وزارة التعليم و البحث العلمي
جامعة ديالى / كلية العلوم
قسم جيولوجيا النفط والمعادن

تأثير العمليات الصناعية في مصفى الدورة على جيوكيميائية ترب المناطق المجاورة

The effect of industrial processes in the Dora refinery on the of the surrounding soils

بحث مقدم الى مجلس قسم جيولوجيا النفط و المعادن وهو احد متطلبات الحصول على شهادة البكالوريوس في قسم جيولوجيا النفط و المعادن

اعداد

الطالب :عبدالودود سهيل عبدالله

الطالبة: رسل خميس صبر

الطالب: فاروق علي لطيف

الطالبة: نور محمد جهاد

اشراف

أ.د. كريم حسين خويدم

2022 **1444**

اقرار

اقـر بـأن مشـروع البحـث الموسـوم (**تـاثير العمليـات الصـناعية فـي مصـفى الـدورة علـى جيوكيميائيـة تـرب المنـاطق المجـاورة**) تـم اعـداده تحـت اشـرافي مـن قبـل الطلبـة (**عبـدالودود سهيل عبدالله، و رسل خميس صبر، و نـور محمـد جهـاد، و فـاروق علـي**) فـي كليـة العلـوم- جامعة ديالى وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في جيولوجيا النفط والمعادن.

التوقيع:

اسم المشرف: د.كريم حسين خويدم

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم جيولوجيا النفط والمعادن

التاريخ:

توصـية رئـيس القسـم او رئـيس اللجنـة العلميـة بنـاء علـى التوصـيفات المتـوافرة ارشـح البحـث للمناقشة

التوقيع:

الاسم: د. صلاح علي حسين

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم / قسم جيولوجيا النفط والمعادن

التاريخ:

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وَمِزَاجُهُ مِنْ تَسْنِيمٍ (٢٧) عَيْنًا يَشْرَبُ بِهَا الْمُقَرَّبُونَ (٢٨) ﴾

صدق الله العظيم

[المطففين ٢٧-٢٨]

اهداء

الى أمي ...

أبي ....

أخواني ..

الاصدقاء ..

الى التفاصيل الاخرى في الحياة....

شكر وتقدير

في البداية ، أود أن أشكر الله على نجاحي خلال عملي في هذه الرحلة. أود أن أقدم شكري وتقديري لمشرفي (الدكتور كريم حسين خويدم) الذي لم يدخر جهدا في مساعدتي ، ونصائحه خلال فترة البحث. أود أن أعبر عن تقديري بشكل خاص للأستاذ د.صلاح علي حسن (رئيس قسم جيولوجيا النفط والمعادن) ، الاستاذ مؤيد طاهر(مقررقسم الجيولوجيا) ،

وكما أتوجه بتحياتي إلى جميع التدريسيين في قسم جيولوجيا النفط والمعادن

وخصوصا الدكتور عبدالرضا محمد سحاب.

شكر خاص لِمن سهر لمساعدتي أثناء فترة البحث

أخيرًا ، يجب أن أعبر عن امتناني العميق جدًا لوالديّ لتزويدي بالدعم المستمر والتشجيع المستمر طوال دراستي

شكراً لكل من كان له اثر طيلة فترة دراستي.....

الخلاصة

المحتويات

- تعددت مصادر تلوث التربة بشكل كبير في الوقت الحالي بسبب تزايد تقنيات الصناعة واستخدامها الكبير من قبل الانسان حيث تعتبر الصناعة اكبر قطاع يحتوي على مجموعة متنوعة من الملوثات التي يمكن ان تعمل على زيادة تراكيز بعض العناصر في التربة وبالتالي تصبح التربة ملوثة وتشكل خطراً على الانسان .

- تم في الدراسة الحالية تحليل لبعض الترب حول مصفى الدورة – جنوب بغداد لغرض تحديد مستويات بعض العناصر الثقيلة ودراسة تأثير العمليات الصناعية في مصفى الدورة على ترب المناطق المجاورة .

و خَلُصت الدراسة ان هناك تأثير للعمليات الصناعية في المصفى على ترب المناطق المجاورة حيث تبين ان الاكاسيد الرئيسية في منطقة الدراسة هي

(CaO، Al2O3، MgO، Fe2O3، Na2O، K2O، TiO2، SiO) وقد اظهرت النتائج ان نسب هذة الاكاسيد في منطقة الدراسة هي عالتوالي

(17.868، 6.585 ، 3.706، 4.198 ، 3.406 ، 1.105، 0.585، 44.6) يلاحظ ان اكثر الاكاسيد وفرة في منطقة الدراسة هو اوكسيد الكالسيوم حيث تعدى المعدل العالمي لتركيز الاكاسيد في التربة يليه الاكاسيد الاخرى بنسب اقل

اما بالنسبة للعناصر الثقيلة فقد بينت الدراسة ان اكثر العناصر الثقيلة وفرة في منطقة الدراسة هو عنصر الحديد(Fe=63365.33) يليه عنصر الفاناديوم (V=3288)يليه عنصر المنغنيز(Mn=1195)يليه عنصر الكروم (Cr=774.83)ثم يليه عنصر النيكل (Ni=435.17) ثم تليه بقية العناصر بتراكيز اقل

(Zn=279, pb=82, Cu=74, Co=28) واغلب تراكيز العناصر الثقيلة التي ظهرت في هذه الدراسة هي اعلى من المعدلات العالمية.

التسلسل	الموضوع	الصفحة
	الفصل الاول	
1-1	مقدمة	2_3
2-1	موقع منطقة الدراسة	4
3-1	جيولوجيا منطقه الدراسة	5
5-1	هدف الدراسة	6
6-1	العناصر الثقيلة	6
(1-6)	الرصاص(pb)	6
(2-6)	الكادميوم(Cd)	6
(3-6)	الكوبالت(Co)	7
(4-6)	النيكل(Ni)	7
(5-6)	الحديد(Fe)	8
(7-6)	النحاس(Cu)	8
(8-9)	الكروم(Cr)	9
(9-6)	الخارصين(Zn)	9
7-1	الدراسات السابقة	10
	الفصل الثاني	11
1.2	مقدمة	12
2.2	المواد وطرائق العمل	12
	العمل الحقلي	12
	العمل المختبري	12
3.2	جيوكيمياء الاكاسيد الرئيسية	12
(1-3)	Silica (SiO2)	14
(2-3)	Iron oxide (Fe2O3)	15
(3-3)	Aluminium oxide (Al2O3)	16
(4-3)	Titanium oxide (TiO2)	16
(5-3)	Calcium oxide (CaO)	17
(6-3)	Magnesium oxide (MgO)	18
(7-3)	Sodium oxide (Na2O)	18
(8-3)	Potassium oxide (K2O)	19
(9-3)	Loss on Ignition (L.O.I)	20
4.2	جيوكيمياء العناصر الثقيلة	21
(1-4)	Cobalt (Co)	24
(2-4)	Chromium (Cr)	24
(3-4)	Copper (Cu)	25
(4-4)	Nickel (Ni)	26
(5-4)	Lead (pb)	26

27	Manganese (Mn)	(6-4)
27	Iron (Fe)	(7-4)
28	Cadmium (Cd)	(8-4)
28	Zinc (Zn)	(9-4)
29	Vanadium (V)	(10-4)
30	تقييم التلوث	5.2
31	عامل الارثاء (EF)	(1-5)
32	عامل التلوث (CF)	(2-5)

الفصل الاول

مقدمة

1-1- مقدمة :

أن قضـايا البيئـة أصـبحت تحتـل المرتبـة الاولـى مـن اهتمـام المجتمعـات الحديثـة نظـراً للدراسـات التـي تشـير الـى علاقـة مظـاهر التلـوث البيئـي بظهـور الامـراض عنـد الانسـان، وتـدهور الأحيـاء البحريـة والبريـة علـى كوكـب الارض، ومـع تطـور الحيـاة والتقـدم الصـناعي والتكنولـوجي اصـبحت البيئة بكافة عناصرها الماء، الهواء، والتربة تتعرض لملوثات جديدة لم تكن معروفة سابقاً.

إن التلـوث البيئـي يـؤدي إلـى أضـرار كبيـرة علـى الإنسـان، فتلـوث البيئـة سـبب رئيسـي مـن أسـباب أمـراض الإنسـان، وخاصـة تلـوث الهـواء الـذي يعـود علـى الإنسـان بكثيـر مـن الأمـراض التنفسـية والأوبئـة، ومـن أضـرار التلـوث البيئـي أيضـاً يسـبب ضـرراً كبيـراً علـى الزراعـة وعلـى المحاصـيل الزراعيـة، ولـه أضـراراً لا تظهـر إلا علـى المـدى البعيـد، وتعـود هـذه الأضـرار بشـكل رئـيسٍ علـى الإنسـان، وهـذه الأضـرار هـي الامـراض السـرطانية التـي تصـيب الإنسـان، والتـي تـأتي بسـبب المـواد المسرطنة والمواد المشعة .

ومـن اسـباب التلـوث البيئـي : عامـل التقـدم والتطـور الصـناعي ويقصـد بـه أن الحيـاة المعاصـرة ومـا افرزتــه وســائلها الصــناعية والتقنيــة مــن آثــار ســلبية ضــارة كالإشــعاعات الذريــة والمــؤثرات الكيمياويـة ونفايـات المصـانع وابخـرة السـيارات والآلات الاخـرى ممـا لهـا الأثـر البـالغ فـي التلـوث البيئـي. ان التلـوث النفطـي هـو جـزء مـن التلـوث البيئـي، اغلـب المشـتقات النفطيـة تمتلـك درجـة ذوبـان قليلـة فـي المـاء لأن كثافتهـا اقـل منـه وهـذا يحـدد انتشـارها بدرجـة كبيـرة فـي تـرب المنطقـة التـي ينفـذ لهـا المـاء المشـبع بتلـك المشـتقات النفطيـة عـن طريـق قـوتين الاولـى قـوة الجاذبيـة وهـي الأكثـر تـأثيراً امـا القـوى الثانيـة قـوة الضـغط الشـعيري فهـو المتسـبب فـي الانتشـار الجـانبي, وهـذه قـوة الضـغط الشـعيري تعتمـد علـى الـنمط الـذي تنتشـر بـه المشـتقات (مجلـة دراسـات الخلـيج و الجزيـرة العربية،2016)

لقـد عانـت البيئـة العراقيـة بشـكل كبيـر نتيجـة عمليـات الـنفط والتـي أدت إلـى تلـوث كبيـر لعناصـر البيئـة المختلفـة (المـاء والهـواء والتربـة) مـن خـلال حفـر آبـار الـنفط سـواء كانـت استكشـافية أو أنتاجيـة او ما تخلفه المياه او الاطيان. ((جودة, جعفر, 2018))،

تتميـز البيئـة فـي العـراق بشـكل عـام و بشـكل خـاص بـأنواع مختلفـة مـن مصـادر الملوثـات الخطـرة خاصـة مـع وجـود أكثـر مـن 20 حقـلاً نفطيـاً منتجـاً، وتضـم حقـول الـنفط العراقيـة نحـو 150 مليـار برميل من الاحتياطيات المؤكدة.(مجلة دراسات الخليج و الجزيرة العربية,2016)

تلوث التربة هو التلوث الذي يصيب الغلاف الصخري والقشرة العلوية للكرة الأرضية. من أبرز مشكلات البيئة وأكثرها تعقيدا وأصعبها حلاً هي مشكلة تلوث التربة وينتج هذا التلوث من نفايات ومخلفات المصانع ، وعن استعمال المواد الكيميائية ، مثل مبيدات الآفات والأسمدة الصناعية في الزراعة ، كما ينتج عن نفايات مخلفات المنازل والمباني .

