جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة واسط ـ كلية الزراعة
قسم علوم التربة والموارد المائية

تقييم مستويات تلوث التربة والماء والنبات الناتج عن نشاط معامل الطابوق في قضاء الحي ـ محافظة واسط

رسالة تقدَمت بها

زينب سعد احمد رسن الكعبي

الى

مجلس كلية الزراعة – جامعة واسط

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الزراعية ـ علوم التربة والموارد المائية

بإشراف

أ .م. د مهدي وسمي صحيب العايدي

1447هـ 2025 م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لا يُحِبُّ الْفَسَاد ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة البقرة ، الآية (205)

الاهداء

الى من غايتي رضاه وعفوه ومغفرته ..... إلهي رب العالمين

إلى سيد الأنبياء وخاتم المرسلين ..... نبي الامة الحبيب المصطفى محمد (صلى الله عليه وآله وسلم)

إلى أئمة أهل البيت ..... (عليهم السلام)

إلى أمين الله وشمس الهدى امام الخلق وبحر الندى ..... الامام المهدي (عجل الله تعالى فرجه الشريف)

إلى من لا يضاهيهما أحد في الكون، إلى من أمرنا الله ببرّهما، إلى من بذلا الكثير، وقدّما ما لا يمكن أن يردّ، إليكما تلك الكلمات فقد كنتما خير داعم لي طوال مسيرتي الدراسية ..... أمي وأبي الغاليان

إلى الذي كان لي دعمًا وسندًا ..... زوجي الغالي

إلى من شد الله بهم عضدي فكانوا خير معين ..... أخوتي و أخواتي

إلى قرة عيني ونبض قلبي وأول فرحة لي ..... ابنتي الغالية

أهدي هذه الرسالة المتواضعة

الباحثة

شكر و تقدير

الحمد لله سبحانه هو وليي في الدنيا والآخرة واشكره على هدايته لي وفضله علي واحمده حمداً كثيراً طيباً مباركاً ملئ السموات والارض والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين الحبيب المصطفى محمد (صلى الله عليه وآله وسلم) وبعد.

يطيب لي وأنا أضع اللمسات الاخيرة على هذه الرسالة أن اتقدم بالشكر الجزيل الى أستاذي و مشرفي الأستاذ المساعد الدكتور مهدي وسمي صحيب العايدي الذي وقف عوناً ومرشداً في كل مراحل البحث والاعداد فجزاه الله خير الجزاء.

كما يطيب لي أن اتقدم الى السادة رئيس لجنة المناقشة و اعضائها بالشكر الجزيل لتفضلهم مشكورين بقبول الرسالة و مناقشتها واعطاء الملاحظات القيمة واخراجها بأفضل صورة فجزاهم الله خير الجزاء وجعلهم الله ذخراً للعلم وطلبته.

كما يطيب لي أن اتقدم بالشكر الجزيل الى من مدً يد العون و المساعدة الاستاذ الدكتور نبيل رحيم المحترم و الاستاذ الدكتور نصر نوري الانباري والاستاذ الزميل علي سليم المياحي.

وأخيراً أتمنى كل الخير والسعادة والموفقية الى كل من مدً لي يد العون والمساعدة .

والله ولي التوفيق.....

الباحثة

الخلاصة Abstract

لتقييم حالة التلوث ببعض العناصر الثقيلة (الرصاص ، الكادميوم ، الكوبلت ، الكروم ، النيكل) ،اجريت دراسة ميدانية لتقييم تأثير الانبعاثات الناجمة من معامل الطابوق في قضاء الحي ـ محافظة واسط ودورها في تلوث التربة والمياه والنبات في محافظة واسط بالعناصر الثقيلة المذكورة للمناطق المحيطة بالمعمل ، إذ تم جمع نماذج التربة والمياه والنبات من اربعة مواقع والتي تبعد بمسافة (500 ، 1000، 1500، 2000) م على التوالي عن مصدر التلوث ، أضافة الى الموقع الرابع (المقارنة) على بعد (3000) م ، وجمعت عينات التربة على عمقين (0-30) سم و(30-60) سم من الاتجاهين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي ، أما النبات فقد تم اخذ العينات من المواقع والاجزاء نفسها التي اخذت منها عينات التربة وشملت نباتات الطرطيع والعاقول ، بينما جمعت عينات المياه من موقعين فقط هما (500 و 1500) م و لكلا الاتجاهين وأظهرت نتائج الدراسة ما يلي :-

1- ارتفاع معدل التركيز الكلي للعناصر الثقيلة (الرصاص ، الكادميوم ، الكوبلت ، الكروم ، النيكل) في تربة المواقع المدروسة في الاتجاه الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق عند العمق الاول (0-30) سم والتي تبعد (500) م قياساً بالاتجاه الشمالي الغربي ولنفس العمق والبعد في الترب المدروسة مع تفوق العمق الاول (0-30) سم في تركيز العناصر المدروسة قياساً على العمق الثاني (30-60) سم في قيم التركيز الكلي وللعناصر المدروسة جميعها.

2- إنَ النشاط البشري هو المصدر الرئيسي لارتفاع قيم معايير التلوث (CF ، PLI ، EF ، C_{deg}) خصوصاً في الاتجاه الجنوبي الشرقي في البعد الاول (500) م و للعمق الاول (0-30) سم ، أذ بلغ معدل قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الرصاص والكادميوم والكوبلت والكروم والنيكل (8.66 و 10.67 و 14.48 و 21.31 و 11.92) بالتتابع ، مما تشير الى حدوث تلوث كبير جداً أما في الجزء الشمالي الغربي فقد سجل عامل التلوث (CF) قيماً منخفضة لترب المواقع المدروسة قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق.

3- سجل مؤشر حمل التلوث (PLI) للترب المدروسة القريبة من معامل الطابوق و في الجزء الجنوبي الشرقي و على بعد (500) م وللعمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة بلغت (12.77) وأقل قيمة كانت في البعد الرابع (2000) م للعمق الثاني (30-60) سم بلغت (2.00) ، أما في الجزء الشمالي الغربي فقد انخفضت قيم مؤشر حمل التلوث (PLI) بشكل واضح وكانت قيم مؤشر $PLI > 1$ للمواقع المدروسة جميعها مما يشير الى وجود تدهور في الترب المدروسة ولكلا الاتجاهين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي.

أما معدل قيم عامل الاغناء (EF) فقد سجلت أعلى القيم لعنصر الكروم في الجزء الجنوبي الشرقي وللبعد الاول (500) م وللعمق الاول (0-30) سم إذ بلغت (13.15) وهي ضمن الإغناء العالي قياساً بالعناصر البقية المدروسة والتي سجلت أغلبها إغناء عالٍ او معتدل.

أما معدل قيم درجة التلوث (Cdeg) فقد سجلت أعلى القيم للترب المدروسة القريبة من معامل الطابوق في الجزء الجنوبي الشرقي وللبعد الاول (500) م و للعمق الاول (0-30) سم أذ بلغت (67.04) و هي ضمن درجة التلوث العالية جداً قياساً بالابعاد البقية والتي سجلت أغلبها درجة تلوث كبيرة.

4- ارتفاع التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في النباتات الطبيعية المدروسة (الطرطيع *Schanginia aegyptiaca* و العاقول *Alhagi maurorum*) في المواقع القريبة من معامل الطابوق و قد سجلت في الجزء الجنوبي الشرقي و للبعد الاول (500) م قيماً أعلى من المحددات العالمية المسموح بها (WHO/FAO ، 2007) بلغت تراكيز عنصر الرصاص والكادميوم والكوبلت والكروم والنيكل في نبات الطرطيع (8.18 و 2.32 و 1.93 و 15.00 و 125.00) ملغم .كغم$^{-1}$ مادة جافة ونبات العاقول (7.05 و 1.65 و 1.56 و 14.00 و 94.00) ملغم .كغم$^{-1}$ مادة جافة بالتتابع قياساً بالمواقع البعيدة عن معامل الطابوق فقد سجلت قيماً اقل.

5- ارتفع تركيز العناصر الثقيلة الرصاص والكادميوم والكوبلت والكروم والنيكل في عينات المياه المدروسة في المواقع القريبة من معامل الطابوق وخصوصاً في الجزء الجنوبي الشرقي و في الموقع الاول (500) م قيماً أعلى من المحددات العالمية المسموح بها (WHO/FAO ، 2007) أذ بلغت (0.185 ، 0.812 ، 1.875 ، 0.570 ، 0.445) ملغم .لتر$^{-1}$ بالتتابع.

قائمة المحتويات

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	المقدمة	1
2	مراجعة المصادر	3
1-2	التلوث البيئي	3
1-1-2	اشكال التلوث البيئي	4
2-1-2	مصادر التلوث البيئي	5
3-1-2	الملوثات البيئية	5
4-1-2	انواع التلوث البيئي	6
1-4-1-2	تلوث الهواء	6
1-1-4-1-2	مصادر تلوث الهواء	7
2-4-1-2	تلوث التربة	7
1-2-4-1-2	اسباب تلوث التربة	8
2-2-4-1-2	المركبات الملوثة للتربة	8
3-2-4-1-2	الاضرار الناجمة عن تلوث التربة	9
3-4-1-2	تلوث المياه	9
1-3-4-1-2	انواع تلوث المياه	10
2-3-4-1-2	مصادر تلوث المياه	10
2-2	العناصر الثقيلة	12
1-2-2	الكادميوم (Cd)	12
2-2-2	النيكل (Ni)	13
3-2-2	الرصاص (Pb)	14
4-2-2	الكوبلت (Co)	14
5-2-2	الكروم (Cr)	15
3-2	تلوث التربة بالعناصر الثقيلة	15
4-2	تلوث المياه بالعناصر الثقيلة	16
5-2	تلوث النبات بالعناصر الثقيلة	17
6-2	مصادر العناصر الثقيلة	18
1-6-2	محطات توليد الطاقة الكهربائية	19
2-6-2	مصافي النفط	19
3-6-2	معامل الطابوق	20
1-3-6-2	التلوث الناجم عن معامل الطابوق	21
2-3-6-2	الغازات المنبعثة من معامل الطابوق	22
3	المواد وطرائق العمل	23
1-3	منطقة الدراسة	23

2-3	العمل الميداني	25
3-3	العمل المختبري	25
1-3-3	تحليل عينات التربة	25
1-1-3-3	التوزيع الحجمي لمفصولات التربة (النسجة)	25
2-1-3-3	درجة تفاعل التربة	25
3-1-3-3	الايصالية الكهربائية	25
4-1-3-3	السعة التبادلية الكاتيونية	25
5-1-3-3	المادة العضوية	25
6-1-3-3	كاربونات الكالسيوم	26
7-1-3-3	الايونات الذائبة الموجبة والسالبة	26
1-7-1-3-3	ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم	26
2-7-1-3-3	ايونات الصوديوم والبوتاسيوم	26
3-7-1-3-3	ايونات الكبريتات	26
4-7-1-3-3	ايونات الكلورايد	26
5-7-1-3-3	ايونات الكاربونات والبيكربونات	26
2-3-3	تقدير العناصر الثقيلة في التربة	27
3-3-3	تحليل عينات النبات	28
4-3-3	تحليل عينات المياه	28
5-3-3	التحليل الاحصائي	28
6-3-3	حساب مؤشرات التلوث البيئي للتربة	29
1-6-3-3	عامل التلوث (CF)	29
2-6-3-3	مؤشر حمل التلوث (PLI)	29
3-6-3-3	عامل الاثراء (EF)	30
4-6-3-3	مؤشر درجة التلوث (Cdeg)	31
4	النتائج والمناقشة	32
1-4	التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في التربة	32
1-1-4	تركيز عنصر الرصاص الكلي في ترب الدراسة	33
2-1-4	تركيز عنصر الكادميوم الكلي في ترب الدراسة	35
3-1-4	تركيز عنصر الكوبلت الكلي في ترب الدراسة	36
4-1-4	تركيز عنصر الكروم الكلي في ترب الدراسة	39
5-1-4	تركيز عنصر النيكل الكلي في ترب الدراسة	41
2-4	معايير التلوث للعناصر الثقيلة في التربة	44
1-2-4	عامل التلوث (CF)	44
1-1-2-4	عامل التلوث لعنصر الرصاص في الترب المدروسة	45
2-1-2-4	عامل التلوث لعنصر الكادميوم في الترب المدروسة	46
3-1-2-4	عامل التلوث لعنصر الكوبلت في الترب المدروسة	47

4-1-2-4	عامل التلوث لعنصر الكروم في الترب المدروسة	48
5-1-2-4	عامل التلوث لعنصر النيكل في الترب المدروسة	50
2-2-4	مؤشر حمل التلوث (PLI)	51
3-2-4	عامل الاغناء (EF)	53
4-2-4	مؤشر درجة التلوث (Cdeg)	55
3-4	تركيز العناصر الثقيلة في النباتات الطبيعية	58
1-3-4	تركيز عنصر الرصاص في النبات	58
2-3-4	تركيز عنصر الكادميوم في النبات	59
3-3-4	تركيز عنصر الكوبلت في النبات	60
4-3-4	تركيز عنصر الكروم في النبات	62
5-3-4	تركيز عنصر النيكل في النبات	63
4-4	تركيز العناصر الثقيلة في المياه	65
1-4-4	تركيز عنصر الرصاص في المياه	65
2-4-4	تركيز عنصر الكادميوم في المياه	66
3-4-4	تركيز عنصر الكوبلت في المياه	67
4-4-4	تركيز عنصر الكروم في المياه	68
5-4-4	تركيز عنصر النيكل في المياه	69
5	الاستنتاجات والتوصيات	71
1-5	الاستنتاجات	71
2-5	التوصيات	72
6	المصادر	73
1-6	المصادر العربية	73
2-6	المصادر الانكليزية	77

قائمة الجداول

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	قيم الاحداثيات لمنطقة الدراسة	24
2	الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة	27
3	فئات التلوث لعامل التلوث (CF)	29
4	فئات التلوث لمؤشر حمل التلوث (PLI)	30
5	فئات التلوث لعامل الإثراء (EF)	30
6	فئات التلوث لمؤشر درجة التلوث (Cdeg)	31
7	التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في الترب المدروسة	32
8	تركيز عنصر الرصاص الكلي في ترب المواقع المدروسة	34
9	تركيز عنصر الكادميوم الكلي في ترب المواقع المدروسة	36
10	تركيز عنصر الكوبلت الكلي في ترب المواقع المدروسة	38
11	تركيز عنصر الكروم الكلي في ترب المواقع المدروسة	40
12	تركيز عنصر النيكل الكلي في ترب المواقع المدروسة	42
13	قيم عامل التلوث للعناصر المدروسة	44
14	قيم مؤشر حمل التلوث للعناصر المدروسة	51
15	قيم عامل الإغناء للعناصر المدروسة	54
16	قيم مؤشر درجة التلوث للعناصر المدروسة	56
17	تركيز عنصر الرصاص الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول	58
18	تركيز عنصر الكادميوم الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول	60
19	تركيز عنصر الكوبلت الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول	61
20	تركيز عنصر الكروم الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول	62
21	تركيز عنصر النيكل الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول	64
22	تركيز عنصر الرصاص الكلي في المياه	65
23	تركيز عنصر الكادميوم الكلي في المياه	66
24	تركيز عنصر الكوبلت الكلي في المياه	67
25	تركيز عنصر الكروم الكلي في المياه	69
26	تركيز عنصر النيكل الكلي في المياه	70

قائمة الاشكال

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	خارطة منطقة الدراسة ضمن محافظة واسط	23
2	صورة جوية تمثل مواقع جمع العينات المدروسة	24
3	قيم عامل التلوث لعنصر الرصاص في الترب المدروسة	46
4	قيم عامل التلوث لعنصر الكادميوم في الترب المدروسة	47
5	قيم عامل التلوث لعنصر الكوبلت في الترب المدروسة	48
6	قيم عامل التلوث لعنصر الكروم في الترب المدروسة	49
7	قيم عامل التلوث لعنصر النيكل في الترب المدروسة	50
8	مؤشر حمل التلوث لمواقع الدراسة	52
9	قيم عامل الإغناء للعناصر المدروسة في التربة	55
10	قيم درجة التلوث للعناصر المدروسة في التربة	57

قائمة الملاحق

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	صور توضح معامل الطابوق في قضاء الحي	86
2	صورة لنبات العاقول	87
3	صورة لنبات الطرطيع	87
4	صور التقطت اثناء جمع العينات من مواقع الدراسة	88
	البيانات المناخية	
5	معدل درجات الحرارة العظمى والصغرى لمدينة الكوت لسنة 2024	89
6	معدل الرطوبة النسبية العظمى والصغرى لمدينة الكوت لسنة 2024	89
7	معدل سرعة الرياح واعلى سرعة للرياح واتجاه الرياح لمدينة الكوت لسنة 2024	90

قائمة المختصرات

المختصر	التفصيل
PLI	**Pollution Load Index**
CF	**Contamintion Factor**
Cdeg	**Computerized Diagrammatic Euclidean Geometry**
EF	**Enrichment Factor**
AAS	**Atomic Absorption Spectrophotometer**
SAS	**Statistical conductivity**
PH	**Potential of Hydrogen**
EC	**Electrical Conductivity**
FAO	**Food and Agriculture Organization**

1: المقدمة Introduction

يواجه العالم في الوقت الحاضر مشكلات بيئية خطيرة ناجمة عن تاثير الانسان في البيئة المحيطة به وقد زادت حدة هذه المشكلات خلال العقود الاخيرة من هذا القرن نظرا للتطور الصناعي الذي يشهده العالم والانفجار السكاني والعوامل الطبيعية كالانفجارات البركانية والهزات الارضية والفيضانات فضلاً عن الظواهر الكونية الاخرى والبشرية المنشأ كالحروب والتفجيرات النووية وحوادث غرق الناقلات الضخمة المحملة بالوقود وشركات تكرير النفط ومعامل الطابوق (العمر،2009) .

إن التطور الهائل الذي شهده العالم والثورة الصناعية ادى الى الحاق الكثير من الاضرار في اخطر الملوثات المطروحة للبيئة وتزداد خطورتها عند بقائها في التربة او تجري عليها اي تغيرات كيميائية وتؤدي الى تلوث النباتات والثمار والخضروات التي يتناولها الانسان مما ينعكس ذلك على صحته (زعلان وآخرون ،2006) .

إنَ التلوث البيئي بالعناصر الثقيلة هو نوع محدد من التلوث يحدث نتيجة تراكم المعادن الثقيلة مثل الرصاص (Pb)، الكادميوم (Cd)، الزئبق (Hg)، النيكل (Ni)، والكروم (Cr) في المكونات البيئية المختلفة، بما في ذلك التربة والمياه والنباتات، بمستويات تتجاوز قدرة البيئة على معالجتها أو التخلص منها (Abbas و آخرون ،2023).

إنَ تلوث التربة والمياه و النباتات بالعناصر الثقيلة اصبح مشكلة عالمية ، إذ انها تعد من الملوثات غير العضوية ذات طبيعة غير قابلة للتحلل مما يسبب تأثيرات تراكمية ضارة قادرة على احداث اضرار بيئية وصحية في التربة والمياه والغلاف الجوي والاحياء المجهرية النختلفة (Navarro ،2008).

تنتج مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة من الأنشطة الصناعية والزراعية، بما في ذلك معامل الطابوق، المصانع المعدنية، محطات الطاقة، واستخدام الأسمدة والمبيدات المحتوية على معادن ثقيلة، يؤدي هذا التلوث إلى تدهور خصوبة التربة و تلوث المياه السطحية والجوفية، وتأثير سلبي على نمو النباتات والإنتاج الزراعي، مما يجعل مراقبته وتقييمه ضرورة بيئية وصحية (Hamid و آخرون ،2022).

تُعتبر معامل الطابوق من المصادر الصناعية التقليدية المهمة التي تسهم في تلوث البيئة بشكل كبير، خاصة في الدول النامية التي تعتمد على الفحم والحطب كمصدر رئيسي للطاقة لعمليات الحرق و تنتج هذه العمليات انبعاث كميات كبيرة من الغازات والجسيمات الملوثة، بما في ذلك جسيمات الغبار الدقيقة (PM2.5 وPM10)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، إلى جانب

المعادن الثقيلة مثل الرصاص (Pb)، الكادميوم (Cd)، النيكل (Ni)، والكروم (Cr) (Maqsood و آخرون ، 2022)

لقد حظي التلوث البيئي بالعناصر الثقيلة اهتمام كبير من قبل المختصين ، خاصة بعد ملاحظة التدهور الكبير للموارد البيئية مثل التربة والماء والهواء وقد أدى ذلك إلى زيادة الأمراض البيئية خصوصًا لدى الإنسان نتيجة لما تسببه معامل الطابوق من انبعاثات تؤدي إلى حدوث تلوث بيئي كبير، وبناء على ما تقدم تبرز أهمية الدراسة الحالية في مدينة الحي من خلال استخدامها لمنهجية متكاملة تجمع بين التحليل الكيميائي للتربة وتطبيق أدوات تقييم التلوث المعترف بها دوليا، لتحقيق الأهداف التالية:-

1- معرفة تاثير الانبعاثات الناتجة من معامل طابوق قضاء الحي في تراكم العناصر الثقيلة (Cr، Co ,Pb ,Cd ,Ni,) في التربة و الماء والنبات للمناطق المحيطة بالمعامل وعلى ابعاد مختلفة.
2- تقييم مستوى تلوث التربة والمياه والنباتات بالعناصر الثقيلة (Cr، Ni, ,Cd ,Pb, Co) والناتجة من انبعاثات معامل الطابوق باتجاهين مختلفين ومقارنتها مع المحددات العالمية.
3- استخدام بعض مؤشرات التلوث لتقييم حالة تدهور التربة المتاثرة بمعامل الطابوق.

2: مراجعة المصادر Literatures Review

2-1: التلوث البيئي Environmental Pollution

أهتم الباحثون في علم البيئة بوضع مفهوم دقيق للتلوث البيئي ، والذي يقصد به التغيرات غير المرغوب فيها والتي تحصل بدرجة كبيرة بوصفها ناتجا عرضياً للفعاليات الطبيعية والبشرية والتأثير المباشر للتغيرات في شكل الطاقة ومستوى الاشعاع والمكونات الكيمياوية والفيزيائية. إن هذه التغيرات ربما تؤثر في الانسان بشكل مباشر او غير المباشر نتيجة لاستعمالات المياه والزراعة والصناعة (موسى ، 2000).

أشار صبارتي (2003) إلى أن التلوث هو تغير كمي أو نوعي في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والحيوية لعنصر واحد أو أكثر من عناصر البيئة مما يؤدي إلى أضرار تهدد صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى من جهة وتغيير خصائص الموارد الطبيعية من جهة أخرى و يتم قياس التلوث بوساطة الحجم أو التركيز أو الأضرار التي يسببها وينشأ الضرر البيئي من الأنشطة البشرية المختلفة وخاصة الأنشطة الصناعية نتيجة انبعاثاتها الغازية إلى الهواء أو ما تطرحه من مخلفات وفضلات سامة إلى المياه والتربة.

يُعد التلوث البيئي أحد أخطر المشكلات التي تواجه البشرية في العصر الحديث، ويعرف بأنه إدخال مواد أو عوامل في البيئة بمستويات تتجاوز قدرتها على الاستيعاب، ما يؤدي إلى اضطراب توازن النظم البيئية وإلحاق الضرر بالكائنات الحية، بما فيها الإنسان (UNEP, 2021). يتنوع التلوث بين تلوث الهواء الناتج عن الانبعاثات الصناعية وعوادم المركبات، وتلوث الماء بسبب تصريف المخلفات السائلة، وتلوث التربة الناتج عن المواد الكيميائية والمعادن الثقيلة، بالإضافة إلى التلوث الضوضائي والإشعاعي (WHO, 2021).

بين زعلان وآخرون (2006) أن التلوث البيئي هو كل التغيرات الناتجة عن تدخل الإنسان في الأنظمة البيئية مما يؤدي إلى حدوث ضرر كبير للكائنات الحية بأنواعها سواء بشكل مباشر أو غير مباشر ويعني ذلك التغير السلبي الذي يؤثر على أحد مكونات النظام البيئي والذي ينتج عن الأنشطة الزراعية والصناعية و الأنشطة البشرية جميعها أذ يبدأ التلوث بحدوث تغيرات غير مرغوبة مثل تراكم العناصر الثقيلة سواء في التربة او الماء او الهواء.

2-1-1:اشكال التلوث البيئي Forms of Environmental Pollution

بين زين الدين (1997) أن مستويات الملوثات تختلف بناءً على نوع وكمية النفايات التي تُلقى في البيئة، وبالتالي يتم تصنيف درجات التلوث إلى ثلاثة مستويات مختلفة هي :

1- التلوث المقبول Acceptable Pollution: هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام البيئي ولا يكون مصحوبا بأية أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية مثل تلوث الهواء والمياه السطحية .

2- التلوث الخطر Risky Pollution : تعاني منه العديد من الدول الصناعية لأنه ينتج من النشاط الصناعي وزيادة النشاط التعديني وتعد هذه المرحلة من المراحل المتقدمة حيث أن كمية الملوثات ونوعيتها تتعدى الحد البيئي الحرج والذي يبدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية، وتتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية ويتم ذلك عن طريق معالجة التلوث الصناعي باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كإنشاء وحدات معالجة كفيلة بتخفيض نسبة الملوثات لتصل إلى الحدً المسموح به دوليا أو عن طريق سن قوانين وتشريعات وضرائب على المصانع التي تساهم في زيادة نسبة التلوث مثل التراكم المتوسط للعناصر الثقيلة في التربة مثل عنصر الزنك وزيادة نسبة الاسمدة والمبيدات الزراعية في المياه الجوفية.

3- التلوث المدمر Devastatin Pollution : يمثل هذا النوع المرحلة التي ينهار فيها النظام الإيكولوجي ويصبح غير قادر على العطاء نظرا لاختلال مستوى التوازن بشكل جذري، ولعل حادثة تشر نوبل التي وقعت في المفاعلات النووية في أوكرانيا خير مثال للتلوث المدمر، ويحتاج النظام الإيكولوجي في حالة هذا التلوث إلى سنوات طويلة لإعادة اتزانه بوساطة تدخل العنصر البشري وبتكلفة اقتصادية باهظة.

2-1-2: مصادر التلوث البيئي Sources of Environmental Pollution

ذكر Gharaybeh (2010) اشكالاً عدة للتلوث البيئي وفق مصادرها وهي:

1- **التلوث الطبيعي Natural Pollution :** هو تلوث لا دخل للإنسان فيه بل سببته ظواهر طبيعية تحدث من وقت لآخر كالبراكين والصواعق والعواصف التي قد تحمل معها كميات هائلة من الرمال والأتربة وتتلف المزروعات والمحاصيل، ومن الصعب مراقبة هذا التلوث أو التنبؤ به والسيطرة عليه.

2- **التلوث الصناعي Industrial Pollution :** يحدث هذا التلوث نتيجة للأنشطة البشرية الصناعية والخدمية والترفيهية وغيرها، إذ تُعدُّ الصناعات التقنية السبب الرئيس للتلوث في عصرنا الحاضر وباتت تهدد حياة الكائنات على وجه الأرض، وأهم مصادر التلوث الصناعي المخلفات الصناعية والتجارية وما تنفثه عوادم السيارات ومداخن المصانع التي تخلف مركبات الكلور والفلور والكربون السامة.

3-1-2: الملوثات البيئية Environmental Pollutants

تقسم الملوثات من الناحية البيئية وحسب قابليتها على التحلل على الانواع التالية (الجميلي و سلوى ، 2018):

1- **الملوثات القابلة للتحلل البايولوجي Biodegradable Pollutants :** هي الملوثات التي تتحلل بفعل عوامل طبيعية ومناخية وبيئية وبيولوجية ثم تفتت الملوثات بفعل تلك العوامل ويتم تغيير حالتها وخصائصها مثل الورق ، ، القطن ، الصوف ، الاخشاب والاطعمة الفاسدة.

2- **الملوثات غير القابلة للتحلل البايولوجي Non-Biodegradable Pollutants :** هي الملوثات التي لا يمكن تنقيتها عضويا ً وتحتاج الى مدة زمنية طويلة لتحللها ومن امثلة هذا النوع نواتج المخلفات الصناعية التي تكون باشكال مختلفة (الرصاص ، الكادميوم ، النفايات النووية ، الزئبق والبلاستك) وغيرها الكثير وتكون صلبة أو سائلة أو غازية ويتم التخلص منها اما عن طريق المعالجة الفيزيائية مثل الاحتواء والحرارة العالية او عن طريق المعالجة الكيميائية مثل الاكسدة الكيميائية .

4-1-2: انواع التلوث البيئيTypes of Environmental Pollution

هنالك ثلاثة انواع للتلوث البيئي هي:

1-4-1-2:تلوث الهواء Air Pollution

يعدّ تلوث الهواء من أبرز القضايا البيئية التي تشكل تهديدًا مباشرًا لصحة الإنسان والأنظمة البيئية. وتُعرّف منظمة الصحة العالمية (WHO, 2021) تلوث الهواء بأنه تلوث الهواء بأي عامل كيميائي أو فيزيائي أو بيولوجي يؤدي إلى تغيير خصائص الغلاف الجوي الطبيعية. وفي السياق نفسه، تشير وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA, 2022) إلى أن تلوث الهواء يتمثل في وجود ملوثات في الهواء تؤثر سلبًا على صحة الإنسان أو تسبب أضرارًا لمكونات البيئة (التربة و المياه والهواء).

