

استقصاء واقع التلوث بنزر بعض العناصر المعدنية الثقيلة في مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية

الدكتور عصام محمد*

(تاريخ الإيداع 9 / 12 / 2007. قُبل للنشر في 18/5/2008)

□ الملخص □

تناولت هذه الدراسة تحديد تراكيز نزر بعض العناصر المعدنية الثقيلة (Pb, Cu, Cr, Cd) في مصبات مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية، وشملت ثلاثة مواقع في منطقة الرمل الجنوبي في فصلي الربيع والصيف من عام 2005.

اعتمدنا في هذه الدراسة على مطيافية الامتصاص الذري (AAS) في تحديد نزر العناصر المذكورة أعلاه مستخدمين طريقة الاستخلاص (APDC-CHCl₃) المتبعة للعينات المائية المدروسة وفق تقانة التذرية الكهرحرارية (ETA-AAS).

أظهرت الدراسة ارتفاع تراكيز عنصر الرصاص ($6.60-45.43\mu\text{g/l}$) في جميع المواقع المدروسة بالمقارنة مع تراكيز بقية العناصر، في حين سجل كل من عنصر الكروم والكاديوم تراكيز منخفضة نسبياً تراوحت بين ($0.11-0.85\mu\text{g/l}$) و ($0.74-2.42\mu\text{g/l}$) على التوالي. أظهرت الدراسة الإحصائية وجود علاقة ارتباط مرتفعة إلى منخفضة أحياناً وسلبية أحياناً أخرى مما يعطي مؤشراً واضحاً على أن نسبة الزيادة أو النقصان في تراكيز العناصر المدروسة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتلوث الناجم عن مصادر النشاط البشري المختلفة.

الكلمات المفتاحية: مياه صرف صحي من منطقة الرمل الجنوبي (مدينة اللاذقية)، نزر العناصر (Pb, Cu, Cr, Cd)، مطيافية الامتصاص الذري، تقانة التذرية الكهرحرارية.

* أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Investigating the Status of Effluent Water Pollution with Traces of Heavy Metals in Lattakia

Dr. Issam Mohamad*

(Received 9 / 12 / 2007. Accepted 18/5/2008)

□ ABSTRACT □

This study deals with identifying some traces heavy metals (Pb, Cu, Cr, Cd) in the effluent water of three sites in the southern region of Lattakia in the spring and summer of 2006. This research uses the (ETA-AAS) technique in determining the traces of heavy metal elements mentioned above using the following extraction method (APDC-CHCl₃) for water samples. This paper has shown a higher concentration of Pb-element (6.60-45.43µg/l) in all studied sites compared with the concentration of other elements. However, Cr and Cd have recorded low concentrations ranged between (0.11-0.85µg/l) and (0.74-2.42µg/l), respectively. The statistical study has demonstrated that there is a correlation varying from positive high to positive low, and sometimes to negative highs and lows. This gives a clear indication that the increasing or decreasing ratios in the concentration of the studied elements in effluent water is very closely related to the pollution resulting from different sources of human activity.

Keywords: Water effluents from the southern region (Lattakia city), Determination of (Pb, Cu, Cr, Cd) elements, Atomic absorption spectrometer, ETA-AAS.

*Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعد مشكلة التلوث من المشكلات الهامة التي تواجه الإنسان وتعال اهتمامه. يُعرّف التلوث بأنه كل ما يؤثر في عناصر البيئة (إنسان وحيوان ونبات)، وما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية (الهواء والتربة والأنهار والبحيرات والبحار وغيرها)، وكان الاعتقاد السائد أن المسطحات المائية بما فيها البحار والمحيطات تستطيع استيعاب ما يطرح فيها من مخلفات المدن والمخلفات الصناعية أو أية فضلات أخرى يراد التخلص منها، إلا أنه ومع مرور الزمن بدأ الإنسان يشعر بخطر تلوث بيئته المائية وأضراره نتيجة عدم قدرة المسطحات المائية على استيعاب الكميات الهائلة من الملوثات والتخلص منها تخلصاً تلقائياً وذاتياً.

