريقة ثنائي فينيل كاربازيد. وأُجريت التحليلات الإحصائية باستخدام برنامج ***SPSS.*** أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز الكروم السداسي في جميع عينات التربة المحيطة بالمكب. وسُجلت تراكيز أعلى بشكل ملحوظ في الاتجاه الغربي بمتوسط بلغ 24.84 ملجم/كجم مقارنة بالاتجاه الشمالي الذي بلغ متوسطه 8.54 ملجم/كجم. كما لوحظ وجود علاقة عكسية قوية بين المسافة وتركيز الكروم السداسي في المنطقة الشمالية، حيث انخفضت التراكيز بصورة منتظمة مع زيادة المسافة عن المكب، بينما استمرت التراكيز مرتفعة ومتقاربة في المنطقة الغربية، ويرجح أن ذلك يعود إلى العوامل الطبوغرافية والهيدرولوجية التي ساعدت على انتقال عصارة المكب باتجاه الغرب. وقد تجاوزت تراكيز الكروم السداسي الحدود الإرشادية لوكالة حماية البيئة الأمريكية ***(EPA)*** الخاصة بالترب السكنية والزراعية (0.4–1 ملجم/كجم) في كلا الاتجاهين، كما تجاوزت الحد المسموح به للترب الصناعية (5 ملجم/كجم) في الاتجاه الغربي. تشير هذه النتائج إلى وجود تلوث شديد بالكروم السداسي مرتبط بأنشطة المكب العشوائي، وتؤكد الحاجة إلى تطبيق استراتيجيات فعالة لإدارة النفايات، وإجراء عمليات رصد بيئي مستمرة، واعتماد إجراءات المعالجة للحد من المخاطر المحتملة على النظام البيئي وصحة الإنسان.

الكلمات المفتاحية: الكروم السداسي، تلوث التربة ، مكب النفايات الصلبة، انتقال عصارة المكب، المخاطر البيئية.

Copyright: © 2026 by the authors. Licensee: The Derna Academy journal for Applied Science (DAJAS). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .

Received: 04\08\2026
Accepted: 07\08\2026
Published: 08\08\2026

https://doi.org/10.71147/4bj3tt67

Aabstract
Hexavalent chromium (Cr^{+6}) is a highly toxic contaminant posing significant environmental and public health risks, particularly in areas affected by uncontrolled municipal solid waste disposal. This study investigated (Cr^{+6}) concentrations in surface soils (0–20 cm depth) surrounding the Al-Shalyouni uncontrolled landfill in Al-Marj, Libya, and assessed the influence of distance and site direction on contamination patterns. A total of 16 soil samples were systematically collected from the northern and western landfill boundaries at distances ranging from 10 to 220 m, along with a reference sample collected 2000 m away from the landfill. Chromium extraction was performed using the alkaline digestion method, and (Cr^{+6}) concentrations were quantified by UV–Vis spectrophotometry at 540 nm using the diphenylcarbazide method. Statistical analyses were conducted using SPSS. The results revealed elevated (Cr^{+6}) levels in all samples collected around the landfill. Mean concentrations were significantly higher in the western direction (24.84 mg/kg) compared with the northern direction (8.54 mg/kg). A strong negative relationship between distance and (Cr^{+6}) concentration was observed in the northern area. In contrast, elevated and relatively stable concentrations persisted in the western area, likely due to topographical and hydrological conditions promoting westward leachate migration. (Cr^{+6}) concentrations exceeded the United States Environmental Protection Agency (EPA) guideline values for residential and agricultural soils (0.4–1 mg/kg) in both directions and surpassed the industrial soil threshold (5 mg/kg) in the western area. These findings indicate severe (Cr^{+6}) contamination associated with uncontrolled landfill activities and highlight the need for effective waste management strategies, continuous environmental monitoring, and remediation measures to reduce potential ecological and human health risks.

Keywords: Hexavalent Chromium; Soil Contamination; Municipal Solid Waste Landfill; Leachate Migration; Environmental Risk.