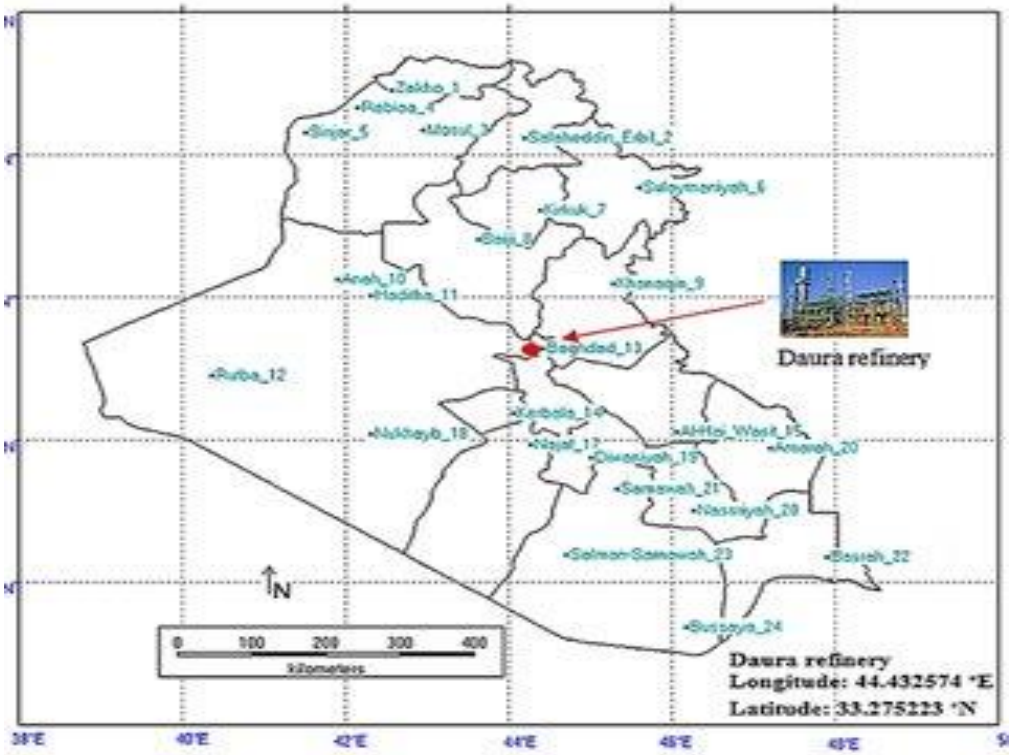
وتزداد مشكلة هذا التلوث بزيادة إنتاج المواد الكيميائية واستخدامها في الصناعة ، حيث يؤدي التخلص من هذه المواد إلى تلوث التربة والماء ، ويزداد حجم مشكلة التلوث من الصناعة عندما يكون هناك إهمال أو عدم اهتمام بالتخلص من مخلفات المصانع الكيميائية بالوسائل التي تحافظ على التربة من التلوث ، ففي عمليات صهر النحاس الخام مثلا يتسرب عنصر الزرنيخ السام والمختلط بالمعدن الخام إلى التربة والماء ، إذا لم يكن هناك إجراءات دقيقة لمنع تسرب الزرنيخ إلى التربة والماء . وتزداد نسبة الرصاص في التربة ومصادر الماء القريبة من طرق النقل السريع ، وذلك بسبب وجود مركبات الرصاص في جازولين السيارات حيث تخرج هذه المركبات مع عوادم السيارات لتلوث التربة والمياه القريبة من الطرق. ولا شك أن الزيادة السكانية الهائلة التي حدثت في السنوات القليلة الماضية أدت إلى ضغط شديد على العناصر البيئية. تعتبر التربة ملوثة باحتوائها على مادة أو مواد بكميات أو تركيزات على غير العادة فتسبب خطر على صحة الإنسان والحيوان والنبات. (ابوراس،2012)

2-1- موقع منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدورة في الجزء الجنوبي من مدينة بغداد ضمن منطقة السهل الرسوبي المنبسط الذي يمثل الجزء الغربي من الرصيف غير المستقر ضمن نطاق ما بين النهرين.

وتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (33°14´ _ 33° 17´) شمالا وخطي طول (44° _ 44° 26´ 21´) شرقا .ويبلغ معدل انحدار سطح الارض 0.1 م نحو الجنوب ويتراوح ارتفاع سطح الارض بين (30 _ 32) م فوق سطح البحر . شكل رقم (1) .

وتضم المنطقة تجمعات سكنية ومناطق زراعية ومنشات صناعية مثل مصفى الدورة ومحطة كهرباء الدورة ويحد المنطقة من جهة الشمال والشرق نهر دجلة والذي هو في مرحلة النضج مكونا التواءات نهرية وعدداً من الجزر بسبب تباطؤ سرعته وزيادة في ترسيبه. (جاسم, 2003)



شكل رقم (1): خريطة توضح موقع منطقة الدراسة.

شكل (2): صورة جوية توضح مواقع النمذجة لمنطقة الدراسة.

3-1-جيولوجية منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة في منطقة الرصيف غير المستقر وبالتحديد ضمن السهل الرسوبي او ما يسمى بمنطقة ما بين النهرين(Zone Mesopotamian) والتي قسمها (Buday ,1978) الي منطقة دجلة الثانوية ومنطقة الفرات الثانوية وتشكل الترسبات الطمئية القديمة والحديثة في منطقة البحث جزءاً من رسوبيات السهل الرسوبي الذي يقع ضمن منخفض الحوض الجيوسنكلايني بين جبال زاكروس في الشمال الشرقي والهضبة العربية المستقرة

(Stable Arabian Plateue) في الجنوب الغربي (الهيتي ، 1985) .

ان منطقة البحث تغطى بالترسبات الحديثة من العصر الرباعي (Quaternary) بعهدية البلايستوسين (Pleistocene) والحاضر (Holocene) وان هذه الترسبات والتتابعات الطباقية قد اعتمدت على التذبذبات المناخية مما ادى الى ظهور اطوار متكررة من التراكم والتعرية (جاسم ,2003)

1- 4 - هدف الدراسة :

1- معرفة تاثير العمليات الصناعية في مصفى الدورة على جيوكيميائية ترب المناطق المجاورة لمنطقة الدراسة.

2- معرفة تركيز العناصر الثقيلة في تربة منطقة الدراسة و خاصة المتأثرة بالحقول النفطية .

1-6-العناصر الثقيلة :

العناصر الثقيلة هي عناصر طبيعية من قشرة الأرض. لايمكن ان تتحلل او ان تتكسربدرجة صغيرة يدخلون أجسامنا عن طريق مياه الشرب والغذاء والهواءالعنصر الثقيل يشير إلى أي عنصر كيميائي معدني لديها كثافة عالية نسبيا وغير سامة أو سامة عند تركيزات منخفضة. أمثلة للعناصر الثقيلة تتضمن الكادميوم (Cd) و الرصاص (Pb) والكوبلت(Co)والنيكل(Ni) والنحاس(Cu)والحديد (Fe)والكروم (Cr)والخارصين (Zn)

1.6.1.الرصاص(pb)

عنصر كيميائي رمزه Pb وعدده الذرّي 82؛ ويقع في الجدول الدوري ضمن مجموعة الكربون (المجموعة الرابعة عشرة؛ وهي أيضاً المجموعة الرابعة وفق ترقيم المجموعات الرئيسية). الرصاص فلزٌّ ثقيل ذو كثافةٍ مرتفعةكما أنّه فلز مستقرّ، وثلاثةٌ من نظائره تقع في نهاية سلسلة اضمحلال العناصر الثقيلة

2.6.1.الكادميوم (Cd)

هو عنصر كيميائي له الرمز Cd والعدد الذري 48 في الجدول الدوري للعناصر. اكُتشف الكادميوم عام 1817 من قبل فريدريك ستروميري. أصل الاسم مشتق من الكلمة اللاتينية

cadmia ومعناهـا كربونـات الخارصـين. أو مشـتق مـن الكلمـة اليونانيـة kadmeia ولهـا نفـس المعنى السابق

اضـراره : - زيـادة تركيـز الكـادميوم فـي الجسـم تسـبب الامـراض التاليـة 1- الاسـهال والام المعـدة والتقيـؤ . ٢ - امـراض هشاشـة العظـام واضـطرابات تنفسـية . ٣ - سـرطانات وعقـم ، وتضـرر الحموضـة النوويـة . 4 - زيـادة ضـغط الـدم وتـأثيرات علـى عضـلة القلـب . 5 - احـتلال وظـائف الكليتـين مسـبب مـرض الفشـل الكلـوي . 6 - لـه تـأثير علـى الجهـاز العصـبي المركـزي ويـؤدي الـى تلف الكبد في الحالات الشديدة

3.6.1.الكوبالت (Co)

هو عنصر كيميائي من عناصر الجدول الدوري. ورمزهCo ، وعدده الذري 27، ولونه رمادي فلزي.
الكوبالت معدن صلب، لامع، في مختلف الخامات،

هناك العديد من المخاطر التي ترتبط بعنصر الكوبلت، كما ويمكن تصنيفها كالآتي:

(H317)قد يسبب وتفاعل حساسية الجلد.

(H334)قد يسبب أعراض الحساسية أو الربو أو صعوبات في التنفس إذا تم استنشاقه(H413) قد يسبب تأثيرات ضارة طويلة الأمد للحياة المائية

4.6.1.النيكل (Ni)

هـو عنصـر كيميـائي لـه الرمـز Ni والعـدد الـذري 28 فـي الجـدول الـدوري للعناصـر، وهـو فلـز أبـيض فضـي بمظهـر ذهبـي خفيـف وهـو أحـد المـواد المغناطيسـية فـي درجـة حـرارة الغرفـة. يرجـع اسـتخدام هـذا العنصـر لعـام 3500 ق.م. ولكـن تـم فصـله لأول مـرة علـى يـد العـالم السـويدي أكسـل فريدريك كرونستيدت الذي أخطأ في اعتقاده أنه خام معدن النحاس.

يعـد النيكـل خطـراً علـى الصـحة فقـط فـي حـال دخولـه إلـى الجسـم. ولا يعـد التعـرض الخـارجي لأشـعة غامـا أمـراً مقلقـاً وذلـك لكـون نظيـري النيكـل هـذين لا يصـدران أشـعة غامـا بكميـة مهمـة. إذ أن النيكـل-63 يضـمحل عـن طريـق إصـداره جسـيم بيتـا كمـا أن النيكـل-59 يضـمحل عـن طريـق أسـر إلكتـرون، يـتم فيـه إصـدار أشـعة غامـا منخفضـة الطاقـة. أمـا فـي الجسـم، فـإن النيكـل يمثـل خطـراً

صحياً بسبب جسيمات بيتا وأشعة غاما؛ ويرتبط القلق الصحي الأساسي بالاحتمال المتزايد للتسبب بنشوء السرطان.

المركز الدولي لبحوث السرطان circ يصنف النيكل من المواد المسببة لسرطان عند الإنسان، التعرض المزمن للنيكل هو أحد عوامل الخطر للإصابة بـ سرطان الرئة.

النيكل هو أكثر المعادن المسببة للحساسية (12% من السكان مصابون بالحساسية نتيجة استخدامهم المفرط للنيكل حيث تصاب غالبية النساء بـ الاكزيما نتيجة استعمالهم للمجوهرات والاكسسوارات التي تحتوي على النيكل. ولهذا السبب تم استبعاده لسبائك النيكل المستخدمة للعملات الأوروبية الجديدة.

