



حساب مؤشرات التلوث والمخاطر الصحية للعناصر الثقيلة في التربة السطحية لمدينة تكريت

محمود فاضل عبد، لفقة سلمان كاظم وغازي عطية زراكي

قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق

, lifata_salman@yahoo.co.uk, ghazi.zarraq@tu.edu.iq, mahmood@tu.edu.iq

الستخلص

تركز الدراسة الحالية على تقييم مؤشرات التلوث والمخاطر الصحية الناجمة عن العناصر الثقيلة في التربة السطحية لمدينة تكريت. تراوحت تراكيز العناصر الثقيلة (الخاصين ٣٧ – ١٠٤ ملغم/كغم، النحاس ١٦ – ٢٨ ملغم/كغم، الرصاص ٢١ – ٥٦ ملغم/كغم، الكوبالت ١٧ – ٢٣ ملغم/كغم، الكروم ٩٤ – ١٣٢ ملغم/كغم، النيكل ٨٢ – ١٤٩ ملغم/كغم والمنغنيز ٤٠٢ – ٥٣٧ ملغم/كغم). بينت قيم عامل الإغناء وعامل التلوث تلوث المنطقة بعنصري النيكل والرصاص نتيجة للنشاط البشري. كانت قيمة مؤشر حمولة التلوث أكبر من ١ والذي يشير إلى تلوث للمنطقة بالعناصر الثقيلة. بعد تطبيق موديل تقييم المخاطر الصحية، تبين أن قيمة حاصل الخطر لكل عنصر من العناصر الثقيلة غير المسرطنة هي أقل من ١ ولجميع طرق التعرض الثلاث (الابتلاع، التماس الجلدي والاستنشاق)، مما يدل على عدم وجود مخاطر صحية على كل من الأطفال والبالغين. كما استنتج أن الأطفال هم الأكثر عرضة للمخاطر المحتملة من البالغين وأن التعرض لمخاطر العناصر الثقيلة عن طريق ابتلاع دقائق التربة هي أكثر خطورة من طرق التعرض الأخرى المتمثلة بالتماس الجلدي والاستنشاق.. أما بالنسبة لخطورة العناصر المسرطنة على صحة الأطفال والبالغين معاً، فقد تبين أن قيمة الخطر السرطاني لعنصر الكروم في التربة السطحية هي الأعلى من بين العناصر الأخرى وتشير إلى احتمالية عالية للمخاطر السرطانية عن طريق استنشاق دقائق التربة، فيما دلت قيمة الخطر السرطاني لعنصري الكوبالت والنيكل على احتمالية متوسطة للمخاطر السرطانية، في حين كانت قيمة الخطر السرطاني لعنصر الرصاص هي الأوطأ مشيرتا إلى عدم وجود مخاطر سرطانية محتملة عن طريق ابتلاع دقائق التربة الملوثة بالرصاص.

الكلمات المفتاحية: مؤشرات التلوث، تقييم الخطر الصحي، العناصر الثقيلة، التربة الملوثة.

Calculating Pollution Indices and Health risks of

Heavy metals in Surface Soil at Tikrit City

Web Site: www.kujss.com Email: kirkukjournsci@yahoo.com,
kirkukjournsci@gmail.com



Mahmood F. Abed, Lafta S. Kadhim and Ghazi A. Zarraq

Applied Geology Departmen, College of Science, Tikrit University, Tikrit, Iraq

, lifta_salman@yahoo.co.uk, ghazi.zarraq@tu.edu.iq dr.mahmood@tu.edu.iq

Abstract

The present study focuses on the assessment of pollution indices and health hazards due to heavy metals in surface soils at Tikrit city. The concentration of heavy metals were ranged: Zn (37 -104) mg/kg, Cu (16 – 28) mg/kg, Pb (21 – 56) mg/kg, Co (17 – 23) mg/kg, Cr (94 – 132) mg/kg, Ni (82 – 149) mg/kg and Mn (402 – 537) mg/kg. The values of enrichment factor (EF) and contamination factor (CF) indicated that, the pollution of studied area by Ni and Pb was due to anthropogenic activity. Value of pollution load index (PLI) was higher than unity which indicate pollution of the area by heavy metals. By applying health risk assessment model, it is found that value of hazard quotient (HQ) of each element of non carcinogenic heavy metals is less than 1 for three exposure pathways (i.e. ingestion, dermal contact and inhilation, indicating no health hazards for both children and adults. It is also concluded that children are more susceptible for potential hazards than adults, as well as ingestion pathway is more serious than other exposure pathways. Cancer risk value of Cr in surface soil is the highest, indicating high potential carcinogenic hazards through inhilation of soil particles, while cancer risk value of both Co and Ni indicated moderate potential carcinogenic hazards, whereas cancer risk value of Pb was the lowest, suggesting no carcinogenic hazards through ingestion pathway.

Key words: Pollution indices, health risk assessment, heavy metals, polluted soil.

١- مقدمة

تزايد الاهتمام بدراسة ترسب وتراكم العناصر الثقيلة في الترب بسبب الإدراك أن تلك العناصر الثقيلة قد يكون لها عواقب سلبية على صحة الإنسان والبيئة [1]، وذلك لسميتها وثباتها في البيئة [2]. يعزى تلوث التربة بالعناصر الثقيلة بشكل رئيسي إلى كل من العمليات الطبيعية كتجوية المعادن وإلى النشاط البشري المتعلق بالصناعة، الزراعة، المخلفات النفطية، انبعاثات

Web Site: www.kujss.com Email: kirkukjournsci@yahoo.com,
kirkukjournsci@gmail.com