مقدمة:

الكروم السداسي (Hexavalent Chromium – Cr+6) هو أحد أخطر أشكال الكروم، ويُعرف بكونه ملوثاً شديد السمية وقابلاً للذوبان في الماء، مما يسهل انتقاله في التربة ومنها للمياه(Shanker, et al. 2005) ، ويُصنف كمادة مسرطنة للبشر (المجموعة الأولى) وذلك حسب((IARC, 2012 ، حيث قد يسبب استنشاقه أو ملامسته للجلد أو تناوله عبر الغذاء الملوث أضراراً جينية وفشلاً كلوياً، أو تقرحات جلدية حادة(Tomolo, et al. 2020) ، ويؤدي تركيزه العالي في التربة إلى تسمم النباتات وتثبيط نموها، كما يشكل خطراً داهماً على المياه الجوفية.(Shanker, et al. 2005)

يُعد مكب الشليوني بمدينة المرج نموذجاً للمكبات العشوائية التي تعاني من سوء الإدارة البيئية (جبريل وآخرون، 2023)، حيث تُمارس فيه عمليات الحرق المفتوح للنفايات الصلبة والطبية والإلكترونية، حيث ينتج عن حرق النفايات (خاصة الجلود، البلاستيك، والأجهزة الإلكترونية) انبعاثات كيميائية معقدة (المبروك وآخرون، 2016) وترسب رماد غني بالمعادن الثقيلة، من بينها الكروم، الذي يستقر في الأراضي المحيطة بفعل الرياح والطبيعة الطوبوغرافية للمنطقة، مما يهدد سلامة السلسلة الغذائية في منطقة المرج المعروفة بطابعها الزراعي (مبارك وآخرون، 2022).

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في تزايد الأنشطة غير القانونية والحرق العشوائي في مكب الشليوني، مما أدى إلى مخاوف حقيقية من تراكم الكروم السداسي في التربة المحيطة بالمكب، ونقص الدراسات الميدانية التي تُقيّم حجم هذا التلوث يجعل من الصعب تحديد مستوى الخطر الذي يواجه السكان والبيئة في مدينة المرج.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى قياس تراكيز الكروم السداسي في العينات السطحية (0-20 سم) للتربة بالقرب من مكب الشليوني - المرج (شمال وغرب المكب تحديدًا)، وكذلك مقارنة النتائج بالحدود والمعايير المسموح بها دوليًا (مثل معايير WHO أو EPA)، كما تهدف الدراسة إلى معرفة مدى تأثير القرب أو البعد عن المكب على مستويات التلوث في التربة السطحية..

أهمية الدراسة:

تنبثق أهمية الدراسة من كونها تسلط الضوء على إحدى المخاطر التي تهدد الأمن الغذائي في المنطقة، وتُقدم قاعدة بيانات علمية لصناع القرار لغلق المكب أو تحويله إلى مكب صحي آمن، وكذلك تساهم في حماية البيئة بمدينة المرج من التدهور الكيميائي الذي قد يطال السلسلة الغذائية في المنطقة.

منطقة الدراسة:

يقع مكب الشليوني بين دائرتي عرض 32.29.09 و 32.29.48 شمالاً، وخطي طول 20.57.42 و20.57.23 شرقاً أسفل الحافة الجنوبية الشرقية للجبل في نهاية مجرى وادي اركيب القطارة (علي وآخرون، 2026)، وتم تحديد بعض النقاط شمال وغرب المكب لأخذ عينات للتربة بعمق (0-20 سم)، الصورتين (1، 2).

شكل (1): يوضح موقع مكب الشليوني بالنسبة للطريق المؤدي إلى مدينة المرج.

شكل (2): يوضح مواقع أخذ عينات التربة للاتجاهين شمال وغرب المكب.

منهجية الدراسة وأدواتها:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لتقييم أثر مكب مدينة المرج للنفايات على التربة المحيطة بالمكب، حيث جُمعت (16) عينة تربة سطحية على عمق (0-20 سم) بطريقة العينات العشوائية المنتظمة، وُزعت بالتساوي بين اتجاهين رئيسيين: الاتجاه الشمالي (8 عينات) والاتجاه الغربي (8 عينات)، وعلى مسافات متدرجة من المكب، وتم أخذ عينة مرجعية من منطقة بعيدة عن المكب (العينة رقم 17) الجدول رقم.(1)

نُقلت العينات في أكياس بولي إيثيلين محكمة الإغلاق إلى المختبر، حيث جُففت هوائياً، وطُحنت، ثم مُررت عبر غربال بقطر (2 ملم) (FAO, 2020)، جرى استخلاص الكروم السداسي باستخدام طريقة الهضم القلوي (Alkaline Digestion) المقررة حسب معيار (US EPA, 1996)، وقِيس التركيز باستخدام جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis Spectrophotometer) عند طول موجي 540 نانومتر بالاعتماد على طريقة ثنائي فينيل كاربازيد (Diphenylcarbazide Method) حسب معيار (US EPA, 1992)، أُخضعت فيما بعد البيانات المُتحصل عليها للتحليل الإحصائي بواسطة البرنامج الإحصائي (SPSS) الإصدار (10) وطُبق اختبار (t) للعينات المستقلة (Independent T-Test) وكذلك تم إجراء تحليل معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation).