إنَ الانبعاثات الصناعية، واحتراق الوقود الأحفوري، وعمليات إنتاج الطاقة، ومعامل الطابوق، تُعد من أهم المصادر المسؤولة عن زيادة تركيز الملوثات، و إنَ بعض الصناعات تُسهم في إضافة المعادن الثقيلة إلى الهواء، والتي يمكن أن تترسب لاحقًا في التربة والنبات مسببة آثارًا سُمّية خطيرة (Kabata-Pendias ، 2001).

أشار السعدي (2002) إلى أن الآثار الضارة لتلوث الهواء لا تعود فقط إلى كمية المواد المنبعثة بل إلى تركيز هذه الملوثات في الهواء إذ إن انتشار هذه المواد بتراكيز عالية ضمن مساحة محددة يؤدي إلى تلوث كبيريفوق أضرار هذه الملوثات لو انتشرت في مساحات واسعة وتلعب الرياح دورًا مهمًا في نقل هذه الملوثات من مصادرها إلى أماكن أخرى وقسم السعدي ملوثات الهواء إلى نوعين:

1- الملوثات الناتجة عن وسائل النقل مثل السيارات التي تستخدم البنزين والديزل، حيث تكمن خطورة هذه الغازات الناتجة من عوادم السيارات في أنها تنتشر في أجزاء من جسم الإنسان عند تنفس الهواء الملوث.

2- احتراق الوقود الناتج عن مختلف الأنشطة البشرية والصناعية والتجارية.

بين احمد (2007) في دراسته لتحديد كمية ونوعية المتساقطات الجوية (الامطار ، الغبار، الجسيمات الدقيقة ، الاتربة المحمولة بالرياح ، الغازات الملوثة) في محافظة ذي قار على مدى سنة كاملة 2006 الى 2007 إذ تم اختيار21 موقعا تم توزيعها في المحافظة توزيعا عشوائيا مناطق زراعية وصناعية وسكنية وتجارية وقد أظهرت النتائج ارتفاع تراكيز العناصر المدروسة في هواء المدينة

ولاسيما الكادميوم والرصاص بنسبة 4% و 7% على التوالي كمعدل عن المسموح به عالميا وعزا السبب إلى زيادة الانبعاثات الناتجة من وسائط النقل ومعامل الطابوق.

و أكد AL-Anbari و آخرون (2013) على وجود علاقة بين التلوث البيئي والطاقة ، حيث أن محطات الطاقة الكهربائية ومعامل الطابوق التي تستخدم مصادر الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة تساهم في حدوث التلوث من خلال الدخان الناتج عنها.

2-1-4-1-1: مصادر تلوث الهواء Sources of Air Pollution

بين Lagzi وآخرون (2014) أن هنالك ثلاث مصادر رئيسية لانبعاث الملوثات الى الهواء الجوي بحسب اسلوب انتشار هذه الملوثات الى الهواء الجوي هي:

1- مصادر نقطية Point sources : هي الملوثات التي تنبعث من موقع واحد او اكثر من المواقع المحددة والتي يمكن التحكم بها مثل مداخن المصانع ومعامل الطابوق ومحطات الطاقة الكهربائية.

2- مصادر مناطقية Area sources : هي الملوثات التي تنبعث من مصادر عدة ضمن منطقة محددة مثل الانبعاثات الناتجة من المدن وحرائق الغابات.

3- مصادر خطية Line sources : تشير بشكل عام الى الملوثات التي تنبعث من وسائط النقل مثل الطائرات والسفن والقطارات والسيارات.

2-1-4-2: تلوث التربةSoil Pollution

تعُد التربة من أهم الموارد الطبيعية التي تدعم الحياة على سطح الأرض، إذ توفر الغذاء للنباتات، وتعمل على تخزين المياه، وتنقية الملوثات، وتدعم التنوع البيولوجي. ومع ذلك، أصبحت التربة معرضة لتلوث متزايد نتيجة الأنشطة البشرية المختلفة، مما أدى إلى تدهور خصوبتها وتأثيراتها السلبية على البيئة وصحة الإنسان، و يعرف تلوث التربة على انه التغيير الذي يحصل في خصائصها وخواصها الطبيعية والكيميائية والحيوية او تركيبها مما يؤثر سلبا على من يعيش على سطحها من الكائنات الحية (شحاتة ،2000).

كما عرف تلوث التربة بأنه وجود ملوثات كيميائية أو عناصر ضارة بتركيزات تفوق الحدود الطبيعية، مثل المعادن الثقيلة (Pb, Cd, Hg, As, Cr) ، المبيدات الزراعية، والنفط، والجسيمات البلاستيكية الدقيقة، بحيث تؤثر على النباتات والكائنات الحية والمياه الجوفية (Li و آخرون ، 2025).

بين الحديثي وآخرون (2002) و الاسدي وآخرون (2011) أن أسباب تلوث التربة كثيرة منها استخدام المبيدات في مكافحة الآفات الزراعية والأعشاب الضارة و المواد المشعة وعمليات تسرب المواد من الخزانات والأنابيب وخاصة أنابيب النفط ومشتقاته فضلاً عن الانبعاثات الناتجة عن

تجمع الملوثات في البيئة المحيطة و التلوث الناتج عن مصافي النفط ومعامل الطابوق ومحطات توليد الطاقة الكهربائية.

وفي دراسة آخرى أجرتها شنشل (2004) عن تأثير معامل الطابوق في منطقة النهروان في بغداد على تلوث التربة والنبات في المنطقة ببعض العناصر الثقيلة كالرصاص والكادميوم والنيكل حيث بينت النتائج ارتفاع تراكيز هذه العناصر قياساً بالمحددات العالمية أذ بلغ معدل تراكيزها في التربة 178 و2.4 و 111 ملغم كغم-1 تربة على التوالي للعناصر المذكورة آنفاً وعزا السبب الى انبعاثات معامل الطابوق في المنطقة والتي تستخدم حرق الوقود الثقيل وتصاعد انبعاثات المعامل الى الجو وترسبه في الترب القريبة.

2-1-4-1-2-1: اسباب تلوث التربة Causes of Soil Pollution

إن ابرز اسباب تلوث التربة هي:-

1. المصانع ومعامل الطابوق: تنبعث منها المعادن الثقيلة والغبار الملوث الذي يتراكم في التربة (Mohammad و آخرون ، 2025).
2. الزراعة المكثفة: الإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات يزيد من تراكم المعادن والنترات في التربة (Rashid و آخرون ، 2023).
3. . النفايات الصلبة والسائلة: الرمي غير المنظم للنفايات الصناعية والمنزلية يضيف عناصر سامة إلى التربة (EPA ، 2022)
4. التلوث البلاستيكي والنفطي: تسرب الوقود والجسيمات البلاستيكية الدقيقة يغير خصائص التربة (Erdem و آخرون ،2025).

2-1-4-1-2-2: المركبات الملوثة للتربة Soil Polluting Compounds

إن اهم الملوثات التي تلوث التربة هي:-

1. المعادن السامة للنبات والانسان والحيوان كالرصاص والكادميوم والزنك والزئبق والنيكل والزرنيخ والنحاس والكادميوم والسلينيوم (Abbas و آخرون 2023).
2. الهيدروكاربونات العطرية متعددة الحلقات مثل النفثالين والبنزين متعدد الحلقات (Abbas و آخرون ، 2023).
3. الاسمدة والكيميائية والعضوية المبيدات الزراعية (Ren و آخرون ، 2025)
4. مواد مسرطنة مثل الاسبستوس وبعض المركبات العضوية وبعض العناصر الثقيلة (FAO ، 2001).

3-2-4-1-2:الاضرار الناجمة عن تلوث التربة Soil Pollution Damage

إنَ اهم الاضرار الناجمة عن تلوث التربة هي :-

1- تدهور خصوبة التربة :- إنَ تراكم المعادن الثقيلة والمركبات الكيميائية يؤدي إلى اختلال توازن العناصر الغذائية في التربة (Kabata-Pendias ، 2011).

2- تسمم النباتات والمحاصيل :- بعض الملوثات مثل الرصاص والكادميوم والزئبق تُمتص بسهولة من الجذور وتؤثر على نمو النباتات (Alloway ، 2013).

3- تلوث السلسلة الغذائية المعادن الثقيلة والمبيدات تنتقل من التربة إلى النباتات، ثم إلى الحيوانات والإنسان يمكن أن تسبب مشاكل صحية خطيرة مثل السرطان، أمراض الكبد والكلى، واضطرابات النمو(Tchounwou و آخرون ،2012).

4- تلوث المياه الجوفية :- المواد بالقابلة للذوبان في المياه مثل النترات والمعادن الثقيلة وبالتالي تتسرب الى المياه الجوفية (Alloway ، 2013).

5- تأثير الملوثات المركبة :- تفاعل المعادن الثقيلة مع الميكروبلاستيك والمبيدات يزيد من سمية التربة ويؤثر على نمو النباتات بشكل أكبر(Ren و آخرون ، 2025).

3-4-1-2:تلوث المياهWater Pollution

تعتبر المياه من أهم الموارد الطبيعية للحياة على الأرض، فهي ضرورية للشرب والزراعة والصناعة، وتشكل جزءًا كبيرًا من التركيب الحيوي للكائنات الحية ومع التوسع الصناعي والزراعي والتحضر السريع، أصبحت المياه عرضة للتلوث من مصادر متعددة، مما يؤدي إلى تدهور جودتها ويؤثر على صحة الإنسان والنظم البيئية (Britannica ،2025)

عرف العيوني وآخرون (2019) تلوث المياه بأنه أي تغير فيزيائي او كيميائي في نوعية المياه والذي يحدث بصورة مباشرة او غير مباشرة و يؤدي الى التأثيرعلى مواصفات المياه ويجعلها غير صالحة للشرب والاستعمال.

بين أبو سعيد (2000) أن تلوث المياه ناتج عن مصادر متعددة، منها المصادر الطبيعية مثل اختلاط الجزيئات العالقة والغازات المنبعثة من المصانع التي تسقط على المياه، مما يسهم في تلوثها بالإضافة إلى مصادر أخرى متنوعة تساهم في زيادة التلوث.

أوضح السعدون (2011) أن من بين مشكلات التلوث البيئي تبرز مشكلة تلوث المياه، التي تؤدي بدورها إلى العديد من المشاكل الصحية للسكان وتساهم في زيادة معدل الوفيات،خصوصا بين الأطفال.

يعُد الماء ملوثا عندما يتغير تركيبه أو تتغير حالته بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ويصبح الماء أقل صلاحية للاستعمال الطبيعي واذا زاد تركيز أسباب التلوث يؤدى إلى استهلاك الاوكسجين المذاب فى الماء مما يسبب اختناق الاحياء المائية وهلاكها وعند ذلك يتوقف عمل البكتريا الهوائية التى تساعد على التنقية الذاتية للماء وتبدأ البكتريا اللاهوائية فى الانتشار وتعمل على إفساد الماء (عزت عبد المحسن ، 2015).

2-1-4-3-1:انواع التلوث المائي Types of Water Pollution

بين AL- Ansari و آخرون (2020) إنَ انواع التلوث المائي هي :

1- **التلوث الفيزيائي :** هذا النوع من التلوث يشمل التغيرات الفيزيائية في المياه مثل درجة حرارة الماء، أو زيادة ملوحته، أو ارتفاع نسبة المواد العالقة فيه،مما يشكل خطورة كبيرة على الصحة ،خصوصاً في الأماكن الجافة دون تجديد لها، ويؤدي ذلك أيضا لاكتسابه الرائحة الكريهة او تغير لونه أو مذاقه .

2- **التلوث الكيميائي :** من اخطر انواع التلوث، حيث تصبح مواد سامه في الماء مثل الرصاص ،المبيدات الحشرية ،الزئبق بعضها قابل للانحلال وبعضها يتراكم ويؤدي هذا النوع الى وفاة الكائنات الحية او الاصابة بالأمراض التي يمكن إنَ تصيب الانسان.

3- **التلوث البايولوجي :** ينتج عن دخول كائنات دقيقة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات الى المياه مما يؤدي الى انتشار الامراض.

2-1-4-3-2: مصادر تلوث المياه Sources of Water Pollution

تُعدّ المياه أحد أهم الموارد الحيوية التي تعتمد عليها الأنظمة البيئية والصحة العامة، إلا أن تلوثها أصبح يمثل تحديًا عالميًا متزايدًا نتيجة تعدد المصادر الطبيعية والبشرية التي تسهم في تدني نوعيتها. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن مصادر التلوث المائي يمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين هما :-

1- مصادر طبيعية :- تتمثل المصادر الطبيعية في عمليات التجوية للصخور وتحرير المعادن الثقيلة بشكل طبيعي مثل الرصاص والزنك والكادميوم، بالإضافة إلى التغيرات المناخية التي تزيد من انجراف التربة نحو المسطحات المائية، مما يؤدي إلى ارتفاع تركيز المواد العالقة والمعادن.

وقد أكدت (Kabata-Pendias ،2011) إنَ التجوية الطبيعية تعد أحد أبرز مصادر المعادن الثقيلة في الأنظمة المائية، خصوصًا في المناطق الغنية جيولوجيًا بالعناصر المعدنية.

2- مصادر بشرية :- فهي الأكثر تأثيرًا وانتشارًا، وتشمل:

1. الصرف الصناعي: حيث تُطلق المصانع كميات كبيرة من المعادن الثقيلة والمركبات العضوية السامة والمذيبات الصناعية إلى المياه السطحية أو الجوفية دون معالجة كافية.

2. الصرف الصحي المنزلي والبلدي: يعدّ من أكثر المصادر شيوعًا، خصوصًا في الدول النامية، حيث يؤدي التخلص المباشر من مياه المجاري إلى ارتفاع مستويات البكتيريا، الفيروسات، المركبات العضوية، والمواد المغذية مثل النيتروجين والفوسفور. وتشير منظمة الصحة العالمية (WHO, 2021) إلى أن 80% من مياه الصرف عالميًا لا تُعالج بشكل كافٍ، مما يجعلها مصدرًا رئيسيًا لتلوث المياه.

3. الأنشطة الزراعية: تشمل استخدام الأسمدة الكيمياوية والمبيدات التي تتسرب مع مياه الري أو الجريان السطحي إلى الأنهار والمياه الجوفية، مسبّبة ارتفاع مستويات النترات والفوسفات والملوثات العضوية. وتذكر دراسة (Fewtrell وBartram ، 2001) بأن الأسمدة الزراعية مسؤولة عن أحد أعلى نسب الحمل المغذي المتجه إلى المسطحات المائية.

4. الجريان السطحي الحضري : يحتوي على الزيوت والشحوم والمواد الثقيلة الناتجة من الطرق، إضافة إلى المخلفات الصلبة. وقد أشارت (Britannica، 2025) إلى أن الجريان الحضري يُعد من أهم مصادر التلوث غير النقطي (Non-point Source Pollution) عالميًا.

5. النفايات الصلبة ومكبات القمامة: ينتج عنها "رشح النفايات" (Leachate) الذي يحتوي على ملوثات خطرة قد تتسرب إلى المياه الجوفية.

6. التلوث النفطي: ينتج عن تسرب النفط من الناقلات والمنشآت البحرية، وهو من أخطر أنواع التلوث بسبب تأثيره طويل المدى. وتؤكد (WHO، 2021) أن الملوثات البترولية تُسبب اختناق الكائنات المائية وتدهور جودة المياه لسنوات طويلة.

7. التلوث الإشعاعي: يحدث نتيجة تسرب مواد مشعة من الصناعات النووية أو الاستخدامات الطبية.

أكد السعدي (2006) و Wahab and Al-Zubaidi (2012) إنَ تلوث المياه بالمواد العضوية وغير العضوية والمواد السامة مثل العناصر الثقيلة، يتسبب في أضرار جسيمة للكائنات الحية الموجودة في المياه خاصة عندما تكون تراكيزها مرتفعة و إن اهم مصادر تلوث المياه هي:

1- الملوثات الصناعية .

2- ملوثات الصرف الصحي .

3- الملوثات الزراعية.

2-2 : العناصر الثقيلة Heavy Elements

عرف الدباغ والسعدي (2004) العناصر الثقيلة بأنها فلزات ذات كثافة اعلى من 5 ملغم . سم$^{-1}$ وتشمل الفلزات الشائعة في البيئة مثل الزنك والنحاس و الكوبلت والرصاص والكادميوم والكروم والنيكل والزئبق وغيرها من العناصر وعلى الرغم من الأهمية الحيوية لتلك العناصر في التراكيز الضئيلة الا أنها ذات تأثير سام اذا زاد عن الحد المسموح به بسبب عدم امكانية تحللها بواسطة الاحياء المجهرية والعمليات الطبيعية الآخرى ومن اهم خصائصها :-

1- عدم قابليتها للتحلل داخل مكونات النظام البيئي.

2- التأثير السام حتى عند التراكيز المنخفضة.

3- ثباتها الكيميائي مما يسمح لها بالبقاء لفترة اطول.

4- التراكم الحيوي داخل انسجة النبات والحيوان.

5- قدرتها على الارتباط بالمركبات العضوية وغير العضوية.

كما أوضح صادق واخرون (2008) إنَ خطورة هذه العناصر الثقيلة تكمن في أنها تتراكم في اجسام الكائنات الحية وكذلك في التربة والنبات و أن اهمية التلوث بالعناصر الثقيلة في الطبيعة ناجمة عن عدم امكانية تحلل نواتها بعكس بقية الملوثات الكيميائية إذ إنَ ان تحللها بفعل عدد من المؤثرات البيئية كالحرارة والرطوبة واشعة الشمس او بفعل مؤثرات حيوية يؤدي في اغلب الاحيان الى خفض درجة سميتها.

إنَ التربة هي الخزان الرئيس لجميع العناصر الثقيلة وذلك بسبب قدرة امتزاز التربة للعناصر الثقيلة على سطوح المعادن الطينية و إنَ حركة هذه العناصر في التربة تختلف من تربة الى اخرى وحسب نسب مفصولات التربة (عبد المنعم والتركي، 2012).

2-2-1 :الكادميوم (Cd)

هو احد العناصر الثقيلة والذي يمتلك عدداً ذرياً عاليا (48) وكتلته الذرية (112.40) وكثافة عالية تقدر بحوالي (8.69 غم.سم$^{-3}$) لذلك يعد من العناصر الثقيلة ، توجد المعادن المحتوية على عنصر الكادميوم في أنحاء مختلفة من العالم بمقادير ضئيلة في القشرة الارضية ويعد كبريتيد الكادميوم على الرغم من ندرته،لكنه المصدر السائد للكادميوم ، إذ بدأ انتاج الكادميوم ببطئ في نهاية القرن التاسع عشر كناتج ثانوي لأستخراج الزنك ،ولقد ازداد استخدام الكادميوم في القرن الماضي لكنه لم يكتسب اهمية كبيرة ويدخل في صناعات عدة منها صناعة السبائك ومواد اللحام والاصباغ وطلاء الفلزات ومثبتات في مواد البلاستيك وغيرها (lasat،2002). .

يُعدّ الكادميوم (Cd) أحد أخطر العناصر الثقيلة السامة، لما يتميز به من قدرة عالية على الانتقال في الوسط البيئي، وسميته الشديدة حتى عند تراكيز منخفضة. الكادميوم عنصر غير ضروري للنبات أو الإنسان، ويمكن أن يتراكم بسهولة في التربة والمياه والنباتات، مما يؤدي إلى آثار صحية وبيئية خطيرة (Alloway ، 2013).

تشير الدراسات إلى أن تراكم الكادميوم في التربة يؤدي إلى تقليل خصوبتها، ويؤثر على النشاط الميكروبي ويغير الخصائص الكيميائية مثل السعة التبادلية ودرجة الحموضة (Kabata-Pendias ، 2011).

يدخل الكادميوم البيئة من مصادر طبيعية مثل التجوية للصخور، إلا أن المصادر البشرية هي الأكثر تأثيرًا، وتشمل الصناعات المعدنية، معالجة المعادن، الأسمدة الفوسفاتية، مياه الصرف الصناعي، وحرق الوقود، بالإضافة إلى معامل الطابوق التي تطلق الكادميوم عن طريق الانبعاثات والغبار (Bouida و آخرون ، 2024).

2-2-2 : النيكل (Ni)

يعتبر عنصر النيكل من العناصر الثقيلة التي تشكل خطرًا كبيرًا على البيئة، حيث يتجمع في الطبقة السطحية للتربة نتيجة تفاعله مع معادن الطين والمادة العضوية، فضلاً عن تكوينه لمركبات متنوعة (Banian ، 1981).

يُعدّ النيكل عنصرًا معدنيًا ثقيلاً له دور مزدوج في البيئة، فهو ضروري بكميات منخفضة لبعض النباتات والكائنات الحية الدقيقة، لكنه يتحول إلى عامل سام عند تراكمه فوق مستويات معينة. تراكم النيكل في التربة والمياه والنباتات يشكل خطرًا بيئيًا وصحيًا، خصوصًا في المناطق الصناعية أو القريبة من المصادر البشرية مثل المصانع، معامل الطابوق، والتعدين (Kabata-Pendias، 2011)

يُعدّ النيكل من المعادن الثقيلة القابلة للذوبان، مما يزيد من احتمالية انتقاله بين التربة والمياه والنباتات، وبالتالي دخوله في السلسلة الغذائية. وتُشير الدراسات إلى أن تراكم النيكل يؤدي إلى تأثيرات سامة على النباتات، الكائنات الدقيقة، وصحة الإنسان (Abbas, 2023).

إنَ جزيئات الغبار المنبعثة من معامل الطابوق تحتوي على النيكل والعناصر الثقيلة الاخرى وتساهم في تلويث الاراضي الزراعية والمياه عن طريق تراكم عنصر النيكل في التربة والمياه والنباتات مما يزيد السمية البيئية ومخاطر هذا العنصر (Bouida و آخرون ، 2022).

3-2-2 : الرصاص (Pb)

يُعدّ الرصاص من العناصر الثقيلة السامة التي تُشكل تهديدًا بيئيًا وصحيًا عالميًا. تدخل مصادر الرصاص البيئة من الأنشطة الصناعية والبشرية، بما في ذلك معامل الطابوق التي تُصدر كميات كبيرة من الغبار والغازات المحتوية على الرصاص والمعادن الثقيلة الأخرى، حيث إنَ تراكم الرصاص في التربة والمياه والنباتات يمكن أن يؤدي إلى تدهور البيئة الزراعية ويمثل خطورة على صحة الإنسان (Sikder و آخرون ، 2016).

بين الراشدي (2011) إنَ بعض المركبات الكيميائية لها أثر فعال في تقييد حركة العناصر الثقيلة ، ومنها عنصر الرصاص والتي تؤدي الى تقليل امتصاصها من قبل النباتات مثل الفوسفات والدلومايت ، فضلاً عن درجة تفاعل التربة ونسبة المادة العضوية ومعادن الطين والتفاعل مع العناصر الاخرى التي تعد من العوامل المحددة لوفرة عنصر الرصاص في التربة.

4-2-2 : الكوبلت (CO)

يُعد عنصر الكوبلت من العناصر الثقيلة الانتقالية التي توجد بشكل طبيعي في القشرة الأرضية بتركيزات منخفضة، إلا أنّ الأنشطة الصناعية مثل الصناعات المعدنية، المصافي، حرق الوقود، وصناعة الطابوق (الطابوق الحراري المحتوي على شوائب معدنية) قد رفعت من تركيزاته في البيئة، ويُعد الكوبلت ضروريًا بكميات ضئيلة للنباتات والكائنات الدقيقة، إلا أن ارتفاع مستوياته يؤدي إلى تلوث التربة والمياه، مما يسبب حدوث اختلال في العمليات الحيوية للنبات، وتراكمًا سامًا في السلسلة الغذائية Abdle-Sabour) و آخرون ، 1999).

أشار هلال (2004) إلى إنَ عنصر الكوبلت من العناصر الغذائية الأساسية لبكتيريا الرايزوبيا التي تقوم بتثبيت النيتروجين من الجو و كذلك للطحالب التي تثبت النيتروجين و تظهر علامات نقص الكوبلت عندما يقل محتوى محاصيل العلف عن 0.1 ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة كما إنَ توفره في الترب الكلسية يكون أقل مما يؤدي إلى انخفاض قدرة النباتات المزروعة في هذه التربة على امتصاص الكوبلت.

تعد معامل الطابوق من المصادر الغير المباشرة لتراكم عنصرالكوبلت في التربة والمياه وذلك بسبب ترسب العناصر الثقيلة بما فيها عنصر الكوبلت على التربة المحيطة بالمعامل حيث وجد ارتفاع تركيز عنصر الكوبلت في التربة بنسبة 60 % ضمن مسافة 1000م من معامل الطابوق (Kumar و آخرون ، 2023).

2-2-5: الكروم (Cr)

أشار Chen (2000) في دراسته حول تلوث الترب القريبة من المناطق الصناعية حيث وجد زيادة في تراكيز العناصر الثقيلة (الرصاص،النيكل، الكادميوم، النحاس ، الكروم ، الزنك والمنغنيز) وبين أن سبب زيادة هذه العناصر هو المطروحات الصناعية من هذه المواقع الصناعية.

ويكون الكروم مرتبطاً بشكل رئيس مع الصخور النارية القاعدية اما الصخور الحامضية فيكون تركيزعنصر الكروم منخفضاً جداً ويمتاز بإنهُ عنصر مقاوم للتجوية (Oze وآخرون،2004).

يعُد عنصر الكروم فلزاً صلباً بلورياً مكعب الشكل وهو عنصر طبيعي يتواجد في التربة والنباتات والحيوانات بالإضافة إلى وجوده في الصخور يتواجد الكروم في حالات تأكسدية مختلفة وأشهرها هي الكروم ثنائي التكافؤ والكروم سداسي التكافؤ (Shanker و آخرون،2005).

إنَ معامل الطابوق تعد من مصادر تلوث التربة والمياه والنبات بالعناصر الثقيلة وخصوصاً عنصر الكروم حيث إنَ احتراق الطين المحتوي على كميات كبيرة من عنصر الكروم يترسب على سطح التربة مسبباً تلوث التربة والمياه والنبات (Kumar و آخرون ، 2023).

2-3: تلوث التربة بالعناصر الثقيلة Soil Contamination with Heavy Elements

تُعد العناصر الثقيلة أحد أهم الملوثات البيئية التي تثير قلقًا متزايدًا عالميًا نتيجة سميتها العالية، بقائها الطويل في البيئة، وقدرتها على التراكم الحيوي في التربة والنبات والمياه. وتشمل هذه العناصر: الرصاص(Pb) ، الكادميوم(Cd) ، النيكل(Ni) ، الكروم(Cr) ، الزنك(Zn) ، النحاس(Cu) ، الكوبلت (Co) وغيرها ، وتعود خطورتها إلى عدم قابليتها للتحلل، واستمرار تراكمها في التربة لعقود، مما يؤثر في الإنتاج الزراعي وصحة الإنسان (Alloway ، 2013) .

في دراسة اجرتها شنشل (2004) عن تأثير معامل الطابوق في منطقة النهروان على تلوث التربة والنبات ببعض العناصر الثقيلة كالرصاص ، الكادميوم والنيكل قد بينت النتائج ارتفاع تراكيز هذه العناصر قياساً بالمحددات العالمية أذ بلغ معدل تراكيزها في التربة 178 و 2.4 و 111 ملغم .كغم$^{-1}$ تربة على التوالي للعناصر المذكورة آنفاً وعزا السبب الى انبعاثات معامل الطابوق في المنطقة التي تستخدم حرق الوقود الثقيل وتصاعد انبعاثات المعامل الى الجو وترسبها في الترب القريبة .

أشار شتيوي (2005) إلى إنَ تلوث التربة يعد من اخطرانواع التلوث البيئي بالعناصر الثقيلة حيث إنَ هذه العناصر لها القابلية على الاتحاد مع بقية العناصر الموجودة في التربة ومن ثم تبقى في التربة لمدة طويلة ثم تحررها وانطلاقها مع مرور الزمن ومن ثم يؤدي الى امتصاصها من قبل النباتات مما يلحق

ضرراً على النبات والكائنات الحية وكذلك تؤثر على انتاجية التربة ومن ثم صعوبة استصلاح هذه الترب الملوثة.

وجد Ahmed (2012) في دراسته حول تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في محافظة اربيل إلى زيادة في تراكيز العناصر الثقيلة في الطبقات السطحية من التربة مقارنة بالطبقات تحت السطحية وهذا يعود إلى الانشطة البشرية التي تسبب ارتفاع تراكيز هذه العناصر .