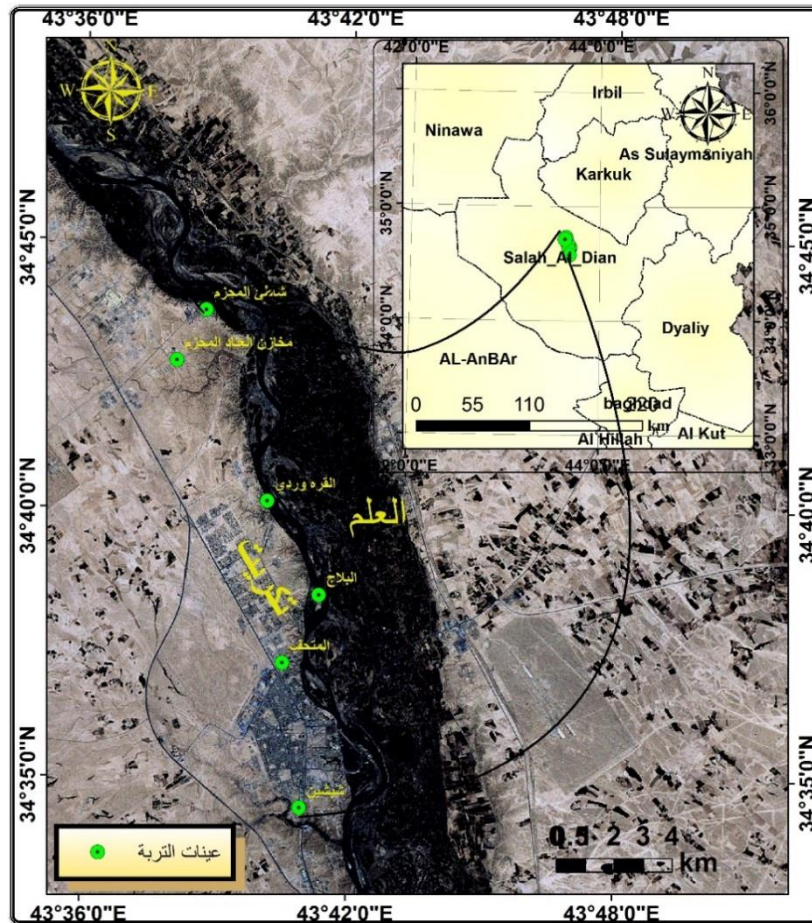
المركبات، العمليات المنجمية والتعدينية وفضلاتها [1]. تم استخدام عامل الإغناء Enrichment Factor (EF) لتقييم تراكيز العناصر الثقيلة فوق المستويات المرجعية [3]. وهو أداة قوية للتمييز بين مصادر العناصر الثقيلة فيما إذا كانت طبيعية أم بشرية [4]. كذلك استخدمت معاملات أخرى مثل مؤشر حمولة التلوث Pollution Load Index (PLI) والذي يعتمد بدوره على عامل التلوث Contamination Factor (CF) [5].

يمكن أن تنتقل العناصر الثقيلة من التربة السطحية إلى جسم الإنسان عن طريق دخول دقائق التربة إلى داخل الفم، تماس التربة مع البشرة وأستنشاق التربة. ابتلاع دقائق التربة وتعرض البشرة إلى العناصر الثقيلة يمكن أن يحدث من خلال الأنشطة في الهواء الطلق، خصوصا للأطفال [6]. يمكن وبسهولة أن تصبح التربة معلقة في الهواء مرة ثانية عن طريق التعرية الريحية أو بسبب حركة قدم الإنسان، حيث تتولد جسيمات محمولة في الهواء أو غبار يمكن أن يشكل خطر محتمل على صحة الإنسان عن طريق الاستنشاق [7].

تهدف هذه الدراسة إلى (١) تحديد مصدر تلوث التربة السطحية ببعض العناصر الثقيلة في مدينة تكريت من خلال حساب مؤشرات التلوث كعامل الإغناء وعامل التلوث ومؤشر حمولة التلوث (٢) تطبيق موديل تقييم الخطر الصحي لتلك العناصر الثقيلة على الأطفال والبالغين المقيمين بالقرب من هذه المواقع.

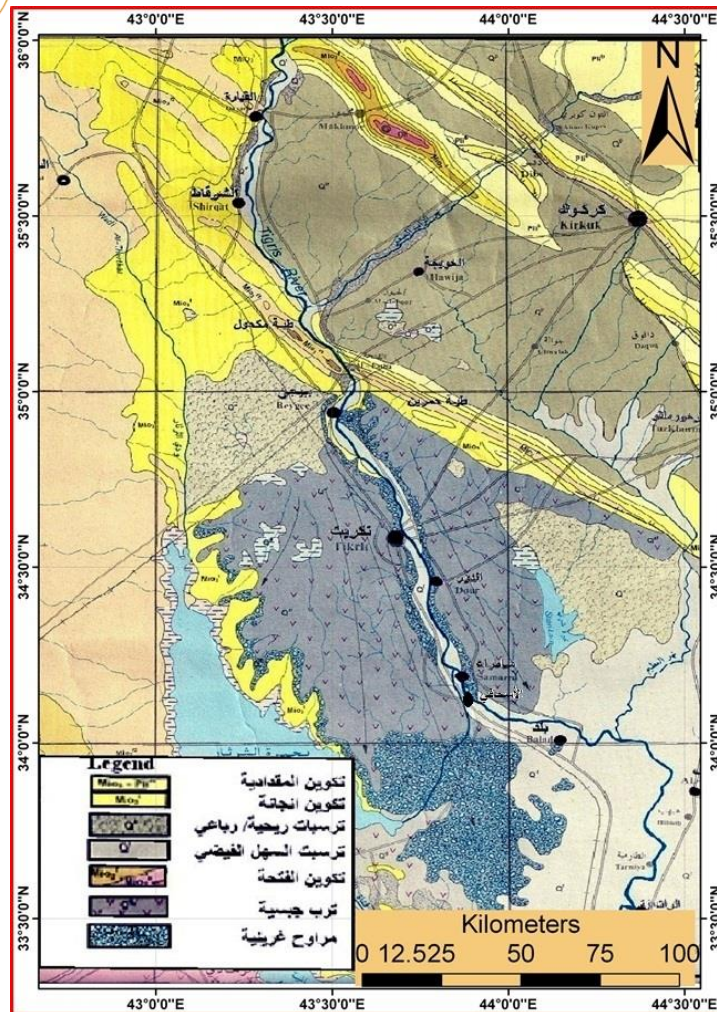
٢- منطقة الدراسة ووضعها الجيولوجي

تقع منطقة الدراسة ضمن مدينة تكريت الواقعة إلى الشمال من العاصمة بغداد بحدود ١٨٠ كم وبين خط عرض $34^{\circ} 38' 03''$ إلى $43^{\circ} 41' 19''$ وبين خط طول $34^{\circ} 37' 08''$ إلى $34^{\circ} 43' 41''$ (شكل ١).



شكل ١ مرئية فضائية توضح مواقع عينات التربة

تغطي منطقة الدراسة ترسبات العصر الرباعي وتتكشف في المنطقة صخور البلايوسين الفتاتية وصخور المايوسين ذات الترسيب الكيميائي والفتاتي. أهم التكوينات المنكشفة هي تكوين الفتحة بعمر المايوسين المتوسط والتي تتكشف طبقاته على طول مجرى نهر دجلة، في حين تظهر مكاشف تكوين إنجانة بعمر المايوسين الأعلى على طول ضفة نهر دجلة الشمالية الشرقية شمال مدينة تكريت، أما تكوين المقدادية بعمر البلايوسين الأسفل فتظهر مكاشفه على الضفة الشرقية لنهر دجلة شمالي مدينة تكريت على شكل حواجز سميكة من المدمكات والبقايا الرملية الطينية، وأخيرا تغطي ترسبات العصر الرباعي والعصر الحديث مناطق واسعة من مدينة تكريت وضواحيها [8] (شكل ٢).