5.6.1.الحديد(Fe)

عنصرٌ كيميائي رمزه Fe وعدده الذرّي 26، وهو ينتمي إلى عناصر المستوى الفرعي d ويقع على رأس عناصر المجموعة الثامنة في الجدول الدوري؛ ويصنّف كيميائياً ضمن الفلزّات الانتقالية.

عند أخذ الحديد بجرعة أكثر من 40 مليغرام/كلغرام، وتعد جرعة الحديد التي تتجاوز 60 ملغرام/كلغرام قاتلة في بعض الأحيان. غالبًا تسمم الحديد يؤدي إلى الاتي: تلف الأعضاء الحيوية، مثل: الدماغ، والكبد، وغالبًا يحدق عند وصول الحديد الزائد إلى داخل هذه الأعضاء. موت الخلايا وتوسع الأوعية الدموية.ينتج ارتفاع مخزون الحديد بالجسم من عدة مشكلات الصحية مثل: والتهاب المفاصل، والالتهابات المختلفة، وارتفاع هرمون الغدة الدرقية، ومرض السرطان.وهذا الارتفاع يؤدي إلى أضرار أغلبها خطيرة جدً

6.6.1.النحاس(Cu)

هو عنصر كيميائي الرمزCu :العدد الذري: 29

يدخل في تركيب العديد من السبائك حيث يضاف مثلا للذهب بكميات قليلة لإعطاء الذهب الصلابة الكافية في تصنيع المصاغ

بـالرغم مـن أهميـة معـدن النحـاس لجسـم الإنسـان، إلا أنـه مـن المهـم عـدم زيـادة مسـتوياته، فأنـت بحاجـة إلـى جرعـات قليلـة منـه يوميًـا، تنـاول الكثيـر مـن النحـاس مـن شـأنه أن يسـبب تسـمم النحـاس، والذي يترافق مع الأعراض التالية:

الغثيـان والقـيء، قـد يكـون فـي بعـض الأحيـان ممزوجًـا مـع الدم.الاسـهال والـم فـي المعـدة وتغيـر لـون البـراز الـى الغـامق وصـداع وصـعوبة فـي التـنفس وعـدم انتضـام نبضـات القلـب وانخفـاض ضـغط الدم والدخول في غيبوبة وتضرر الكبد والكلى

7.6.1.الكروم (Cr)

عنصرٌ كيميـائي رمـزه Cr وعـدده الـذرّي 24، وهـو ينتمـي إلـى عناصـر المسـتوى الفرعـي d ويقـع علــى رأس عناصــر المجموعــة السادســة فــي الجــدول الــدوري؛ ويصــنّف كيميائيــاً ضــمن الفلــزّات الانتقالية

يمكـن تلخـيص أضـرار الكـروم علـى الصـحة تهـيّج ونزيـف الأنـف. قرحـة المعـدة واضـطرابها. أضـرار فـي الجهـاز التنفسـي. أضـرار فـي جهـاز المناعـة. تلـف كـل مـن الكبـد والكلـى. تغييـر المـادة الوراثية. التسبّب بسرطان الرئة. التسبّب بالموت في حال كانت الكميات المتعرّض لها عالية.

8.6.1.الخارصين (Zn)

عنصـر كيميـائي فلـزي ذو لـون ابـيض رصاصـي رمـزه Zn و هـو ينتمـي إلـى مجموعـة العناصـر الأنتقاليـة مـن الجـدول الـدوري . العـدد الـذري للخارصيـن 30ألـم المعـدة والإسـهال: عـادةً مـا يحـدث ألـم المعـدة والإسـهال بـالتزامن مـع الغثيـان والقـيء. أعـراض مشـابهة للإنفلـونزا: قـد يـؤدي الإفـراط فــي تنــاول الزنــك إلــى ظهــور أعــراض تشــبه أعــراض الأنفلــونزا، مثــل: الحمــى، والقشــعريرة، والسعال، والصداع، والتعب.

1-6- الدراسات السابقة :

- قام التكريتي (1997) بالتحقيق في التلوث الناتج عن كوكبين للطاقة (كوكب الدورة وجنوب بغداد) من خلال تحديد تركيزات الغازات الملوثة (HC ، CO، SO2 ، NO2)المنبعثة من هذين الكواكب ، بواسطة
- عثمان وآخرون (1998) درس تأثير الغازات الصناعية التي تصب في مياه الصرف الصحي من مجمع غاز الشمال على التلوث البيئي في المنطقة المحيطة.
- جاسم (2003) درس المؤشرات البيئية للمياه المترشحة في منطقة الدورة / بغداد.

- قام آفاق وآخرون (2000) بدراسة ملوثات الهواء مثل TSP و HC و CO و NOX و SOX و H2S التي تنبعث في الهواء من مصفاة بيجي ، ووجد الباحثون أن تركيزات بعض هذه الملوثات أعلى من القيم القياسية.

- قام آفاج وآخرون (2008) بدراسة الملوثات مثل فوسفات الصوديوم ، الهيدروكربونات ، ثاني أكسيد الكربون ، أكاسيد النيتروجين ، أوكسيد الكربون ، كبريتيد الهيدروجين وتوزيع هذه الملوثات داخل وحدات الإنتاج في مصفاة الدورة لدراسة الأثر البيئي للتركيزات المرتفعة لمصفاة الدورة. الملوثات على العاملين في المصفاة.
- دراسة محمد عامر العامري (2011) بعنوان (تلوث التربة والنباتات ببعض العناصر الثقيلة الناتجة من انبعاث مصفى الدورة على المنطقة المحيطة) : ناقشت دراسة هذه الدراسة حالة التلوث بالمعادن الثقيلة في داخل المصفى الدورة والمناطق المحيطة به ، وتوصلت الدراسة الى تلوث بالعناصر الثقيلة وبتراكيز عالية اثرت في خصائص التربة .
- لمياء عبد الامير (2013) درست تقييم التأثيرات البيئية لمصفى النفط في كركوك .
- حسن علي و عمران بندر (2014) درسوا التداخل السكاني و أثارها البيئية و الصحية في (منطقة مصفى الدورة الصناعي) .

الفصل الثاني

الجيوكيمياء

1.2 مقدمة

يتضمن هذا الفصل التوزيع الجيوكيميائي للأكاسيد الرئيسية و العناصر النادرة في ترب المناطق المجاورة لمصفى الدورة في بغداد ، مقارنة بالمتوسطات العالمية في القشرة القارية العليا (UCC) ، Post Archean Australian Shale (PAAS) وKabata-Pendias ، 2011.

هذا التحليل تم باستخدام الأشعة السينية الفلورية (XRF) في المختبرات ألماني ، في قسم الجيولوجيا جامعة بغداد.

2.2.المواد وطرائق العمل

1.2.العمل الحقلي:

تم في الدراسة الحالية جمع (5) عينات تربة من المناطق المجاورة لمصفى الدورة جنوب بغدادوعينة من مكان اخر. لغرض تحديد تركيز بعض العناصر الثقيلة في العينات حيث جمعت العينات من عمق (5-15) سم وذلك بعد إزالة (5)سم العليا بعدما تم وضع العينات في أكياس بلاستيكية ووضع رقم لكل عينة وتثبيت موقعها على الخريطة. بعدها تم نقل العينات للمختبر لغرض تحضيرها للقياس بجهاز (**XRF**).

2.2.العمل المختبري:

تم اخذ 20 غرام من كل عين التربة وتجفيفها ومن ثم طحنها ووضعها في أكياس ونقلها إلى المختبر العراقي الألماني في قسم علم الارض- كلية العلوم- جامعة بغداد لغرض قياس تركيز العناصر الثقيلة (Co-Cu-Cr-Ni-pb-Mn-Fe-Cd-Zn-V)والاكاسيد الرئيسية-(SiO_2 Fe_2O_3-Al_2O_3- TiO_2- CaO- MgO- Na_2O - K_2O) بواسطة جهاز (**XRF**).

3.2 . جيوكيمياء الأكاسيد الرئيسية

تراكيز الأكاسيد الرئيسية في منطقة الدراسة هي

(SiO2 ، Al2O3 ، CaO ، MgO ، Fe2O3 ، K2O ، Na_2O ، TiO_2 ، SO_3 ،و LOI)

كما في الجدول (1-2) لأخذ خمس عيناتمن المناطق المجاورة لمصفى الدورة وعينة من منطقة المحسن في ديالى لغرض المقارنة.

جدول (1_2) تركيزات الأكاسيد الرئيسية في منطقة الدراسة.

Sample	SiO_2%	Fe_2O_3%	Al_2O_3%	TiO_2%	CaO%	MgO%	Na_2O%	K_2O%	L.O.I
A_1	52	4	8	1	23	5	3	1	21
A_2	45	6	10	1	28	5	2	2	25
A_3	47	4	7	1	28	4	3	1	34
A_4	48	8	11	1	21	6	1	2	19
A_5	48	6	10	1	22	6	2	0.1	24
A_6	28	5	5	1	19	4	14	1	12
Range	28_52	4_8	5_11	_	19_28	4_6	1_14	0.1_2	12-34
Average	44.6	4.198	6.585	0.585	17.868	3.706	3.406	1.105	22.5

جدول (2-2) المعدلات العالمية لتركيز الأكاسيد الرئيسية (٪) ، (جزء في المليون) ومقارنتها مع رواسب الدراسة الحالية

Elements	U.C.C.	P.A.A.S.	This study
SiO_2	66	62.8	**44.6**
Fe_2O_3	5	7.22	**4.198**
Al_2O_3	15.2	18.9	**6.585**
TiO_2	0.5	1	**0.585**
CaO	4.2	1.3	**17.868**
MgO	2.2	2.2	**3.706**
Na_2O	3.9	1.2	**3.406**
K_2O	3.4	3.7	**1.105**

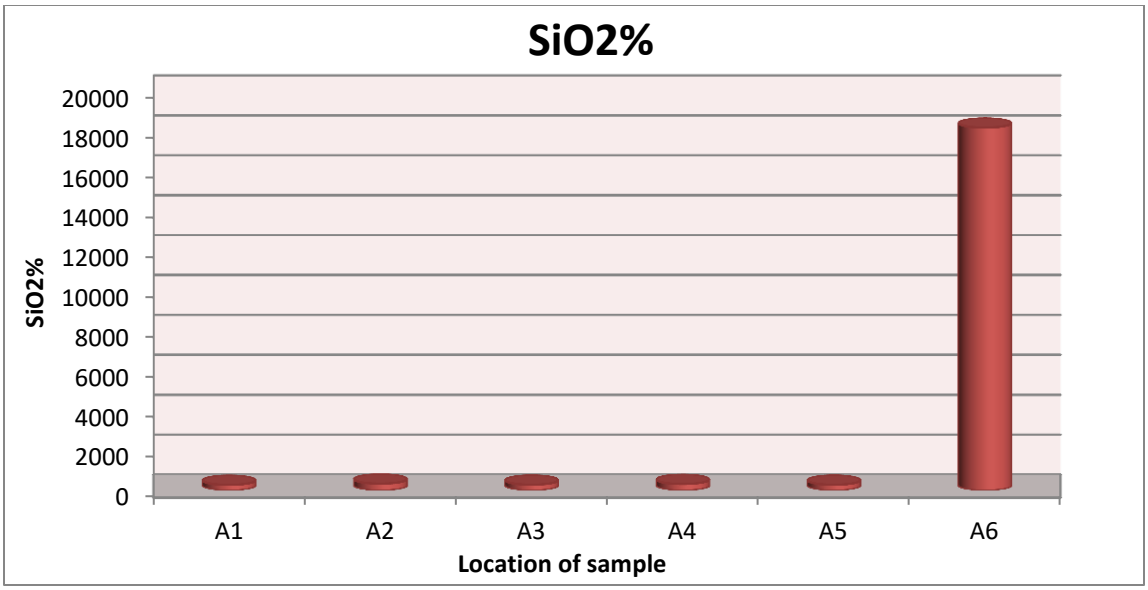
1.3.2. silica (SiO_2)