ينتج هذا النوع من التلوث نتيجة العادات السيئة التي يمارسها الانسان في التخلص من النفايات بأنواعها الصناعية والزراعية فالقاء النفايات ومخلفات الانشطة المختلفة التي يمارسها الانسان في التربة يضعفها ويؤثر في خصوبتها ومن مصادر التلوث في التربة تسرب المشتقات النفطية من انابيب النفط و استعمال المبيدات الزراعية للآفات الزراعية وتملح التربة والتوسع العمراني الذي يؤدي الى تجريف وتبوير الأراضي (Alloway ، 2012).

إنَ الآثار السلبية لتلوث التربة بالعناصر الثقيلة كما بينها (Farid و آخرون ،2015) هي :

اولاً : خلل فيزيائي ويشمل : بناء التربة ، ازالة المواد الغروية ، تكوين طبقة غير نفاذة للجذور.

ثانياً : خلل كيميائي ويشمل : تغير في درجة تفاعل التربة ، تغير في ملوحة التربة ، نقص في الاوكسجين ، تلوث المياه الارضية والجوفية.

ثالثاً : خلل حيوي ويشمل : انخفاض في اعداد الاحياء المجهرية في التربة ، انتشار المسببات المرضية.

إن الانشطة الصناعية ولا سيما معامل الطابوق تزيد من تركيز العناصر الثقيلة في التربة المحيطة بنسبة تتراوح بين 30-70 % نتيجة احتراق الطين واطلاق الجسيمات المعدنية (Jassim و آخرون ، 2019).

4-2 : تلوث المياه بالعناصر الثقيلة Water Pollution with Heavy Elements

تمثل العناصر الثقيلة واحدة من أخطر الملوثات التي تصيب المياه السطحية والجوفية، نظرًا لسميتها العالية، ثباتها، وعدم قابليتها للتحلل. وتشمل هذه العناصر: الرصاص(Pb) ، الكادميوم(Cd) ، الزئبق (Hg)، النيكل(Ni) ، الكروم(Cr) ، النحاس(Cu) ، الكوبالت(Co) ، والزنك (Zn) ، و تؤدي تراكيزها المرتفعة في المياه إلى آثار بيئية وصحية خطيرة، أبرزها التراكم الحيوي والانتقال عبر السلسلة الغذائية. تعد الصناعات التحويلية ومعامل إنتاج الطابوق والاسمنت والبطاريات والطلاء من أكبر مصادر التلوث المائي بالعناصر الثقيلة، وتؤدي مخلفات الاحتراق في معامل الطابوق إلى انطلاق جسيمات تحتوي على الرصاص والكادميوم والكروم والنيكل، والتي ترسب لاحقًا عبر مياه الأمطار إلى الجريان السطحي والمجاري المائية (Alloway، 2013).

أشار أبو ضاحي واليونس (1988) إلى إن مشكلة تلوث المياه تعُد من القضايا التي تحمل تأثيرات بيئية و اقتصادية واجتماعية خطيرة و تعُد المخلفات الصناعية من أبرز مصادر تلوث المياه حيث يوجد حوالي 40 عنصرًا منتشرًا في الطبيعة و لكن القليل منها فقط له أهمية فسيولوجية للكائنات الحية بينما يشكل البعض الآخر خطرًا كبيرًا.

أوضح العودات (1998) إن تلوث المياه ناتج عن تصريف مياه النفايات غير المعالجة في الأنهار ومخازن المياه ومن بين هذه الملوثات توجد العناصر الدقيقة والثقيلة و المبيدات التي يمكن إن تتراكم في أجسام الكائنات الحية مما يؤدي إلى تسمم المستهلك النهائي.

أوضح اليازجي ومحمود (2008) في دراسة لتركيز العناصر الثقيلة في نهر دجلة عند مروره بالموصل في فصل الشتاء لتصريف الماء المرتفع يكون اقل تركيزها خلال فصل الصيف نتيجة انخفاض عمليات التبخر في فصل الشتاء.

2-5: تلوث النبات بالعناصر الثقيلة Plant Contamination with Heavy Elements

تعتبر النباتات من أكثر الكائنات تأثرًا بتلوث البيئة بالعناصر الثقيلة، لأنها تمتص المعادن الثقيلة من التربة والمياه ثم تُدخلها في السلسلة الغذائية. وتشمل العناصر الثقيلة الملوثة للنباتات الرصاص(Pb) ، الكادميوم(Cd) ، الكروم(Cr) ، النيكل(Ni) ، الزنك(Zn) ، النحاس(Cu) ، والكوبالت (Co) ، و إنَ ارتفاع تراكيز هذه العناصر يؤدي إلى اضطرابات فسيولوجية وجينية في النبات، بما في ذلك تثبيط النمو، نقص الكلوروفيل، زيادة الإجهاد التأكسدي، وتأثير على إنزيمات الأيض (Alloway، 2013).

أشار ابو ضاحي واليونس (1988) إلى وجود اعراض تسمم بعنصر الكادميوم والنيكل والرصاص والكوبلت في النباتات التي أدت الى ظهور اصفرار في الاوراق وتقزم النباتات ومن ثم موت النباتات.

قسم Baker (1990) النباتات اعتماداً على مقاومتها للعناصر الثقيلة إلى ثلاثة اقسام هي :-

1- **نباتات المراكمات المعدنية** :- وهي النباتات التي تعمل على تراكم العناصر السامة بتراكيز عالية في انسجتها اعلى من البيئة المحيطة ويستفاد من هذه النباتات في التخلص من العناصر السامة في الوسط الذي تزرع فيه مثل نبات السيسبان.
2- **نباتات مقصيات المعادن** :- وهي النباتات التي تعمل على تراكم العناصر الثقيلة داخل جذورها فقط وتمنع انتقالها للاجزاء الخضرية مثل نبات التبغ الشجيري.
3- **نباتات أدلة المعدنية** :- وهي النباتات التي تعمل على تراكم العناصر الثقيلة داخل انسجتها بتراكيز متساوية الى تراكيز هذه العناصر في البيئة المحيطة.

إنَ العناصر الثقيلة تؤثر على النبات عبر مسارين أما عن طريق المجموع الخضري فتتجمع بقع زيتية على اوراق النباتات نتيجة انبعاثات المعامل او المصانع فتغلق الثغور وتمنع عملية التركيب الضوئي

وبذلك تؤدي إلى اصفرار الاوراق ونخرها وموتها والمسار الثاني إنَ النباتات تمتص العناصر الثقيلة عن طريق الجذورفي الترب الملوثة بالعناصر الثقيلة ثم تنتقل إلى داخل اجزاء النبات الاخرى كالاوراق والثمار (Wu و آخرون ،2016).

أشار عبيد و آخرون (2009) إلى تأثير العناصر الثقيلة الموجودة في السماد العضوي الملوث في تلوث نبات الطماطة إذ حضر سماد عضوي من مخلفات ابقار ترعى على اعشاب ملوثة وبينت النتائج تأثير معنوي في زيادة تراكيز العناصر الثقيلة Cu و Zn، Cr، Pb ، Cd ، Ni في اوراق وثمار الطماطة قياساً بمعاملة المقارنة.

وفي دراسة اجراها جمعة و آخرون (2010) لتقييم حالة تلوث التربة والنبات في منطقة جسر ديالى إذ تم فحص 12 نموذجاً من النباتات المزروعة في المنطقة (الكرفس والفجل والشعير والبرسيم وغيرها) الواقعة في منطقة الدراسة لمعرفة محتواها من العناصر الثقيلة الرصاص والنيكل ، الكادميوم، الكروم ، المنغنيز ، والنحاس وبينت النتائج ارتفاع تركيز عنصر الرصاص في اغلب نماذج النبات.

وجد عباس (2018) إنَ تركيز العناصر الثقيلة في الاجزاء النباتية ببعض النباتات النامية والقريبة من مصدر التلوث قد تجاوزت الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية وقد عزا سبب ذلك إلى الابخرة والغازات التي تتصاعد من المعامل والتي تساهم في تلوث التربة والماء والتي بدورها تنتقل إلى جميع اجزاء النباتات المتواجدة في تلك المنطقة.

6-2 : مصادر العناصر الثقيلة Sources of Heavy Elements

هنالك نوعان من المصادر الرئيسية للعناصر الثقيلة وهي المصادر الطبيعية والمصادرالمستحدثة (الصناعية) و تتمثل المصادر الطبيعية بالصخور الام والبراكين وغيرها (Kirkham ،2006) اما المصادر المستحدثة فهي كل ما ينتج بفعل الانشطة البشرية المتعددة و لاسيما التعدين ، الصناعة ، الزراعة ، وسائل النقل ، معالجة النفايات وغيرها التي ينتج عنها نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة السامة الى البيئة ، اما عمليات الحرق والصهر ووسائل النقل تطلق بشكل خاص ملوثات الى الغلاف الجوي (Maxted و آخرون ،2007 و Takamatsu و آخرون ،2010).

توجد العناصر الثقيلة في البيئة بصورة طبيعية من العمليات البيدوجينية لتجوية مادة الاصل ونتيجة اضطراب وتسارع الدورة الجيوكيميائية للعناصر الثقيلة البطيئة و يرجع ذلك إلى تدخل الانسان إذ إنَ اكثر الترب في البيئات الحضرية والريفية في تراكم واحد أو اكثر من العناصر الثقيلة بحيث تصل إلى حد اعلى من القيم المرجعية المحددة مما يؤدي الى مخاطر صحية للنظام البيئي وايضا للانسان والحيوان والنبات (Wang وآخرون ،2014) .

إنَ العناصر الثقيلة في التربة والناتجة عن العمليات البيدوجينية او من مصادر الصخور تكون اقل حركه واقل جاهزية من مصادر الانشطة البشرية المختلفة وخاصة احتراق الوقود والمبيدات والبتروكيمياويات والمترسبات الجوية ومياه المجاري والاسمدة المعدنية والحيوانية والاصباغ المحتوية على الرصاص وغيرها (Asrari ،2014).

2-6-1: محطات توليد الطاقة الكهربائية Electric Power Generation Stations

في الوقت الحاضر تعرف محطات توليد الطاقة الكهربائية بإنها المصدر الرئيسي للانبعاثات التي تحتوي على كميات كبيرة من العناصر الثقيلة ، حيث إنها تمتز على دقائق السخام الكبيرة وتنتقل لمسافات مختلفة في مدياتها عن مصدر الانبعاث بواسطة الهواء ،وهذه المسافات تختلف باختلاف خصائص وطوبوغرافية المنطقة وعوامل المناخ ، هناك اهمية تطبيقية كبيرة لتقدير تأثير الانبعاثات الناتجة من محطات الكهرباء الحاوية للعناصر الثقيلة على التربة في المساحات المجاورة لها (Minnikova و آخرون ، 2016).

أشار AL-Anbari وآخرون (2013) إلى إنَ هنالك علاقة ارتباط بين التلوث البيئي والطاقة إذ تعمل محطات توليد الطاقة الكهربائية على مصادر الوقود الاحفوري لتوليد الطاقة الكهربائية، إذ يتم تلوث البيئة اثناء تعدين واستخراج الوقود ومعالجته وتحويله للشكل المطلوب وعند استهلاكه لتوليد الطاقة الكهربائية ينتج عنه العديد من الغبار والرماد المتطايرمن المحطات نتيجة للاحتراق غير الكامل للوقود المستخدم في تشغيل تلك المحطات التي تحتوي على عنصري الرصاص والكبريت والعديد من العناصر الثقيلة السامة التي تسبب اضراراً بيئية وصحية على الكائنات الحية والتربة والمياه والنبات (الغالبي، 2016).

2-6-2 : مصافي النفط Oil Refineries

أشار خويدم وآخرون (2009) إلى زيادة في تركيزالعناصر الثقيلة كالرصاص والنيكل والكادميوم في مناطق غرب البصرة بالقرب من المنشآت النفطية وقد بين إنَ سبب ذلك هو نواتج العمليات الصناعية النفطية وعلى عمليات احتراق الوقود بسبب احتوائها على نسبة كبيرة من الرصاص الذي يستخدم كمادة محسنة للوقود مما يزيد من تراكيزه في الجو ومن ثم يترسب على التربة حيث تعد مخلفات المصافي النفطية (السائلة والغازية) من اكثر المصادر البيئية الملوثة وذلك لاحتواء البترول على العديد من المركبات الهيدروكاربونية ولهذا عند حرق المنتجات النفطية يحدث انبعاث للملوثات و لاسيما ابخرة العناصر الثقيلة السامة والضارة لصحة الانسان والكائنات الحية..

يحدث تلوث الترب بالانسكابات النفطية عند تشقق وانكسار الانابيب اثناء عمليات النقل و لاسيما الطرق البرية ، مما يؤدي الى تلوث هذه الترب اثناء امتصاصها لتلك الملوثات وحتى انها تصل الى المياه الجوفية ملوثة اياها ومن ثم تنتقل تلك الملوثات الى داخل التربة و تؤثر على نمو النبات (عبد الرحمن وطواهر ،2013).

تعد مصافي النفط من الملوثات للبيئة لإنها اوسع مصادر الطاقة المستخدمة حالياً نتيجة نشاط الصناعة النفطية بكل انواعها و التلوث النفطي هو اطلاق مركبات مصادرها النفط الى البيئة مما يؤدي الى تغير في خصائصها (صباح وفاطمة الزهراء،2022) و تشكل مصافي النفط عاملاً من عوامل التلوث بسبب وجود الهيدروكاربونات التي تعُد المكون الاساسي للنفط ومشتقاته هذا فضلاً عن وجود العديد من العناصر الثقيلة الملوثة التي توجد بتراكيز مختلفة لكنها تسبب اضراراً للبيئة.

3-6-2 :معامل الطابوق Brick Factories

تُعتبر معامل الطابوق من الصناعات التقليدية واسعة الانتشار في العديد من الدول، خصوصًا في المناطق الريفية والنامية. ورغم أهميتها في تلبية حاجة البناء، فإن تشغيل هذه المعامل غالبًا ما يتم بطرق بدائية (استخدام وقود كثيف، أفران قديمة، تحكم ضعيف في الانبعاثات)، ما يؤدي إلى إطلاق جسيمات غبارية، غازات ملوّثة، وعناصر ثقيلة إلى البيئة. هذا التلوث لا يؤثر فقط على الهواء بل يمتد إلى التربة، المياه، والنباتات في المناطق المجاورة (Issa ، 2019).

درس الجصاني (2010) تلوث الهواء في البيئة العراقية ووجد إنَ نسبة التلوث التي تسببها معامل الطابوق 20% ولها تأثير في تراكم العناصر الثقيلة بالتربة.

وأشارت الأسدي وآخرون (2011) إلى إنَ الدقائق الهوائية والتربة ضمن المنطقة المحيطة بمعامل الطابوق في ناحية الاصلاح – محافظة ذي قار سجلت اعلى تراكيز للعناصرالثقيلة الكادميوم والنحاس والرصاص والنيكل و بينوا إنَ مخلفات معامل الطابوق تساهم بشكل كبير في في زيادة محتوى التربة من العناصر الثقيلة أثناء تساقط العوالق نتيجة استخدام الوقود الثقيل في تشغيل تلك المعامل .

درس الباحثان Bisht و Neupane (2015) تأثير انبعاثات معامل الطابوق في تلوث الحقول الزراعية المجاورة لها عند النيبال والى خصوبة التربة والخصائص الفيزيائية لها وعلى مسافة 50-100-150 م ضمن اربع اتجاهات إذ كان معدل تركيز عنصر الرصاص يتراوح بين 5.45 – 11.82 ملغم كغم$^{-1}$ تربة.

تعد معامل الطابوق من المصادر الاساسية لتلوث التربة والماء والنبات وبالاخص الهواء في الدول النامية نتيجة انبعاث الغازات و لاسيما اكاسيد النتروجين والكبريت والكاربون و هذه الانبعاثات الخطرة

تعزى إلى استخدام وقود ذي نوعية رديئة مثل الفحم وزيت المحركات واطارات السيارات (Achakzai وآخرون ،2017). حيث إنَ عملية الحرق في معامل الطابوق تؤدي إلى تحرير الانبعاثات الغازية الملوثة إلى الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تلوث البيئة وخاصة الانبعاثات التي تحدث بعد عملية الحرق والتي تشمل العناصر الثقيلة وبخار الماء واكاسيد الكاربون والكبريت والنترات والفلور والكلوريد وتختلف تراكيز الانبعاثات باختلاف نوع الوقود المستعمل ونوع الفرن ووقت الحرق المستخدم لانتاج الطابوق و ان معظم معامل الطابوق لا تلتزم بتشغيل المنظومة الآلية للحرق مع استخدام الوسائل البديلة للتشغيل مما ينتج عنه عدم اكتمال عمليات حرق الوقود ، و الملوثات التي تنتج من معامل الطابوق تنتشر في الهواء ولكنها لا تبقى لمدة طويلة في الهواء بل تسقط على الارض مسببة تلوث للتربة وتلوث لمحيط المعمل بأكمله(Ukwatta و Mohajerani ، 2017) .

يمتد تأثير معامل الطابوق أيضًا إلى المياه، إذ أن الغبار والجسيمات المعدنية المترسبة على التربة قد تصل إلى المسطحات المائية والمياه الجوفية. وقد أظهرت دراسة في بنغلادش تجاوز مياه السطح حول الأفران الحدود المسموح بها للرصاص والكروم، مما يشكل خطرًا على استخدامها للري أو الاستهلاك البشري (Asif و آخرون ، 2021).

2-6-3-1: التلوث الناجم عن معامل الطابوق Pollution From Brick Factories

تمر عملية إنتاج الطابوق بعدة مراحل، تبدأ بتحضير المادة الخام (الطين ومواد معدنية أخرى)، ثم تشكيل الطابوق باستخدام القوالب اليدوية أو الآلية، تليها مرحلة التجفيف لإزالة الرطوبة، وأخيرًا الحرق في الأفران باستخدام وقود كثيف مثل الفحم أو الديزل. خلال مرحلة الحرق، تنبعث الغازات والجسيمات الدقيقة، إضافة إلى إطلاق المعادن الثقيلة مثل الرصاص (Pb)، الكادميوم (Cd)، النيكل (Ni)، والكروم (Cr). كما تحتوي المخلفات الناتجة عن هذه العمليات، مثل الغبار والرماد، على تراكيز عالية من المعادن الثقيلة، وقد تُلقى مباشرة على التربة أو تُحمل بالجريان المائي إلى مصادر المياه القريبة، مما يضاعف خطر تلوث البيئة (Khan و آخرون ، 2015).

بين Achakzai وآخرون (2017) إنَ كمية وحجم التلوث الذي تطلقه معامل الطابوق تختلف تبعاً لعدة عوامل أهمها:-

1- حجم المعمل.
2- عمر المعمل.
3- نظام الصيانة.
4- كمية الانتاج.

5- وجود الوسائل الفعالة للحد من التلوث إذ تتكون معظم الملوثات من الدخان الذي تشكل دقائق الكاربون نسبة عالية فيه فضلاً عن اكاسيد الكاربون والنتروجين والكبريت والهايدروكاربونات غير المحترقة وغاز الفلورين الناتج من املاح الفلورايدالموجود اصلاً في الطين المستعمل كمادة اولية في الانتاج وأن اغلب هذه المعامل لا تلتزم بتشغيل منظومات الحرق الآلية مع استخدام الطرائق البدائية في التشغيل مما يؤدي إلى عدم اكتمال عملية الاحتراق للوقود وتلوث البيئة.

2-3-6-2:الغازات المنبعثة من معامل الطابوق Gases Emitted From Brick Factorie

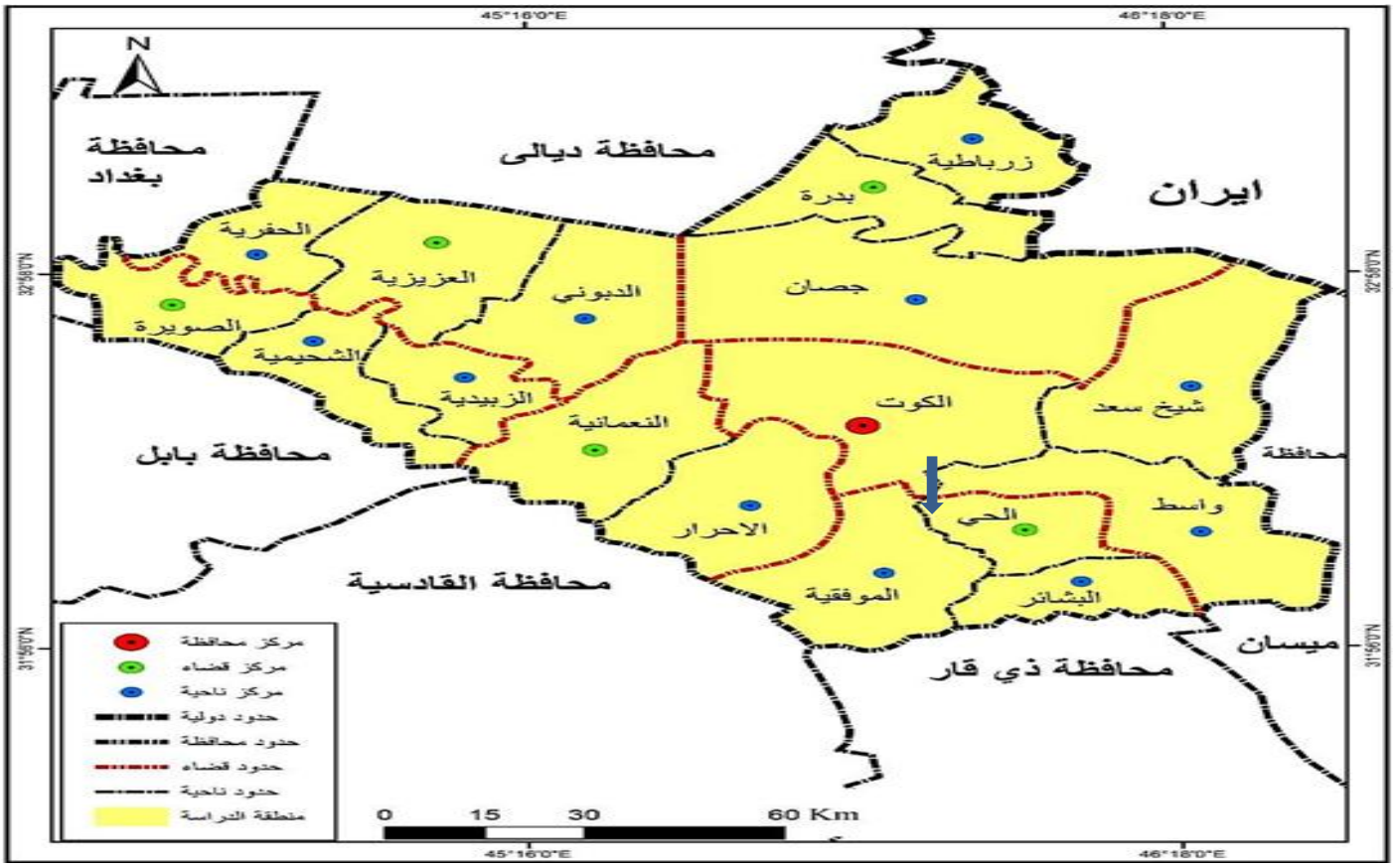
إنَ اهم الغازات المنبعثة من مداخن معامل الطابوق والتي أشار اليها عبد و سلمان (2012) هي كما يلي:

1- **غاز ثنائي اوكسيد الكبريت (SO_2):-** ينبعث هذا الغاز نتيجة استخدام الوقود الرديء الذي يحتوي على نسبة عالية من الكبريت وهو من اخطر الملوثات المطروحة للجو حيث أثبتت الدراسات الخاصة بمتابعة هذا الغاز المطروح من معامل الطابوق إنَ معدلات الانبعاث للغاز تبلغ اربعة اضعاف معدلات الانبعاث المسموح به.
2- **غاز احادي اوكسيد الكاربون (CO) :-** ينبعث هذا الغاز نتيجة الحرق غير الكامل للوقود المستعمل بسبب عدم استخدام منظومات الحرق الآلية وأن اعلى تركيز مسموح به للغاز هو 0.5 ملغم.م $^{-3}$.
3- **اكاسيد النتروجين :-** مثل NO ، NO_2 وهذه الاكاسيد مهمة لتكوين الاوزون.
4- **الهيدروكاربونات :-** وهي ما يتخلف عن الوقود غير كامل الاحتراق وينطلق الى الجو مع الغازات وتكون بشكل مركبات عضوية بشكل ابخرة وغازات مثل الفورمالديهايد والبنزين ولها تأثيرات كبيرة على الصحة العامة كونها مواد مسرطنة.
5- **الدقائق العالقة (المتطايرة):-** تشمل بدرجة رئيسية دقائق الرماد والعناصر الثقيلة فيها مرتفعة.

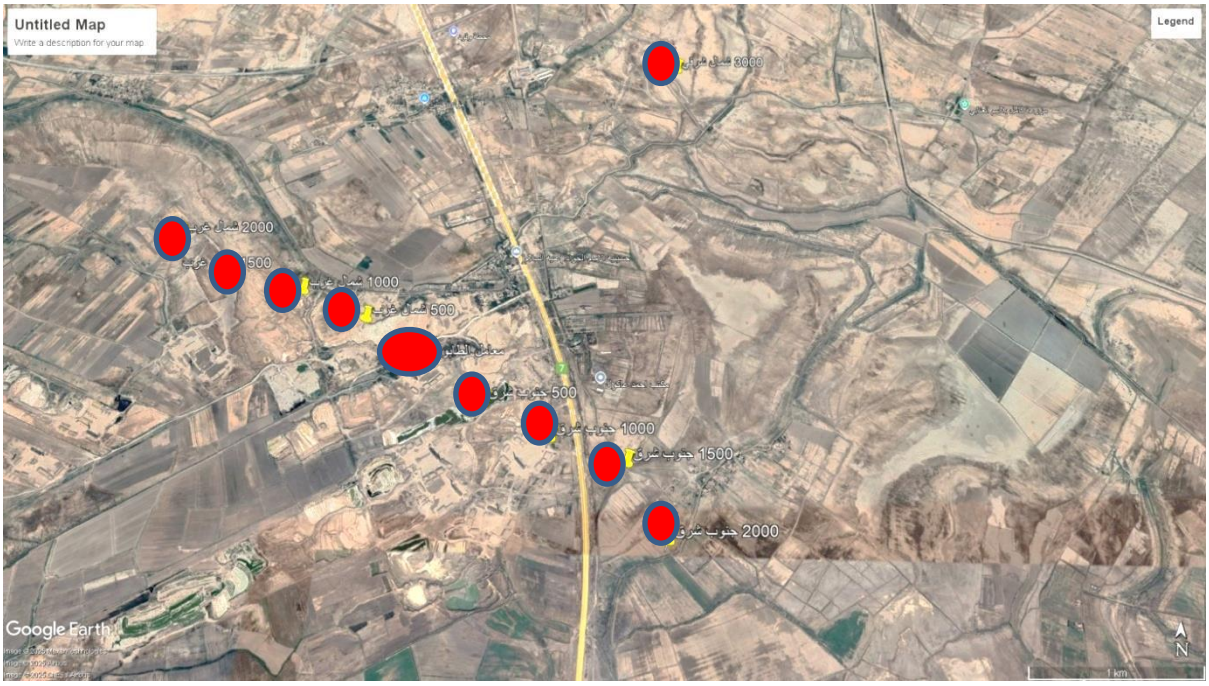
3: المواد وطرائق العمل Materials and Methods

3-1: منطقة الدراسة Study Area

تقع منطقة الدراسة التي جمعت منها العينات جنوب محافظة واسط في قضاء الحي ، تقع مدينة الحي عند الاحداثيات 32.1712° شمالاً و 46.0475° شرقاً ، ويبعد القضاء عن مدينة الكوت ، مركز المحافظة حوالي 45 كيلومتراً جنوباً يمتاز القضاء بوجود نشاطات صناعية وزراعية متباينة ، حيث يعُد انتاج الطابوق احد اهم الانشطة الصناعية في المنطقة. والمنطقة تضم العديد من معامل الطابوق والتي يبلغ عددها حوالي 15 معملاً والمنطقة محاطة بالاراضي المتروكة و الاراضي الزراعية و قد قسمت المنطقة إلى جزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي و كما موضح في الشكل (1) و (2) و حسب الاحداثيات المذكورة في الجدول (1).



شكل 1 : خارطة منطقة الدراسة ضمن محافظة واسط



شكل 2 : صورة جوية تمثل مواقع جمع العينات المدروسة

جدول 1 : قيم الاحداثيات لمواقع عينات منطقة الدراسة

الشمال الشرقي		الشمال الغربي		الجنوب الشرقي	
الاحداثيات	الموقع	الاحداثيات	الموقع	الاحداثيات	الموقع
32°15'39.71" N 46° 2'5.04" E	3000 المقارنة	32°14'27.08"N 46° 0'44.43"E	500	32°14'7.83"N 46° 1'15.95"E	500
		32°14'33.83"N 46° 0'44.45"E	1000	32°13'59.99"N 46° 1'32.92"E	1000
		32°14'39.02"N 46° 0'13.59"E	1500	32°13'54.81"N 46° 1'51.58"E	1500
		32°14'46.71"N 45°59'51.30"E	2000	32°13'38.84"N 46° 2'1.33"E	2000

2-3 : العمل الميداني Field Work

جمعت عينات التربة والمياه والنبات بتاريخ 2024/9/3 من الموقعين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي وعلى اربعة ابعاد من مصدر التلوث حيث كانت الابعاد هي 500 - 1000 - 1500 - 2000 م على التوالي لكل اتجاه وتم تمثيلها ب A1 و B1 وC1 وD1 للجزء الجنوبي الشرقي و A2 و B2 وC2 وD2 للجزء الشمالي الغربي وعلى التوالي واخذت عينة المقارنة على بعد 3000م وتمثلت بـE واخذت عينات التربة على عمقين لكل موقع الاول من(0- 30) سم والثاني من(30- 60) سم وبواقع ثلاث مكررات لكل من العمق والبعد والأتجاه.