شكل ٢ خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة (مقتطعة من خارطة العراق الجيولوجية مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ صادرة من الهيئة العامة للمسح الجيولوجي ٢٠٠٦)

٣- جمع العينات والتحليل

أختيرت ستة مواقع للنمذجة لجمع عينات التربة بعمق ٠ الى ١٠ سم، بعد إزالة الأوراق، الأعشاب والأجسام الغريبة الأخرى. ويوضح جدول (١) أحداثيات المواقع و شكل (١) مرئية فضائية توضح مواقع النماذج.

جدول (١) أحداثيات مواقع عينات التربة في مدينة تكريت

رقم	المنطقة	التشريق	التشميل
-----	---------	---------	---------



الموقع			
١	البلاج	43° 41' 19''	34° 38' 24''
2	القره وردي	43° 40' 08''	34° 40' 08''
3	المتحف	43° 40' 31''	34° 37' 08''
4	شيشين	43° 40' 56''	34° 34' 26''
5	شاطئ المحزم	43° 38' 42''	34° 43' 41''
6	مخازن عتاد المحزم	43° 38' 03''	34° 42' 44''

جمعت العينات في شهر آيار ٢٠١٢. وضعت العينات في أكياس بلاستيك وأرسلت الى المختبر للمعالجة. الخطوة الأولى كانت تجفيف النماذج في الهواء، ثم طحنت في هاون خزفي ومررت من منخل ٧٥ مايكرون. هضمت عينات التربة باستخدام طريقة الماء الملكي. أضيف تقريبا ٢ غرام من عينة التربة الى ورق مخروطي مع ١٥ مل ماء ملكي مؤلف من نسبة ١:٣ حامض هيدروليك وحامض النتريك ومن ثم يسخن الدورق الى ١٢٠ درجة مئوية. بعد مرور ساعتين، يبرد الخليط الى درجة حرارة الغرفة. بعد ذلك يرشح النموذج باستخدام فلتر ٤٥ مايكرون وتخزن في قناني بلاستيكية [9]. فحصت العينات بجهاز طيف الأمتصاص الذري AAS (Atmoic Absorption Spectrometer) موديل (AA680) Shimadzu يعمل بغاز الأستيلين/ مختبر التحليل الالي/ الهندسة الكيميائية /جامعة تكريت لتحديد العناصر النزرة وهي الخارصين Zn، النحاس Cu، الكروم Cr، الكوبالت Co، الرصاص Pb، النيكل Ni والمنغنيز Mn.

٤- تقييم التلوث البيئي

من أجل تقييم مستوى التلوث لتربة المنطقة، تم استخدام البعض من مؤشرات التلوث مثل عامل الإغناء وعامل التلوث ومؤشر حمولة التلوث لتحديد مصدر التلوث فيما إذا كان طبيعي او بفعل نشاط بشري.

١.٤ عامل الإغناء (EF) Enrichment Factor

وهو أحد الطرق الجيوكيميائية لتقييم التأثيرات البشرية من خلال إجراء دراسات على تراكيز عناصر نزر في نماذج بيئية مختلفة [10]. أستخدمت المعادلة التالية لحساب عامل الإغناء [11]:

$$EF = (C_m/C_{Mn})_{\text{sample}} / (C_m/C_{Mn})_{\text{Earth's crust}} \dots\dots\dots 1$$

حيث، $(C_m/C_{Mn})_{\text{sample}}$ هي نسبة تركيز العنصر إلى تركيز المنغنيز في نموذج التربة و $(C_m/C_{Mn})_{\text{Earth's crust}}$ هي نفس النسبة المرجعية في القشرة الأرضية. اختير المنغنيز كعنصر مرجعي لأنه عنصر ثابت [12]. تم تحديد خمس فئات تلوث اعتمادا على عامل الإغناء: $2 > EF$ توضيح أدنى إغناء، $5 > EF \geq 2$ تعني إغناء معتدل، $20 > EF \geq 5$ إغناء كبير، $EF \geq 20$ إغناء عالي جدا، $EF < 20$ إغناء عالي للغاية [13] و [14].

2.4 عامل التلوث (CF) Contamination Factor

يستخدم عامل التلوث لتصنيف مستوى تلوث العناصر في عينات التربة عن طريق قسمة تركيز كل عنصر في التربة على القيمة المرجعية لذلك العنصر [15]. يتم احتساب عامل التلوث على النحو التالي:

$$CF = (C_m)_{\text{Sample}} / (C_m)_{\text{Background}} \dots\dots\dots 2$$

حيث، $(C_m)_{\text{Sample}}$ هو تركيز عنصر معين في التربة، و $(C_m)_{\text{Background}}$ هو تركيز نفس العنصر في القشرة الأرضية. وتستخدم المصطلحات التالية لوصف عامل التلوث: $CF > 1$ عامل تلوث واطئ، $CF > 3$ عامل تلوث معتدل، $CF > 6$ عامل تلوث كبير، $CF < 6$ عامل تلوث عالي جدا [16].

3.4 مؤشر حمولة التلوث (PLI) Pollution Load Index

إن مؤشر حمولة التلوث قادر على إعطاء تقدير لحالة التلوث بالموقع والإجراءات اللازمة التي ينبغي اتخاذها. وقد وضع من قبل [17]. عندما تكون قيمة $PLI < 1$ يعني أن التربة ملوثة، في حين $PLI > 1$ تشير إلى عدم وجود تلوث [18]. يعبر عن هذا المتغير على النحو التالي:

$$PLI = (CF_1 * CF_2 * CF_3 * \dots * CF_n)^{1/n} \dots\dots\dots 3$$

حيث، n هي عدد العناصر.