السيليكا هي أكثر أنواع الأكسيد وفرة في منطقة الدراسة وقد تراوحت بين (28%_52%)

بمتوسط 44.6٪ جدول (2-1)

هذه القيم أقل من المتوسطات العالمية (..P.A.A.S و.U.C.C)

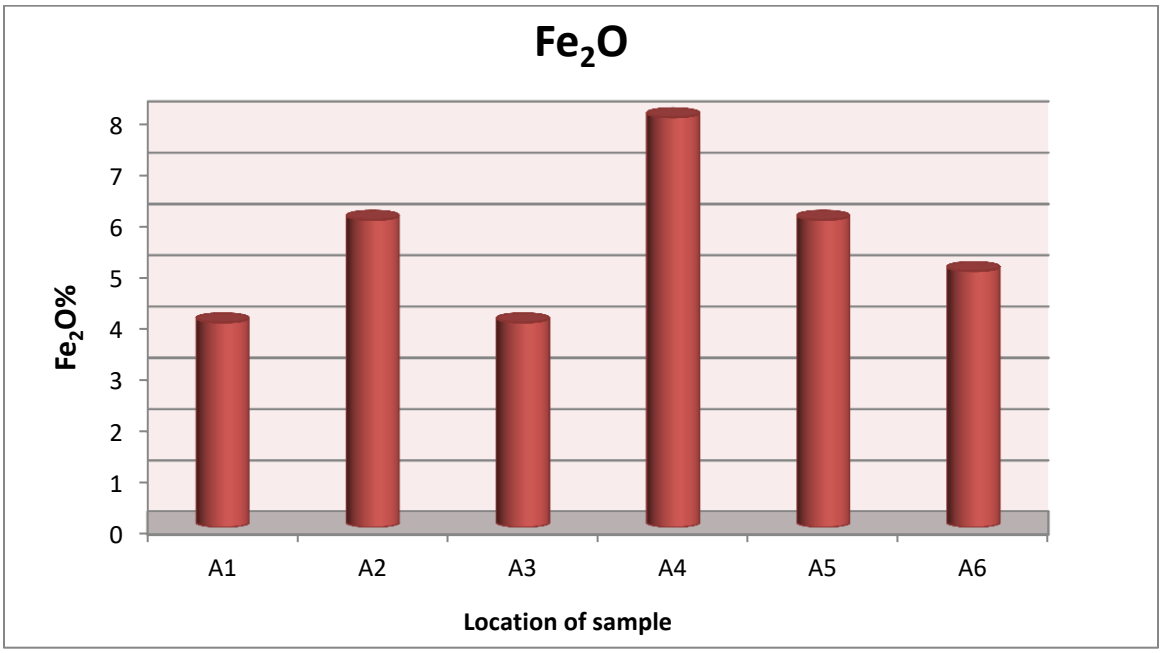
يرجع الفضل في ارتفاع نسبة السيليكا لوجودها الكبير على شكل معادن كوارتز وكمية أقل من الفلسبار في الجزء الطمي والرمل وكذلك دخوله في المادة الكيميائية تكوين معادن الطين ، وهذا ما يؤكده التصوير الصخري والأشعة السينية التحليلات. شكل (2-1) يمثل توزيع السيليكا في منطقة الدراسة.



شكل(2_1) توزيع السيليكا في منطقة الدراسة.

Iron oxide (Fe2O3). 2.3.2

يتراوح اوكسيد الحديد بين (4_8%) بمتوسط 4.198٪ في منطقة الدراسة. جدول (4-1) هذه القيم أقل من المتوسط العالمي(P.A.A.S.) وقريبة من المتوسط العالمي (U.C.C.) شكل (2-2) يمثل توزيع أكسيد الحديد في منطقة دراسة.

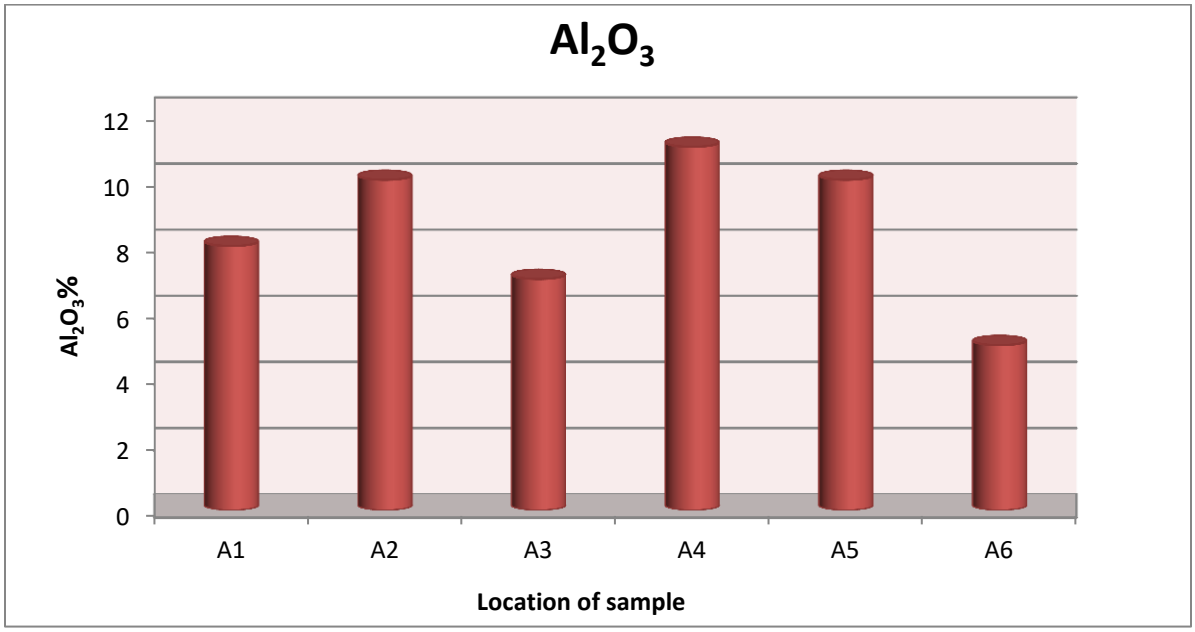


شكل(2_ 2) توزيع اوكسيد الحديد في منطقة الدراسة.

Aluminium oxide (Al2O3) .3.3.2

أوكسيد الألومنيوم يتراوح بين (5_11%) بمتوسط 6.585٪ في منطقة الدراسة جدول (2_1)

هذه القيم هي اقل من المعدلات العالمية (U.U.C. and P.A.A.S.)

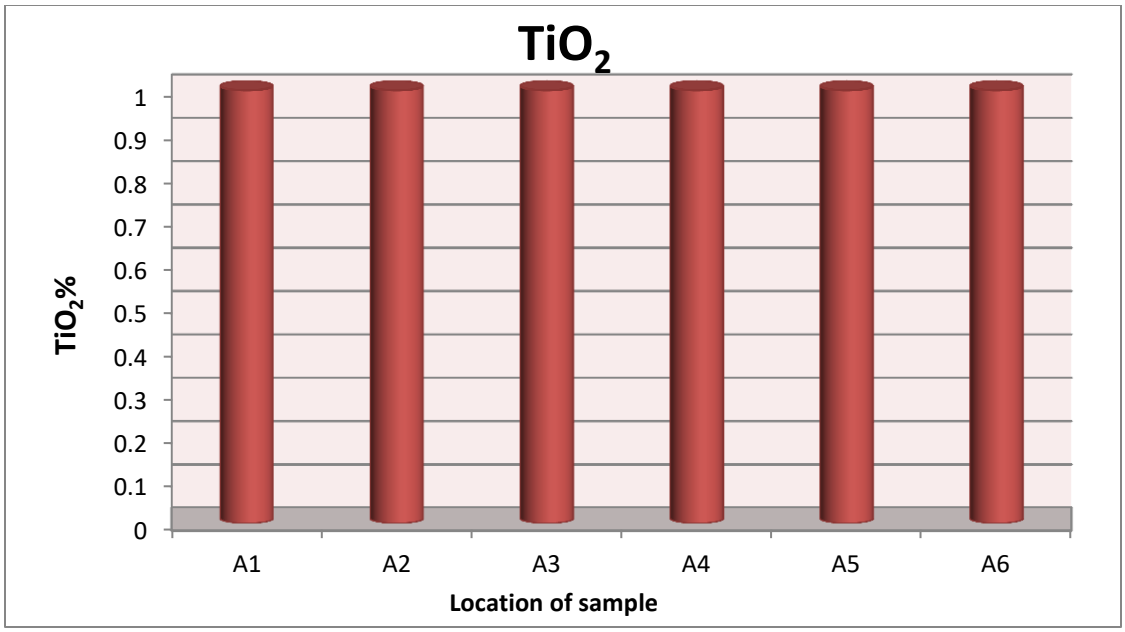


شكل (2_3) توزيع اوكسيد الالمنيوم في منطقة الدراسة

Titanium oxide (TiO2) .4.3.2

أوكسيد التيتانيوم يتراوح بين (1%) بمتوسط 1٪ في منطقة الدراسة جدول(2_1) وان هذه القيم اقرب الى المتوسطات العالمية. وجد أوكسيد التيتانيوم بكثرة في الإلمنيت ($FeTiO_3$)، الروتيل (TiO) والمعادن الطينية خاصة في المونتموريلونايت (النجاري، 2019).

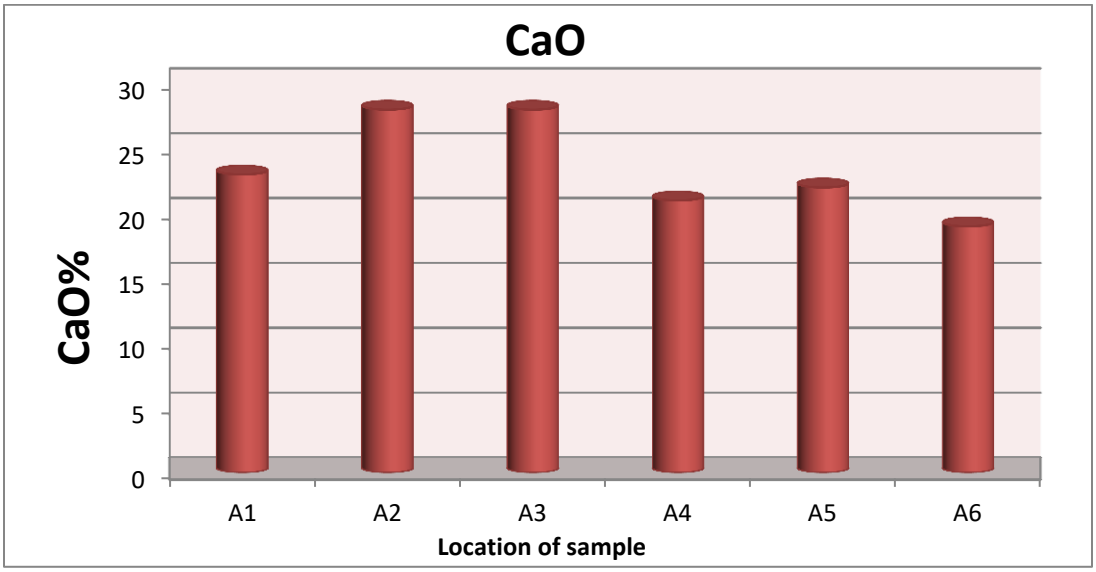
يعتمد التناقض في تركيز أوكسيد التيتانيوم على القدرة ليحل محل الحديد والألمنيوم حسب التبادل الكاتيوني، والتي تزداد مع زيادة معادن الطين وحجم طين (الجبوري 2005). شكل(2-4) يمثل توزيع أوكسيد التيتانيوم في منطقة الدراسة