جدول (1): يوضح المسافة عن المكب بالمتر لعينات التربة للاتجاهين الشمالي والغربي.

الاتجاه	بُعد عينة التربة عن المكب بالمتر								
	10م	20م	30م	60م	90م	120م	170م	220م	2000 م
شمالًا	عينة 1	عينة 2	عينة 3	عينة 4	عينة 5	عينة 6	عينة 7	عينة 8	العينة المرجعية
غربًا	عينة 9	عينة 10	عينة 11	عينة 12	عينة 13	عينة 14	عينة 15	عينة 16	17
إجمالي العينات =									17

تساؤلات الدراسة:

للالتزام بخطة الدراسة وعدم إهمال جانب عن آخر كان لزامًا أن نصيغ الدراسة في التساؤلات التالية:

1- ما مدى تأثر التربة المحيطة بمكب الشليوني بالانبعاثات الملوثة من المكب وتحديدًا تركيز عنصر الكادميوم السداسي عالي السمية فيها؟
2- -هل يتأثر تركيز الكادميوم السداسي في التربة المحيطة بالمكب بعامل المسافة عن المكب؟
3- أي الاتجاهين (الشمالي والغربي) تحتوي عينات التربة التي جُمعت منه على تراكيز أعلى من الكادميوم السداسي؟

النتائج والتحليل الإحصائي:

جدول (2): يوضح تركيز الكروم لعينات التربة شمال وغرب المكب حسب المسافة من مصدر التلوث.

رقم العينة	المسافة من المصدر بالمتر	تركيز الكروم mg/l	تركيز الكروم mg/K
1	10 شمالًا	0.75	15
2	" 20	0.651	13.02
3	" 30	0.570	11.4
4	" 60	0.434	8.68
5	" 90	0.331	6.62
6	" 120	0.290	5.8
7	" 170	0.257	5.14
8	" 220	0.156	3.12
9	10 غربًا	1.354	27.08
10	" 20	1.238	24.76
11	" 30	1.215	24.3
12	" 60	1.257	25.14
13	" 90	1.192	23.84
14	" 120	1.316	26.32
15	" 170	1.162	23.24
16	" 220	1.206	24.12
17	2000 م بعيداً عن المكب	0.015	0.3

جدول (3): يوضح متوسط تركيز الكروم في التربة شمال وغرب المكب على عمق (0-20) سم.

المنطقة	عدد العينات	أعلى تركيز	أقل تركيز	متوسط التركيز (mg/kg)
شمال المكب	8	15.00 mg/kg عند مسافة 10 م	3.12 mg/kg عند مسافة 220 م	8.54
غرب المكب	8	27.08 mg/kg عند مسافة 10 م	23.24 mg/kg عند مسافة 170 م	24.84
العينة المرجعية	1	2000 م عن المكب		0.3

يلاحظ من الجدولين (2، 3) أن كلا العينات (الشمالية والغربية) سجلت متوسط تركيز يزيد بـ28 إلى حوالي 80 ضعفاً عن العينة المرجعية (0.3 mg/kg)، كما سجلت المنطقة الغربية تراكيزاً أعلى بكثير (بمتوسط 24.84 mg/kg) مقارنة بالمنطقة الشمالية (بمتوسط 8.54 mg/kg)، ويلاحظ في الاتجاه الشمالي تناقص تدريجي واضح للتركيز كلما ابتعدنا عن المكب (من 15 عند مسافة 10م إلى 3.12 عند مسافة 220م)، بينما في الاتجاه الغربي ظلت التراكيز مرتفعة ومتقاربة جداً حتى مع زيادة المسافة

- تحليل معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation) لتقييم تأثير المسافة من المكب على تركيز الكروم السداسي في العينات المأخوذة:

1- العينات الاتجاه شمال المكب: يظهر من الجدول رقم (4) وجود ارتباطاً عكسياً قوياً جداً وثابتاً إحصائياً بين المسافة وتركيز الكروم (معامل الارتباط = -0.934)، كما وُجد أن مستوى الدلالة الإحصائية (0.001) أصغر بكثير من مستوى الدلالة المعتمد (0.01) وهذا يدل على أن الارتباط يعتبر دال إحصائياً وبشكل قوي، بمعنى أنه كلما ابتعدنا عن المكب شمالاً كلما انخفض تركيز الكروم بشكل واضح ومنتظم.