5- موديل تقييم الخطر الصحي

اعتمدت حسابات تقييم الخطر الصحي على فرض أن المقيمين (الأطفال والبالغين) يتعرضون إلى التربة بشكل مباشر من خلال ثلاثة مسارات رئيسية (أ) الابتلاع، (ب) الامتصاص الجلدي و(ج) استنشاق دقائق التربة الموجودة في الهواء [19]. استخدمت المعادلات ٤، ٥ و ٦ لتقدير الامتصاص اليومي المزمّن (CDI) Chronic Daily Intake لكل مسار تعرض [20]، [21]. المتغيرات المستخدمة في المعادلات أدناه مدرجة في جدول ٢.

$$CDI_{ing} = C_{soil} * \frac{IngR * EF * ED}{BW * AT} * CF \dots\dots\dots 4$$

$$CDI_{drm} = C_{soil} * \frac{SA * SAF * DA * EF * ED}{BW * AT} * CF \dots\dots\dots 5$$

$$CDI_{inh} = C_{soil} * \frac{InhR * EF * ED}{PEF * BW * AT} \dots\dots\dots 6$$

حسبت التأثيرات الجانبية المسرطنة وغير المسرطنة لكل من العناصر النزرة بشكل منفرد. لكل عنصر نزر ومسار، قدر الخطر السمي غير المسرطن عن طريق حساب حاصل الخطر Hazard Quotient (HQ) وحسب معادلة ٧ [21]. إذا تجاوز HQ القيمة ١، فانه يشير إلى إمكانية حدوث التأثيرات غير المسرطنة. يتم حساب مؤشر الخطر (HI) Hazard Index من حاصل جمع HQ للمسارات الثلاث وحسب معادلة (8) [19].

قيم $HI > 1$ تشير الى عدم وجود خطر كبير للآثار غير المسرطنة. بينما قيم $HI < 1$ تعني أن هناك احتمال حدوث آثار غير مسرطنة، وتتركز مع زيادة قيم HI [21].

قيم $HI > 1$ تشير الى عدم وجود خطر كبير للآثار غير المسرطنة. بينما قيم $HI < 1$ تعني أن هناك احتمال حدوث آثار غير مسرطنة، وتتركز مع زيادة قيم HI [21].

$$HQ = \frac{CDI_{pathway}}{RfD} \dots\dots\dots 7$$

$$HI = \sum HQ = HQ_{ing} + HQ_{drm} + HQ_{inh} \dots\dots\dots 8$$

للعناصر المسرطنة، استخدم معدل الجرعة اليومية لحياة الإنسان lifetime Average Daily Dose (LADD) في تقييم الخطر السرطاني للعناصر النزرة وفق المعادلة (٩) [22].

$$LADD = \frac{C * EF}{AT} * \left(\frac{CR_{child} * ED_{child}}{BW_{child}} + \frac{CR_{adult} * ED_{adult}}{BW_{adult}} \right) \dots\dots\dots 9$$

حيث المتغيرات C، EF، ED، AT و BW مذكورة في جدول ٢. CR هي معدل التماس (أو الامتصاص) (أي معدلات الابتلاع [CR=IngR]، الاستنشاق [CR=InhR] و الامتصاص



الجلدي $[CR=SA*SAF*DA]$. يحدد الخطر الناتج عن الآثار المسرطنة بـ CR معدل الجرعة اليومية لحياة الإنسان مع عامل الانحدار (SF) Slope Factor للعناصر النزرة وحسب معادلة (١٠) [23].

$$R = LADD * SF \dots\dots\dots 10$$

حيث R هي الخطر السرطاني، SF هو عامل الانحدار للعناصر المسرطنة، حيث عامل الانحدار عن طريق الاستنشاق للعناصر Cr، Co و Ni هي ٩.٨، ٤٢ و ٠.٨٤ ملغم/كغم/يوم على التوالي، بينما عامل الانحدار عن طريق الهضم لعنصر Pb هي ٠.٠٠٨٥ ملغم/كغم/يوم [22],[24]. قيمة الخطر السرطاني بين (10^{-4}) و (10^{-6}) تشير إلى مخاطر صحية محتملة [25]، بينما أكبر من (10^{-4}) تقترح مخاطر صحية محتملة عالية [26].

جدول ٢ المتغيرات المستخدمة في معادلات تقييم الخطر الصحي

المتغير	المعنى	القيمة	
		الأطفال	البالغين

حياة الإنسان * ٣٦٥		معدل الوقت للتأثيرات المسرطنة	AT _c (day)
٣٦٥ * ED		معدل الوقت للتأثيرات غير المسرطنة	AT _{nc} (day)
٧٠	١٥	معدل وزن الجسم	BW (kg)
		تركيز العنصر في التربة	C _{soil} (mg/kg)
		عامل التحويل	CF
٠.٠٠١		عامل الامتصاص الجلدي	DA (unitless)
		جرعة الامتصاص اليومي المزمدة من خلال الابتلاع	CDI _{ing} (mg/kg/day)
		جرعة الامتصاص اليومي المزمدة من خلال التماس الجلدي	CDI _{drm} (mg/kg/day)
		جرعة الامتصاص اليومي المزمدة من خلال الاستنشاق	CDI _{inh} (mg/kg/day)
٣٠	٦	فترة التعرض	ED (year)
٣٥٠		تكرار التعرض	EF (day/year)
١٠٠	٢٠٠	معدل ابتلاع التربة	IngR(mg/day)
٢٠	٧.٦	معدل الاستنشاق	InhR (m ³ /day)
1.36 * 10 ⁹		معدل انبعاث الدقائق	PEF (m ³ /kg)
٥٧٠٠	٢٨٠٠	مساحة الجلد المعرض	SA (cm ²)
٠.٠٧	٠.٢	عامل الالتصاق الجلدي	SAF (mg/cm ²)
Zn=0.3, Cu=0.049, Pb=0.0014, Co=0.0003, Cr=0.003, Ni=0.02, Mn=0.024		الجرعة المرجعية الفموية المزمدة	RfD _{ing} (mg/kg/day)
Zn=0.06, Cu=0.008, Pb=0.00042, Co=0.00006, Cr=0.000075, Ni=0.00008, Mn=0.000096		الجرعة المرجعية الجلدية المزمدة	RfD _{drm} (mg/kg/day)
Zn=0.3, Cu=0.042, Pb=0.035, Co=0.0000057, Cr=0.000028, Ni=0.02, Mn=0.000014		الجرعة المرجعية عن طريق الاستنشاق المزمدة	RfD _{inh} (mg/kg/day)

٦- النتائج والمناقشة

تراكيز العناصر الثقيلة في تربة منطقة الدراسة مدرجة في جدول ٣.

جدول ٣ قيم تراكيز العناصر الثقيلة (ppm) في تربة منطقة الدراسة.