شكل (2-4) يمثل توزيع أوكسيد التيتانيوم في منطقة الدراسة

5.3.2. Calcium oxide (CaO) .

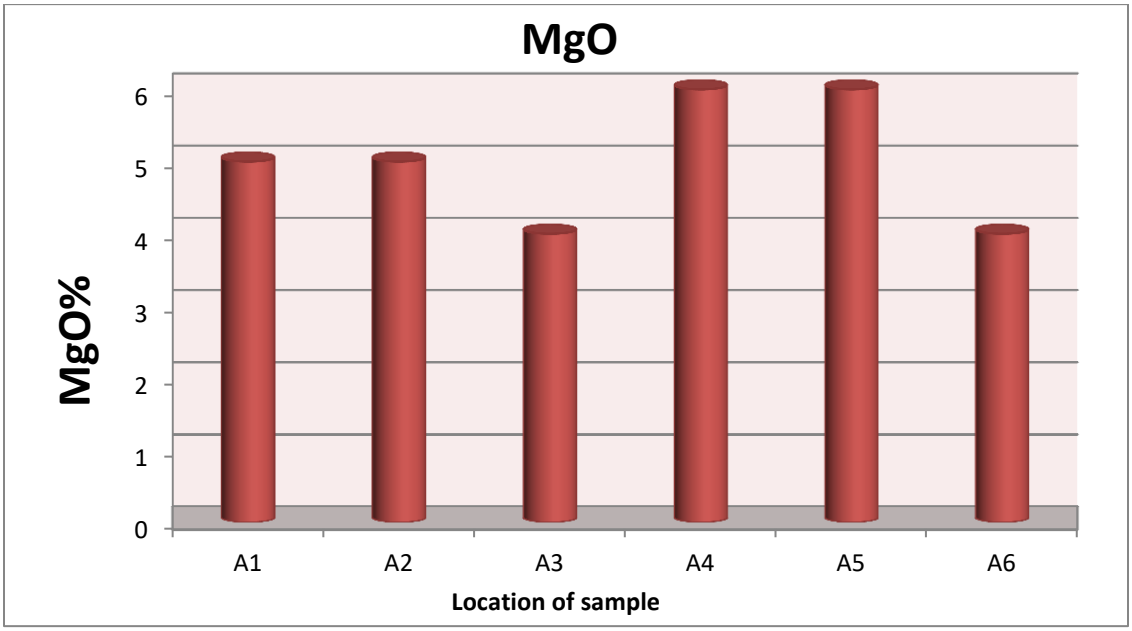
تراوح أوكسيد الكالسيوم بين (19_28%) بمتوسط 17.868٪ في منطقة الدراسة.جدول (2_1) وان هذه القيم اعلى من المتوسات العالمية (U.U.C. and P.A.A.S.)



شكل (2-5) توزيع أوكسيد الكالسيوم في منطقة الدراسة.

Magnesium oxide (MgO) .6.3.2

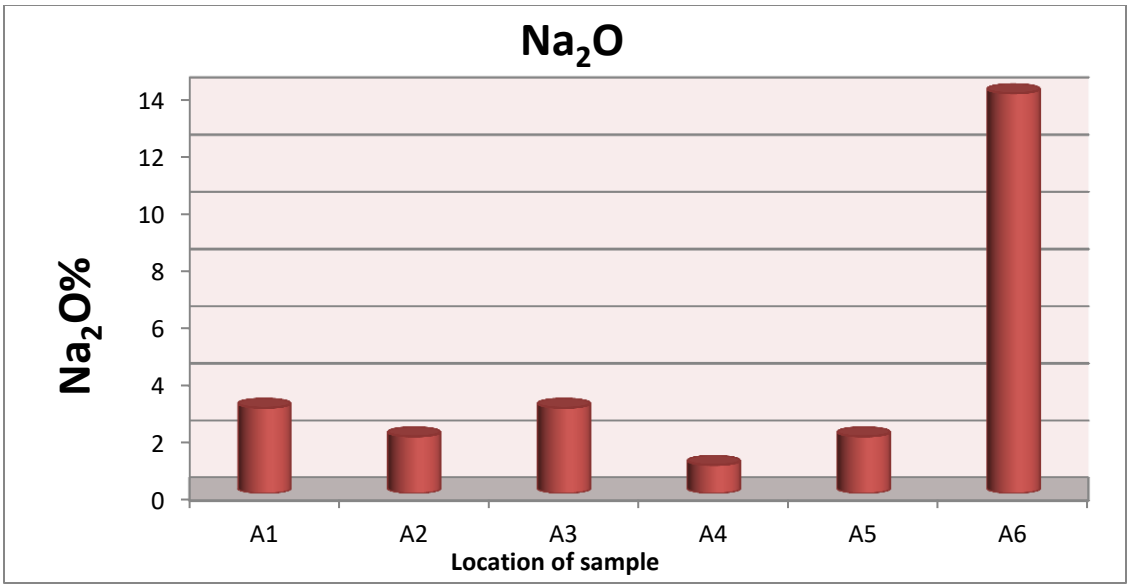
أوكسيد المغنيسيوم تراوح بين (4_6%) بمتوسط 3.706٪ في منطقة الدراسة .جدول (1_2) وان هذه القيم هي اعلى من المتوسطات العالمية (U.U.C. and P.A.A.S.)



شكل (2-6) توزيع أوكسيد المغنيسيوم في منطقة الدراسة.

Sodium oxide (Na2O) .7.3.2

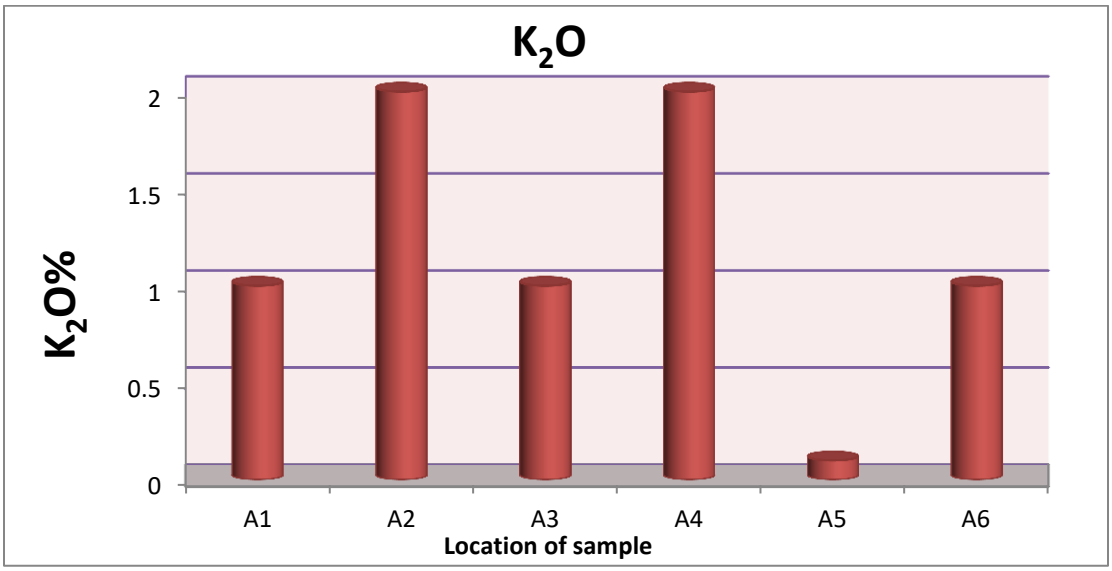
تراوح أوكسيد الصوديوم بين (1_14%) بمتوسط 3.406٪ في منطقة الدراسة جدول (1_2) وهذه القيم هي اعلى من المعدل العالمي (P.A.A.S.) وقريبة من المعدل العالمي(U.C.C.)



شكل (2-7) توزيع أوكسيد الصوديوم في منطقة الدراسة.

Potassium oxide (K2O) .8.3.2

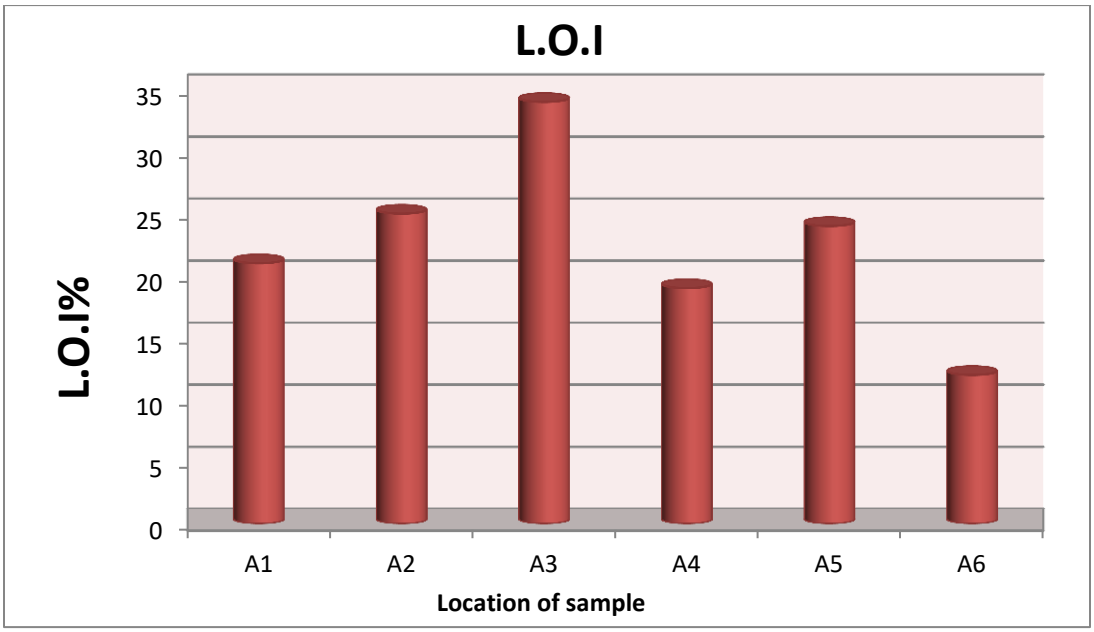
أكسيد البوتاسيوم يتراوح بين (0.1_2%) بمتوسط 1.105٪ في منطقة الدراسة جدول (2_1) وهذه القيم اقل من المعدلات العالمية (U.U.C. and P.A.A.S.)



شكل (2-8) يمثل توزيع أوكسيد البوتاسيوم في منطقة الدراسة.

Loss on Ignition (L.O.I) .9.3.2

تراوحت الخسارة في الاشتعال بين (34 - 12) بمتوسط 22.5٪ في منطقة الدراسة



شكل (2-9) توزيع الخسارة في الاشتعال في منطقة الدراسة

4.2. جيوكيمياء العناصر الثقيلة:

العناصر الثقيلة هي تلك العناصر التي تشكل نسبة صغيرة فقط من نظام الفائدة ، لكنها توفر جيوكيميائية وجيولوجية واسعة النطاق معلومات غير متناسبة مع وفرتها ، وهناك أسباب عديدة لذلك ، الاختلاف في تركيز العديد من العناصر الثقيلة مهم للغاية مقارنة مع اختلاف تركيز العناصر الرئيسية العدد من العناصر الثقيلة أكبر بكثير من عدد العناصر الرئيسية في النظام ،

كما هو الحال في معظم النظم الجيوكيميائية ، هناك 10 أو أقل من العناصر الرئيسية التي تشكل 99٪ أو أكثر من النظام ، مما يترك 80 عنصرًا تتبعًا أيضًا نظرًا لأن النطاق في سلوك العناصر الثقيلة ، كبير وحساس للعمليات التي العناصر الرئيسية ليست حساسة (وايت ، 2018). يمكن أن يدخل المعدن تكوين إما كثف أو كبديل مطلوب نتيجة نصف قطر التقارب وشحنها مع معادن أخرى. يمكن أن يدخل المعدن تكوين إما كثف أو كبديل مطلوب نتيجة نصف قطر التقارب وشحنها مع معادن أخرى. (جولدشميت ، 1970).