3-3 :العمل المختبري Laboratory Work

3-3-1: تحليل عينات التربة Soil Sample Analysis

تم تجهيز نماذج عينات التربة و ذلك بعد إنَ تم جمعها من المواقع المحدده في العمل الميداني لغرض دراسته تم تجفيف العينات هوائياً وفككت بواسطة المطرقة الخشبية ثم مررت خلال منخل قطر فتحاتة 2 ملم وبعدها تم حفظ العينات في علب بلاستيكية لغرض اجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والموضحة في جدول (2) وحسب الطرائق التالية المستخدمة في التحليل :

3-3-1-1: التوزيع الحجمي لمفصولات التربة (نسجة التربة)

تم تقدير التوزيع النسبي لمفصولات التربة بطريقة الهيدروميتر(Hydrometer) وبحسب ما ذكره (Bauyocas ، 1927).

3-3-1-2: درجة تفاعل التربة (pH)

تم قياس درجة تفاعل التربة باستخدام جهاز pH-meter في راشح تربة : ماء بنسبة (1:1) وبحسب ما ذكره (Page وآخرون ،1982).

3-3-1-3: الايصالية الكهربائية (EC)

تم قياس الايصالية الكهربائية باستخدام جهاز EC-meter في راشح تربة : ماء بنسبة (1:1) وبحسب ما ذكره (Page وآخرون ،1982).

3-3-1-4: السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)

قدرت السعة التبادلية الكاتيونية بطريقة (Papanicolaou ، 1976) للترب الكلسية.

3-3-1-5: المادة العضوية O.M

قدر الكاربون العضوي بطريقة الاكسدة الرطبة وفقاً حسب ما ذكره Walkley و Black والمذكورة في (Jackson ،1958) ثم قدرت المادة العضوية عن طريق حاصل ضرب تركيز الكاربون العضوي بالمعامل (1.724).

3-3-1-6:معادن الكاربونات $CaCO_3$

قدرت معدن الكاربونات باستخدام طريقة التسحيح العكسي ل HCL (1N) بوجود دليل الفينونفثالين مع محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم و بحسب ما ذكره (Jackson، 1958).

3-3-1-7: الايونات الذائبة الموجبة والسالبة

تم تقدير الايونات الموجبة والسالبة في في راشح تربة : ماء بنسبة (1:1) كما يأتي :-

3-3-1-7-1: ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم Mg^{+2} ، Ca^{+2}

تم تقدير ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم بطريقة التسحيح مع الفرسنيت(Na_2 EDTA) وبتركيز 0.01N وبحسب ما ذكره (Page و آخرون ،1982).

3-3-1-7-2: ايونات الصوديوم والبوتاسيوم Na^+ ، K^+

قدرت ايونات الصوديوم والبوتاسيوم باستخدام جهاز Flame-photometer وبحسب ما ذكره (Page و آخرون 1982).

3-3-1-7-3: ايونات الكبريتات SO_4

قدرت ايونات الكبريتات وفق طريقة العكارة باستخدام كلوريد الباريوم ($BaCl_2$) والفحص بجهازSpectro- photometer وبطول موجي (420-450)نانومتر وبحسب ما ذكره (Page و آخرون، 1982).

3-3-1-7-4: ايونات الكلورايد CL^-

تم تقدير ايونات الكلورايد بالتسحيح مع نترات الفضة 0.01N وباستخدام دليل كرومات البوتاسيوم 5% وبحسب ما ذكره (Jackson ، 1958).

3-3-1-7-5: ايونات الكاربونات والبيكربونات HCO_3^- ، CO_3^{-2}

تم تقدير ايونات الكاربونات والبيكربونات بالتسحيح مع حامض الكبريتيك المخفف (0.01N) وبحسب ما ذكره (Richards ، 1954).

جدول 2 : الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة

الصفة	القيمة	الوحدة
درجة تفاعل التربة pH	7.54	----------
الايصالية الكهربائية EC	3.56	ديسيسمنز.م$^{-1}$
المادة العضوية O.M	5.4	غم.كغم$^{-1}$
السعة التبادلية الكاتيونية CEC	12.31	سنتيمول.كغم$^{-1}$ تربة
الكلس $CaCO_3$	184.6	غم.كغم$^{-1}$ تربة
الايونات الذائبة		
الكالسيوم Ca^{++}	20.30	مليمول.لتر$^{-1}$
المغنيسيوم Mg^{++}	10.28	
الصوديوم Na^{+}	4.21	
البوتاسيوم K^{+}	0.87	
الكبريتات So_4^{--}	13.55	
الكلورايد Cl^{-1}	20.45	
البيكاربونات HCO^{-}_3	1.66	
الكاربونات CO_3^{--}	Nil	
مفصولات التربة		
الرمل	460	غم . كغم$^{-1}$
الغرين	250	
الطين	290	
النسجة	Sandy Clay Loam (S. C. L)	

2-3-3: تقدير العناصر الثقيلة في التربة Heavy Metal Determination In Soil

تم تقدير العناصر الثقيلة في التربة (الكادميوم ، الرصاص ، النيكل، الحديد ، الكروم، الكوبلت) بطريقة الهضم الرطب وباستخدام الخليط الحامضي ($HCLO_4$: HNO_3) وبعد الاستخلاص قيست العناصر بواسطة جهاز الامتصاص الذري(Atomic Absorption Spectroscopy (AAS وحسب الطريقة (Daives ، 1992).

3-3-3:تحليل عينات النبات Soil Sample Analysis

جمعت العينات النباتية (الاجزاء الخضرية) من النباتات الطبيعية السائدة في المنطقة وهي نبات العاقول *Alhagi maurorum* ونبات الطرطيع *Schanginia aegyptica* ومن مواقع مختلفة وللجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي من معامل الطابوق في قضاء الحي وعلى 500- 1000- 1500 – 2000 م عن مصدر التلوث وكذلك موقع المقارنة على بعد 3000 م غسلت العينات النباتية بالماء المقطر وجففت بالفرن على درجة حرارة 65 م° ولمدة 48 ساعة لحين ثبات الوزن وتم طحنها باستخدام مطحنة كهربائية وأخذ 0.2 غم من وزن العينة النباتية وهضمت العينات باستخدام الخليط الحامضي ($HCLO_4 : HNO_3$) بنسبة (1:4) و وفق الطريقة الموضحة في (Jones ، 2001) وقدر محتوى النبات من العناصر الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذري.

3-3-4:تحليل عينات المياه Plant Sample Analysis

تم جمع عينات المياه من البرك المائية في منطقة الدراسة ومن المواقع التي ذكرت لكل اتجاه مع عينة موقع المقارنة ثم وضعت في قناني بلاستيكية وحفظت في الثلاجة لحين اجراء التحاليل المختبرية اللازمة عليها ثم تم تقدير العناصر الثقيلة (النيكل , الكروم , الكوبلت, الرصاص ، الكادميوم) في عينات المياه المدروسة وحسب طريقة (APHA , 1998).

3-3-5: التحليل الاحصائي Statistical Analysis

استعمل البرنامج الاحصائي (Statistical analysis system-SAS 2018) في تحليل البيانات لدراسة تأثير العوامل المختلفة (المواقع والاعماق و الابعاد ونوع النبات) في الصفات المدروسة (تراكيزالعناصر الثقيلة في التربة والماء والنبات) وفق تصميم تام التعشية Completely Randomized Design (CRD) تجربة عاملية وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باقل فرق معنوي (Least Significant Difference – LSD) و حسب ما وصفه (الرواي ، 1981).

6-3-3:حسـاب مؤشـرات التلـوث البيئـي Calculating environmental pollution indicators

1-6-3-3: عامل التلوث Contamination Factor(CF)

تم حساب عامل التلوث بمعادلة (Hakanson ،1980) التالية :

$$CF = c_m \text{ sample} / c_m \text{ background}$$

Cf=عامل التلوث.

C_m= التركيز الكلي للعنصر الثقيل في عينة التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة).

C_m background =التركيز الكلي للعنصر الثقيل في عينة تربة المقارنة ملغم كلغم$^{-1}$.

جدول 3: فئات التلوث لعامل التلوث (Hakanson،1980)

Contamination Factor value عامل التلوث	Contamination Category فئة التلوث
CF < 1	تلوث منخفض
1≤ CF <3	تلوث متوسط
3 ≤CF <6	تلوث عالٍ
CF ≥ 6	تلوث عالٍ جداً

2-6-3-3:مؤشر حمل التلوث Pollution Load Index (PLI)

تم حساب مؤشر حمل التلوث عن طريق معادلة (Hakanson ،1980) التالية :

$$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \ldots\ldots\ldots\ldots CF_n)^{1/n}$$

PLI = يمثل مؤشر حمل التلوث.

Cf = يمثل عامل التلوث للعنصر الاول والثاني والثالث .... الخ.

n = يعبر عن عدد العناصر الثقيلة المدروسة .

جدول 4 : فئات التلوث لمؤشر حمل التلوث (عبد اللطيف ، 2020)

Pollution load index value مؤشر حمل التلوث (PLI)	Contamination Category فئة التلوث
PLI < 1	موقع غير ملوث
PLI = 1	الموقع على حافة التدهور
PLI > 1	تدهور جودة الموقع

3-6-3-3: عامل الاثراء Enrichment Factor (EF)

يتم حساب مؤشر حمل التلوث عن طريق معادلة (Hakanson ،1980) التالية :

$$EF=\frac{Cm/C\ control}{CFe/Cfe\ control}$$

حيث ان:-

EF:- عامل الاثراء.

Cm :- تركيز العنصر الثقيل في عينة الدراسة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة).

C control :-تركيز العنصر الثقيل في عينة المقارنة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة).

C Fe:- تركيز عنصر الحديد في عينة الدراسة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة).

Cfe control:- تركيز عنصر الحديد في عينة المقارنة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة).

جدول 5 : فئات التلوث لعامل الإثراء EF (Hakanson،1980).

Enrichment Factor value عامل الإثراء (EF)	Contamination Category فئة التلوث
EF < 2	اقل من الحد الادنى للإغناء
2 < EF < 5	إثراء معتدل
5 < EF < 20	إثراء كبير
20 < EF <40	إثراء عالٍ جداً
EF> 40	إثراء عالٍ للغاية

4-6-3-3: درجة التلوث Contamination Degree (Cdeg)

تم حساب مؤشر درجة التلوث عن طريق معادلة (Hakanson ،1980) التالية :

Cdeg= CF1+CF2+CF3+……

أذ أن :

Cdeg : درجة التلوث.

CF1 : عامل التلوث للعنصر الاول.

CF2 : عامل التلوث للعنصر الثاني وهكذا.

جدول 6 : فئات التلوث لمؤشر درجة التلوث(Hakanson ،1980)

Pollution Degree Index مؤشر درجة التلوث (Cdeg)	Pollution level مستوى التلوث
$C_{deg} < 8$	درجة منخفضة من التلوث
$C_{deg} < 16 \geq 8$	درجة معتدلة من التلوث
$C_{deg} < 32 \geq 16$	درجة كبيرة من التلوث
$C_{deg} \geq 32$	درجة عالية جداً من التلوث

4 : النتائج والمناقشة Results and Discussion

4-1 : التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في التربة

تبين النتائج في جدول (7) التراكيز الكلية للعناصر الثقيلة في الترب المدروسة عن طريق نتائج الدراسة نلاحظ ارتفاعاً كبيراً في تراكيز العناصر الثقيلة (Pb ، Cd، Co ، Cr، Ni) في المواقع القريبة من معامل الطابوق ولاسيما في الموقع الاول (500) م للعمق (30-0) سم في الاتجاه الجنوبي الشرقي وانخفاضها في المواقع البعيدة وفي الجزء الشمالي الغربي عن المعامل مقارنة مع عينة المقارنة وبالحدود المسموح بها عالمياً من قبل (Kabata- Pendais ، 2011).

جدول 7: التركيز الكلي للعناصر الثقيلة للترب المدروسة (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)	Pb	Cd	Co	Cr	Ni	Fe
الجنوبي الشرقي	500	30-0	390.10	19.22	72.40	104.45	119.23	8845.05
	1000		268.21	15.34	45.19	76.38	104.00	8540.22
	1500		196.13	12.00	33.23	33.00	96.12	7960.17
	2000		122.56	10.08	20.18	22.29	80.00	7250.30
الشمالي الغربي	500		120.03	10.15	43.19	42.11	80.14	7620.33
	1000		110.00	9.07	26.15	28.09	75.26	7619.59
	1500		95.28	6.27	16.61	16.06	62.54	7314.85
	2000		76.01	5.28	14.21	12.10	56.00	7132.12
الجنوبي الشرقي	500	60-30	340.19	9.00	54.13	80.05	85.32	7796.08
	1000		238.30	7.70	33.22	55.01	82.10	7676.16
	1500		102.48	6.34	24.45	23.00	72.15	6955.00
	2000		66.11	5.06	14.17	14.16	63.67	6015.13
الشمالي الغربي	500		104.00	5.11	20.00	30.03	54.13	5636.08
	1000		92.08	4.25	18.24	20.02	49.00	5610.37
	1500		76.16	3.21	10.20	11.15	35.06	5334.27
	2000		62.40	2.10	5.75	8.05	32.04	5176.43
المقارنة	3000	30-0	45.00	1.80	5.00	4.90	10.00	5433.00
		60-30	43.00	1.06	4.00	4.03	8.00	4264.00
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata- Pendais ،2011)			100	3	50	150	100	53000
			ملغم.كغم$^{-1}$ تربة					

4-1-1: تركيز عنصرالرصاص الكلي (Pb) في ترب الدراسة

بينت نتائج الدراسة كما مبين في الجدولين (7 و 8) إنَ متوسط تراكيز عنصر الرصاص الكلي في الجزء الجنوبي الشرقي قد بلغت (365.14 و 253.25 و 149.30) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة للابعاد (500 و 1000 و 1500) م على التوالي قياساً بالبعد الرابع (2000) م وعينة المقارنة (3000) م والتي بلغت قيمهما (94.33 و 44.00) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة على التوالي فقد اظهرت النتائج ارتفاعا ملحوظاً في متوسط تراكيز عنصر الرصاص الكلي في التربة ضمن الجزء الجنوبي الشرقي ولاسيما في البعد الاول (500) م إذ بلغ تركيزه (365.14) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة وهذه القيمة اعلى بكثير من الحد المسموح به للعنصر في التربة (100) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة سبب ذلك يعود إلى إنَ عنصر الرصاص عنصر غير متحرك ويمتاز بضعف حركته لذلك فأنه ترسب في المواقع القريبة من معامل الطابوق .

أوضحت نتائج الدراسة الحالية في الجدول (8) إنَ متوسط القيم المتحققة لتركيز عنصر الرصاص الكلي في التربة عند العمق الاول (0-30) سم كانت أعلى قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم للاتجاه نفسه والابعاد نفسها ، إذ بلغت القيم (204.40 و 158.01) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة للعمقين الاول والثاني على التوالي وذلك يعود الى إنَ عنصر الرصاص عنصر غير متحرك ويترسب على شكل مركبات قليلة الذوبان السطح ولاينتقل الى اسفل التربة الا بعد توفر كميات كبيرة من المياه لكي يغسل .

بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية لكل من البعد والعمق والتداخل بينهما، أما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق فقد حققت اعلى قيمة عند البعد (500) م للعمق (0-30) سم في الاتجاه الجنوبي الشرقي والتي بلغت (390.10) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة وذلك بسبب قرب الموقع البعد الاول (500)م من معامل الطابوق وترسب جسيمات الرصاص الثقيلة بسرعة قرب مصدر التلوث وإن الطبقة السطحية إي العمق الاول يكون اكثر عرضة للترسيب المباشر ولا ينتقل عنصر الرصاص بسهوله الى الاعماق بينما اقل قيمة كانت عند البعد (2000) م للعمق (30-60) سم والتي بلغت (66.11) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة .

بينت نتائج الدراسة إنَ قيم الرصاص الكلي في التربة في الاتجاه الشمالي الغربي ولجميع الابعاد والاعماق المدروسة كانت أقل قياساً بالاتجاه الجنوبي الشرقي إذ بلغ متوسط القيم (112.01 101.04 85.72 69.20) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة للابعاد (500 و 1000 و1500 و 2000) م على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة التي بلغت (44.00) ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة بينما حقق العمق الاول (0-30) سم قيماً اعلى مقارنة بالعمق الثاني (30-60) سم ويعود سبب ذلك الى التأثيرات المناخية السائدة في المنطقة و لاسيما اتجاه الرياح السائدة في المنطقة التي تساهم في نقل الملوثات من معامل الطابوق الى المواقع القريبة وترسبها على السطح وكما مبين في الملحق (7) وبينت نتائج التحليل الاحصائي ووجود فروق معنوية لكل من البعد والعمق والتداخل بينهما.

واظهرت نتائج الدراسة الحالية ارتفاعاً في تركيز عنصر الرصاص في التربة ولاسيما في المواقع القريبة من معامل الطابوق ولكلا الاتجاهين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي وفقاً للمحددات العالمية المسموح بها (Kabata- Pendais ،2011) (100ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة) وقد يعزى ذلك الى عدة أسباب منها إنَ المواقع القريبة من معامل الطابوق تتأثر بما تطلقه تلك المعامل من العناصر الثقيلة ، وقد اتفقت نتائج الدراسة مع ما توصل اليه (القرغولي ، 2019) ، إذ أشارت نتائج دراساتهم إلى إنَ تركيز عنصر الرصاص في التربة يزداد في المواقع القريبة من مصدر التلوث.

جدول 8 : تركيز الرصاص(ملغم Pb .كغم $^{-1}$ تربة) في تربة المواقع المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)		المتوسط
		30-0	60-30	
الجنوب الشرقي	500	390.10	340.19	365.14
	1000	268.21	238.30	253.25
	1500	196.13	102.48	149.30
	2000	122.56	66.11	94.33
المقارنة	3000	45.00	43.00	44.00
المتوسط		204.40	158.01	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*3.47	*2.19	*4.91
الشمال الغربي	500	120.03	104.00	112.01
	1000	110.00	92.08	101.04
	1500	95.28	76.16	85.72
	2000	76.01	62.40	69.20
المقارنة	3000	45.00	43.00	44.00
المتوسط		89.26	75.52	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*3.09	*1.95	*4.37
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata- Pendais ،2011)		100 ملغم pb .كغم$^{-1}$ تربة		

4-1-2: تركيز عنصر الكادميوم الكلي (Cd) في ترب الدراسة

بينت النتائج في في الجدولين (7 و9) وجود فروق معنوية لتأثير البعد عن مصدر التلوث لمعامل الطابوق ففي الجزء الجنوبي الشرقي كانت اعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكادميوم الكلي في التربة بلغت (14.11) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ تربة في البعد الاول (500) م قياساً بالبعد الرابع (2000) م وعينة المقارنة والتي سجلت فيها اقل قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكادميوم الكلي في التربة إذ بلغت القيم (7.57 و 1.43) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ تربة على التوالي وكان متوسط القيم اعلى من الحد المسموح به لتركيز العنصر في التربة الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (3) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ تربة (Kabata- Pendais،2011) ويعود سبب ذلك الى لانبعاثات معامل الطابوق التي تحملها الرياح السائدة في المنطقة والموضحة في ملحق (7) وما تحمله من عناصر ثقيلة تؤدي الى تلوث التربة و لاسيما في المواقع القريبة من معامل الطابوق.

أوضحت النتائج في الجدول (9) وجود فروق معنوية بين الاعماق في متوسط تركيز عنصر الكادميوم الكلي في التربة إذ سجل متوسط عنصر الكادميوم في العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة بلغت (11.68) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم الذي سجل أقل قيمة بلغت (5.83) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ تربة.

أما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق فقد حققت اعلى قيمة عند البعد (500) م للعمق (0-30) سم في الاتجاه الجنوبي الشرقي والتي بلغت (19.00) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة بينما اقل قيمة كانت عند البعد (3000) م لعينة المقارنة للعمق (30-60) سم والتي بلغت (1.06) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة و بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية لكل من البعد والعمق والتداخل بينهما.

بينت نتائج الدراسة إنَ متوسط تركيز عنصر الكادميوم الكلي في التربة في الاتجاه الشمالي الغربي ولجميع الابعاد والاعماق المدروسة كانت أقل قياساً بالاتجاه الجنوبي الشرقي إذ بلغت متوسط القيم (7.63، 6.66 ، 4.74 و 3.69) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة للابعاد (500 و 1000 و1500 و 2000) م على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة التي بلغت (1.43) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة بينما حقق العمق الاول (0-30) سم قيماً اعلى مقارنة بالعمق الثاني (30-60) سم وبينت نتائج التحليل الاحصائي ووجود فروق معنوية لكل من البعد والعمق والتداخل بينهما وهذا يعود إلى إنَ عنصر الكادميوم يزداد في المناطق القريبة من معامل الطابوق ويعزى السبب في ذلك إلى الانبعاثات الناتجة من تشغيل معامل الطابوق والى ترسب عنصر الكادميوم في المواقع القريبة وعلى سطح التربة وعدم توفر الرطوبة المناسبة لغسل العنصر الى الاعماق الاخرى واتفقت نتائج الدراسة مع ما توصل اليه (القرغولي ، 2019).

جدول 9 : تركيز عنصر الكادميوم (ملغم Cd .كغم$^{-1}$ تربة) في تربة المواقع المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)		المتوسط
		30-0	60-30	
الجنوب الشرقي	500	19.22	9.00	14.11
	1000	15.34	7.70	11.52
	1500	12.00	6.34	9.17
	2000	10.08	5.06	7.57
المقارنة	3000	1.80	1.06	1.43
المتوسط		11.68	5.83	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.75	*1.74	*3.90
الشمال الغربي	500	10.15	5.11	7.63
	1000	9.07	4.25	6.66
	1500	6.27	3.21	4.74
	2000	5.28	2.10	3.69
المقارنة	3000	1.80	1.06	1.43
المتوسط		6.51	3.14	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.12	*1.34	*3.00
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata- Pendais ،2011)		3 ملغم Cd .كغم$^{-1}$ تربة		

أشارت نتائج الجدول (9) في الجزء الشمالي الغربي إلى وجود تأثير معنوي لتركيز الكادميوم الكلي للمواقع المدروسة إذ سجل العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة بلغت (6.51) ملغم Cd . كغم$^{-1}$ تربة مقارنة بالعمق الثاني (30-60) سم أذ بلغت (3.14) ملغم Cd . كغم$^{-1}$ تربة وهي أقل قيمة سجلت خلال الدراسة قياساً بمعاملة المقارنة ومع الحدود المسموح بها عالمياً.

بينت نتائج التحليل الاحصائي إنَ التداخل بين البعد والعمق تأثيراً معنوياً في تركيز عنصر الكادميوم الكلي في التربة فقد اعطى البعد الاول مع العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة بلغت (10.15) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة قياساً مع عينة العمق الثاني (30-60) سم وعينة المقارنة التي بلغت (2.10 و1.06) ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة على التوالي.

بصورة عامة أوضحت نتائج الدراسة إنَ التربة المحيطة بمعامل الطابوق كانت ملوثة بعنصر الكادميوم إذ سجلت اعلى القيم لمتوسط تركيز العنصر في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق لتجاوزها الحدود المسموح بها عالمياً و هي (3 ملغم Cd . كغم $^{-1}$ تربة) (Kabata- Pendais ،2011) باستثناء عينات المقارنة وذلك بسبب الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق .

4-1-3: تركيز عنصر الكوبلت الكلي (Co) في ترب الدراسة

بينت النتائج في الجدولين (7 و 10) وجود فروق معنوية في متوسط تركيز عنصر الكوبلت الكلي في التربة ، فقد سجلت اعلى القيم في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق ولاسيما في البعد الاول (500)م إذ بلغ متوسط القيم لعنصر الكوبلت الكلي (63.26) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة قياساً مع عينة المقارنة التي سجلت اقل قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكوبلت الكلي بلغت (4.50) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة ويعود سبب ذلك الى كثرة الغازات والابخرة المنبعثة من معامل الطابوق والرياح السائدة في المنطقة والموضحة في ملحق (7) والتي تحمل العناصر الثقيلة والتي تترسب على التربة بالقرب من معامل الطابوق.

أظهرت النتائج في الجدول (10) وجود فروق معنوية بين الاعماق فقد سجل العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة للكوبلت بلغت (35.02) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة مقارنةً بالعمق الثاني (30-60) سم الذي سجل أقل قيمة بلغت (25.99) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة حيث وجد أن تركيز العنصر يزداد في الطبقة السطحية من التربة ويقل كلما زاد العمق ويعود سبب ذلك الى الانبعاثات الغازية الناتجة من معامل الطابوق والتي تترسب على الطبقة السطحية للتربة مع ضعف عمليات الغسل والنقل مما يسبب ضعف حركة العنصر الى داخل التربة .

جدول 10 : تركيزعنصر الكوبلت(ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة)في تربة المواقع المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)		المتوسط
		30-0	60-30	
الجنوب الشرقي	500	72.40	54.13	63.26
	1000	45.19	33.22	39.20
	1500	33.23	24.45	28.84
	2000	20.18	14.17	17.17
المقارنة	3000	5.00	4.00	4.50
المتوسط		35.20	25.99	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.67	*1.69	*3.78
الشمال الغربي	500	43.19	20.00	31.59
	1000	26.15	18.24	22.19
	1500	16.61	10.20	13.40
	2000	14.21	5.75	10.15
المقارنة	3000	5.00	4.00	4.50
المتوسط		21.03	11.63	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.12	*1.34	3.00*
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata- Pendais ،2011)		50 ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة		

أما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق عن معامل الطابوق كان له تأثيراً معنوياً ، إذ بلغت أعلى قيمة لتركيز العنصر كانت للعمق الاول (0-30) سم مع البعد الاول (500) م بلغت (72.40) ملغم Co .كغم$^{-1}$تربة في حين كانت أقل قيمة لعينة المقارنة على بعد (3000) م للعمق الثاني (30-60) سم إذ بلغت (4.00) ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة وهذه القيم كانت اعلى من الحد المسموح به للعنصر في التربة وهذه النتائج اتفقت مع الغالبي (2016).

أما بالنسبة للجزء الشمالي الغربي فقد بينت النتائج في الجدول (10) فروق معنوية في تركيز الكوبلت ، بالنسبة لتأثير البعد والقرب عن مصدر التلوث فقد سجل البعد الاول أعلى قيمة بلغت (31.59) ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة قياساً بالبعد الرابع وعينة المقارنة أذ بلغت (10.15، 4.50) ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة على التوالي ، أما على مستوى العمق فقد ازداد تركيز العنصر في العمق الاول إذ بلغت أعلى قيمة للعمق الاول (0-30) سم (21.03) ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم الذي سجل قيمة بلغت (12.10) ملغم Co .كغم$^{-1}$ تربة .

أما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق فقد سجل البعد الاول (500) م بالتداخل مع العمق الاول (0-30) سم اعلى تركيز لعنصر الكوبلت الكلي في التربة ، إذ بلغت (43.19) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة وسجل العمق الثاني (30-60) سم أقل قيمة لتركيز العنصر بلغت (6.09) ملغم Co .كغم $^{-1}$ تربة.

دلت نتائج التحليل الاحصائي على وجود فروق معنوية لكل من البعد والعمق والتداخل بينهما وبصورة عامة نجد إنَ تركيز عنصر الكوبلت الكلي في التربة وللمواقع المدروسة قد ارتفع بشكل واضح في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق قياساً بالعينات المدروسة في الجزء الشمالي الغربي وعند مقارنة قيم الدراسة مع المحددات العالمية وحسب (Kabata- Pendais ،2011) (50) ملغم Co .كغم $^{-1}$تربة ، أذ نجد أن تركيز عنصر الكوبلت الكلي في التربة قد تجاوز الحد المسموح به في المواقع القريبة من معامل الطابوق للجزء الجنوبي الشرقي و لاسيما في البعد الاول (500) م ، اما في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فكان متوسط تركيز عنصر الكوبلت الكلي في ترب الدراسة دون الحد المسموح به ، وقد اتفقت نتائج الدراسة مع البيضاني و آخرون (2015) والذين وجدوا زيادة في تركيز عنصر الكوبلت في التربة .