العنصر							الموقع
Mn	Ni	Cr	Co	Pb	Cu	Zn	



البلاج	٥١	٢٨	٢١	٢٣	١٣٢	٥٢٤
القره وردي	٣٧	١٦	٤٣	١٩	١٠٥	٨٢
المتحف القديم	٥٥	٢٨	٥٦	٢٢	١٢٣	١٤١
شيشين	١٠٤	٢٣	٥٥	٢٠	١٠٦	١٠١
مخازن عتاد المحزم	٥٧	٢٨	٣١	٢١	٩٢	١٠٧
شاطئ المحزم	٣٨	١٩	٢٧	١٧	٩٤	١٠٢
تركيز العناصر في القشرة الأرضية	70	55	14	10	100	20
[27]						900

قيمة حد الكشف detection limit لجميع العناصر المقاسة هو ٠.١

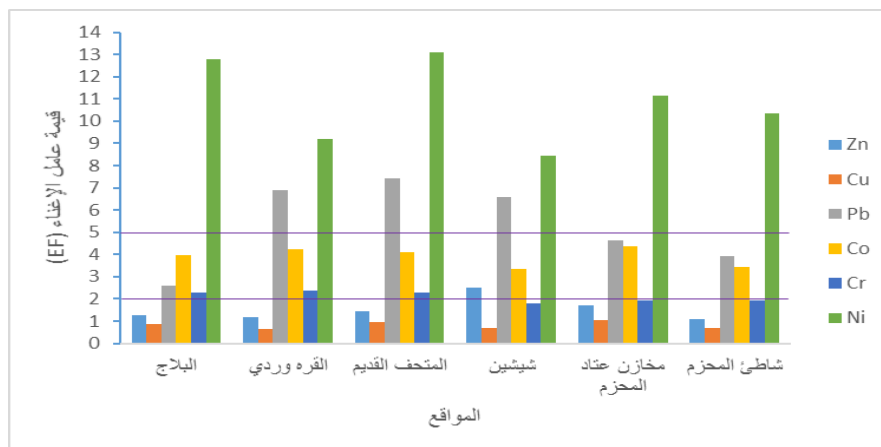
١-٦ تقييم تلوث التربة

تظهر العناصر الثقيلة تراكيز شاذة في تربة منطقة الدراسة والتي هي مستمدة من المدخلات الطبيعية والأنشطة البشرية. من أجل تقدير أفضل لمدخلات الأنشطة البشرية، ينبغي احتساب عامل الإغناء (EF)، عامل التلوث (CF) ومؤشر حمولة التلوث (PLI). تظهر معدلات قيم عامل الإغناء EF للعناصر في تربة منطقة الدراسة الترتيب الاتي $Zn < Cr < Co < Pb < Ni < Cu$. مدى ومعدل قيم عامل الإغناء EF للعناصر مدرجة في جدول ٤. إن عينات التربة التي لها قيمة EF لعنصر ما أكبر من ٥ تعتبر ملوثة بذلك العنصر [11]. وفقا لذلك تعتبر جميع عينات المواقع الستة ملوثة بعنصر النيكل، حيث تقع جميع هذه العينات ضمن فئة إغناء كبير كما موضح في شكل ٣، مما يرجح أن مصدر النيكل من مدخلات صناعية كالمخلفات النفطية وانبعثات المركبات. وكما تعتبر مناطق القره وردي والمتحف القديم وشيشين مواقع ملوثة بالرصاص وتقع أيضا ضمن فئة إغناء كبير وكما موضح في شكل ٣، مما يدل على التأثير البشري في زيادة تراكيز الرصاص في التربة السطحية عن طريق انبعثات المركبات او المخلفات النفطية. أما بالنسبة لبقية العناصر فهي تقع ضمن فئة أدنى إغناء إلى إغناء متوسط ولجميع المواقع وكما مبين في شكل ٣. إن تراكيز العناصر التي تقع ضمن فئة أدنى إغناء يدل على أن هذه العناصر قد اشتقت بشكل رئيسي من صخور القشرة الأرضية [28]. فيما يتعلق بعامل التلوث CF، نلاحظ أن معدلات قيمه للعناصر في تربة منطقة الدراسة تظهر الترتيب الاتي $Ni < Pb < Co < Cr < Zn < Cu$. يوضح جدول ٥ مدى ومعدل قيم CF للعناصر. تشير

قيم CF لعنصر النيكل في تربة منطقة الدراسة بين تلوث عالي جدا في موقعي البلاج والمتحف القديم وتلوث كبير في المواقع الأخرى وكما موضح في شكل ٤. بينما دلت قيم CF لعنصر الرصاص على تلوث كبير في مواقع القره وردى، المتحف القديم وشيشين وإلى تلوث معتدل في المواقع الأخرى (شكل ٤). أما بالنسبة لقيم CF للعناصر Cu، Cr، Zn، Co فقد دلت على تلوث معتدل إلى تلوث واطئ وكما مبين في شكل ٤.

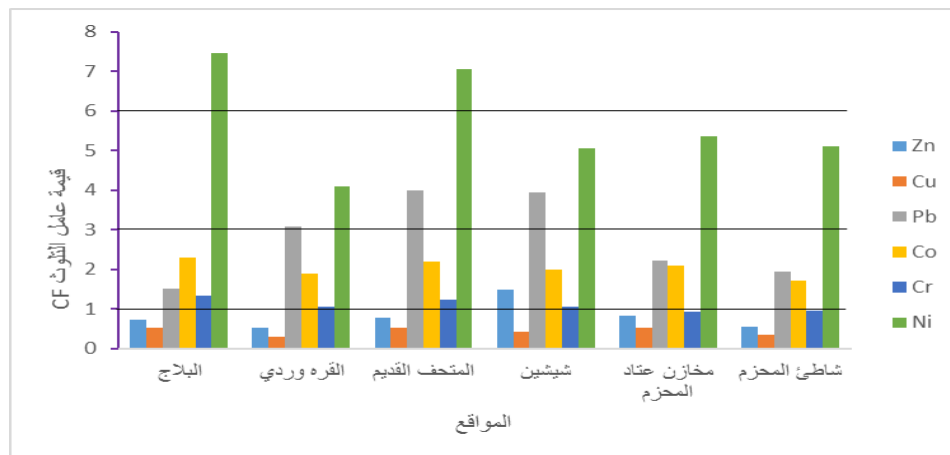
جدول ٤ مدى ومعدل قيم عامل الإغناء EF للعناصر في التربة السطحية

العنصر	قيمة عامل الإغناء EF	
	المدى	المعدل
Zn	2.5 – 1.1	1.5
Cu	1.1 – 0.7	0.8
Pb	7.4 – 2.6	5.3
Co	4.4 – 3.4	3.9
Cr	2.4 – 1.8	2.1
Ni	13.1 – 8.5	10.8