الجدول (2-3) يمثل تركيز العناصر النادرة في رواسب منطقة الدراسة.

جدول (3_2) تركيزات العاصر النادرة في منطقة الدراسة.

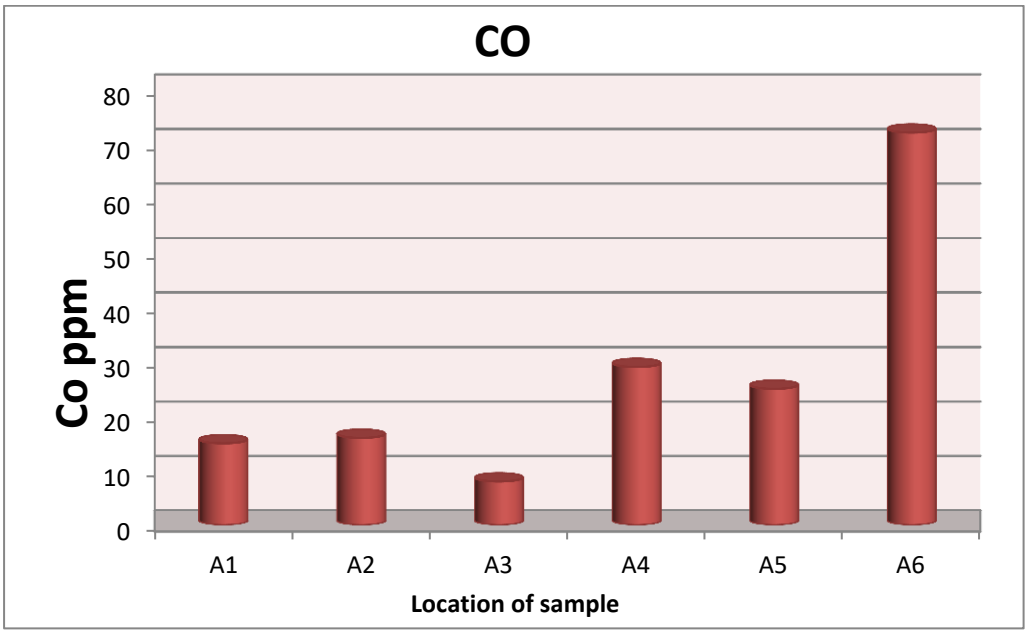
Sample	CO	Cr	Cu	Ni	pb	Mn	Fe	Cd	Zn	V
A_1	15	512	49	163	77	124	58391	3	334	285
A_2	16	732	54	224	14	1665	78334	3	134	346
A_3	8	769	108	129	54	1242	57814	1	160	293
A_4	29	510	73	331	68	2131	74673	3	207	328
A_5	25	732	70	245	156	1090	60003	3	426	291
A_6	72	1394	90	1519	123	797	50977	2	413	18186
Range	8_72	512_1394	49_108	129_1519	14 _ 156	124 _ 2131	50977_74673	1 _3	134_426	285_18186
Average	27.5	774.83	74	435.17	82	1195.5	63365.33	2	279	3288

جـــدول (2-4) المعـــدلات العالميـــة لتركيـــز العناصـــر الثقيلـــة(جزء فـــي المليـــون) ومقارنتها مع رواسب الدراسة الحالية

Elements	.U.C.C	.P.A.A.S	This study
Cr	35	110	774.83
Cu	25	50	74
Ni	20	55	435.17
Pb	20	_	82
V	60	150	3288
Zn	71	85	279
Co	10	-	27.5
Mn			1195.5
Fe	-	-	63365.33
Cd	-	-	2

. Cobalt (Co).1.4.2

تراوحت نسبة الكوبالت في منطقة الدراسة (72-8) . بمعدل (27.2)



شكل (2-10) يمثل توزيع الكوبالت في منطقة الدراسة.

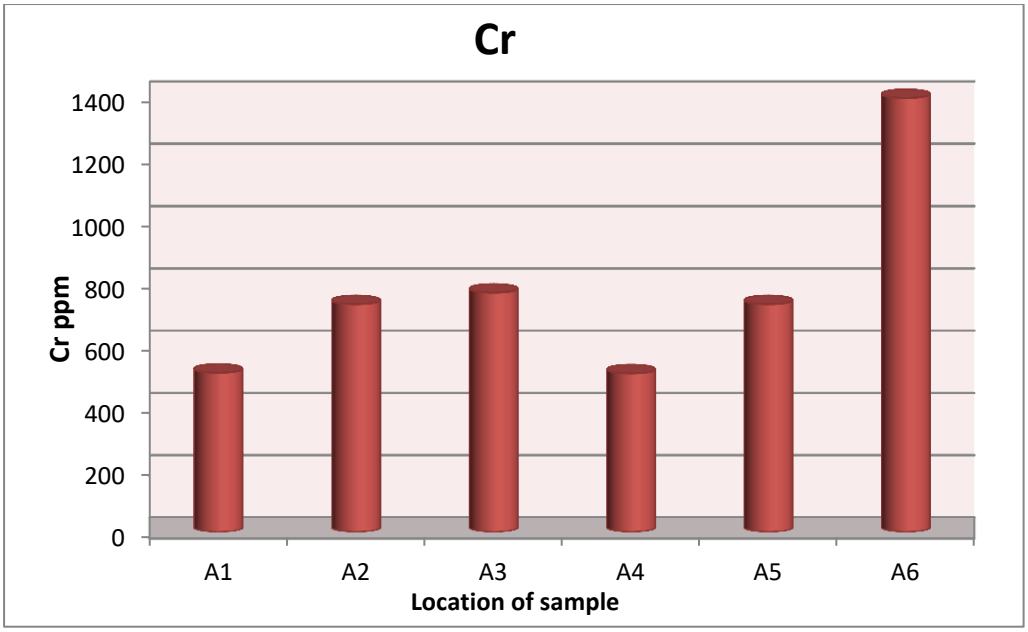
Chromium (Cr).2.4.2

من الناحية البشرية في التربة ، الكروم الصخري خامل وغير خطير ويمكن العثور عليها في مواد المصدر التي تعرضت للعوامل الجوية مثل الكروميت والطين المعادن كبديل للألمنيوم المنسق ثماني السطوح (بيككروآخرون. 2003 ؛ Oze et al. 2004.)

أما الكروم ذو الأصل البشري ، فهو مصدر قلق خاصة عندما يوجد في شكل سداسي التكافؤ. التربة

السمية مع الكروم تعتمد على الانتواع بين المعادن الأشكال سداسية التكافؤ وثلاثية التكافؤ (جاتولو وآخرون ، 2020).

الكروم تتراوح بين (512-1394) جزء في المليون بمتوسط 774.83٪ هذه القيم أعلى من المتوسطات العالمية (UUC. ،PAAS. و ، Kabata-Pendias ،2011)

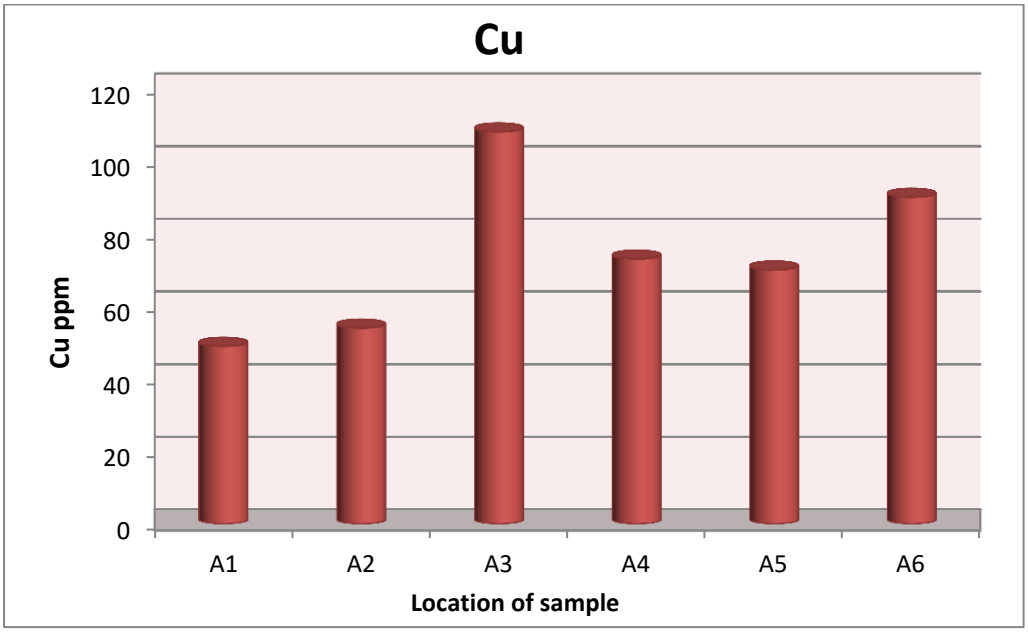


شكل (2-11) يمثل توزيع الكوبالت في منطقة الدراسة.

Copper (Cu).3.4.2

النحاس يتراوح بين (108-49) جزء في المليون بمتوسط 74% جزء في المليون في منطقة الدراسة

جدول (2-3). هذه القيم أعلى من المتوسطات العالمية (جامعة كاليفورنيا) .(PAASو كاباتا بندياس ، (2011

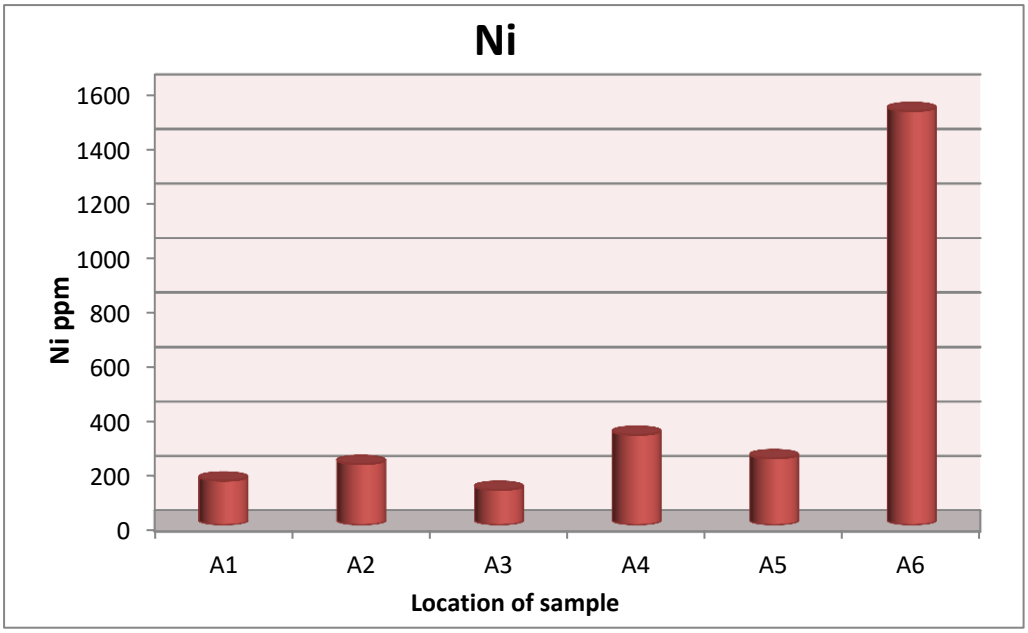


شكل (2-12) يمثل توزيع النحاس في منطقة الدراسة

. Nickel (Ni).4.4.2

معدن انتقالي تركيزه في قشرة الأرض غير مرتفع .اكتشف في التربة التي تحتوي على السربنتين والأكثر وفرة

أشكاله أكاسيد. وجود النيكل في البيئة في الوقت الحاضر يرتبط بالاستخدامات الصناعية (Binkowski، 2019). تراوحت نسبة النيكيل بين (1519- 129)جزء في المليون بمتوسط 435.17 جزء في المليون في منطقة الدراسة.