4-1-4: تركيز عنصرالكروم الكلي (Cr) في ترب الدراسة

بينت نتائج الجدول (11) وجود فروق معنوية للبعد في متوسط تركيز عنصر الكروم الكلي فقد سجل تركيزعنصر الكروم الكلي أعلى قيمه له ضمن البعد الاول (500) م ، إذ بلغت (92.25) ملغم Cr . كغم $^{-1}$ تربة قياساً بمعاملة المقارنة التي سجلت أقل قيمة بلغت (4.46) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة وقد يعزى السبب في ذلك إلى الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق وما تحمله من العناصرالثقيلة التي تساهم في زيادة تركيز العناصر الثقيلة في الترب القريبة من معامل الطابوق.

وبينت النتائج في جدول (11) وجود فروق معنوية للعمق في متوسط التركيز الكلي لعنصر الكروم الكلي في عينات التربة المدروسة للجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق ، إذ أعطى العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة لمتوسط تركيز لعنصر الكروم بلغت (48.20) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم فقد سجل قيمة بلغت (35.25) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة وقد يعزى السبب في انخفاض تركيز العنصر في العمق الثاني وتراكم العنصر في الطبقة السطحية إلى عدم وجود عمليات غسل .

جدول 11 : تركيزعنصر الكروم (ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة)في تربة المواقع المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)		المتوسط
		30-0	60-30	
الجنوب الشرقي	500	104.45	80.05	92.25
	1000	76.38	55.01	65.69
	1500	33.00	23.00	28.00
	2000	22.29	14.16	18.22
المقارنة	3000	4.90	4.03	4.46
المتوسط		48.20	35.25	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.35	*1.49	*3.33
الشمال الغربي	500	42.11	30.03	36.07
	1000	28.09	20.02	24.05
	1500	16.06	11.15	13.60
	2000	12.10	8.05	10.07
المقارنة	3000	4.90	4.03	4.465
المتوسط		20.58	14.60	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.12	*1.34	*2.99
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata- Pendais ،2011)		150 ملغم Cr .كغم$^{-1}$ تربة		

أما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق فقد أعطى تأثيراً معنوياً في متوسط تركيز عنصر الكروم الكلي في التربة ، إذ العمق الاول (0-30) سم مع البعد الاول (500) م أعلى قيمة لعنصر الكروم بلغت (104.45) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم مع عينة المقارنة فقد سجل قيمة بلغت (4.03) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة .

بينت نتائج الدراسة الحالية والتحليل الاحصائي في الجدول (11) وجود فروق معنوية في الجزء الشمالي الغربي للبعد والعمق وتداخلاتهما الثنائية في تركيز عنصر الكروم الكلي في التربة فقد سجل عنصر الكروم في الموقع الاول قيمة بلغت (36.07) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة قياساً بمعاملة المقارنة التي سجلت أقل قيمة بلغت (4.46) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة ، واتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه (Ndongo و آخرون ، 2024) إذ بينت نتائج دراستهم في الكاميرون الى تراكم عنصر الكروم في التربة المحيطة بالمناطق الصناعية.

بينت نتائج الدراسة عن وجود تأثير معنوي لعمق اخذ العينات حيث إن عمق اخذ العينات أثر معنوياً في تركيز عنصر الكروم الكلي فقد سجل العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة لمتوسط عنصر الكروم بلغت (20.65) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم الذي سجل قيمة بلغت (14.65) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة ويعود سبب ذلك الى تراكم العنصر على الطبقة السطحية للتربة وضعف عمليات الغسل والنقل الى الاعماق الاخرى.

أما التداخل الثنائي بين البعد والعمق فقد أعطى العمق الاول (0-30) سم مع البعد الاول (500) م أعلى القيم بلغت (42.11) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة قياساً مع العمق الثاني (30-60) سم للبعد الرابع (2000) م ومعاملة المقارنة فقد سجل أقل قيمة بلغت (8.05 و 4.03) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة واتفقت نتائج دراستنا الحالية مع ما توصل اليه (خويدم و آخرون ، 2009).

من خلال نتائج دراستنا الحالية نجد إنَ تركيز عنصر الكروم الكلي في التربة قد ازداد في الجزء الجنوبي الشرقي قياساً بالجزء الشمالي الغربي وهذا يعود الى طبيعة الرياح السائدة في تلك المنطقة (شمالية – غربية) وكما موضح في الملحق (7) وعند مقارنة هذه النتائج مع الحدود المسموح بها حسب (Kabata-Pendias ،2011) (150) ملغم Cr .كغم $^{-1}$ تربة نجد إنَ تركيز عنصر الكروم الكلي في التربة كان دون الحدود المسموح بها في جميع المواقع المدروسة ولكلا الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي.

4-1-5: تركيز عنصر النيكل الكلي (Ni) في ترب الدراسة

بينت نتائج التحليل الاحصائي في الجدول (12) وجود فروق معنوية بين متوسطات تركيز النيكل الكلي في التربة ، وأظهرت النتائج إنَ البعد والقرب من معامل الطابوق قد أثر معنوياً في تركيز عنصر النيكل الكلي في التربة ، ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق سجل الموقع الاول أعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر النيكل الكلي في التربة إذ بلغت (102.27) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة قياساً مع معاملة المقارنة التي حققت أقل قيمة بلغت (9.00) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة ، حيث كانت اعلى من الحد المسموح به للعنصر في التربة (Kabata-Pendias ،2011) (100) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة وقد اتفقت نتائج دراستنا الحالية مع دراسة العمر (2017) ، إذ وجد إنَ تركيز عنصر النيكل يزداد في المواقع القريبة من معامل الطابوق و ينخفض في المواقع البعيدة عن المعامل وقد عزا السبب في ذلك إلى إنَ الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق تترسب في المواقع القريبة من المعامل مما يزيد من تركيز العنصر الكلي في التربة.

إما بالنسبة للتداخل بين البعد والعمق فقد أثر تأثيراً معنوياً في متوسط تركيز عنصر النيكل الكلي في التربة ، إذ سجل العمق الاول (0-30) سم مع البعد الاول (500) م أعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر

النيكل الكلي في التربة بلغت (119.23) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة وأقل قيمة عند الموقع الرابع (2000) م للعمق الثاني (30-60) سم إذ بلغت (64.24) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة.

أوضحت النتائج في الجدول (12) وجود فروق معنوية بين الاعماق في متوسط تركيز عنصر النيكل الكلي في عينات التربة فقد سجل العمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة لعنصر النيكل بلغت (56.78) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم والذي سجل أقل قيمة بلغت (35.64) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة ، وسبب ذلك يعود الى إنَ النيكل من العناصر الغير متحركة في التربة ويترسب بسرعة على الطبقة السطحية للتربة عند عدم توفر الرطوبة المناسبة لغسله ونقله الى اعماق التربة الاخرى.

جدول 12 : تركيز عنصر النيكل (ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة)في تربة المواقع المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)		المتوسط
		30-0	60-30	
الجنوب الشرقي	500	119.23	85.32	102.00
	1000	104.00	82.10	93.00
	1500	96.12	72.15	84.00
	2000	80.00	63.67	71.83
المقارنة	3000	10.00	8.00	9.00
المتوسط		81.87	62.20	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*2.40	*1.52	*3.40
الشمال الغربي	500	80.14	54.13	67.13
	1000	75.26	49.00	62.13
	1500	62.54	35.06	48.80
	2000	56.00	32.04	44.02
المقارنة	3000	10.00	8.00	9.00
المتوسط		56.78	35.64	البعد × العمق
LSD (0.05)		البعد	العمق	
		*3.14	*1.59	*4.45
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata-Pendias ،2011)		100 ملغم Ni .كغم$^{-1}$ تربة		

وبينت نتائج الدراسة الحالية في الجدول (12) إنَ قيم النيكل الكلي في التربة في الاتجاه الشمالي الغربي ولجميع الابعاد والاعماق كانت أقل قياساً بالاتجاه الجنوبي الشرقي وذلك يعود الى طبيعة الرياح السائدة في المنطقة (الشمالية ـ الغربية) وكما موضح في الملحق (7) ، إذ بلغت اعلى قيمة في الموقع الاول (500) م (67.13) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة وأقل قيمة للموقع الرابع (2000) م وعينة المقارنة إذ بلغت (44.02 و 9.00) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة على التوالي.

أما بالنسبة لتأثير التداخل بين البعد والعمق في تركيز عنصر النيكل الكلي في التربة ، نلاحظ من نتائج الجدول (12) أن متوسط تركيزعنصر النيكل في التربة قد سجل أعلى قيمة في الموقع الاول (500) م القريب من مصدر التلوث وللعمق الاول (0-30) سم ،إذ بلغت قيمته (80.14) ملغم Ni .كغم $^{-1}$تربة مقارنة بالعمق الثاني (30-60) سم للموقع الرابع (2000) م و عينة المقارنة (3000) م إذ بلغت قيمته (32.04 و 8.00) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة على التوالي وعند مقارنة هذه النتائج مع المحددات العالمية المسموح بها (Kabata-Pendias ،2011) (100) ملغم Ni .كغم $^{-1}$ تربة نجد إنَ تركيز عنصر النيكل في الجزء الجنوبي الشرقي قد تجاوز الحد المسموح به عالمياً ، إما في الجزء الشمالي الغربي فقد كان متوسط تركيز عنصر النيكل الكلي في التربة قريب جداً من الحدود المسموح بها في بعض المواقع.

2-4 : معايير التلوث للعناصر الثقيلة في الترب المدروسة

1-2-4 :عامل التلوث Contamination Factor (CF)

هواحد اهم المؤشرات المستخدمة لتقييم مدى تلوث التربة بالعناصر الثقيلة ، ويعرف على إنه نسبة تركيز العنصر في عينة التربة الملوثة إلى تركيزه الطبيعي في عينة التربة الغير ملوثة ، ويمتاز عامل التلوث بأنه مؤشر بسيط لكنه حساس جداً لتحديد ارتفاع تركيز العناصر الثقيلة عن مستواها الطبيعي ، ويستخدم لتحديد اي عنصر من العناصر الثقيلة كان له الدور الاكبر في التلوث الذي حصل في التربة نتيجة الانشطة البشرية او الصناعية حيث يوضح مقدار زيادة العنصر الثقيل عن الحد الطبيعي له وبالتالي يكشف عن درجة التلوث بدقة (Hakanson ، 1980).

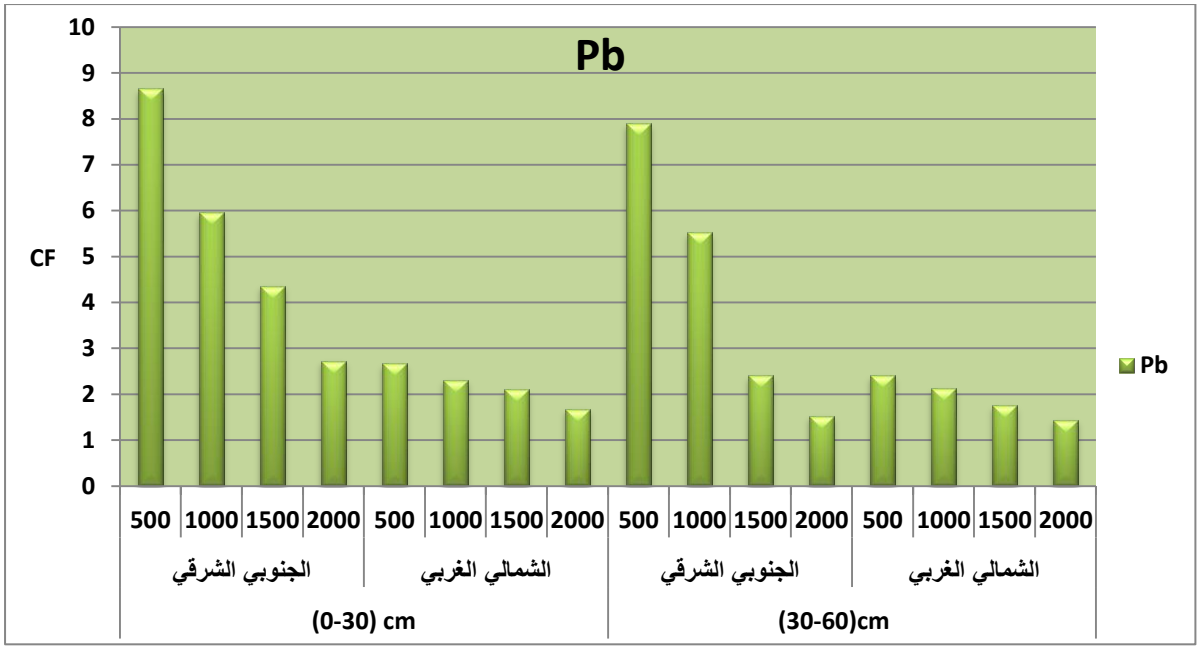
جدول 13: قيم عامل التلوث (CF) للعناصر المدروسة

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	العمق (سم)	Pb	Cd	Co	Cr	Ni
الجنوبي الشرقي	500	30-0	8.66	10.67	14.48	21.31	11.92
	1000		5.96	8.52	9.03	15.58	10.40
	1500		4.35	6.66	6.64	6.73	9.31
	2000		2.72	5.60	4.03	4.54	8.00
الشمالي الغربي	500		2.66	5.63	8.63	8.59	8.01
	1000		2.44	5.03	5.23	5.73	7.52
	1500		2.11	3.48	3.21	3.27	6.25
	2000		1.68	2.93	2.84	2.46	5.60
الجنوبي الشرقي	500	60-30	7.91	8.49	13.53	19.86	10.66
	1000		5.54	7.26	8.30	13.65	10.26
	1500		2.38	5.98	6.11	5.70	9.01
	2000		1.53	4.77	3.54	3.51	7.50
الشمالي الغربي	500		2.41	4.82	5.00	7.45	6.76
	1000		2.14	4.00	4.56	4.96	6.12
	1500		1.77	3.02	2.55	2.76	4.38
	2000		1.45	1.98	1.52	1.99	4.00
قيمة CF	تلوث منخفض CF > 1		تلوث متوسط 3>CF>1		تلوث شديد 6>CF>3		تلوث شديد جداً CF>6

4-2-1-1 : عامل التلوث لعنصر الرصاص (pb)

بينت النتائج في الجدول (13) و الشكل (3) قيم عامل التلوث لعنصر الرصاص في تربة الدراسة للجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي من معامل الطابوق ، ففي الجزء الجنوبي الشرقي سجل الموقع الاول (500) م وللعمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة لعامل التلوث بلغت (8.66) قياساً بالموقع الرابع (2000) م وللعمق الاول نفسه الذي سجل أقل قيمة بلغت (2.72) ومن خلال النتائج المتحصل عليها نجد إنَ قيم عامل التلوث في الموقع الاول تشير إلى حصول تلوث شديد جداً لعنصر الرصاص فيما كانت قيم عامل التلوث في الموقع الرابع تشير إلى حصول تلوث متوسط و يعود سبب ذلك الى قرب هذا الموقع (500) من معامل الطابوق و تأثرها بالانبعاثات الناتجة من المعامل بصورة مباشرة ، أما عند المقارنة بين الاعماق فنجد إنَ عامل التلوث قد انخفض بشكل ملحوظ عند العمق الثاني (30-60) سم قياساً بالعمق الاول (0-30) سم و سبب ذلك يعود الى إن عنصر الرصاص بطيئا الحركة في التربة ويترسب على الطبقة السطحية ولا ينتقل الا اذا توفرت له ضروف رطوبة مناسبة لحدوث عميلة الغسل والنقل .

أما عند الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد أظهرت نتائج الدراسة الجدول (13) والشكل (3) انخفاضاً في قيم دليل التلوث قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي ويلاحظ إنَ قيمة دليل عامل التلوث و للابعاد الاول والثاني و الثالث و الرابع وسبب ذلك يعود الى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة كما موضح في ملحق (7) ، والتي تعمل على دفع تلك الرواسب الملوثة بهذا الجزء مقارنة بالجزء الشمالي الغربي.

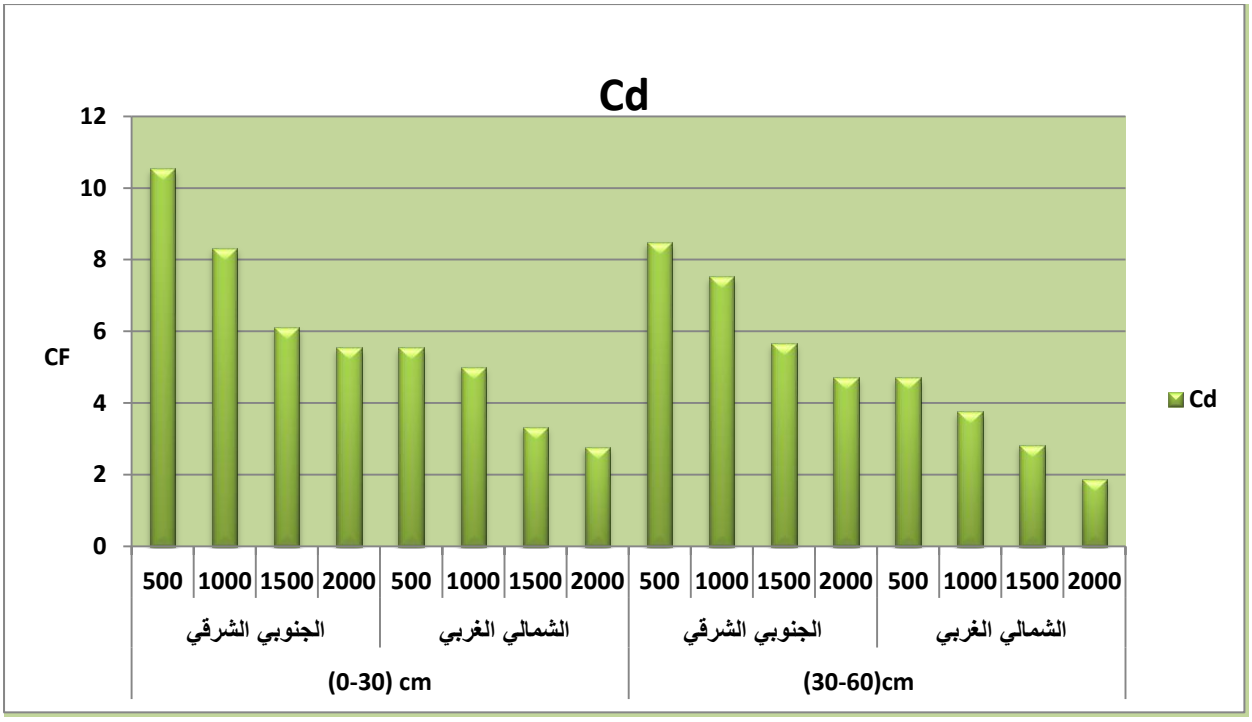


شكل 3 : قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الرصاص (pb) في الترب المدروسة

اتفقت نتائج الدراسة مع ما توصل إليه عبد اللطيف (2020) من زيادة في قيمة عامل التلوث لعنصر الرصاص في المواقع القريبة من مصفى الدورة وكذلك مع ما توصل إليه العمر (2017) وعزا السبب إلى تأثير معامل الطابوق على تلوث التربة.

4-2-1-2: عامل التلوث لعنصر الكادميوم (Cd)

أظهرت النتائج في الجدول (13) و الشكل (4) الخاصة بقيم دليل عامل التلوث لعنصر الكادميوم في ترب المواقع المدروسة ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق كانت أعلى قيمة له في الموقع الاول (500) م بلغت (10.67) وأقل قيمة في الموقع الرابع (2000) م سجلت قيمة بلغت (5.60)عند العمق الاول (0-30) سم قياساً بالعمق الثاني (30-60) سم الذي أعطى قيماً أقل بلغت (4.71) نلاحظ أن قيمة دليل عامل التلوث في الموقع الاول (500) م تشير إلى حصول تلوث شديد جداً وفي الموقع الرابع تشير إلى حصول تلوث شديد ويعود سبب ذلك الى قرب هذا الموقع من معامل الطابوق وترسب هذا العنصر على الطبقة السطحية للتربة .



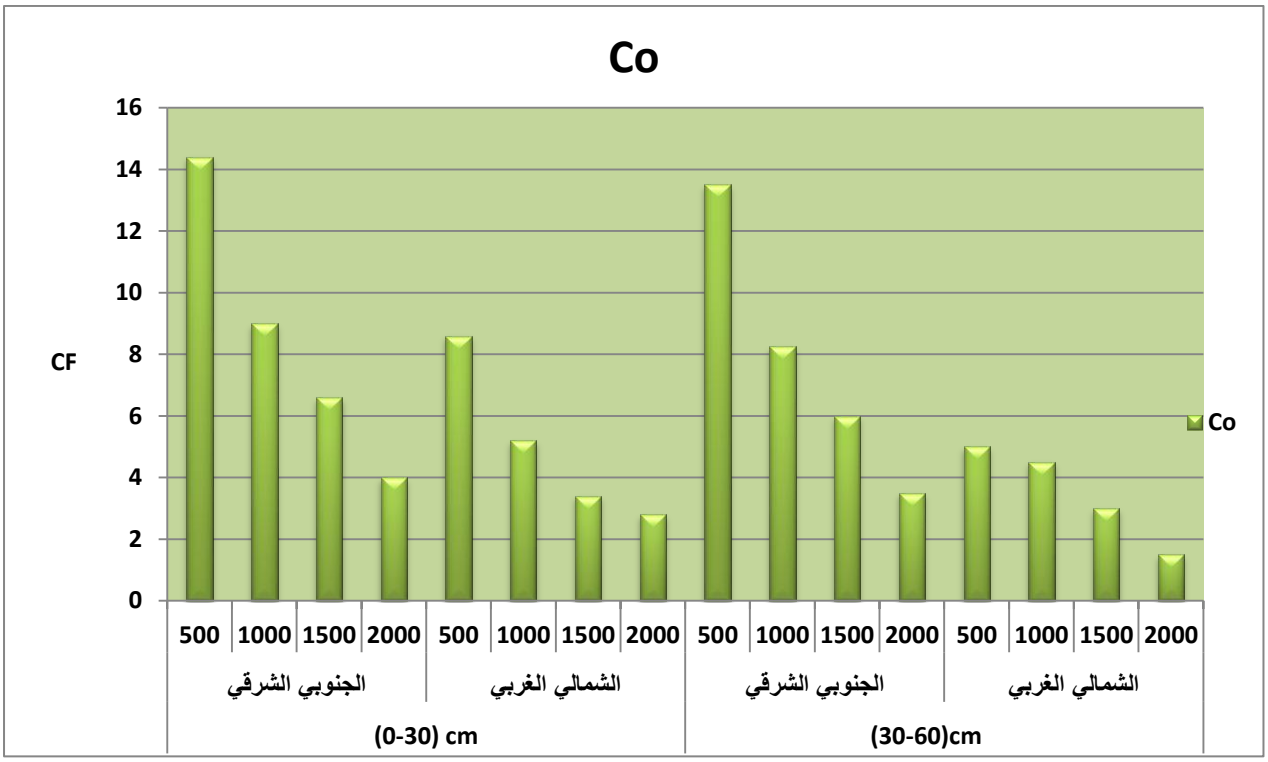
شكل 4 : قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الكادميوم Cd في الترب المدروسة

أما عند الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد سجل عامل التلوث قيما أقل قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي، إذ سجل البعد الاول (500) م وللعمق الاول (0-30) سم أعلى قيمة لعامل التلوث بلغت (5.63) قياساً بالموقع الرابع (2000) م وللعمق الثاني (30-60) سم الذي سجل اقل قيمة بلغت (1.98) و قد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه (Zhang و آخرون ، 2019) في دراسته حيث بين إن تركيز العناصر الثقيلة يزداد في الجهة الواقعة باتجاه الرياح السائدة في المنطقة ، ومن خلال نتائج الدراسة نلاحظ إنَ قيم عامل التلوث للمواقع القريبة والبعيدة وللجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي تصنف بين تلوث متوسط إلى تلوث شديد جداً و يعزى السبب في ذلك إلى نشاط معامل الطابوق .

4-2-1-3 : عامل التلوث لعنصر الكوبلت (Co)

بينت النتائج في الجدول (13) والشكل (5) قيم عامل التلوث لعنصر الكوبلت قد ارتفعت في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق ولا سيما في الموقع الاول (500) م وفي العمق الاول (0-30) سم إذ بلغت قيمته (14.48) مقارنة بالمواقع البعيدة عن معامل الطابوق إذ سجلت اقل قيمة في العمق الثاني (30-60) حيث بلغت (1.52) للموقع الرابع (2000) م ويعود سبب ذلك الى الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق والرياح السائدة في المنطقة (الرياح الشمالية ـ الغربية) التي تعمل على حمل تلك الملوثات للاتجاه الجنوبي الشرقي .

أما في الجزء الشمالي الغربي فقد انخفضت قيم عامل التلوث قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي ولكلا العمقين , إذ سجل عامل التلوث في الموقع الاول (500) م قيمة بلغت (8.63) وفي الموقع الرابع (2000) م , سجل قيمة بلغت (2.84) وللعمق الاول (0-30) سم وتصنف التربة بين تلوث شديد جداً في الموقع الاول تلوث متوسط في الموقع الرابع ، و اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه(Zhang و آخرون ، 2019) إذ وجد إنَ تركيز العناصر يزداد في المواقع القريبة من مصدر التلوث ويتأثر باتجاه الرياح السائدة في المنطقة.



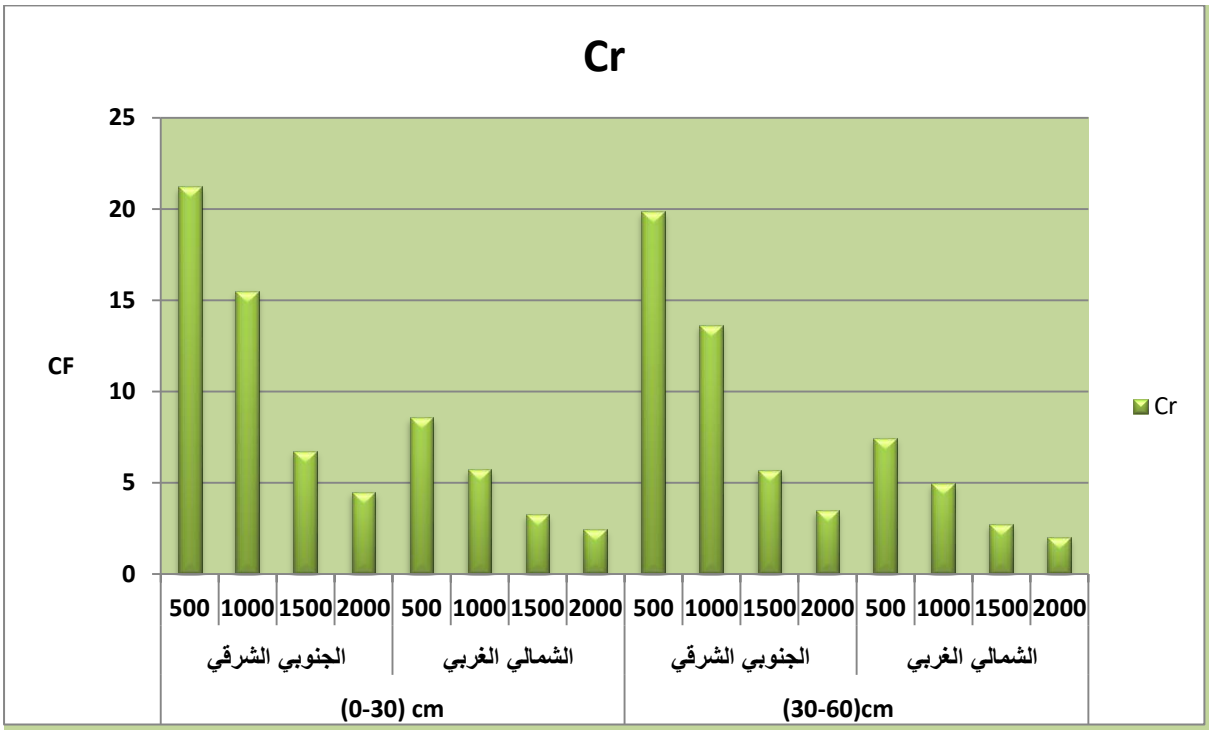
شكل 5 : قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الكوبلت Co في الترب المدروسة

4-1-2-4 : عامل التلوث لعنصر الكروم (Cr) في الترب المدروسة

وضحت نتائج الدراسة في الجدول (13) والشكل (6) قيم عامل التلوث لعنصر الكروم في تربة المواقع المدروسة ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق وفي الموقع الاول (500) م سجلت أعلى قيمة العامل التلوث بلغت (21.31) وأقل قيمة في الموقع الرابع (2000)م , إذ بلغت (4.54) وللعمق الاول (0-30) سم و يعزى السبب في ذلك إلى ارتفاع تركيز الكروم الكلي في ترب المواقع القريبة من معامل الطابوق نتيجة الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق والتي تحتوي على العناصر الثقيلة والتي تنقل بواسطة الرياح وتسقط على الترب القريبة من مصدر التلوث كما موضح في الملحق (7) وهذا يتفق مع ما أشار إليه

(الغالبي، 2016) من ارتفاع قيم عامل التلوث للعناصر الثقيلة في ترب المواقع القريبة من المنشآت الصناعية.