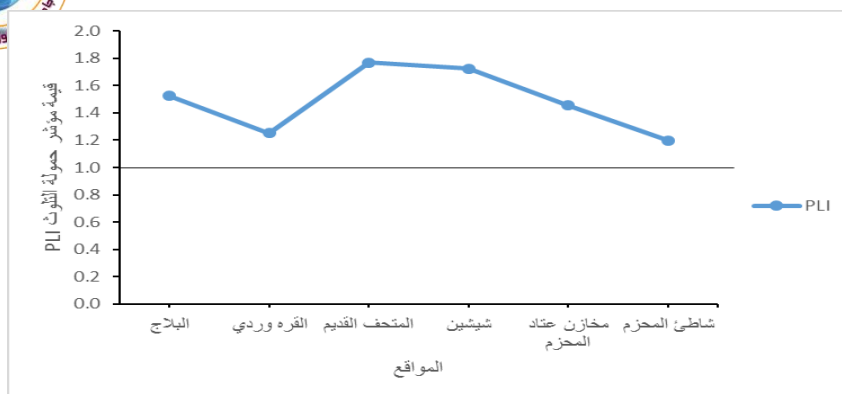


شكل ٣ قيم عامل الإغناء EF لعناصر Zn، Cu، Pb، Co، Cr و Ni في التربة السطحية
جدول ٥ مدى ومعدل قيمة عامل التلوث CF للعناصر في التربة السطحية

الفئة	قيمة عامل التلوث CF		العنصر
	المعدل	المدى	
تلوث واطئ	0.8	1.5 – 0.5	Zn
تلوث واطئ	0.4	0.5 – 0.3	Cu
تلوث معتدل	2.8	4.0 – 1.5	Pb
تلوث معتدل	2.0	2.3 – 1.7	Co
تلوث معتدل	1.1	1.3 – 0.9	Cr
تلوث كبير	5.7	7.5 – 4.1	Ni



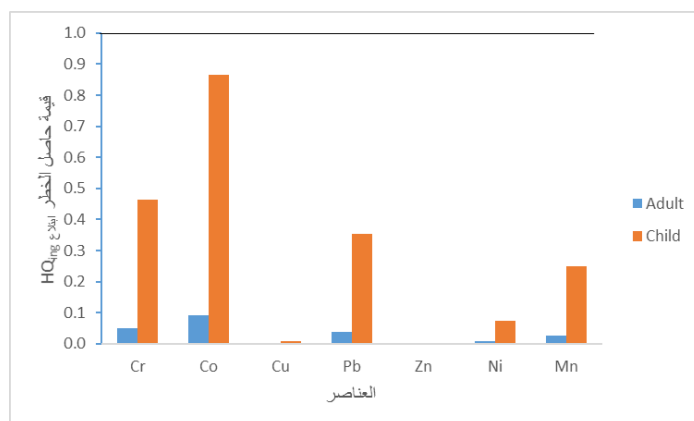
شكل ٤ قيم عامل التلوث CF لعناصر Zn، Cu، Pb، Co، Cr و Ni في التربة السطحية
 قيمة مؤشر حمولة التلوث PLI للتربة السطحية في مواقع البلاج، القره وردي، المتحف القديم،
 شيشين، مخازن عتاد المحزم وشاطئ المحزم كانت أكبر من واحد (شكل ٥)، مما يدل على أن
 مدينة تكريت هي تحت عبء التلوث.



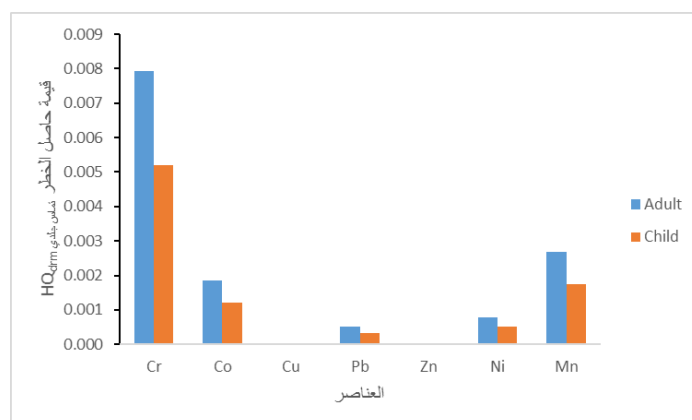
شكل ٥ قيمة مؤشر حمولة التلوث PLI للتربة السطحية

٢-٦ تقييم المخاطر الصحية

إن قيم حاصل الخطر HQ للعناصر الثقيلة في تربة منطقة الدراسة ولمسارات التعرض الثلاث (الابتلاع، التماس الجلدي والاستنشاق) هي أقل من واحد مما يشير إلى عدم وجود مخاطر صحية محتملة لتراكيز هذه العناصر على صحة الطفل والبالغ وكما مبين في الأشكال ٦، ٧ و ٨. ومع ذلك نجد أن قيمة حاصل الخطر الابتلاع HQ_{ing} لعنصر الكوبالت كانت 0.865 (شكل ٦)، وهذه القيمة قد تكون بمثابة الزناد لمخاطر صحية مستقبلية للأطفال خصوصاً مع الإضافة المستمرة لهذا العنصر عبر الأنشطة البشرية أو التعرض طويل الأمد. من خلال المقارنة بين قيم حاصل الخطر الابتلاع HQ_{ing} للأطفال والبالغين (شكل ٦)، نستنتج أن الأطفال أكثر عرضة للآثار الصحية الضارة من البالغين. وهذا يعزى إلى أن الأطفال هم أكثر عرضة لابتلاع دقائق التربة عن طريق الفم أو انتقالها من اليد إلى الفم أثناء نشاطاتهم في الهواء الطلق [29]. بالنسبة لقيم حاصل الخطر تماس جلدي HQ_{drm} للعناصر في تربة مدينة تكريت كانت أقل بكثير من مستوى الأمان ١ لكل من الأطفال والبالغين (شكل ٧)، مقترحاً عدم وجود مخاطر صحية من خلال التعرض إلى التربة الملوثة بالعناصر عن طريق التماس الجلدي.