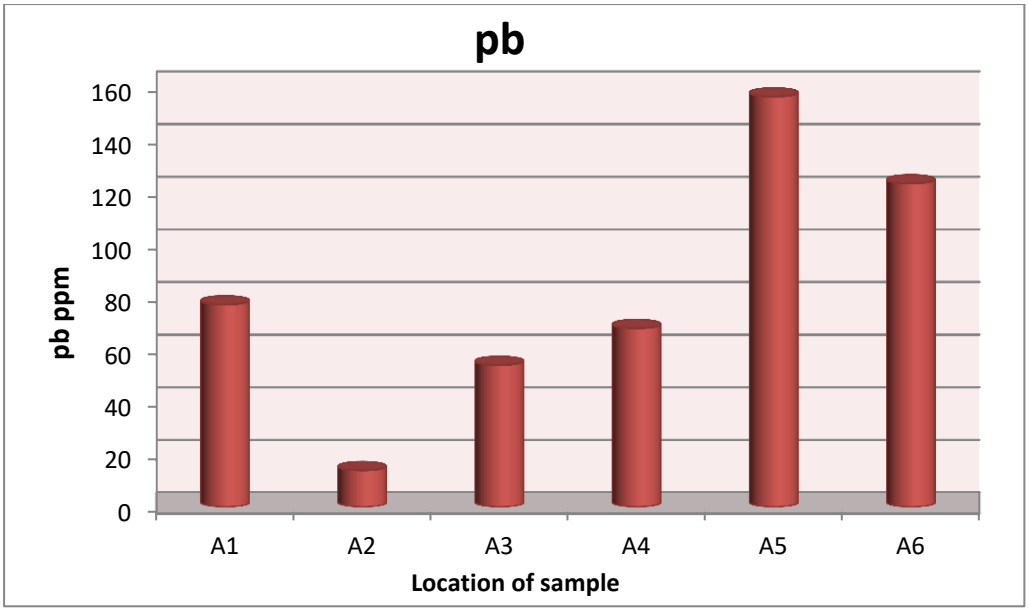


شكل (2-13) يمثل توزيع النيكل في منطقة الدراسة

Lead (Pb).5.4.2

الرصاص عنصر طبيعي في قشرة الأرض ، ويمكن أن يحدث بشكل طبيعي وبشكل غير متجانس في التربة من خلال عملية التجوية والتعرية المواد القشرية أو عن طريق ترسب الرصاص المنبعث في باطن الأرض الى الغلاف الجوي من خلال الأنشطة البركانية (Callender, 2003; O'Connor, et al., 2018).

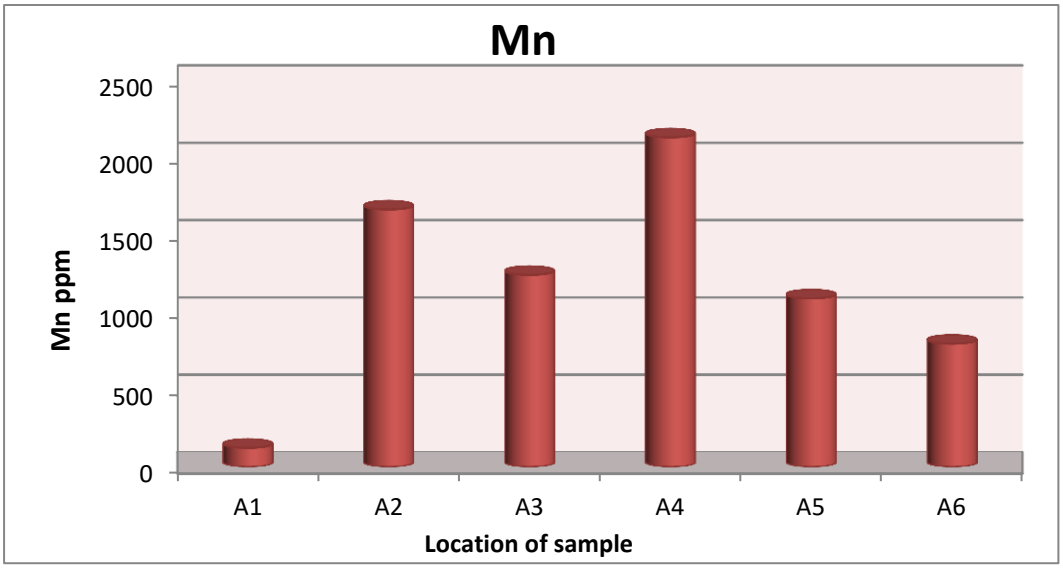
نسبة الرصاص تراوحت بين (156-14) جزء في المليون بمتوسط 82% جزء في المليون في منطقة الدراسة جدول (2-3) هذه القيم أعلى من المتوسطات العالمية (جامعة كاليفورنيا وكاباتا بندياس ، 2011). شكل (2-14) يمثل توزيع الرصاص في منطقة الدراسة.



شكل (2-14) يمثل توزيع الرصاص في منطقة الدراسة.

Manganese(Mn).6.4.2

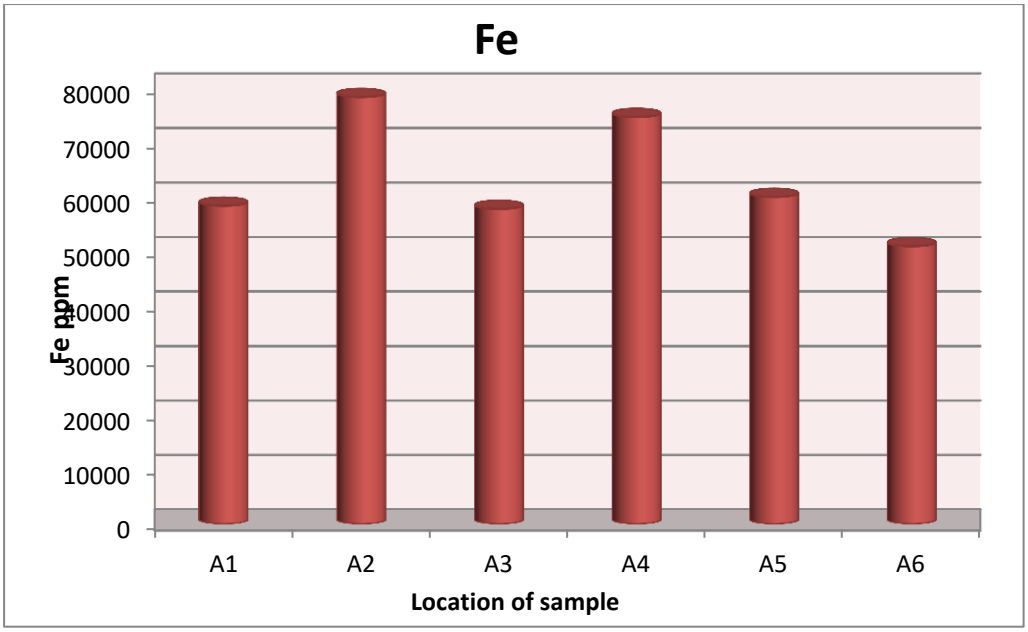
تراوحت نسبة المنغنيز في منطة الدراسة بين (124-2131) بمتوسط 1195.5%



شكل (2-15) يمثل توزيع المنغيز في منطقة الدراسة.

Iron(Fe).7.4.2

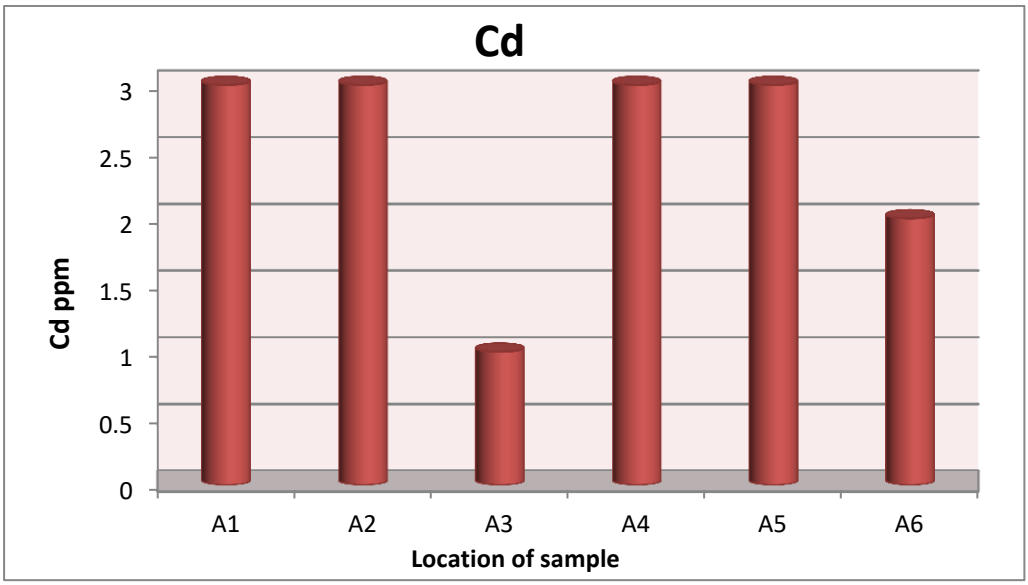
تراوحت نسبة الحديد في منطة الدراسة بين (50977-74673) بمتوسط 63365.33%



شكل (2-16) يمثل توزيع الحديد في منطقة الدراسة.