أما في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد سجل عامل التلوث قيماً منخفضة قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق ، إذ سجل الموقع الاول قيمة بلغت (8.59) وسجل الموقع الرابع قيمة بلغت (2.46) وللعمق الاول (0-30) سم ونلاحظ من خلال نتائج الدراسة أن قيم عامل التلوث قد سجلت انخفاضاً عند العمق الثاني (30-60) سم قياساً بالعمق الاول (0-30) سم ولكلا الاتجاهين بسبب ترسب العنصر في المواقع القريبة والمتأثرة بصورة مباشرة من انبعاثات معامل الطابوق.



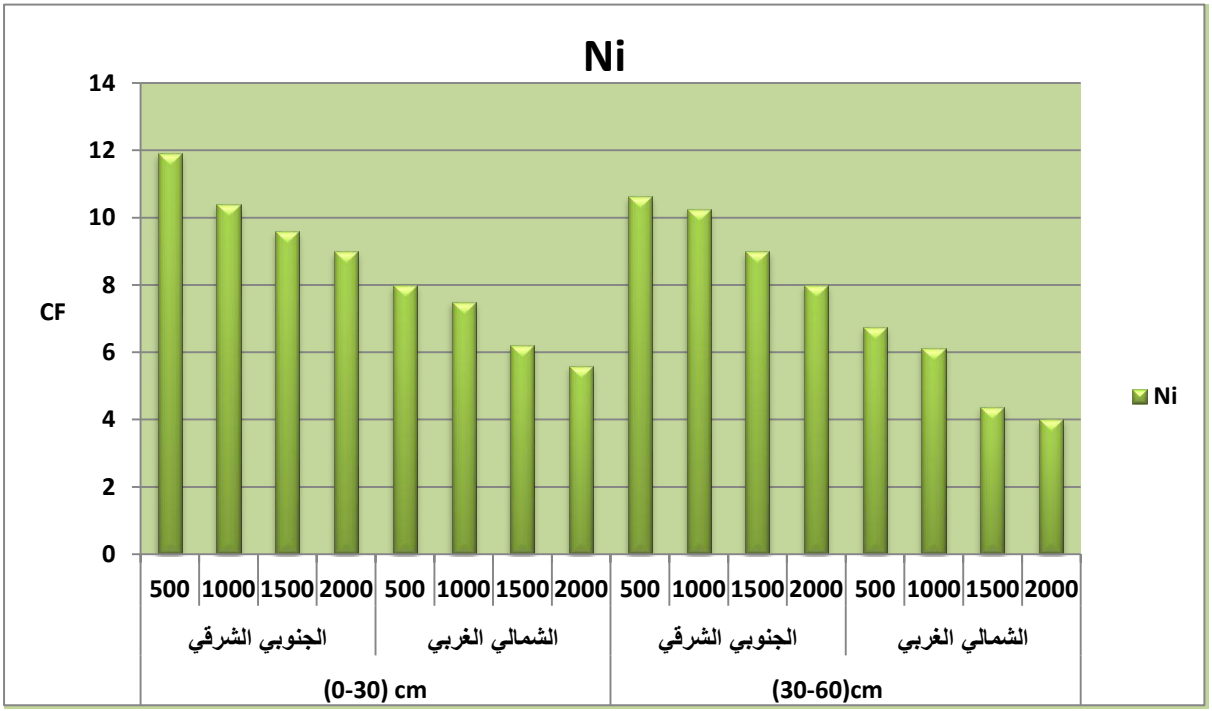
شكل 6 : قيم عامل التلوث (CF) لعنصر الكروم Cr

ومن خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ ارتفاعاً في قيم عامل التلوث في الجزء الجنوبي الشرقي قياساً بالجزء الشمالي الغربي و يعزى السبب في ذلك إلى طبيعة الرياح الشمالية - الغربية السائدة في المنطقة والتي تعمل على حمل الملوثات من مصادر التلوث إلى الجانب الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق مما يؤدي ذلك إلى زيادة الملوثات فيه قياساً بالمناطق الواقعة بعكس اتجاه الرياح السائدة مما يشير الى إن الترب الواقعة في تلك المنطقة تكون اكثر عرضة للتلوث.

5-1-2-4 :عامل التلوث لعنصر النيكل (Ni) في الترب المدروسة

بينت نتائج الدراسة جدول (13) والشكل (7)التباين في قيمة عامل التلوث لعنصر النيكل وحسب القرب والبعد عن مصدر التلوث وكذلك حسب موقع وعمق أخذ عينات التربة في الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي من معامل الطابوق ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق سجلت أعلى قيمة لعامل التلوث في الموقع الاول (500) م والعمق الاول (0-30) سم , إذ بلغت (11.92) قياساً بالموقع الرابع (2000) م والعمق الثاني(30-60) سم الذي سجل أقل قيمة بلغت (7.95) نلاحظ إنَ قيمة عامل التلوث في الموقعين تشير إلى حدوث تلوث شديد جداً.

أما في الجزء الشمالي الغربي فقد انخفضت قيم عامل التلوث قياسا بالجزء الجنوبي الشرقي , إذ سجل الموقع الاول (500) م والعمق الاول (0-30) سم قيمة بلغت (8.01) فيما قلت قيمة عامل التلوث في الموقع الرابع (2000) م والعمق الثاني (30-60) سم والذي أعطى أقل قيمة بلغت (4.00)وتشير النتائج إلى حصول تلوث شديد جداً في الموقع الاول وتلوث شديد في الموقع الرابع بعنصر النيكل في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق .



شكل 7 : قيم عامل التلوث (CF) لعنصر النيكل Ni

ومن خلال نتائج الدراسة نجد إنَ قيم عامل التلوث قد ارتفعت في المواقع القريبة من مصدر التلوث و إنَ هذا يعزى إلى نشاط معامل الطابوق في المنطقة و تراكم للعناصر الثقيلة في المواقع القريبة من مصدر التلوث نتيجة للانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق ، وقد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع (الجبوري ، 2016) إذ وجدت في دراستها أن قيمة عامل التلوث لعنصرالنيكل ترتفع في الاماكن القريبة من مصدر التلوث.

2-2-4 : مؤشر حمل التلوث Pollution Load Index (PLI)

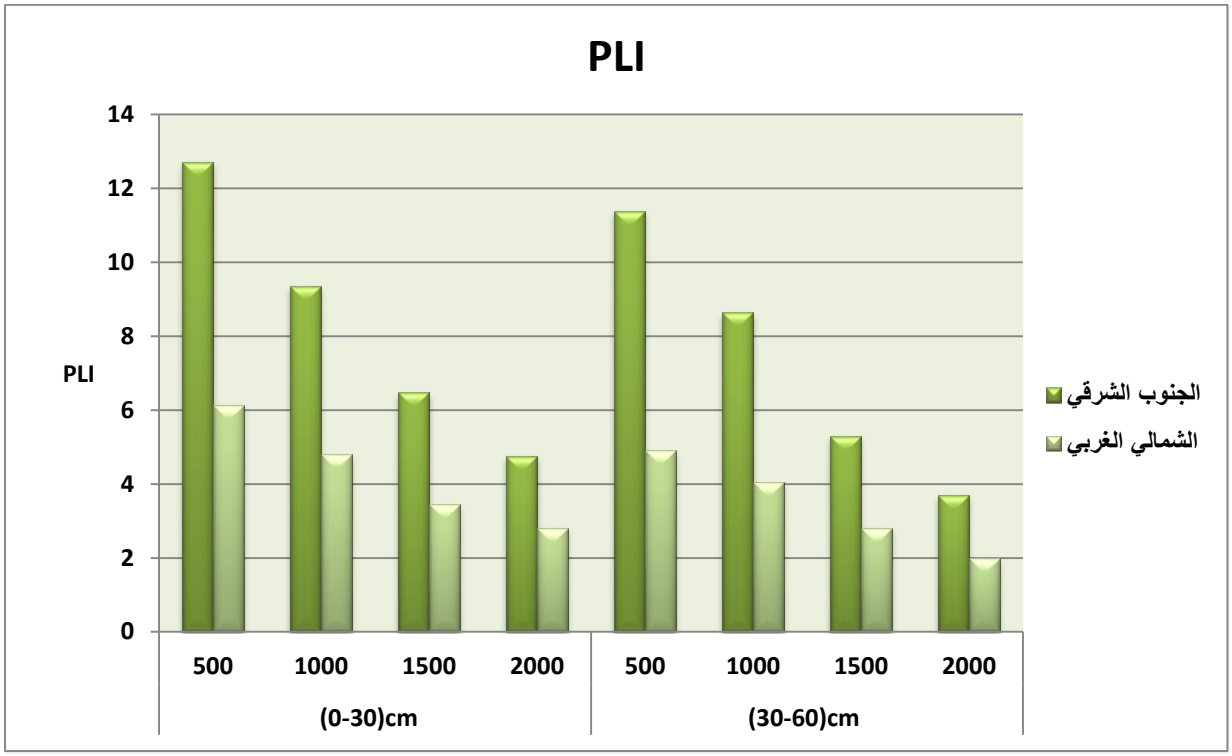
مؤشر حمل التلوث هو مؤشر كمي يستخدم لتقييم مستوى التلوث الكلي للتربة بالعناصر الثقيلة في موقع معين ، اعتماداً على مقارنة تركيز كل عنصر بقيمته الطبيعية ويظهر مؤشر حمل التلوث فيما إذا كانت التربة غير ملوثة او ملوثة او شديدة التلوث ، وهذا المؤشر يجمع تأثير عدة عناصر ثقيلة في قيمة واحدة (Tomlinson و آخرون ، 1980)

بينت النتائج في الجدول (14) والشكل (8) تبايناً في متوسط قيم مؤشر حمل التلوث للعناصر الثقيلة المدروسة للرصاص والكادميوم والكوبلت والكروم والنيكل ، فقد كانت اعلى قيمة لمتوسط مؤشر حمل التلوث في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق وفي الموقع الاول (500) م وفي العمق الاول (0-30) سم إذ بلغت (12.77) وهو ما يشير الى تدهور جودة الموقع وحصول تلوث شديد جداً واقل قيمة كانت في الموقع الرابع (2000) م وفي العمق الثاني (30-60) سم إذ بلغت (3.68) ، اما في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد سجل الموقع الاول (500) اعلى قيمة بلغت (6.16) للعمق الاول (0-30) سم واقل قيمة بلغت (2.00) كانت عند العمق الثاني (30-60) سم.

جدول 14 : قيم مؤشر حمل التلوث (PLI) للعناصر المدروسة في التربة

البعد عن مصدر التلوث(م)	العمق (سم)	الجنوب الشرقي	الشمالي الغربي
500	30-0	12.77	6.16
1000		9.42	4.82
1500		6.54	3.44
2000		4.67	2.86
500	60-30	11.39	4.93
1000		8.58	4.11
1500		5.37	2.77
2000		3.68	2.00
مؤشر حمل التلوث PLI	PLI<1 الموقع غير ملوث	PLI=1 الموقع على حافة التدهور	PLI>1 تدهور جودة الموقع

مـن خـلال نتـائج الدراسـة نلاحـظ إنَ مؤشـر حمـل التلـوث فـي الجـزأين الجنـوبي الشـرقي والشـمالي الغربـي للتربـة المدروسـة كـان اكبـر مـن 1 وهـذا يـدل علـى حالـة التـدهور للتـرب المدروسـة و يعـزى السـبب فـي ذلـك إلـى الانبعاثـات الناتجـة مـن معامـل الطـابوق والتـي تحتـوي علـى كميـات كبيـرة مـن العناصـر الثقيلـة التـي تسـاهم فـي تـدهور التربـة المحيطـة بمعامـل الطـابوق ، وقـد سـجل الجـزء الجنـوبي الشـرقي اعلـى القـيم ويعـود سـبب ذلـك الـى اتجـاه الريـاح السـائدة والموضـحة فـي الملحـق (7) ممـا يجعلـه المسـتقبل الاول للملوثـات المحمولـة بالريـاح . اتفقـت نتـائج الدراسـة مـع مـا توصـل اليـه (Alloway ، 2013) الـذي اكـد إنَ اتجـاه الريـاح لـه دور فـي الـتحكم بكمية العناصر الثقيلة المترسبة من الانشطة الصناعية .



شكل 8 : مؤشر حمل التلوث (PLI) لمواقع الدراسة

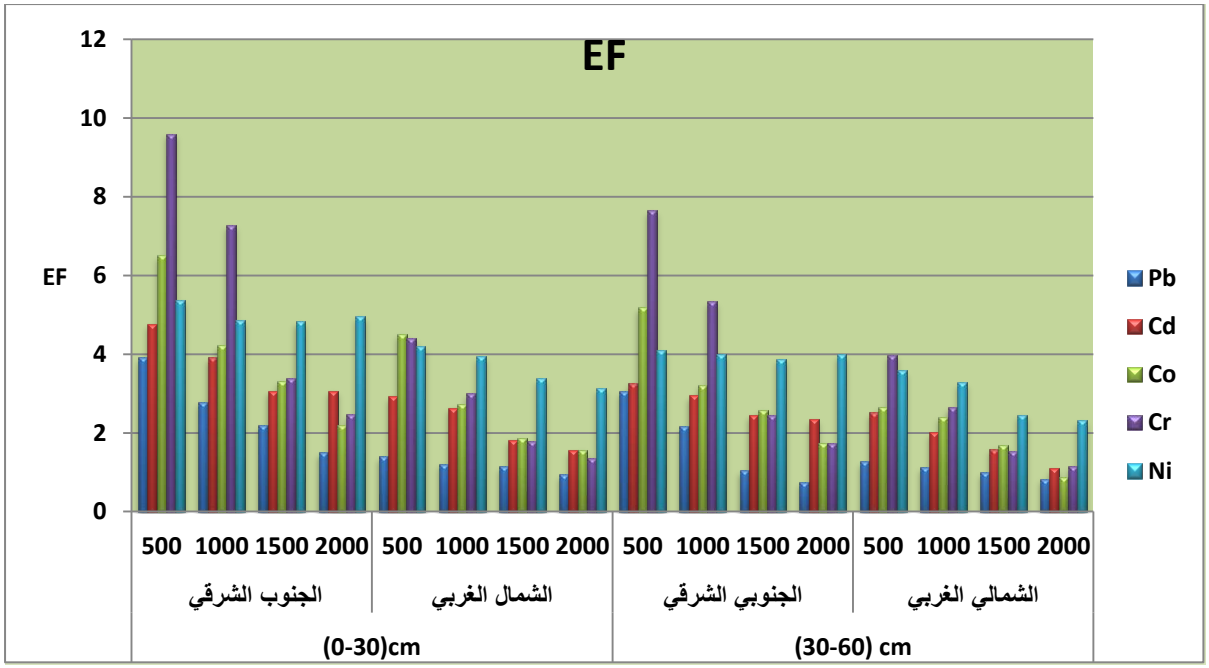
3-2-4:عامل الاغناء Enrichment Factor (EF)

عامل الاغناء هو مؤشر يستخدم لتحديد ما إذا كانت تراكيز العناصر الثقيلة في التربة ناتجة عن مصادر طبيعية ام عن مصادر بشرية ، حيث إنَ عامل الاثراء يعمل على مقارنة نسبة العنصر المدروس الى عنصر مرجعي ثابت في العينة ، مع نسبة العنصرين نفسيهما في القيم الطبيعية . ويستخدم عنصر مرجعي ذو استقرار كيميائي و تأثر محدود بالانشطة البشرية مثل الحديد و الالمنيوم و التيتانيوم (Kabata – pendias ، 2011).

بينت النتائج الموضحة في الجدول (15) والشكل (9) قيم عامل الاغناء للعناصر المدروسة (الرصاص ، الكادميوم ، الكوبلت ، الكروم ، النيكل) حيث بينت النتائج ارتفاعاً واضحاً في قيم عامل الاغناء في الجزء الجنوبي من معامل الطابوق وفي البعد الاول (500) م ولا سيما العمق الاول (0-30) سم مقارنة بالجزء الشمالي الغربي وسبب ذلك يعود الى اتجاه الرياح السائدة (الشمالية ـ الغربية) في المنطقة والتي تعمل على نقل الملوثات التي تحمل العناصر الثقيلة الى الاتجاه الجنوبي الشرقي ، حيث كانت اعلى قيمة لمؤشر عامل الاغناء لعنصر الكروم في الجزء الجنوبي الشرقي وفي البعد الاول (500) م ولا سيما في العمق الاول (0-30) سم إذ بلغت (15.13) حيث كانت ضمن قيم الاغناء العالي (5 <EF<20) ، اما اقل قيمة لمؤشر عامل الاغناء كانت لعنصر الرصاص في الجزء الشمالي الغربي وفي البعد (2000) م وللعمق (30-60) سم إذ بلغت (0.83) وكانت ضمن قيم الحد الادنى للاغناء (2> EF) ويعود سبب ذلك الى عددم توفر الظروف المناسبة للغسل وعدم انتقال العناصر الثقيلة الى الافاق السفلية ودور الرياح السائدة في المنطقة .

جدول 15 : قيم عامل الاغناء (EF) للعناصر المدروسة في التربة

Ni	Cr	Co	Cd	Pb	العمق (سم)	البعد عن مصدر التلوث (م)	الاتجاه
7.35	13.15	8.93	6.58	5.34	30-0	500	الجنوب الشرقي
6.62	9.92	5.75	5.42	3.79		1000	
6.37	4.60	4.54	4.56	2.97		1500	
6.01	3.41	3.03	4.21	2.04		2000	
5.72	6.13	6.16	4.02	1.90		500	الشمال الغربي
5.18	3.95	3.60	4.46	1.68		1000	
4.66	2.44	2.39	2.59	1.57		1500	
4.27	1.87	2.16	2.23	1.28		2000	
5.85	10.91	7.43	4.66	4.34	60-30	500	الجنوبي الشرقي
5.70	7.58	4.61	4.03	3.07		1000	
5.52	3.49	3.74	3.66	1.46		1500	
5.31	2.48	2.51	3.38	1.08		2000	
5.12	5.64	3.78	3.65	1.82		500	الشمالي الغربي
4.67	3.78	3.48	3.05	1.63		1000	
3.50	2.22	2.04	2.41	1.41		1500	
3.30	1.64	1.18	1.63	0.83		2000	
اغناء عال للغاية EF>40		اغناءعال جدا ً 20<EF<40		اغناء عال 5 <EF<20		اغناء معتدل 2<EF<5	الحد الادنى للاغناء EF <2



شكل 9 : قيم عامل الاغناء للعناصر المدروسة في التربة

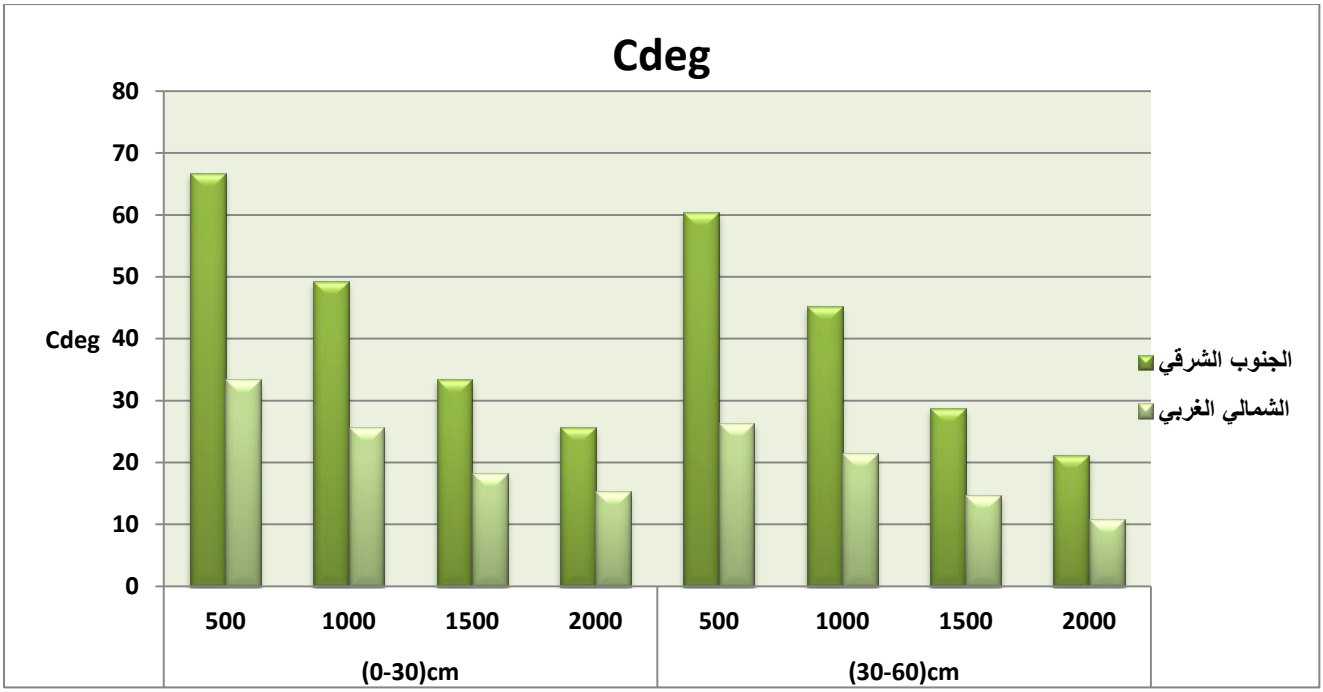
4-2-4: مؤشر درجة التلوث Contamination Degree (C_{deg})

أشارت النتائج في الجدول (16) والشكل (10) إلى وجود تباين في قيم مؤشر درجة التلوث للعناصر الثقيلة المدروسة للرصاص والكادميوم والكوبلت والكروم والنيكل ، ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق كانت أعلى قيمة لمؤشر درجة التلوث في الموقع الاول (500) م وللعمق الاول (0-30) سم بلغت (67.04) قياساً بالموقع الرابع (2000) م و العمق الثاني (30-60) سم في الاتجاه الشمالي الغربي الذي سجل أقل قيمة لمؤشر درجة التلوث بلغت (10.85) ويعود سبب ذلك الى عدة اسباب اهمها الرياح السائدة في المنطقة (الشماليةـ الغربية) والموضحة في الملحق (7) والتي تدفع الغبار المحمل بالعناصر الثقيلة نحو الجزء الجنوبي الشرقي .

جدول 16 : قيم مؤشر درجة التلوث (C_{deg}) للعناصر المدروسة في التربة

البعد عن مصدر التلوث(م)	العمق (سم)	الجنوب الشرقي	الشمالي الغربي
500	0-30	67.04	33.52
1000		49.49	25.95
1500		33.69	18.32
2000		24.89	15.51
500	30-60	60.45	26.44
1000		45.01	21.78
1500		29.51	13.38
2000		21.30	10.85
قيمة C_{deg}	$C_{deg} \geq 8$	$C_{deg} < 16 \geq 8$	$C_{deg} < 32 \geq 16$	$C_{deg} \geq 32$
	درجة منخفضة من التلوث	درجة معتدلة من التلوث	درجة كبيرة من التلوث	درجة عالية جداً من التلوث

من خلال نتائج الدراسة نلاحظ إنَ مؤشر درجة التلوث في الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي للتربة المدروسة كان اكبر من 32 في أغلب المواقع المدروسة وهذا يدل على درجة تلوث الترب المدروسة وحسب تصنيف (Hakanson ، 1980) و يعزى السبب في ذلك إلى الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق نتيجة لعملها والتي تحتوي على كميات كبيرة من العناصر الثقيلة التي تساهم في تلوث التربة المحيطة بمعامل الطابوق وقد اتفقت نتائج دراستنا مع ما توصل اليه (منصور و آخرون ، 2017).



شكل 10 : قيم درجة التلوث للعناصر المدروسة في التربة

3-4 : تركيز العناصر الثقيلة في النباتات الطبيعية

1-3-4: تركيز عنصر الرصاص(Pb) الكلي في النبات

بينت نتائج الدراسة في الجدول (17) تبايناً في تركيز عنصر الرصاص في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع *Schanginia aegyptiaca* والعاقول *Alhagi maurorum* ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق وجد إنَ اعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الرصاص الكلي في نبات الطرطيع كانت (8.18) ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة في الموقع الاول (500) م القريب من معامل الطابوق وسجل أقل تركيزلمتوسط العنصر في الموقع الرابع (2000) م بلغت (2.91) ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة قياساً بمعاملة المقارنة والتي سجلت (0.11) ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة ، أما بالنسبة لنبات العاقول فقد كانت اعلى قيمة (7.05) ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة في الموقع الاول (500) م القريب من مصدر التلوث واقل قيمة كانت للبعد الرابع (2000) م البعيد عن مصدر التلوث ومعاملة المقارنة (3000) م هي (1.90 و 0.15) ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي وسبب ذلك يعود الى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة والموضحة في الملحق (7).

جدول 17 : تركيز عنصر الرصاص الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول في منطقة الدراسة(ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	نوع النبات	
		الطرطيع	العاقول
الجنوب الشرقي	500	8.18	7.05
	1000	6.16	5.79
	1500	4.72	3.78
	2000	2.91	1.90
المقارنة	3000	0.11	0.15
المتوسط		4.41	3.73
LSD (0.05)		*1.18	*1.87
الشمال الغربي	500	5.02	3.45
	1000	2.90	1.78
	1500	1.25	1.20
	2000	1.19	1.12
المقارنة	3000	0.11	0.15
المتوسط		2.09	1.54
LSD (0.05)		*0.94	*1.49
المحددات العالمية (WHO/ FAO ، 2007)		0.3 ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة	

أوضحت نتائج الدراسة في الجدول (17) إنَ تركيز عنصر الرصاص في الجزء الخضري لنباتي الطرطيع و العاقول كان أعلى من الحد المسموح به لمنظمة الغذاء والصحة العالمية (2007 ، WHO/ FAO)(0.3 ملغم Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة) وسبب ذلك يعود الى ترسب عنصر الرصاص مباشرة على الاجزاء الخضرية للنبات او بصورة غير مباشرة عن طريق امتصاص عنصر الرصاص من التربة .

اما في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد كانت اعلى قيمة لعنصر الرصاص في الاجزء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول الموقع الاول (500) م إذ بلغت (5.02) Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة لنبات الطرطيع و (3.45) Pb. كغم$^{-1}$ مادة جافة قياساً بالمواقع الاخرى وعينة المقارنة ، وقد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه (Sharma و آخرون ، 2005) إذ بين في دراسته إن تركيز عنصر الرصاص في النبات القريبة من الطرق والانشطة البشرية يزداد نتيجة الترسيب الجوي وامتصاص النبات العنصر من التربة .

4-3-2 : تركيز عنصر الكادميوم (Cd) الكلي في النبات

بينت نتائج الدراسة في الجدول (18) وجود فروق معنوية و ارتفاعاً واضحاً في متوسط تركيز عنصر الكادميوم لنباتي الطرطيع*Schanginia aegyptiaca* والعاقول *Alhagi maurorum* ولا سيما في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق إذ سجلت اعلى القيم لنباتي الطرطيع والعاقول في الموقع الاول (500) م ، إذ بلغت (2.32 ، 1.65) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة التي سجلت (0.15 ، 0.12) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ مادة جافة لنباتي الطرطيع والعاقول على التوالي ويعود سبب ذلك الى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة والموضحة في الملحق (7) ، اما بالنسبة للجزء الشمالي الغربي فقد كانت اعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكادميوم في نباتي الطريع والعاقول (0.96 ، 0.85) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي واقل القيم كانت في المواقع البعيدة عن معامل الطابوق وعند مقارنة هذه القيم مع المحددات العالمية لمنظمة الغذاء والصحة العالمية المحددات العالمية (WHO/ FAO،2007) (0.2) ملغم Cd. كغم$^{-1}$ مادة جافة نجد إن تركيز عنصر الكادميوم في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول قد تجاوز الحد المسموح به نتيجة الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق وما تسببه من تلوث وتراكم للعناصر الثقيلة على الاجزاء الخضرية للنباتي الطرطيع والعاقول بصورة مباشرة او غير مباشرة عن طريق امتصاص النباتات لتلك العناصر الثقيلة من التربة الملوثة.