جدول (4): يوضح نتائج تحليل معامل ارتباط بيرسون بين تركيز الكروم والمسافة شمال المكب.

Correlations			
		C6	DESTENS
C6	R	1	-0.934-**
	P-Value		0.001
	N	8	8
DESTENS	R	-0.934-**	1
	P-Value	0.001	
	N	8	8
**. R is significant at the 0.01 level (P-value).			

2- العينات الاتجاه غرب المكب: الجدول رقم (5) يُظهر ارتباطاً عكسياً ضعيفاً إلى متوسط وغير دال إحصائياً (معامل الارتباط = -0.479)، كما وُجد أن مستوى الدلالة (0.230) أكبر بكثير من مستوى الدلالة (0.01)، أي أنه لا توجد علاقة دالة احصائياً بين المسافة غرباً وتركيز الكروم في التربة السطحية، حيث تظل التراكيز مرتفعة ومتقاربة جداً بغض النظر عن المسافة بالقرب أو البعد عن المكب.

جدول (5): يوضح نتائج اختبار معامل ارتباط بيرسون بين تركيز الكروم والمسافة غرب المكب.

Correlations			
		DESTENS	C6
DESTENS	R	1	-0.479-
	P-Value		0.230
	N	8	8
C6	R	-0.479-	1
	P-Value	0.230	
	N	8	8

-اختبار T للعينات المستقلة(Independent T-Test) للمقارنة بين نتائج عينات التربة للاتجاهين الشمالي والغربي:

أظهرت نتائج اختبار (t) للعينات المستقلة وجود فروق ذات دلالة إحصائية قوية جداً عند مستوى دلالة (0.000 = p) بين متوسطات تركيز الكروم السداسي في التربة السطحية (0-20 سم) بين الاتجاهين الشمالي والغربي المحيطين بمكب النفايات.

وحيث أن اختبار ليفين (Levene's Test) أشار إلى عدم تجانس التباين بين المجموعتين (F=10.387, p=0.006)، فقد تم اعتماد قيمة (t) المعدلة والتي بلغت (t = -10.515) بدرجات حرية (df = 8.326)، ويشير فارق المتوسطات البالغ (16.25- mg/kg) لصالح الاتجاه الغربي (بمتوسط 24.85) مقارنة بالاتجاه الشمالي (بمتوسط 8.59) إلى تشتت هائل وجسيم للملوثات غرباً، وتؤكد فترة الثقة 95% والتي تراوحت بالكامل في النطاق السالب بين (19.79- و 12.71) أن هذا الارتفاع في الجهة الغربية ليس عشوائياً، بل يعود بشكل قطعي إلى تأثير المكب كمصدر رئيسي للتلوث الحاصل بالتربة، الجدولين (6، 7).

جدول (6): متوسط تركيز الكروم السداسي لعينات التربة للاتجاهين الشمالي والغربي.

	direction	N	Mean	St. D	Std. Error Mean
C6	N	8	8.5975	4.17655	1.47663
	W	8	24.8500	1.29138	.45657

جدول (7): نتائج اختبار T لعينات التربة للاتجاهين الشمالي والغربي.

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	p-value	t	df	p-value	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
C6	Equal variances assumed	10.387	0.006	-10.515-	14	0.000	-16.25250-	1.54561	-19.56750-	-12.93750-
	Equal variances not assumed			-10.515-	8.326	0.000	-16.25250-	1.54561	-19.79251-	-12.71249-

المناقشة:

الارتفاع الحاد في تراكيز الكروم بجهة الغرب مقارنة بالشمال لا يمكن أن يُعزى إلى اتجاه الرياح السائدة في منطقة المرج والتي هي في أغلب أشهر السنة عبارة عن رياح شمالية/شمالية غربية، لذلك يمكن القول أن هناك عوامل أخرى قد ساعدت في ترسيب هذه الكميات الكبيرة من الكروم السداسي في ترب المنطقة غرب المكب والتي يمكن أن تكون عوامل بيئية وهيدرولوجية أخرى مثل ميل وطبيعة الطوبوغرافيا السطحية للمنطقة، وبما أن العمق المدروس (0-20 سم) هو نطاق الجذور لكثير من النباتات فإن خطر امتصاص الكروم وانتقاله للأجزاء التي تؤكل من النباتات مرتفع جداً، حيث يلاحظ وجود ظاهرة الرعي العشوائي للحيوانات من ماعز وأغنام تقتات بحرية من أنواع الغطاء النباتي الملوث في محيط المكب مما يهدد السلسلة الغذائية والصحة العامة لسكان المرج.