توجد أشكال عدة ومختلفة لتلوث الماء أهمها:

1- التلوث البيولوجي الناجم عن طرح كميات كبيرة نسبياً من المواد العضوية القابلة للتحلل في المياه.
2- التلوث الفيزيائي الناجم عن الحرارة والعاكسة والدقائق العالقة في المياه.

3- التلوث الكيميائي الناجم عن طرح المخلفات المنزلية والصناعية ومخلفات الأنشطة البشرية المختلفة في المياه.
تستخدم عملياً حمأة الصرف الصحي استخداماً شائعاً في الزراعة نظراً لكلفتها الاقتصادية المتدنية واحتوائها على بعض المغذيات تسمح باستخدامها كسماد ذي قيمة غذائية مفيدة للنبات [1]، ومع ذلك بقي التلوث الكيميائي من المشكلات المعقدة للبيئة في الوقت الحاضر حيث تتزايد باستمرار الاهتمامات المنصبة على مشاكل التلوث الكيميائي البيئي (من ضمنها العناصر المعدنية الثقيلة) بأشكاله المتعددة (البرية والمائية والهوائية).

تتصف العناصر المعدنية الثقيلة خلافاً للكثير من الملوثات البيئية الأخرى بأنها غير قابلة للتحلل الحيوي، وتتمتع العديد منها بدرجة سمية مرتفعة للإنسان والحيوان والنبات نظراً لخواصها التراكمية داخل أنسجة بعض الكائنات الحية وأعضائها وذلك إما بصورة مباشرة، أو من خلال السلسلة الغذائية، وتواجه عمليات معالجة النظام البيئي الملوث بالعناصر المعدنية الثقيلة صعوبات جمة، إضافة إلى كلفتها الاقتصادية المرتفعة [2,3].

تُعرّف المعادن الثقيلة بأنها معادن ذات الكثافة الأعلى من 5g/ml، وتُعدّ العناصر الثقيلة مثل: Cu, Fe, Zn ضرورية كمغذيات دقيقة، إلا أنها تصبح سامة عند وجودها بتركيز مرتفعة أعلى من الكمية اللازمة للنمو الطبيعي للكائنات الحية، في حين بقي دور المعادن الثقيلة مثل: Cd, Pb مبهماً في حياة الكائنات الحية، نظراً لما تتمتع به من سمية حتى عندما توجد بتركيز منخفضة جداً [2,4].

تصل العناصر الثقيلة إلى قنوات الصرف الصحي ومنها إلى البيئة المائية من مصادر متعددة. فعلى سبيل المثال، يعود المصدر الأساس للرصاص إلى عمليات التصنيع (تصنيع المعادن)، والترسبات الجوية (المعالجة الحرارية لفلزات المعادن غير المحتوية على الحديد)، واحتراق الوقود المرصص، وحرق الفحم والخشب، وحرق القمامة من قبل البلديات. وهناك مصادر أخرى تشمل المياه العادمة المنزلية، وحمأة الصرف الصحي، وصناعة الأنابيب، والبطاريات، والذخائر الحربية [5,6,7].

يعود المصدر الأساس للكاديوم في مياه الصرف الصحي إلى منشأ صناعي، كما يمكن أن يعود بمصدره أيضاً إلى نواتج المخلفات المنزلية، ويوجد أيضاً في نواتج مستحضرات التجميل، ومبيدات الجردان في الحدائق، ويتم نقله أيضاً إلى مياه الصرف الصحي عبر مياه الأمطار المتدفقة في شوارع المدن بعد ترسيبه من الجو مع مياه الأمطار نفسها [5,6,8].