جدول 18 : تركيز عنصر الكادميوم الكلي في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول في منطقة الدراسة(ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	نوع النبات	
		الطرطيع	العاقول
الجنوب الشرقي	500	2.32	1.65
	1000	1.61	1.55
	1500	1.40	1.34
	2000	0.70	0.50
المقارنة	3000	0.15	0.12
المتوسط		1.23	1.03
LSD (0.05)		*0.23	*0.37
الشمال الغربي	500	0.96	0.85
	1000	0.73	0.62
	1500	0.55	0.46
	2000	0.33	0.22
المقارنة	3000	0.15	0.12
المتوسط		0.54	0.45
LSD (0.05)		*0.02	*0.03
المحددات العالمية (WHO/ FAO،2007)		0.2 ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة	

3-3-4 : تركيز عنصر الكوبلت (Co) الكلي في النبات

اوضحت نتائج الدراسة جدول (19) وجود فروق معنوية بين متوسط تراكيز عنصر الكوبلت في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع *Schanginia aegyptiaca* و العاقول *Alhagi maurorum* النامية في منطقة الدراسة ، إذ سجل تركيز عنصر الكوبلت في الموقع الاول (500) م القريب من معامل الطابوق أعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكوبلت في نباتي الطرطيع والعاقول بلغت (1.93 و 1.56) ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق وقد يعزى هذا إلى طبيعة الرياح السائدة في المنطقة و الموضحة في الملحق (7) والتي تساهم بشكل كبير في نقل الملوثات من معامل الطابوق إلى المناطق القريبة ، وقل تركيز عنصر الكوبلت في الموقع الرابع البعيد من معامل الطابوق وبنفس الاتجاه , إذ بلغت (0.34 و 0.30) ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة لنباتي الطرطيع والعاقول بالتتابع قياساً بمعاملة المقارنة أذ بلغ تركيزها (0.13 و 0.09) ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة لنباتي الطرطيع و العاقول على التوالي.

أما في الجزء الشمالي الغربي فقد قل تركيز عنصر الكوبلت في نباتي الطرطيع و العاقول في الموقع الاول (500) م من معامل الطابوق قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي ، إذ سجل قيمة بلغت (0.65 و 0.54)ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة،أما في المواقع البعيدة عن معامل الطابوق فقد سجلت أقل قيمة لتركيز عنصر الكوبلت بلغت (0.13 و0.09) ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة لعينة المقارنة لنباتي الطرطيع و العاقول على التوالي وعند مقارنة هذه القيم مع المحددات العالمية لمنظمة الغذاء والصحة العالمية (FAO،2007 / WHO) (0.1-1) ملغم Co .كغم$^{-1}$ مادة جافة نجد إن تركيز عنصر الكوبلت قد زاد عن الحد المسموح به في الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي وسبب ذلك يعود الى نشاط معامل الطابوق وكثرة الانبعاثات الناتجة عن تلك المعامل والتي تؤدي الى تلوث النباتات في المنطقة المحيطة بالمعامل .

اتفقت نتائج دراستنا هذه مع ما توصل إليه العمر (2017) إذ وجد ارتفاعاً واضحاً في تركيز عنصر الكوبلت في النباتات القريبة من معامل الطابوق مقارنة بالمواقع البعيدة وقد عزا السبب في ذلك إلى تأثير الانبعاثات الناتجة من تلك المعامل.

جدول 29 : تركيز عنصر الكوبلت في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول في منطقة الدراسة(ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	نوع النبات	
		الطرطيع	العاقول
الجنوب الشرقي	500	1.93	1.56
	1000	1.45	1.13
	1500	0.96	0.44
	2000	0.34	0.30
المقارنة	3000	0.13	0.09
المتوسط		0.96	0.70
LSD (0.05)		*0.01	*0.30
الشمال الغربي	500	0.65	0.54
	1000	0.44	0.35
	1500	0.24	0.22
	2000	0.18	0.15
المقارنة	3000	0.13	0.09
المتوسط		0.32	0.27
LSD (0.05)		*0.02	*0.04
المحددات العالمية (WHO / FAO،2007)		0.1 -1 ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة	

4-3-4 : تركيز عنصر الكروم (Cr) الكلي في النبات

بينت نتائج الدراسة جدول (20) و جود فروق معنوية بين متوسط تراكيز عنصر الكروم في الاجزاء الخضرية لناتي الطرطيع *Schanginia aegyptiaca* والعاقول *Alhagi maurorum* النامية في منطقة الدراسة ، إذ سجلت النتائج في الجزء الجنوبي الشرقي وفي الموقع الاول (500) م من منطقة الدراسة أعلى تركيز لمتوسط عنصر الكروم بلغت قيمة (15.00 و 14.00) ملغم Cr .كغم$^{-1}$ مادة جافة في نباتي الطرطيع والعاقول على التوالي قياساً بالموقع الرابع الذي سجل قيماً بلغت (4.00 و 3.00) ملغم Cr .كغم$^{-1}$ مادة جافة في نباتي الطرطيع والعاقول حيث لوحظ انخفاض واضح في تركيز عنصر الكروم بسبب تأثير البعد والقرب من معامل الطابوق. وقد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل إليه عبد اللطيف (2020) ، أذ وجد إنَ تركيز العناصر الثقيلة يكون أعلى في المناطق القريبة من مصادر التلوث قياساً بالمواقع البعيدة.

جدول 30 : تركيز عنصر الكروم في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول في منطقة الدراسة(ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	نوع النبات	
		الطرطيع	العاقول
الجنوب الشرقي	500	15.00	14.00
	1000	13.00	12.00
	1500	8.00	6.00
	2000	4.00	3.00
المقارنة	3000	0.30	0.14
المتوسط		7.86	7.22
LSD (0.05)		*1.83	*2.90
الشمال الغربي	500	3.98	2.76
	1000	2.25	2.21
	1500	1.96	1.64
	2000	1.21	0.85
المقارنة	3000	0.30	0.14
المتوسط		2.09	1.36
LSD (0.05)		*0.83	*1.32
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata-Pendias ،2011)		1-2ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة	

أما في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسة فقد سجل عنصر الكروم تراكيز منخفضة وفي جميع المواقع المدروسة قياساً بالجزء الجنوبي الشرقي الذي أظهر تبايناً واضحاً في تركيز عنصر الكروم , إذ سجل الكروم في الموقع الاول من الاتجاه الشمالي الغربي قيماً بلغت (3.98 و 2.76) ملغم Cr .كغم$^{-1}$مادة جافة ولنباتي الطرطيع والعاقول بالتتابع بينما كانت اقل قيمة لعينة المقارنة إذ بلغت (0.30 و 0.14) ملغم Cr .كغم$^{-1}$مادة جافة لنباتي الطرطيع والعاقول على التوالي وعند مقارنة هذه النتائج مع المحددات العالمية المسموح بها (Kabata-Pendias ،2011) (1-2) ملغم Cr .كغم$^{-1}$مادة جافة نجد إنَ تركيز عنصر الكروم قد تجاوز الحد المسموح به عالميا في الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي ولا سيما في المواقع القريبة من معامل الطابوق.

5-3-4 : تركيز عنصر النيكل (Ni) الكلي في النبات

أظهرت نتائج الدراسة في الجدول (21) وجود فروق معنوية بين متوسط تراكيز عنصر النيكل في أجزاء نبات الطرطيع *Schanginia aegyptiaca* و العاقول *Alhagi maurorum* الخضرية النامية في مواقع الدراسة إذ سجل عنصر النيكل في الموقع الاول القريب من معامل الطابوق أعلى قيمة للنيكل في نباتي الطرطيع والعاقول بلغت (125.00 و 94.00) ملغم Ni .كغم$^{-1}$ مادة جافة على التوالي في الاتجاه الجنوبي الشرقي من موقع الدراسة وسبب ذلك يعود الى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة (الشماليةـ الغربية) والموضحة في الملحق (7) ، أما في الجزء الشمالي الغربي فقد قل تركيز عنصر النيكل بشكل ملحوظ إذ سجل عنصر النيكل قيمة بلغت (80.00 و 75.07) ملغم Ni .كغم$^{-1}$ مادة جافة ولنباتي الطرطيع والعاقول على التوالي ولنفس البعد الاول من مصدر التلوث (500) م , أما بالنسبة للمواقع البعيدة من مصدر التلوث , فقد قل تركيز عنصر النيكل بشكل واضح , وقد بلغت أقل قيمة في معاملة المقارنة (0.14 و 0.13) ملغم . Niكغم$^{-1}$ مادة جافة ولنباتي الطرطيع والعاقول على التوالي وعند مقارنة هذه النتائج مع المحددات العالمية المسموح بها الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata-Pendias ،2011) (1-10) ملغم Ni . كغم$^{-1}$ مادة جافة نجد إن تركيز العنصر قد تجاوز الحدود المسموح به عالمياً في الجزأين الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي،ويعود سبب ذلك الى كثرة الانبعاثات الناتجة من معامل الطابوق.

جدول 31 : تركيز عنصر النيكل في الاجزاء الخضرية لنباتي الطرطيع والعاقول في منطقة الدراسة(ملغم. كغم$^{-1}$ مادة جافة)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	نوع النبات	
		الطرطيع	العاقول
الجنوب الشرقي	500	125.00	94.00
	1000	103.00	80.00
	1500	76.00	62.00
	2000	54.00	50.00
المقارنة	3000	0.14	0.13
المتوسط		71.62	57.22
LSD (0.05)		*1.91	*3.02
الشمال الغربي	500	80.00	75.07
	1000	66.18	45.00
	1500	36.00	33.00
	2000	28.00	25.00
المقارنة	3000	0.14	0.13
المتوسط		42.06	35.64
LSD (0.05)		*2.71	*4.29
الحد الاعلى المسموح به للعنصر في التربة (Kabata-Pendias ،2011)		10- 1ملغم.كغم$^{-1}$ مادة جافة	

4-4 : تركيز العناصر الثقيلة في المياه

4-4-1 : تركيز عنصر الرصاص(Pb) الكلي في المياه

بينت النتائج في الجدول (22) أن متوسط تركيز عنصر الرصاص يختلف في عينات المياه المدروسة باختلاف القرب والبعد من معامل الطابوق و باختلاف الموقع للعينة المدروسة فقد سجل الجزء الجنوبي الشرقي أعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الرصاص في المياه في الموقع الاول (500) م بلغت (0.185) ملغم Pb .لتر$^{-1}$ قياساً بمعاملة المقارنة ، إذ سجلت أقل قيمة للعنصر في عينات المياه بلغت (0.006) ملغم . Pbلتر$^{-1}$ ، وقياساً بالمحددات العالمية لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2011) (0.01) ملغم Pb .لتر$^{-1}$ ويعود سبب ذلك الى انبعاثات معامل الطابوق ، فضلاً عن تأثير الرياح السائدة والموضحة في الملحق (7) التي تساهم في نقل الملوثات ،أما بالنسبة للجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد قلت قيمة عنصر الرصاص إذ بلغت (0.096) ملغم Pb .لتر$^{-1}$ في الموقع الاول مقارنة بمعاملة المقارنة إذ سجلت أقل قيمة للعنصر في عينات المياه بلغت (0.006) ملغم Pb.لتر$^{-1}$.

جدول 22 : تركيز عنصر الرصاص في عينات المياه المدروسة (ملغم.لتر$^{-1}$)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	تركيزالعنصر
الجنوبي الشرقي	500	0.185
	1500	0.125
المقارنة	3000	0.006
المتوسط		0.105
L.S.D 0.05		*0.005
الشمالي الغربي	500	0.096
	1500	0.084
المقارنة	3000	0.006
المتوسط		0.062
L.S.D 0.05		*0.005
WHO(2011)		0.01

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وجده عباس (2018) من زيادة في تركيز عنصر الرصاص في عينات المياه بالنسبة للمواقع القريبة من مصادر التلوث (معملي اسمنت السدة ومعمل الفرات للمواد الكيميائية) في محافظة بابل قياساً مع معاملة المقارنة و قد عزا سبب ذلك إلى الابخرة والغازات المتصاعدة من مداخن المعملين نتيجة لاحتراق الوقود والمواد الاولية الداخلة في الصناعة.

2-4-4 : تركيز عنصر الكادميوم (Cd) الكلي في المياه

بينت النتائج في الجدول (23) ارتفاع متوسط تركيز عنصر الكادميوم في عينات المياه ففي الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق سجلت نتائج الدراسة أعلى قيمة لعنصر الكادميوم بلغت (0.812) ملغم Cd .لتر$^{-1}$ قياساً بعينة المقارنة التي بلغت (0.001) ملغم Cd .لتر$^{-1}$ وبالمحددات العالمية لمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2011) (0.003) ملغم Cd .لتر$^{-1}$ و يعود سبب ذلك الى الانبعاثات الناتجة من معمل الطابوق نتيجة لعملية احتراق الوقود والتي تسقط على سطح المياه في المواقع القريبة من مصدر التلوث مما تساهم في زيادة تركيزعنصر الكادميوم في المياه ونلاحظ أن تركيز عنصر الكادميوم في عينات المياه في جميع المواقع المدروسة في الجزء الجنوبي الشرقي لمعامل الطابوق باستثناء معاملة المقارنة قد تجاوز الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية أما في الجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق نجد إنَ تركيز عنصر الكادميوم قد تجاوز الحدود المسموح بها عالمياً في المواقع.

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل إليه عباس (2018) إذ وجد زيادة في تركيز العنصر في عينات المياه في المواقع القريبة من معملي الفرات للمواد الكيميائية و معمل أسمنت الكوفة في محافظة بابل مقارنة مع معاملة المقارنة وعزا السبب في ذلك إلى الغازات المتصاعدة من مداخن تلك المعامل.

جدول 23 : تركيز عنصر الكادميوم في عينات المياه المدروسة (ملغم.لتر$^{-1}$)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	تركيزالعنصر
الجنوبي الشرقي	500	0.812
	1500	0.510
المقارنة	3000	0.001
المتوسط		0.441
L.S.D 0.05		*0.005
الشمالي الغربي	500	0.040
	1500	0.016
المقارنة	3000	0.001
المتوسط		0.019
L.S.D 0.05		*0.005
WHO(2011)		0.003

أما بالنسبة للجزء الشمالي الغربي من معامل الطابوق فقد قل تركيز عنصر الكادميوم في عينات المياه ولجميع المواقع المدروسة مقارنة بالجزء الجنوبي الشرقي أذ كانت أعلى قيمة للموقع الاول (500) م هي (0.040) ملغم Cd .لتر$^{-1}$ قياساً بعينة المقارنة التي بلغت (0.001) ملغم Cd .لتر$^{-1}$.

3-4-4 : تركيز عنصر الكوبلت (Co) الكلي في المياه

أظهرت نتائج التحليل في الجدول (24) اختلافاً واضحاً في تراكيز عنصر الكوبالت في عينات المياه تبعاً لقربها أو بعدها عن مصدر التلوث ممثلاً بمعامل الطابوق. فقد سجل الموقع الاول (500) اعلى قيمة لمتوسط تركيز عنصر الكوبلت في المياه إذ بلغت (1.875) ملغم Co.لتر$^{-1}$ مقارنة بالمواقع البعيدة، مما يشير إلى نشاط معامل الطابوق وما ينتج عنها من انبعاثات وغبار وترسبات تمثل مصدراً أساسياً لإطلاق الكوبلت إلى البيئة المائية. ويُعد انتقال الكوبالت إلى المياه ناتجاً عن عدة مسارات أهمها غسل الرواسب السطحية الملوثة، وتسرب الملوثات من التربة ذات التراكيز العالية، إضافة إلى حمل الجريان السطحي للغبار الصناعي نحو المجاري المائية أو الآبار الضحلة او ترسب تلك الملوثات بصورة مباشرة في المياه.

جدول 24 : تركيز عنصر الكوبلت الكلي في عينات المياه المدروسة (ملغم.لتر$^{-1}$)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	تركيزالعنصر
الجنوبي الشرقي	500	1.875
	1500	0.892
المقارنة	3000	0.02
المتوسط		0.92
L.S.D 0.05		*0.005
الشمالي الغربي	500	0.654
	1500	0.465
المقارنة	3000	0.216
المتوسط		0.445
L.S.D 0.05		*0.005
WHO(2011)		0.05

نلاحظ من خلال نتائج الدراسة وجود ارتفاع واضح في تركيز عنصر الكوبلت في عينات المياه في الموقع المدروس من الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق , وإن هذا يعزى إلى اتجاه الرياح السائدة في المنطقة والموضحة في الملحق (7) المساهمة في نقل تراكيز كبيرة من عنصر الكوبلت الناتج من انبعاثات معامل الطابوق , اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (العمر, 2017) إذ وجد زيادة في تركيز عنصر الكوبلت في عينات المياه للمواقع القريبة من معامل الطابوق.

من خلال النتائج التي توصلت اليها دراستنا الحالية وعند مقارنتها مع المحددات العالمية نجد إنَ تركيز عنصر الكوبلت في العينة الماخوذه من الاتجاه الجنوبي الشرقي كان أعلى من المحددات في جميع المواقع , وكذلك بالنسبة لتركيز عنصر الكوبلت في العينة الماخوذه من الاتجاه الشمالي الغربي من معامل الطابوق للمواقع الاول والثاني كانت أعلى من المحددات العالمية قياساً بمعاملة المقارنة والتي كانت دون الحدود المسموح بها لتركيز عنصر الكوبلت في عينات المياه .

4-4-4 : تركيز عنصر الكروم (Cr)الكلي في المياه

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (25) أن تركيز عنصر الكروم في المياه ارتفع بشكل ملحوظ في الجزء الجنوبي الشرقي عند البعد الأول (500 متر)، حيث بلغ أعلى تركيز لمتوسط تركيز عنصر الكروم في المياه (0.57) ملغمCr.لتر$^{-1}$مقارنة باقل قيمة لعينة المقارنة (0.03) ملغمCr.لتر$^{-1}$ بينما سجل الجزء الشمالي الغربي أعلى قيمة (0.32) ملغمCr.لتر$^{-1}$ مع عينة مقارنة ، وعند مقارنتها بالمعايير العالمية لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 2011) (0.05) ملغمCr.لتر$^{-1}$ نجد أن تراكيز عنصر الكروم في المواقع القريبة من معامل الطابوق تجاوزت الحد المسموح به، مما يسبب تلوثاً صناعياً واضحاً للمياه.و من خلال نتائج دراستنا نلاحظ أن هناك ارتفاعاً واضحاً في تركيز عنصر الكروم في عينات المياه المدروسة في الجزء الجنوبي الشرقي من منطقة الدراسة مقارنة بالجزء الشمالي الغربي وقد يعزى السبب في ذلك إلى طبيعة الرياح السائدة في المنطقة (الشمالية – الغربية) ، والموضحة في الملحق (7) وما تحملة الابخرة الحاوية على العناصر الثقيلة التي تساهم في زيادة تركيز العناصر الثقيلة في المياه المتواجدة في المناطق القريبة من مصادر التلوث.

جدول 25 : تركيز عنصر الكروم في عينات المياه المدروسة (ملغم.لتر$^{-1}$)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	تركيزالعنصر
الجنوبي الشرقي	500	0.570
	1500	0.430
المقارنة	3000	0.032
المتوسط		0.344
L.S.D 0.05		*0.007
الشمالي الغربي	500	0.310
	1500	0.045
المقارنة	3000	0.032
المتوسط		0.129
L.S.D 0.05		*0.007
WHO(2011)		0.05

5-4-4 : تركيز عنصر النيكل (Ni)الكلي في المياه

أشارت نتائج الدراسة في جدول (26) إلى تباين في تركيز عنصر النيكل في عينات المياه للموقعين المدروسين وفي الاتجاه الجنوبي الشرقي و الشمالي الغربي من معامل الطابوق ، في الجزء الجنوبي الشرقي من معامل الطابوق وفي الموقع الاول (500) م سجل عنصر النيكل أعلى تركيز له في عينات المياه , إذ بلغ (0.445) ملغم Ni. لتر$^{-1}$ قياساً مع عينة المقارنة أذ بلغت (0.02) ملغم Ni.لتر$^{-1}$، أما في الجزء الشمالي الغربي من معمل الطابوق فقد قل تركيز عنصر النيكل مقارنةً بالتركيز الموجود في الاتجاه الجنوبي الشرقي فقد سجل قيمة بلغت (0.310) ملغم Ni. لتر$^{-1}$ ويعود سبب ذلك الى انبعاثات معامل الطابوق التي تؤدي الى تلوث المياه بصورة مباشرة.

جدول 26 : تركيز عنصر النيكل في عينات المياه المدروسة (ملغم.لتر$^{-1}$)

الموقع	البعد عن مصدر التلوث (م)	تركيزالعنصر
الجنوبي الشرقي	500	0.445
	1500	0.315
المقارنة	3000	0.020
المتوسط		0.260
L.S.D 0.05		*0.009
الشمالي الغربي	500	0.310
	1500	0.125
المقارنة	3000	0.020
المتوسط		0.151
L.S.D 0.05		*0.009
WHO(2011)		0.07

عند مقارنة تركيز عنصر النيكل في عينات المياه مع محددات منظمة الصحة العالمية (WHO,2011) (0.07) ملغم Ni. لتر$^{-1}$، إن تركيز عنصر النيكل في بعض عينات المياه في الاتجاه الجنوبي الشرقي والشمالي الغربي قد تجاوز الحدود المسموح بها ، و قد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه الانباري (2010) والغالبي (2016) إذ اشاروا الى إن تركيز عنصر النيكل في عينات المياه القريبة من المنشآت الصناعية قد تجاوز الحدود المسموح بها عالمياً.

5: الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendation

5-1: الاستنتاجات Conclusions

1. أظهرت نتائج التحليل إنَ تراكيز العناصر الثقيلة في التربة كانت أعلى بشكل واضح في المواقع القريبة من معامل الطابوق ، وخاصة في الموقع الاول (500) م ، ولاسيما في العمق الأول (0–30) سم مقارنة بالمواقع البعيدة عن مصدر التلوث للعمق الثاني (30–60) سم . وسجل الاتجاه الجنوبي الشرقي أعلى التراكيز للعناصر الثقيلة مقارنة بالاتجاه الشمالي الغربي ، مما يعكس تأثير الرياح السائدة وانتشار الغبار والملوثات الناتجة معامل الطابوق. كما بينت الفروق بين العمق الأول والثاني أن معظم تراكم الملوثات يبقى سطحياً ، مع انخفاض تدريجي لتركيز العناصر الثقيلة مع زيادة العمق، مما يعكس الطبيعة السطحية للانبعاثات الصناعية وتأثيرها المباشر على التربة وسرعة ترسب العناصر الثقيلة.
2. أظهرت عينات المياه نمطاً مماثلاً لما لوحظ في التربة، حيث سجلت المواقع القريبة من مصدر التلوث، وخصوصاً في الاتجاه الجنوبي الشرقي، أعلى تراكيز للعناصر الثقيلة مقارنة بالمواقع الأبعد. وتشير هذه النتائج إلى انتقال الملوثات من التربة والغبار الصناعي الناتج من انبعاثات معامل الطابوق إلى المياه السطحية والجوفية الضحلة، مما يؤكد التأثير المباشر للمعامل على جودة الموارد المائية في المنطقة، ويبرز الحاجة إلى مراقبة مستمرة لمستويات العناصر الثقيلة في المياه لضمان الحد من الأثر البيئي والصحي.
3. أظهرت نتائج التحليل النباتي لنباتي الطرطيع والعاقول تفاوتاً في تراكم العناصر الثقيلة، حيث سجل نبات الطرطيع تراكيز أعلى مقارنة بالعاقول، مما يعكس اختلاف القدرة الامتصاصية للنباتات على الاحتفاظ بالملوثات. ويؤكد هذا الفارق أهمية استخدام النباتات كمؤشرات حيوية (Bioindicators) لتقييم شدة التلوث البيئي في المناطق المتأثرة بالأنشطة الصناعية، ويدل على أن النباتات القريبة من معامل الطابوق معرضة بشكل أكبر لتأثير الانبعاثات.
4. أظهرت الدراسة أن أعلى قيم مؤشرات التلوث البيئي، بما في ذلك عامل التلوث (CF)، ومؤشر حمل التلوث (PLI)، وعامل الإثراء (EF)، ودرجة التلوث (Cdeg)، تم تسجيلها في المواقع القريبة وعلى العمق الأول (0–30 سم) مقارنة بالمواقع البعيدة والعمق الثاني (30–60). وتشير هذه النتائج إلى وجود تلوث معتدل إلى مرتفع ناجم عن الأنشطة الصناعية للمعامل، كما تؤكد فاعلية هذه المؤشرات في تحديد المواقع الأكثر تأثراً وتقييم شدة التلوث البيئي بدقة علمية، بما يتيح إمكانية وضع استراتيجيات مراقبة وتحكم مناسبة للحد من تأثير الانبعاثات الصناعية على البيئة المحيطة.

2-5 : التوصيات Recommendations

1. إقرار برنامج رصد بيئي دوري من حيث اعتماد برنامج ممنهج لمتابعة تراكيز العناصر الثقيلة في التربة والمياه والنبات ضمن منطقة معامل الطابوق، مع التركيز على الاتجاه الجنوبي الشرقي لارتفاع مستويات التلوث فيه مقارنةً بالاتجاهات الأخرى.
2. تعزيز منظومات الحدّ من الانبعاثات الصناعية وذلك عن طريق الزام اصحاب معامل الطابوق بتطوير أنظمة السيطرة على الانبعاثات الجسيمية والغازية، بما يضمن الحدّ من انتقال العناصر الثقيلة إلى البيئة المحيطة، ولا سيما في الاتجاهات الأكثر تأثراً بحركة الرياح.
3. توسعة نطاق الدراسة العمودية للتربة وذلك عن طريق إجراء تحريات إضافية لعناصر آخرى و لطبقات أعمق من التربة بهدف تقييم انتقال العناصر الثقيلة رأسياً، في ضوء ارتفاع التراكم في العمق السطحي بالمقارنة مع العمق الأعمق.
4. مراقبة نوعية المياه القريبة من المعامل عن طريق إجراء متابعة دورية لنوعية المياه السطحية والجوفية في محيط معامل الطابوق للتحقق من احتمالية انتقال العناصر الثقيلة إليها عبر الرشح من التربة الملوثة.
5. اعتماد نباتات الطرطيع والعاقول كمؤشرات حيوية فعّالة لرصد التلوث بالعناصر الثقيلة، نظراً لقدرتيهما الواضحة على الامتصاص والتراكم الحيوي.
6. إنشاء أحزمة نباتية مخططة وقائية في الاتجاه الجنوبي الشرقي، بهدف التخفيف من حركة الجسيمات المحمولة وتقليل ترسيب الملوثات على الأراضي الزراعية.
7. تحديد مسافات عازلة مناسبة لا تقل عن (2 كم) بين معامل الطابوق والمناطق الزراعية في الاتجاهات الأكثر تعرضاً للترسيب، بما يحدّ من تأثيرات التلوث ممتدّة النطاق.
8. مراجعة التشريعات البيئية المحلية الخاصة بانبعاثات معامل الطابوق، وبما ينسجم مع المعايير البيئية الدولية للحدّ من إطلاق العناصر الثقيلة.
9. دعم الدراسات البيئية المستقبلية وذلك عن طريق تنفيذ دراسات أوسع تتناول تقييم المخاطر البيئية للعناصر الثقيلة، ولمسافات ابعد وللاتجاهات الاخرى ودراسة انتقالها عبر السلسلة الغذائية، إضافةً إلى تقييم كفاءة النباتات المحلية في المعالجة الحيوية للتربة الملوثة.

6: المصادر References

1-6: المصادر العربية

- **أبو سعيد، محمد مجيد ابراهيم (2000) .**التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة ايجابا وسلبا .ط 1. دار الفكر العربي , القاهرة.
- **أبو ضاحي ،يوسف محمد ومؤيد احمد اليونس (1988).** دليل تغذية النبات .دار الكتب للطباعة والنشر ،جامعة الموصل ،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ،العراق.
- **احمد ، زياد وهاب .(2007).** التحليل البيئي للعوامل الجغرافية المؤثرة في كمية ونوعية المتساقطات الجوية في محافظة ذي قار ، رسالة ماجستير كلية التربية ـ جامعة البصرة.
- **الاسدي ، الاء مثقال و الخفاجي، باسم يوسف و الركابي ، حسين يوسف (2011) .**تركيز بعض العناصر النزرة في الدقائقيات الهوائية والتربة في المنطقة القريبة من معامل صنع الطابوق في ناحية الاصلاح – ذي قار . مجلة علوم ذي قار .3(1) ،ص. 76-88.
- **الجبوري، دنيا عبد الرزاق عباس.(2016).** دراسة المعايير الكمية المختلفة للتلوث بعناصر الكادميوم والرصاص والزنك والنيكل لترب ونباتات جوانب الطرق في محافظة بغداد .اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة – جامعة بغداد.
- **الجصاني، نسرين عواد عبدون.(2010).** التلوث الهوائي في البيئة العراقية مسببات ونتائج، مجله القادسية للعلوم الإنسانية، ألمجلد الرابع عشر، العدد 1-2,2011، ص284.
- **جمعة ، غفران فاروق و الانباري، رياض حسن .(2010).** تقييم التلوث بالعناصر الثقيلة في الاراضي الزراعية الواقعة في منطقة جسر ديالى ، المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك ، مجلد 2(3):116-105 .
- **الجميلي ، محمود فاضل و سلوى هادي احمد .(2018).** تلوث التربة والمياه. دارالكتب والوثائق بغداد 677.عدد الصفحات 425 .
- **الحديثي، عزام حمودي عبد الرزاق ، ابراهيم بكري حسون ، الهام عبد الملك .مطلك، خميس حبيب .(2002).** تأثير اضافة مياه المجاري في نمو الذرة الصفراء وتلوث التربة مكيروبيا . مجلة الزراعة العراقية عدد خاص7(2):11-15 .
- **خويدم ، كريم حسين، حبيب رشيد الانصاري، خلدون صبحي البصام.(2009).** دراسة توزيع بعض العناصر الثقيلة في تربة مدينة البصرة جنوب العراق.المجلة العراقية للعلوم .المجلد50.العدد4. ص 52-543.