وبمقارنة النتائج مع الحدود والمعايير الدولية للتربة المعتمدة عالمياً مثل المعايير المعتمدة من وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA والتي أشارت أن الحد الأقصى المسموح به للكروم السداسي في التربة السكنية/الزراعية يتراوح عادة بين 0.4 إلى 1 mg/kg نظراً لسميته العالية جداً وقدرته على السرطنة، وفي التربة الصناعية والتجارية قد يصل الحد المسموح به إلى 5 mg/kg كحد أقصى(U.S.EPA, 2005) ، نجد أن:

- **الاتجاه الشمالي (بمتوسط 8.59 ملجم/كجم):** يتجاوز الحدود المسموح بها عالمياً للتربة سواء زراعية أو سكنية بعدة أضعاف، مما يشير إلى وجود خطر بيئي قائم حتى في الاتجاه الأقل تلوثاً.

- **الاتجاه الغربي (بمتوسط 24.85 ملجم/كجم):** يمثل كارثة بيئية حقيقية، حيث يتجاوز المعايير الدولية للتربة السكنية والزراعية بأكثر من 24 ضعفاً، ويتجاوز حتى الحدود الصارمة المخصصة للمناطق الصناعية، مما يعني أن التربة السطحية غرب المكب أصبحت تربة سامة وغير صالحة لأي نشاط زراعي أو رعوي أو لأي نشاط بشري آخر.

الخلاصة:

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مكب الشليوني يُعد مصدرًا رئيسيًا لتلوث التربة بالكروم السداسي، حيث تراوحت تراكيز الكروم السداسي في التربة المحيطة بالمكب بين 3.12 و27.08 ملغم/كغم، مقارنةً بتركيز بلغ 0.30 ملغم/كغم في العينة الضابطة، أي بزيادة تراوحت بين نحو 10 و90 ضعفًا. كما أوضحت النتائج أن مستويات التلوث تنخفض تدريجيًا مع زيادة المسافة عن المكب، وهو ما كان واضحًا في الاتجاه الشمالي، مما يشير إلى تشتت الملوثات بفعل عمليات الانجراف السطحي أو النقل بالرياح. في المقابل، أظهرت العينات المأخوذة من الجهة الغربية استمرار التراكيز المرتفعة حتى مسافة 220 مترًا، وهو ما قد يُعزى إلى عوامل طبوغرافية وهيدرولوجية، مثل انحدار سطح الأرض واتجاه جريان العصارة (Leachate)، مما يسهم في انتقال الملوثات وتراكمها داخل الطبقة السطحية للتربة (0–20 سم).

الخاتمة:

تؤكد هذه الدراسة وجود تلوث مرتفع بالكروم السداسي في التربة المحيطة بمكب الشليوني بمدينة المرج، حيث تجاوزت التراكيز المقاسة في بعض المواقع المستويات المرجعية الطبيعية بأكثر من 80 ضعفًا. وتشير هذه النتائج إلى أن المكب يمثل مصدرًا مستمرًا لتلوث التربة، مع احتمالية انتقال الملوثات إلى المكونات البيئية الأخرى، بما في ذلك المياه الجوفية والمحاصيل الزراعية، الأمر الذي قد ينعكس سلبًا على صحة الإنسان والنظام البيئي. وعليه، توصي الدراسة باتخاذ إجراءات عاجلة للحد من انتشار الملوثات، تشمل وقف الحرق العشوائي للنفايات، وتحسين إدارة المكب، وتنفيذ برامج دورية لرصد جودة التربة والمياه، إلى جانب إجراء تقييم شامل للمخاطر البيئية والصحية في المنطقة المحيطة بالمكب.