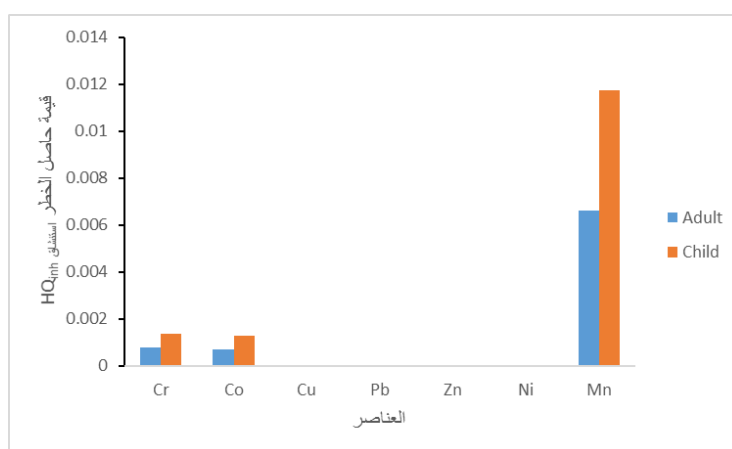


شكل ٦ قيم حاصل الخطر الابتلاع HQ_{ing} للعناصر في التربة



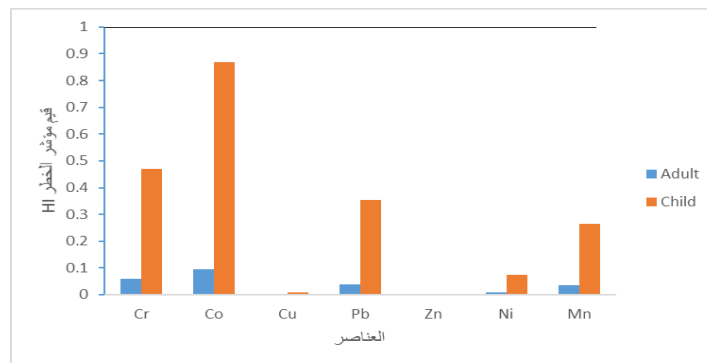
شكل ٧ قيم حاصل الخطر تماس جلدي HQ_{derm} للعناصر في التربة

يلاحظ من شكل ٨ أن قيم حاصل الخطر الاستنشاق HQ_{inh} للعناصر ولكل من الأطفال والبالغين كانت اقل بكثير من مستوى الأمان ١، مما يدل على عدم وجود تأثيرات صحية ضارة من خلال التعرض للعناصر عن طريق استنشاق دقائق التربة.



شكل ٨ قيم حاصل الخطر الاستنشاق HQ_{inh} للعناصر في التربة.

قيم مؤشر الخطر HI لمجموع حاصل الخطر الابتلاع + حاصل الخطر تماس جلدي + حاصل الخطر الاستنشاق للعناصر كانت اقل من ١ لكل من الأطفال والبالغين، مشيرتا إلى عدم وجود مخاطر صحية (شكل ٩). من خلال المقارنة بين طرق التعرض الثلاث (أي الابتلاع، التماس الجلدي والاستنشاق)، كان التعرض إلى التربة الملوثة بالعناصر عن طريق الابتلاع هو الأكثر خطورة من بين طرق التعرض الأخرى، حيث تصل إلى الجهاز الهضمي بشكل أسرع.



شكل ٩ قيم مؤشر الخطر HI للعناصر في التربة

المخاطر السرطانية الناجمة عن العناصر المسرطنة (الكوبالت، الكروم، الرصاص والنيكل) في تربة مدينة تكريت أدرجت في جدول ٦. قيمة الخطر السرطاني لعنصر الرصاص كانت 5.5×10^{-7} (جدول ٦)، مشيرتا إلى عدم وجود مخاطر صحية عن طريق ابتلاع دقائق التربة الملوثة بالرصاص. قيم الخطر السرطاني لعنصري النيكل والكوبالت كانت 1.5×10^{-5} و 3.1×10^{-5} على التوالي (جدول ٦)، مشيرتا إلى وجود احتمالية متوسطة للمخاطر الصحية عن طريق استنشاق دقائق التربة [25]. أما قيمة الخطر السرطاني لعنصر الكروم فكانت 7.2×10^{-4} وهي الأعلى من بين العناصر الأخرى (جدول ٦)، وتدل على احتمالية عالية للمخاطر الصحية الناجمة عن استنشاق دقائق التربة الملوثة بالكروم [26].

جدول ٦ المخاطر السرطانية للعناصر الثقيلة في التربة السطحية

الخطر السرطاني			عامل الانحدار SF ملغم/كغم/يوم			العنصر
الخطر (استنشاق)	الخطر (تماس جلد)	الخطر (ابتلاع)	عامل الانحدار (استنشاق)	عامل الانحدار (تماس جلد)	عامل الانحدار (ابتلاع)	
7.2×10^{-4}	----	----	9.8	غير متوفر	غير متوفر	الكروم
3.1×10^{-5}	----	----	٤٢	غير متوفر	غير متوفر	الكوبالت
----	----	5.5×10^{-7}	غير متوفر	غير متوفر	0.0085	الرصاص
1.5×10^{-5}	----	----	غير متوفر	غير متوفر	0.84	النيكل

٧- الاستنتاجات



١- أظهرت مؤشرات التلوث كعامل الإغناء وعامل التلوث قيمة عالية للنكل وفي جميع المواقع مما يدل على التأثير البشري وليس الطبيعي في زيادة تركيز عنصر النكل في التربة السطحية. كما ارتفعت قيمة عاملي الإغناء والتلوث لعنصر الرصاص في بعض المواقع مشيراً إلى النشاطات البشرية. قيمة مؤشر حمولة التلوث كانت أكبر من ١ ولجميع المواقع مما يدل على دور النشاط البشري في تلوث المنطقة.

٢- أظهر موديل تقييم المخاطر الصحية لتراكيز العناصر الثقيلة أن قيمة حاصل الخطر HQ للعناصر غير المسرطنة كانت أقل من عامل الأمان ١ ولمسارات التعرض الثلاث (الابتلاع، التماس الجلدي والاستنشاق)، مشيراً إلى عدم وجود مخاطر صحية على كل من الأطفال والبالغين، رغم ارتفاع قيمة حاصل الخطر ابتلاع HQ_{ing} لعنصر الكوبالت والبالغ ٠.٨٦٥ بالنسبة للأطفال والذي من الممكن أن يتجاوز مستوى الأمان ١ مع الإضافة المستمرة لهذا العنصر من خلال النشاطات البشرية والتعرض طويل الأمد. كما يتبين من خلال تطبيق الموديل أن الأطفال هم الأكثر عرضة للمخاطر المحتملة من البالغين وأن التعرض لمخاطر العناصر الثقيلة عن طريق ابتلاع دقائق التربة هي أكثر خطورة من طرق التعرض الأخرى المتمثلة بالتماس الجلدي والاستنشاق. ٣- قيمة الخطر السرطاني لعنصر الكروم في التربة السطحية هي الأعلى من بين العناصر الأخرى وتشير إلى احتمالية عالية للمخاطر السرطانية عن طريق استنشاق دقائق التربة، فيما دلت قيمة الخطر السرطاني لعنصري الكوبالت والنكل على احتمالية متوسطة للمخاطر السرطانية، في حين كانت قيمة الخطر السرطاني لعنصر الرصاص هي الأوطأ مشيرتا إلى عدم وجود مخاطر سرطانية محتملة عن طريق ابتلاع دقائق التربة الملوثة بالرصاص.