- **الدباغ ،رياض حامد ، والسعدي،حسين علي (2004).** البيئة المائية مؤسسة حمادة للدراسات الجامعية والنشر والتوزيع ،اربد.
- **الراشدي ، حسين صابر محمد علي.(2011).**تأثير التلوث البيئي على النباتات النامية في مناطق ملوثة بالعناصر الثقيلة في محافظة نينوى .اطروحة دكتوراه.كلية التربية – جامعة تكريت.
- **الراوي ، خاشع محمود و خلف الله ،عبد العزيز .(1981).** تصميم وتحليل التجارب الزراعية .دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.-
- **الربيعي ، عباس حسين مغير .(2014).** تلوث الهواء مصادره وتأثيراته . محاضرة في قسم العلوم العامة . كلية التربية الاساسية – جامعة بابل.
- **زعلان، ليلى صالح.عباس ، شيرين فاضل عبد النبي ، انفال علوان.(2006).** تقدير نسب التلوث ببعض العناصرالثقيلة في نماذج من الخضروات في منطقة جنوب البصرة.مجلة البصرة للعلوم الزراعية .19(2):36- 44.
- **زين الدين،عبد المقصود.(1997).** البيئة والانسان ، دراسة في مشكلات البيئة مع البيئة ،مركز للجمع الصوري والطباعة .منشأة المعارف الاسكندرية.
- **السعدون، عبد الجليل ضاري عطا الله .(2011).** الاثار البيئية لتناقص مياه الانهار على المدينة العراقية ، اطروحة دكتوراه في معهد التخطيط الحضري والاقليمي ، جامعة بغداد .
- **السعدي ، حسين علي .(2002) .** كتاب علم البيئة والتلوث ، جامعة بغداد .
- **السعدي ،حسين علي .(2006).** اساسيات علم البيئة والتلوث.ط1 ،دار اليازوري .عمان – الاردن.
- **شتيوي ، مسعد حمد .(2005).** تأثير السموم على صحة وسلامة الانسان .كلية العلوم الزراعية بالعريش، جامعة قناة السويس.
- **شحاتة، حسن احمد.(2000).** البيئة والتلوث والمواجهة ، دراسة تحليلية ،كلية العلوم، جامعة الازهر.
- **الشمري ، فائق حسن .(2009).**تاثير عنصري الرصاص والنيكل في النمو وبعض الجوانب الفسيولوجية لنبات زهرة الشمس . *Helinthus annus L* .مجلة التربية والعلم .22(2):47 - 62 .
- **شنشل ، سميرة محمود حسين .(2004).** تاثير التلوث الناتج عن معامل الدباغة و الطابوق على التربة و المياه في محطة النهروان – شرق بغداد ، قسم علوم الارض، كلية علوم ـ جامعة بغداد.

- **صادق ، علي حسين وكاظم مهند كامل.(2008).** التغيرات الشهرية في تركيز العناصرالنزرة في قناة نهر الغراف الرئيسية لنهر دجلة، رسالة ماجستير.كلية الزراعة ـ جامعة البصرة.
- **صباح بن زين ، بن عيوة فاطمة الزهراء.(2022).** التسربات النفطية وأثرها على تلوث التربة والمياه .رسالة ماجستير .كلية الرياضيات وعلوم الحياة .جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- **صبارتي ، سعيد.(2003).** البيئة ومشكلاتها ، الكويت ،مكتبة الفالح ، ص45 .
- **عباس ، احمد كريم .(2018).** تأثير الابخرة والغازات لمعملي الفرات للمواد الكيميائية واسمنت السدة في محافظة بابل في تلوث التربة والمياه والنبات بعناصر الرصاص والنيكل والكادميوم . اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .
- **عبد ، كريمة سلمان وجميل حسين سلمان .(2012).** دراسة واقع حال معامل الطابوق في النهروان.(http://www.estis.net/enviroiraq/default.asp).
- **عبد الرحمن، امال ومحمد النهامي طواهر.(2013).** تأثير النفط على البيئة خلال مرحلة النقل ،حالة الجزائر ، مجلة الباحث، العدد 12.
- **عبد اللطيف ، علي اكرم .(2020).** التلوث بالعناصر الثقيلة والمشعة لترب ونباتات مدينة بغداد .اطروحة دكتوراه.كلية علوم الهندسة الزراعية ـ جامعة بغداد.
- **عبد المنعم ،عصام محمد و احمد بن ابراهيم التركي .(2012).** العناصر الثقيلة مصادرها واضرارها على البيئة .مركز الابحاث الواعدة في المكافحة الحيوية والمعلومات الزراعية .جامعة القصيم . المملكة العربية السعودية .
- **عبيد ، مجبل محمد و اوس ممدوح خيرو .(2009).** تأثير السماد العضوي في تلوث نبات الطماطة بالعناصر الثقيلة ، مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية .المجلد (9). العدد (1) : (311-320).
- **عزت، عبد المحسن سلامة (2015).** الحماية القانونية للبيئة الزراعية، دار النهضة العربية للنشر، جمهورية مصر العربية، ص48.
- **عزيز ، احمد محمد . (1995).** تأثير بعض العناصر الثقيلة في المخلفات الصلبة ومياه المجاري على نمو نبات الخس وتلوث التربة ، رسالة ماجستير، كلية الزراعة ـ جامعة بغداد.
- **العمر ، مثنى عبد الرزاق .(2009).** التلوث البيئي ، الطبعة الاولى ، دار وائل للنشر، عمان ـ الاردن.
- **العمر، حسن جاسم عبيد نومان.(2017).** تأثير معامل طابوق الناصرية في تلوث التربة والماء والنبات ببعض العناصر الثقيلة . دبلوم عالي . كلية الزاعة .جامعة بغداد

- **العودات، محمد عبدو .(1998).** التلوث وحماية البيئة ، الطبعة الثالثة ، الأهالي للطباعة والنشر والتوزيع ، سوريا ـ حلب.
- **العيونى ، جهاد محمود أحمد وعبد الفتاح ، حسن إبراهيم والوفائى ، ناهد أمين (2019).** دراسات عن تلوث مياه الشرب واألمراض المرتبطة بها فى مصر وبعض دول أسيا مجلة الزقازيق للبحوث االزراعية. المجلد (4) 46 : 1191-1211.
- **الغالبي ، ضي مهدي صالح .(2016).** دور بعض المنشأت الصناعية في مدينة بغداد في تلوث التربة والمياه والنبات ببعض العناصر الثقيلة .رسالة ماجستير .كلية الزراعة – جامعة بغداد .
- **القرغولي ، زهراء مهدي صالح .(2019).** تأثير مخلفات الحقول النفطية في خصائص تربة محافظتي واسط و ميسان دراسة في جغرافية البيئة . اطروحة دكتوراه .قسم الجغرافية .كلية الاداب – جامعة القادسية .كلية التربية.
- **منصور ،عويدات سالم وعلي عمران الزرقة وعارفة سالم النعاس و عمر محمد الشريف وياسر فتحي نصار.(2017).** تقييم الاثار البيئية الناتجة عن انتشار الانشطة الصناعية المختلفة و محطات الوقود بالمنطقة الشمالية الغربية للساحل الممتدة من تاجوراء شرقا حتي املاية غربا و جنوبا حتى قصر بن غشير و العزيزية.كلية العلوم الهندسية و التقنية، جامعة سبها، ليبيا .
- **موسى ، علي حسين . (2000).**التلوث البيئي ، دار الفكر ، دمشق ، بيروت ، الطبعة الاولى.
- **هلال ،مصطفى حسن .(2004).** تلوث الاراضي الصحراوية بالمعادن الثقيلة وتقنيات حديثة للسيطرة عليها.المؤتمر الدولي للموارد المائية والبيئة الجافة .
- **اليازجي ، ياسر ميسر،حازم جمعة محمود .(2008).** دراسة الخصائص النوعية والعناصر الاثرية لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل .المجلة العراقية لعلوم الارض.

2-6 : المصادر الانكليزية

- **Abbas, M. T., Wadaan, M. A., Ullah, H., Farooq, M., Fozia, F., Ahmad, I., Khan, M. F., Baabbad, A., & Ullah, Z. (2023).** Bioaccumulation and mobility of heavy metals in the soil–plant system and health risk assessment of vegetables irrigated by wastewater. Sustainability, 15(21), 15321. https://doi.org/10.3390/su152115321
- **Abdel-Sabour M. F., Abo El-Seoud M. A., and Rizk M. (1999).** Physiological and chemical response of sunflower to previous organic waste composts application to sandy soils. Egyptian Journal of Soil Science, 39, 407-420.
- **Abdul Rashid, S. R., Wan Yaacob, W. Z., & Umor, M. R. (2023).** Assessments of Heavy Metals Accumulation, Bioavailability, Mobility, and Toxicity in Serpentine Soils. Sustainability, 15(2), 1218.
- **Achakzai, K.; S. Khalid ; M. Adrees ; A. Bibi ; S. Ali; R. Nawaz and M. 58- Rizwan .(2017).** Air pollution tolerance index of plants around brick kilns in Rawalpindi, Pakistan, Journal of Environmental Management 190 , .252-258
- **Ahmed, I. T. (2012).** Geoinformatics and Chemical Techniques for Soil Pollution Monitoring at Some Sites in Erbil Governorate, Iraqi Kurdistan Region. Doctor Philosophy, College of Science, University of Salahaddin.
- **Al-Anbari,Riyad H.Mohammed, M.Al-Kaissi Mmohammed and A.Al-Ameri .(2013).**Distribution of some Heavy Metals Pollution Caused by Al-Daura Refinery in the Surrounding Region .Eng .& Tech.J.V(31)Part(A)No.20.

- **Al-Ansari, N., Khatab, K., Knutsson, S., & Al-Ansari, M. (2022).** Heavy metal contamination in surface water and its health risk assessment: A case study of the Tigris River, Iraq. Environmental Science and Pollution Research, 29, 12345–123
- **Alloway ,B.J.(Ed.).(2012)..**Heavy metals in metals in soils:trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (Vo1.22). Springer Science &Business Media.
- **Alloway, B. J. (2013).** Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability (3rd ed.). Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-94-007-4470-7.
- **Aminiyan ,M.M., Aminiyan,F.M., Heydariyan,A.,and Sadikhani, M.R. APHA(American Public Health Assocition) .(1998).**Standard methode for examination of Water and Wastewater .20th ed.NewYoek.PP.1193.
- **Asrari, E.(2014).** Heavy metal contamination of water and soil analysis Assessment, and Remediation Strategies Apple Academic Press Canada CRC Press Taylor & Francies Group.
- **Baker, A. J. M. and Walker, P. L. (1990).** Ecophysiology of Metal Uptake by Tolerant Plants. Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects، CRC Press 155–177 .
- **Banin, A. J. ; Y. N. Novort and D. Yoles. (1981). J.** Environ Qual . 10 : 536-540 .
- **Bhalerao ,S.A.;Sharma ,A.S .(2005)**. Chrmium:Asan environmental pollutant Int.J.Curr.Microbiol.Appl.Sci,4(1),pp.732-746.
- **Bisht, G. and Neupane, S. (2015).** Impact of brick kilns‟ emission on soil uality of agriculture Fields in the vicinity of selected bhaktapur Area of nepal. Hindawi Publishing corporation applied and Environmental Soil Science, Article ID 409401,8 pages http://dx.doi.org/10.1155/40401.

- **Bouida, L., Rafatullah, M., Kerrouche, A., Qutob, M., Alosaimi, A. M., Alorfi, H. S., & Hussein, M. A. (2022).** A Review on Cadmium and Lead Contamination: Sources, Fate, Mechanism, Health Effects and Remediation Methods. Water, 14(21), 3432.

- **Bouida, L., Rafatullah, M., Kerrouche, A., Qutob, M., Alosaimi, A. M., Alorfi, H. S., & Hussein, M. A. (2022).** A Review on Cadmium and Lead Contamination: Sources, Fate, Mechanism, Health Effects and Remediation Methods. Water, 14(21), 3432.

- **Bouyoucos, G. J. (1927).** A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Soil Science, 23(2), 343-352

- **Bouyoucos, G. J. (1927).** A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Soil Science, 23(2), 343-352

- **Chen, X., Ren, Y., Li, C., Shang, Y., Ji, R., Yao, D., & He, Y. (2025).** Pollution characteristics and ecological risk assessment of typical heavy metals in the soil of the heavy industrial city Baotou. Processes, 13(1), 170.
- **Chen,Z.(2000).**Relationship between Heavy Metals Concertation in soils of Taiwan and Uptake by crops, National Taiwan University,pp.15 .
- **Davies,B.E,.(1992).** Inter-relationships between soil properties and the uptake of cadmium,copper,lead and zinc from contaminated soils by radish (Raphanus sativus L.). Water,air,and soil pollution , 63(3-4):331-342.
- **Djougo-Jantcheu, Y., Ndongo, B., Njila, R. N., & Djatsa, K. N. (2024).** Assessment of the Polluting Status of Sludge from a Physicochemical Water Purification Unit and Their Impacts on the Soil: Case of the Yato Station (Littoral-Cameroon). Journal of Energy, Environmental & Chemical Engineering, 9(1), 23–32.
- **Encyclopaedia Britannica. (2025).** Pollution. Retrieved from https://www.britannica.com/science/pollution-environment.

- **Erdem, H., Gence, C.Ç., Öztürk, M., Buhan, E., Kholikulov, S. T., & Kaya, Y. (2025).** Microplastics in soil increase cadmium toxicity: Implications for plant growth and nutrient imbalance. Water, Air, & Soil Pollution, 236, 575.
- **FAO/WHO. (2001).** Food Additives and Contaminants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme: Codex Alimentarius Commission ALINORM 01/12A. FAO & WHO.
- **Farid G N. Sarwar Saifullah, A. Ghafoor.(2015).** Heavy Metals (Cd,Ni and Pb) Contamination of Soils, Plants and Waters in Madina Town of Faisalabad Metropolitan and Preparation of Gis Based Maps.Adv Crop Sci. Tech. Vol. 4: 199. Doi: 10.4172/2329- 8863.1000199.
- **Fewtrell, L., & Bartram, J. (Eds.). (2001).** Water quality: Guidelines, standards and health — Assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases. IWA Publishing / World Health Organization (WHO).
- **Gharaybeh, K. M. (2010).** Environmental pollution – concept, forms and how to reduce the severity of it. Journal of Environmental Studies, 3: 121-133.
- **Habib,R.,Awadh,M.and muslim ,Z.(2012)**. Toxic Heavy Metals in Soil and Some Plants on Baghdad, Iraq , Journal of Al-Nahrain University Science ,15(2), pp.1-16.
- **Hakanson L.(1980).** An Ecological risk index for aquatic pollution control.A sediment- logical approach. Water Res .14:975-1001.Doi :10.116/043-1354(80)90143-8.
- **Hamid, E., Payandeh, K., Karimi Nezhad, M. T., & Saadati, N. (2022).** Potential ecological risk assessment of heavy metals (trace elements) in coastal soils of southwest Iran. Frontiers in Public Health, 10, 889130.

- **Houba, V.J.G.and J.Uittenbogaard .(1994).** Chemical Composition
- **Islam .S.;K.Ahmed; H. Al- Mamun and S. A. Islam .(2017).** Sources and Ecological Risk of Heavy Metals in Soils of Different Land Uses in Bangladesh. Pedosphere, ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P dio:10.1016/S1002-0160(17)6394-1.
- **Issa, M. J., Hussain, H. M., & Shaker, I. H. (2019).** Assessment of the toxic elements resulting from the manufacture of bricks on air and soil at Abu Smeache Area – Southwest Babylon governorate, Iraq. Iraqi Journal of Science, 60(11).
- **Jackson, M. L. (1958).** Soil chemical analysis. N. J. Englewood Cliffs :Prentice-Hall Inc.
- **Jones,J.B.(2001).** Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis / Includes bibliographical references and index. CRC Press LLC. ISBN 0-8493-0206-4.
- **Kabata-Pendias , and B. Szteke. (2011).** Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. Taylor & Francis Group, LLC.
- **Kabata-Pendias, A. (2011).** Trace Elements in Soils and Plants (4th ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN: 978-1420093681.
- **Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001).** Trace Elements in Soils and Plants (3rd ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- **Khan, A., Khan, S., Khan, M. A., Qamar, Z., & Waqas, M. (2015).** The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: A review. Environmental Science and Pollution Research, 22(18), 13772–13799.
- **Kirkham, M.B. (2006)** .Cadmium in plants on polluted Soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. Geoderma, 137, 19-32.

- **Kumar, N., Chandan, N. K., Bhushan, S., & others. (2023).** Health risk assessment and metal contamination in fish, water and soil sediments in the East Kolkata Wetlands, India, Ramsar site. Scientific Reports, 13, 1546.
- **Lagzi, István, Leelőssy, Ádám; Molnár, Ferenc; Izsák, Ferenc; Havasi, Ágnes;; Mészáros, Róbert. (2014).** Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review. Open Geosciences, 6(3), 257–278.
- **Lasat, M.M.(2002)**. Phytoextraction of toxic metal. A review of biological mechanisms . J. Environ. Qual ; 31: 109-120.
- **Li, X., An, X., Jiao, K., Pan, H., & Lian, B. (2025).** Current state of the heavy metal pollution, microbial diversity, and bioremediation experiments around the Qixia Mountain lead–zinc mine in Nanjing, China. RSC Advances, 15, 8795–8808.
- **Maqsood Ur Rehman, Nehar Ullah, Bashir Ahmad, Irshad Ali, Muhammad Younas, Muhammad Sagheer Aslam, Atta-ur Rahman, Ensiyeh Taheri, Ali Fatehizadeh & Mashallah Rezakazemi. (2022).** Assessment of heavy metals accumulation in agricultural soil, vegetables and associated health risks. PLoS ONE, 17(6), e0267719.
- **Maxted, A.P., Black, C.R., West, H.M., Crout, N.M.J., Mcgrath, S.P., Young, S.D..(2007).**Phytoextraction of Cadmium and Zinc from arable soils amended with sewage sludge using thlaspi caerulescens: Development of Predictive Model. Environmental Pollution,150, 363-372.
- **Minnikova, T.V.; T.V. Denisova; S.S. Mandzhieva; S.I. Kolesnikov; T.M. Minkina; V.A. Chaplygin; M.V. Burachevskaya; S.N. Sushkova and T.V. Bauer .(2016).** Assessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas . Journal of Geochemical .

- **Mohammad, S. J., Ling, Y. E., Halim, K. A., Sani, B. S., & Abdullahi, N. I. (2025).** Heavy metal pollution and transformation in soil: a comprehensive review of natural bioremediation strategies. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences, 11, 528–544.
- **Navarro-Pedreño, J., Almendro-Candel, M. B., Gómez, I., Jordán, M. M., Bech, J., & Zorpas, A. (2008).** Heavy metals in Mediterranean soils.
- **Oze, C., Fendorf ,S., Bird ,D.K. & Coleman,R.G .(2004).** Chromiumgeochemistry in serpentinized ultramafic rocks and serpent soils from the Franciscan complex of California .American Journal of Science,Vo1.304,No.1,pp:67-101**.**
- **Page , A. L; R. H. Miller and D. R. keeney. (1982).** Methods of soil analysis, part 2 2 nd ASA Inc.Madison, Wisconsin.1158 pp.
- **Papanicolaou, E. P. (1976).** Determination of cation-exchange capacity of calcareous soils and their percent base saturation. Soil Science, 121(2), 65–71.
- **Richard, L.A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkal soils . Agric. Handbook no 60. U.S. Dept. Agric. Washington D.C. Riccobono, F.; G. Perra; A. Pisani and G. Protano. 2011. Trace element distribution and 235U/238U ratios in Euphrates waters and in soils and tree barks of Dhi Qar province (southern Iraq) Science of the Total Environment.
- **Shanker ,A.K., Cervantes ,C., Loz .(2005)**. Tavera ,H ., and Avudainayagam ,S.,Chromium toxicity in plants :Environment international,v.31,no.5,p.739-753.
- **Sikdar , S. and Kundu, M.(2016)**. A Review on Detection and Abatement of Heavy Metal',ChemBioEng Reviews,5(1),pp.18-29.

- **Takamatsu, T., Watanabee, M., Koshikawa, M.K., Murata, Y., Yamamura, S., Hayashi, S.(2010).** Pollution of montane soil with Cu,Zn,As,Sb,Pb and nitrate in Kanto, Japan. Science of the Total Environment. 1-16.
- **Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012).** Heavy metal toxicity and the environment. EXS, 101, 133–164.
- **Tomlinson, D.C.; J.G. Wilson; C.R.Harris and D.W.Jeffrey.(1980).** Problems in the assessment of heavy metals in estuaries and the formation pollution index.Helgol. Mar.Res.33,566-575.
- **U.S. Environmental Protection Agency. (2022).** Metals factsheet: Water quality parameters. EPA.
- **Ukwatta, A. and A. Mohajerani .(2017).** Characterization of fired-clay bricks incorporating biosolids and the effect of heating rate on properties of bricks, Construction and Building Materials, 142,11-22.
- **United Nations Environment Programme (UNEP). (2021).** UNEP Global Mercury Partnership Study Report on Mercury from Non-Ferrous Metals Mining and Smelting.
- **Wahab , H.R.and Al-zubaidi , F.(2012).** Investigation of lead and chromiun in phytoplankton and zooplankton at a section of tigris river at baghdad city.ist,sci, confer,march,6-7,baghdad univ-iraq**.**
- **Wang, S., and J. Liu. (2014).** The effectiveness and risk comparison of EDTA with EGTA in enhancing Cd phytoextraction by mirabilis jalapa L.Environ.MonitAssess 186(2): 751–759. doi:10.1007/s10661-013-3414-x. PMID:24068285**.**
- **WHO / FAO . (2007).** Food standard program codex Alimentarius commission 13th session.

- **WHO(World Health Organization).(2007).** Health risks of heavy metals from long range Trans boundary air pollution. http://www.euro.who.int/pubrequest .
- **World Health Organization. (2021).** Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. WHO Regional Office for Europe. ISBN 978 92 890 7179 6.
- **Wu ,H.,Liao,Q.,Chillrud,N.,Yang,Q., Huang ,L.,Bi,J.and Yan,B .(2016)**. Environmental Exposure to Cadmium:Health Risk Assessment and its Associations with Hypertension and Impaired Kidney Function',Scientific Reports,6(1).
- **Zhang, Q., Han, G., Liu, M., Li, X., Wang, L., & Liang, B. (2019).** Distribution and Contamination Assessment of Soil Heavy Metals in the Jiulongjiang River Catchment, Southeast China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(23), 4674.

الملاحق Appendices

ملحق 1 : صور توضح معامل الطابوق في قضاء الحي

ملحق 2 : صورة لنبات العاقول

ملحق 3 : صورة لنبات الطرطيع

ملحق 4 : صور التقطت اثناء جمع العينات من موقع الدراسة

البيانات المناخية

ملحق 5: معدل درجات الحرارة العظمى والصغرى لمدينة الكوت لسنة 2024

الشهر	معدل درجة الحرارة (C°)		
	العظمى	الصغرى	المعدل
1	15.84	4.55	10.19
2	19.89	7.35	13.62
3	25.43	10.53	17.98
4	36.11	16.63	26.37
5	39.60	21.49	30.54
6	43.10	24.61	33.85
7	46.75	27.99	37.37
8	46.26	27.45	37.57
9	41.89	23.93	33.16
10	33.98	15.53	24.67
11	25.40	12.19	18.47
12	19.50	4.39	11.57

ملحق 6: معدل الرطوبة النسبية العظمى والصغرى لمدينة الكوت لسنة 2024

الشهر	معدل الرطوبة النسبية (%)		
	الرطوبة النسبية العظمى	الرطوبة النسبية الصغرى	المعدل
1	87.17	36.00	61.58
2	82.40	34.70	58.55
3	74.85	26.33	50.59
4	60.80	18.94	39.87
5	41.75	16.03	28.89
6	30.49	12.76	21.63
7	27.47	12.00	19.73
8	27.57	12.38	19.97
9	35.24	15.24	25.24
10	43.66	11.10	27.38
11	74.56	30.35	52.45
12	75.86	28.76	52.31

ملحق 7: معدل سرعة الرياح واعلى سرعة للرياح واتجاه الرياح لمدينة الكوت لسنة 2024

الشهر	معدل سرعة الرياح (م / ثا)	اعلى سرعة للرياح (م / ثا)	اتجاه الرياح
1	1.75	6.72	W
2	1.99	7.24	W
3	2.22	8.05	E
4	2.12	7.87	W
5	2.63	8.75	W
6	2.13	8.86	W
7	2.13	8.60	W
8	1.76	9.11	W
9	1.75	8.37	NW
10	1.45	8.19	NW
11	1.42	6.72	NW
12	1.27	6.31	NW

5. The concentrations of the heavy metals lead, cadmium, cobalt, chromium, and nickel increased in the water samples collected from sites near the brick kilns, particularly in the southeastern direction at the first site (500 m), where the levels exceeded the permissible international limits (FAO/WHO, 2007). The concentrations reached 0.185, 0.812, 1.875, 0.570, and 0.445 mg L^{-1} of water, respectively.

3. The Pollution Load Index (PLI) for the soils studied near the brick kilns in the southeastern direction recorded the highest value at a distance of 500 m and at the first depth (0–30 cm), reaching 12.77. The lowest value was observed at the fourth distance (2000 m) and at the second depth (30–60 cm), which was 2.00. In the northwestern direction, PLI values decreased noticeably, and all studied sites showed PLI values of less than 1 (PLI < 1), indicating degradation of the soils in both the southeastern and northwestern directions.

The mean enrichment factor (EF) values recorded the highest levels for chromium in the southeastern direction at the first distance (500 m) and at the first depth (0–30 cm), reaching 13.15, which falls within the category of high enrichment compared to the other studied elements, most of which exhibited high or moderate enrichment.

Regarding the mean contamination degree (Cdeg), the highest values were observed in soils close to the brick kilns in the southeastern direction, specifically at the first distance (500 m) and the first depth (0–30 cm), reaching 67.04. This value indicates a very high degree of contamination compared to the other distances, most of which showed high contamination levels.

4.The total concentrations of heavy metals in the natural plant species studied (Schanginia aegyptiaca and Alhagi maurorum) were elevated at sites near the brick kilns. The southeastern direction at the first distance (500 m) recorded concentrations exceeding the permissible international limits (FAO/WHO, 2007). In Schanginia aegyptiaca, the concentrations of Pb, Cd, Co, Cr, and Ni reached 8.18, 2.32, 1.93, 15.00, and 125.00 mg kg^{-1} dry matter, respectively. In Alhagi maurorum, the concentrations were 7.05, 1.65, 1.56, 14.00, and 94.00 mg kg^{-1} dry matter, respectively. In contrast, the more distant sites recorded lower concentrations.

Abstract

To assess the pollution status of certain heavy metals (lead, cadmium, cobalt, chromium, and nickel), a field study was conducted to evaluate the impact of emissions from brick kilns in Al-Hay District, Wasit Governorate, on the contamination of soil, water, and plants in the surrounding areas. Soil, water, and plant samples were collected from four sites located at distances of 500, 1000, 1500, and 2000 meters from the pollution source, in addition to a reference site situated 3000 meters away.Soil samples were collected from two depths (0–30 cm and 30–60 cm) in the southeast and northwest directions. Plant samples were taken from the same sites and parts as the soil samples, including Portulaca oleracea and Amaranthus sp., to assess heavy metal accumulation. Water samples were collected from only two sites (500 and 1500 meters) in both directions. The study results indicated the following:

1. The total concentrations of heavy metals (Pb, Cd, Co, Cr, and Ni) were higher in the soils of the southeast sites near the brick kiln at the first depth (0–30 cm) and at a distance of 500 meters, compared to the northwest sites at the same depth and distance. Moreover, the first depth (0–30 cm) exhibited higher concentrations of all studied elements compared to the second depth (30–60 cm).

2. Human activities were identified as the main source of elevated pollution indices (CF, PLI, EF, Cdeg), especially in the southeast direction at the first distance (500 m) and the first depth (0–30 cm). The mean contamination factor (CF) values for Pb, Cd, Co, Cr, and Ni were 8.66, 10.67, 14.48, 21.31, and 11.92, respectively, indicating very high pollution. In contrast, CF values in the northwest direction were lower compared to the southeast, reflecting reduced contamination in the northwest soils .

The Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Wasit - College of Agriculture

Department of Soil Sciences and Water Resources

Evaluation of Soil, Water, and Plant produced By Brick Factories Activity in AL-Hay Wasit Governorate

A thesis submitted by

Zainab Saad Ahmed Rasan Al-Kaabi

to the

College of Agriculture Council, University of Wasit

As part of the requirements for a Master's degree in Agricultural Sciences - Soil Sciences and Water Resources

Supervised by

Asst. Dr. Mahdi Wasmi Saheb Al-Aidi

1447 A.H **2025 A.D**