التوصيات:

استنادًا إلى نتائج هذه الدراسة والملاحظات الميدانية التي تم تسجيلها أثناء العمل الحقلي، توصي الدراسة بما يأتي:

1- -إغلاق مكب الشليوني الحالي أو إعادة تأهيله وفقًا للمعايير البيئية والصحية المعتمدة، وإنشاء موقع بديل لإدارة النفايات يعتمد على أساليب الطمر الصحي والهندسة البيئية الحديثة، بما يحد من تسرب العصارة وانبعاث الملوثات إلى البيئة المحيطة.
2- فرض منطقة حماية بيئية (Buffer Zone) حول المكب، ومنع الأنشطة الزراعية والرعوية والسكنية داخلها، إلى حين التأكد من انخفاض مستويات التلوث إلى الحدود الآمنة، وذلك للحد من انتقال الملوثات عبر السلسلة الغذائية وتقليل مخاطر التعرض البشري.
3- تنفيذ برامج توعية مجتمعية تستهدف السكان المقيمين بالقرب من المكب، لرفع مستوى الوعي بالمخاطر الصحية والبيئية الناجمة عن التعرض المباشر للتربة الملوثة، مع التركيز على منع لعب الأطفال في محيط المكب، والحد من رعي الحيوانات أو استهلاك منتجاتها إذا كانت تتغذى داخل المنطقة الملوثة.
4- تنفيذ برنامج متكامل للرصد البيئي يشمل المراقبة الدورية لتراكيز الكروم السداسي في التربة والمياه الجوفية والنباتات، بهدف تقييم تطور مستويات التلوث ورصد أي امتداد للمخاطر البيئية إلى المناطق المجاورة.
5- البدء في تنفيذ برامج لإعادة تأهيل التربة الملوثة باستخدام تقنيات المعالجة الحيوية أو المعالجة النباتية (Phytoremediation)، من خلال زراعة الأنواع النباتية القادرة على امتصاص العناصر الثقيلة وتراكمها، مع منع أي استخدام زراعي أو رعوي للأراضي الخاضعة لعمليات المعالجة حتى اكتمال برامج التأهيل.

6- إجراء دراسات مستقبلية لتقييم انتقال الكروم السداسي إلى المياه الجوفية والمحاصيل الزراعية والكائنات الحية، بالإضافة إلى تقييم المخاطر الصحية على السكان المقيمين في المناطق المجاورة للمكب، بما يسهم في وضع خطط فعالة للإدارة البيئية والوقاية الصحية.

قائمة المراجع:

1. جبريل، عبدالسلام عمران، وعقيلة عمران طاهر، (2023)، تقييم إدارة النفايات الصلبة المنزلية في مدينة المرج، ورقة علمية منشورة، مجلة صرمان للعلوم والتقنية، المجلد 5، العدد 1.
2. علي، فايز فرج محمد، يوسف حمد صالح، ومجدي حسن محمد، (2026)، مستوى الكادميوم في الدم لدى الأشخاص القاطنين بالقرب من مكب الشليوني المرج – ليبيا، ورقة علمية منشورة، مجلة جامعة تشرين للعلوم الأساسية، المجلد 45، العدد 3.
3. مبارك، عبدالمنعم موسى، سعد رجب اشهب، وناصر علي العمروني، (2022)، تقييم آلية إدارة النفايات لمكب الشليوني جنوب شرق مدينة المرج وأثره على السكان، ورقة علمية منشورة، المجلد 2، العدد 13.
4. المبروك، فرج أبو بكر، وعقيلة عبدالحميد فوناس، (2016)، مؤشرات حول إدارة المخلفات الصلبة بالمرج، ورقة علمية منشورة ضمن كتاب أعمال الندوة العلمية لإدارة المخلفات والتنمية المستدامة بالبلديات، تنظيم قسم الهندسة المدنية، جامعة بنغازي بالتعاون مع المجلس البلدي المرج.
5. FAO, (2020), standard operating procedure for soil sampling, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
6. IARC (International Agency for Research on Cancer), (2012), Chromium (VI) Compounds, Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Vol. 100C.
7. Shanker, A. K., et al. (2005): "Chromium toxicity in plants", Environment International, Vol. 31, Issue 5, pp. 739-753
8. Tomolo, m., ancona,v., depaola, d., losacco, d., campanale, c., massarelli, c., & uricchio, v. f. (2020). Chromium, chromium-tolerant chromium – reducing microbes and phytoemediation for environment : A review. International journal of environmental research and public health, 17(24),9237. Doi.org
9. U.S. Environmental protection Agency, (1992), Method 7196A: chromium, hexavalent (colorimetric).
10. U.S. Environmental Protection Agency (1996). Method 3060A: Alkaline Digestion for hexavalent chromium.
11. U.S. Environmental Protection Agency, (2005), Ecological soil screening levels for chromium: interim Ecological soil screening level documents for metal and organic contaminants. OSWER Directive 9285.7-66. Washington, DC.