المصادر

- [1] - Likuku A.S, Mmolawa K.B, and Gaboutloeloe G.K, (2013) "Assessment of Heavy Metal Enrichment and Degree of Contamination Around the Copper-Nickel Mine in the Selebi Phikwe Region, Eastern Botswana" Environment and Ecology Research 1(2): 32-40.
- [2] - Mmolawa K. B, Likuku A. S and Gaboutloeloe G. K, (2011) "Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana" African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 5(3), pp. 186-196.
- [3] - Qingjie G, Jun D, Yunchuan X, Qingfei W, and Liqiang Y, (2008) "Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing". Journal of China University of Geosciences, Vol. 19, No. 3, p. 230–241.
- [4] - Özkan E.Y, (2012) "A New Assessment of Heavy Metal Contaminations in an Eutrophicated Bay (Inner Izmir Bay, Turkey)". Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 1 35-147.
- [5]- Victoria A, Cobbina S.J, Dampare S.B, and Duwiejuah A.B, (2014) "Heavy Metals Concentration in Road Dust in the Bolgatanga Municipality, Ghana" Journal of Environment Pollution and Human Health, Vol. 2, No. 4, 74-80.
- [6] - Luo XS, Yu S, Li XD (2011) Distribution, availability, and sources of trace metals in different particle size fractions of urban soils in Hong Kong:



implications for assessing the risk to human health. Environ Pollut 159:1317–1326

[7]- Chen TB, Wong JW, Zhou HY (1997) Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong. Environ Pollut 96:61–68

[8]- Jassim S.Z and Goff G.C., (2006), “Geology of Iraq”. Published by Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno. 345p.

[9]- Yuswir N. S, Praveena S. M, Aris A. Z, Syed Ismail S. N and Hashim Z., (2015) “Health Risk Assessment of Heavy Metal in Urban Surface Soil (Klang District, Malaysia)” Bull Environ Contam Toxicol.

[10]- Galuszka A and Migaszewski Z.M., (2011) “Geochemical background – an environmental perspective” MINERALOGIA, 42, No 1: 7-17. DOI: 10.2478/v10002-011-0002-y.

[11]- Zakir H.M, Shikazono N, and Otomo K., (2008) “Geochemical Distribution of Trace Metals and Assessment of Anthropogenic Pollution in Sediments of Old Nakagawa River, Tokyo, Japan”. American Journal of Environmental Sciences 4 (6): 654-665.

[12]- Liu, W. H., Zhao, J. Z., Ouyang, Z. Y., et al., 2005. Impacts of Sewage Irrigation on Heavy Metal Distribution and Contamination in Beijing, China. Environment International, 31: 805–812

[13]- Sezgin, N., Ozcan, H.K. Demir, G. Nemlioglu S. and Bayat, C., (2003). “Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway”. Environ. Int., 29: 979-985.



- [14]- Ozbas E. E., (2011) "Heavy metals in surface soils of groves: A study from Istanbul, Turkey" Scientific Research and Essays Vol. 6(7), pp. 1667-1672
- [15]- Chandrasekaran A, Ravisankar R, Harikrishnan N, Satapathy K.K, Prasad M.V.R, and Kanagasabapathy K.V, (2015). "Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India – Spectroscopical approach". Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Elsevier.
- [16]- Rahman S.H, Khanam D, Adyel T.M, Islam M.S, Ahsan M.A, and Akbor M.A., (2012) "Assessment of Heavy Metal Contamination of Agricultural Soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: Implication of Seasonal Variation and Indices" Appl. Sci., 2, 584-601; doi:10.3390/app2030584
- [17]- Tomlinson, D.C., Wilson, J.G., Harris, C.R. and Jeffrey, D.W., (1980) Problems in the assessment of heavy metals in estuaries and the formation pollution index. Helgoland Marine Research, 33, 566-575.
- [18]- Yahaya M.I, Jacob A.G, Agbendeh Z.M, Akpan G.P, and Kwasara A.A, (2012) "Seasonal potential toxic metals contents of Yauri river bottom sediments: North western Nigeria" Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology Vol. 4(12), pp. 212-221
- [19]- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), (1989), "Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual"; EPA 540-1-89-002; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 291p.



- [20]- USEPA (US Environmental Protection Agency), (1996), “Soil Screening Guidance: Technical Background Document”. EPA 540-R-95-128; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 447p.
- [21]- USEPA (US Environmental Protection Agency), (2001), “Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III–Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment”. EPA 540-R-02-002; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA, 385p.
- [22]- Huang Y, Li Y, Yang J, Xu M, Sun B, Gao F and Wang N, (2014), “Harmful Chemicals in Soil and Risk Assessment of an Abandoned Open Dumpsite in Eastern China”. Hindawi Publishing Corporation. Journal of Chemistry. Article ID 297686.
- [23]- Khairy, M.A., Barakat, A.O, Mostafa A.R, and Wade, T.L (2010). “Multielement determination by flame atomic absorption of road dust samples in Detla Region, Egypt”. Microchemical Journal, 97: 234-242.
- [24]- Abbasi M.N, Tufail M, (2013), “Health Risks Assessment for Heavy Elements Suspended in Dusty Air along Murree Highway, Pakistan” American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 13 (3): 372-377
- [25]- USEPA (US Environmental Protection Agency), (1993), “Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of PAH”. US Environmental Protection Agency. EPA/600/R-93/089.
- [26]- Yu B, Xie X, Ma L.Q, Kan H and Zhou Q., (2014), “Source, distribution, and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban street dust from Tianjin, China”. Environ Sci. Pollut. Res. 21:2817–2825.



- [27]- Kabata-Pendias A and Mukherjee A.B., (2007), “Trace Elements from Soil to Human”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 561p.
- [28]- Szefer, P., Glasby, G.P., Szefer, K., Pempkowiak, J., and Kaliszan, R. (1996). “Heavy metal pollution in superficial sediments from the southern Baltic Sea off Poland”. Journal of Environmental and Health. 31A, 2723 - 2754.
- [29]- Meza-Figueroa D, De la O-Villanueva M, De la Parra ML. (2007)” Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, México”. Atmos Environ; 41: 276–88