Cadmium(Cd).8.4.2

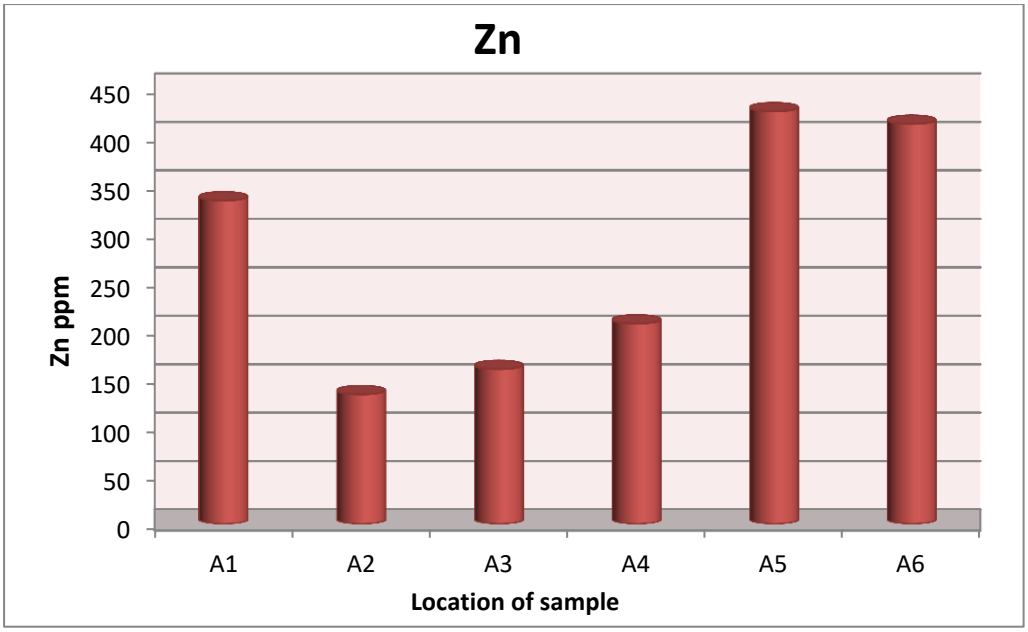
تراوحت نسبة الكادميوم في منطة الدراسة بين (1-3) بمتوسط 2%



شكل (2-17) يمثل توزيع الكادميوم في منطقة الدراسة

Zinc (Zn).9.4.2

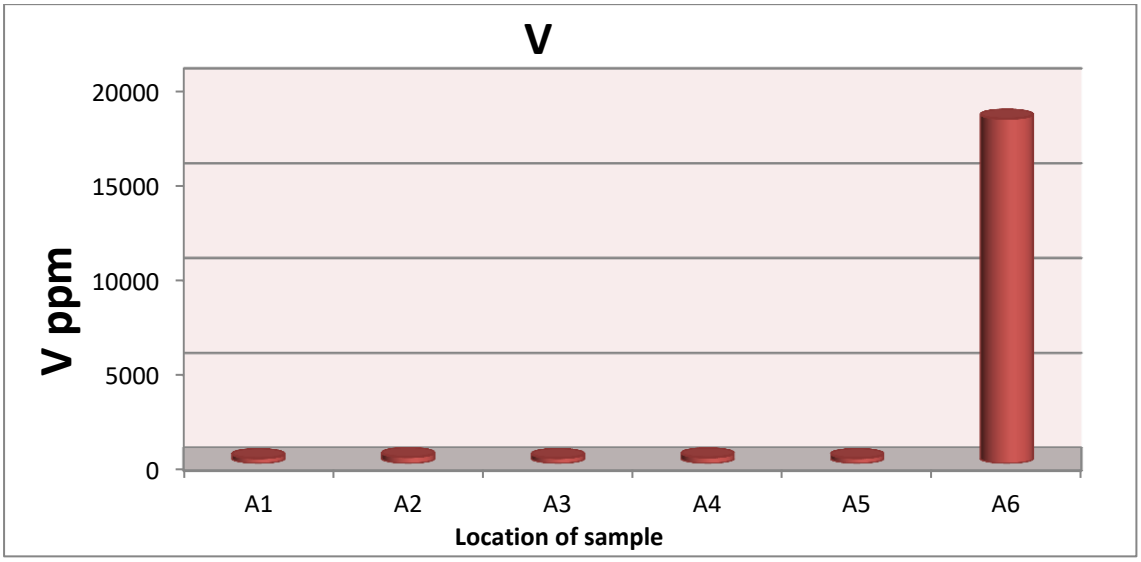
وتراوح الزنك بين (134-426) جزء في المليون بمتوسط 279% جزء في المليون في (4-5) ، وهذه القيم اعلى من المتوسطات العالمية ، جدول (2-3).



شكل (2-18) يمثل توزيع الزنك في منطقة الدراسة.

Vanadium (V).10.4.2

ويتراوح الفاناديوم بين (285-18186) جزء في المليون بمتوسط 3288% جزء في المليون في منطقة الدراسة جدول (2-3). هذه القيم أعلى بكثير من المتوسطات العالمية



شكل (2-19) يمثل توزيع الفاناديوم في منطقة الدراسة.

5.2.تقييم التلوث

تم استخدام العديد من الطرق لتقييم وتحليل مستوى التلوث العناصر الثقيلة في الرواسب هناك:

1.5.2.عامل الإثراء(EF)

يستخدم بشكل شائع لتحديد إثراء العنصر في العينة نتيجة للأنشطة البشرية بدلاً من الوفرة الطبيعية بالإضافة إلى تحديد وجود وعمق التلوث من المصادر البشرية

(Ahmad et al. ،2019 and Bern et al. ،2019).

غالبًا ما يستخدم الحديد كمرجع عنصر بسبب وفرته وتوزيعه المتجانس في قشرة الأرض (براج ومحمد ، 2018؛ ألكسينكو ، 2014).

تم حساب عامل التخصيب (EF) لجميع العناصر النزرة باستخدام الصيغةرقم (1)، (Buat-Menard and Chesselet ,1979):

$$EF=\frac{(\frac{ci}{cr})sample}{(\frac{Ci}{Cr})\,background}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

العينة (Ci / Cr) هي نسبة تركيز العنصر المدروس (Ci) في عينة لتركيز العنصر المرجعي (Cr) في العينة

(Ci / Cr)الخلفية هي نسبة تركيز العنصر المدروس إلى تركيز العنصر المرجعي في عينة الخلفية جدول

whch

2.5.2.عامل التلوث(CF)

هو مؤشر عنصري يحدد مستوى تلوث التربة أو الرواسب (وليامز وأنطوان ، 2020). عامل التلوث للجميع

تم حساب العناصر النزرة باستخدام الصيغة رقم (2) (Hackanson, 1980).

$$CF = \frac{C\ Sampl}{C\ \text{Background}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$C\ Sample$عينة تركيز العنصر المدروس في العينة المدروسة ،

$CBackground$ الخلفية الخلفية هي تركيز العنصر المدروس في الخلفية.

يوضح الجدول (4-12) فئات عوامل التلوث.

CF value	Contamination Category
CF<1	**Low CF**
1≤CF<3	**Moderate CF**
3≤CF<6	**Considerable CF**
CF>6	**Very high CF**

الاستنتاجات:

1- من نتائج الدراسة الحالية نجد ان هناك تأثير للعمليات الصناعية في المصفى على ترب المناطق المجاورة حيث تبين ان الاكاسيد الرئيسية في منطقة الدراسة هي

($CaO=17.868$، $Al_2O_3=6.585$، $MgO=3.706$، $Fe_2O_3=4.198$، $Na_2O=3.406$، $K_2O=1.105$، $TiO_2=0.585$، $SiO_2=44.6$)

يلاحظ ان الاكاسيد التالية($CaO, MgO,$) كانت اعلى من المعدل العالمي المسموح به , بينما كانت الاكاسيد الاخرى($SiO_2, TiO_2, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, Al_2O_3$) اقل من المعدل العالمي

2- اما بالنسبة للعناصر الثقيلة فقد بينت الدراسة ان اكثر العناصرالثقيلة وفرة في منطقة الدراسة هو عنصر الحديد($Fe=63365.33$) يليه عنصر الفاناديوم ($V=3288$)يليه عنصرالمنغنيز($Mn=1195$)يليه عنصر الكروم ($Cr=774.83$)ثم يليه عنصر النيكل ($Ni=435.17$) ثم تليه بقية العناصر بتراكيز اقل

($Zn=279$, $pb=82$, $Cu=74$, $Co=28$)

يلاحظ ان جميع العناصر الثقيلة التي ظهرت في هذه الدراسة كانت اعلى من المعدلات العالمية المسموح بها .

التوصيات:

1. التوصية بدراسة موسعة لترب المناطق المجاورة لمصفى الدورة و بعماق مختلفة للعرف على تركيز العناصر في تلك الترب و تغايرها مع العمق.
2. تطوير نظام معالجة لوحدات المصفى المختلفة للحد من التلوث البيئي الناتج من تلك الوحدات.
3. زيادة الغطاء النباتي في المناطق المحيطة بالمصفى لتقليل معدلات التلوث المنبعث من المصفى.

المصادر :

- ابوراس علي،2012 ، تلوث التربة , كتاب تلوث التربة، عدد الصفحات 279.
https://www.alroqey.com/ebook/%D8%AA%D9%84%D9%88%D8%AB-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B1%D8%A8%D8%A9

- الجبوري ، ماجستير ، 2005. جيوكيمياء أرجيليت ملونة تكوين الفتحة (الميوسين الأوسط) وأهميتها الصناعية في مناطق مختارة في شمال العراق رسالة ماجستير. ، كلية العلوم ، جامعة الموصل(باللغة العربية)

- القرغولي زهراء مهدي / 2019, دراسة في جغرافية البيئة , تأثير مخلفات الحقول النفطية في خصائص تربة محافظتي واسط و ميسان / أطروحة دكتوراه , جامعة القادسية

- النجاري ، ن. أ. ، 2019. علم المعادن والجيوكيمياء والمنشأ تكوين إنجانا في منطقة مختارة شمال شرق العراق (بازيان ، قرة داغ ودربنديخان) وشرق العراق (زرباطية وبدرة). أطروحة دكتوراه ،كلية العلوم جامعة البصرة 241 ص

- جاسم سعد ابراهيم , 2003 , المؤشرات البيئية للمياه المترشحة في منطقة الدورة / بغداد , رسالة ماجستير غير منشورة , جامعة بغداد- مكتبة كلية العلوم.

- عبد الكريم، جذوة، 2013، الاحتلال الأمريكي والتدمير البيئي في العراق، مركز حمورابي للبحوث والدراسات الاستراتيجية.

- مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية /2016، المجلد 42 ,العدد162.

- ندوة ،جودة , نبيل جعفر, جامعة البصرة،2018 / كلية الادارة و الاقتصاد / قسم الاقتصاد , الاثار البيئية

- Ahmad, R., Kaushik, H., and Ranjan, R. K., 2019, Assessment of microbial communities and heavy metals in urban soils of Patna, Bihar (India): Arabian Journal of Geosciences. 12 (2): 20.

- Becquer, T., Quantin, C., Sicot, M., Boudot, J.P., (2003). Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia. Sci Total Environ 301:251–261. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00298-X.

- Buat-Menard, P., and Chesselet, R., 1979. Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter: Earth and Planetary Science Letters. 42 (3): 399-411.

- Binkowski, Ł. J. 2019. Nickel, Ni. In Mammals and Birds as Bioindicators of Trace Element Contaminations in Terrestrial Environments (pp. 281-299). Springer, Cham.

- Callender, E. 2003. Heavy metals in the environment-historical trends. Treatise on Geochemistry, 9, 67–105.

- Gattullo, C. E., Allegretta, I., Porfido, C., Rascio, I., Spagnuolo, M., and Terzano, R. 2020. Assessing chromium pollution and natural stabilization processes in agricultural soils by bulk and micro X-ray analyses. Environmental Science and Pollution Research, 27(18), 22967- 22979.

- Goldshmidt, V.M., 1970, Geochemistry, Oxford university press, London, 730p.

- O'Connor, D., Houm, D., Ye, J., Zhang, Y., Ok, Y. S., Song, Y., Tian, L. (2018). Lead-based paint remains a major public health concern: A critical review of global production, trade, use, exposure,

health risk, and implications. Environmental International, 121, 85–101. doi:10.1016/j.envint.2018.08.052

- Oze, C., Fendorf , S., Bird, D.K., Coleman, R.G., 2004. Chromium geochemistry of serpentine soils. Int Geol Rev 46:97–126. https://doi.org/10.%202747/0020-6814.46.2.97

- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological Approach: Water Research. 14 (8): 975-1001.

- Williams, J. A., & Antoine, J. 2020. Evaluation of the elemental pollution status of Jamaican surface sediments using enrichment factor, geoaccumulation index, ecological risk and potential ecological risk index. Marine Pollution Bulletin, 157, 111288.