تُعد نزر عنصر النحاس ضرورية لنمو معظم الكائنات الحية المائية، إلا أنه يصبح ساماً عند بلوغه سويات تصل إلى $1\mu\text{g/g}$ [9]. يعود مصدر النحاس في مياه الصرف الصحي بالدرجة الأولى إلى ما تطرحه المنازل من مخلفات، ومن تأكل الأنابيب المعرضة للصدأ، وكذلك من مصادر صناعية مثل: عمليات التعدين، ومعالجة المعادن قبل التصنيع، والصهر، وحرق القمامة، وعمليات التخلص من حمأة الصرف الصحي [5,7].

يعود مصدر الكروم في البيئة المائية ومياه الصرف الصحي إلى الانسياب السطحي لمياه الأمطار وما تحمله من مخلفات المدن، ومن المياه العادمة الصناعية والمنزلية، ومن حمأة الصرف الصحي [5,7]، إضافة إلى مصادر أخرى رئيسة تتضمن المياه العادمة الناتجة عن عمليات الغلجنة، وصناعة صقل المعادن، وصناعة دباغة الجلود وصباغتها [5,10].

استخدمت طرائق مختلفة لدراسة نزر هذه العناصر وتحليله في المياه العادمة من ضمنها تقانة مطيافية الامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrometry AAS) التي تتمتع بحساسية تحليل مرتفعة ودقة وتطابق في نتائج التحليل.

هدف البحث وأهميته:

يهدف هذا البحث إلى تحديد نزر العناصر (Pb, Cu, Cr, Cd) ودراسة وتقييم التغير الزمني لهذه العناصر في مصبات مياه الصرف الصحي في منطقة الرمل الجنوبي لمدينة اللاذقية التي تتمتع بكثافة سكانية، وتم اختيار ثلاثة مواقع تتصف بغزارة مياهها واحتوائها على مخلفات نشاط بشري (صناعي ومنزلي) تطرح مباشرة في البحر إضافة إلى قرب هذه المنطقة من مسبح الشعب الذي يُعد منتجاً سياحياً لسكان هذه المنطقة وما قد يلحقه التلوث الحاصل في مياه البحر في تلك المنطقة من أضرار في الصحة العامة للسكان الذين يرتادون هذا المسبح الشعبي، نظراً لانعدام النوعية من جهة والسماح من قبل الجهات المختصة باستثمار الشاطئ القريب جداً من تلك المصبات لأغراض السياحة والاستجمام من جهة أخرى.

مواد وطرائق البحث:

الأجهزة والمواد والأدوات المستخدمة:

- 1- جهاز امتصاص ذري من نوع Varian Spectra AA220 يعمل وفق تقانة التذرية الكهرحرارية (ETA-AAS).
- 2- ميثيل إيزو بوتيل كيتون (MIBK).
- 3- كلوروفورم (CHCl_3).
- 4- أمونيوم بيروليدين ثنائي ثيوكرامات (APDC).
- 5- ماء ثنائي التقطير.
- 6- محاليل عيارية للعناصر المدروسة (Merk, Superpure 1g/l).
- 7- غازات نقية: أستيلين، أرغون.
- 8- ماصات ميكروليترية.

9- أنابيب بروبيلين سعة (50ml).

10- أقماص فصل سعة (1000ml, 500ml).

تتمتع جميع المحاليل المستخدمة بدرجة عالية النقاوة، خاصة بتحليل نزر العناصر المعدنية الثقيلة وفق تقانة الامتصاص الذري (AAS).

الشروط التجريبية المعتمدة في هذه الدراسة:

أجريت الدراسة باستخدام جهاز امتصاص ذري، واعتمدت تقانة التذرية الكهرحرارية (ETA-AAS) لتحديد نزر العناصر الآتية: (Cd, Pb, Cu, Cr) في عينات مياه الصرف الصحي المدروسة، وتم تثبيت الشروط الآلية والحرارية تجريبياً وفق الجدولين (1,2).

الجدول(1):الشروط الآلية المعتمدة لعمل جهاز Varian Spectra AA220 وفق تقانة التذرية الكهرحرارية.

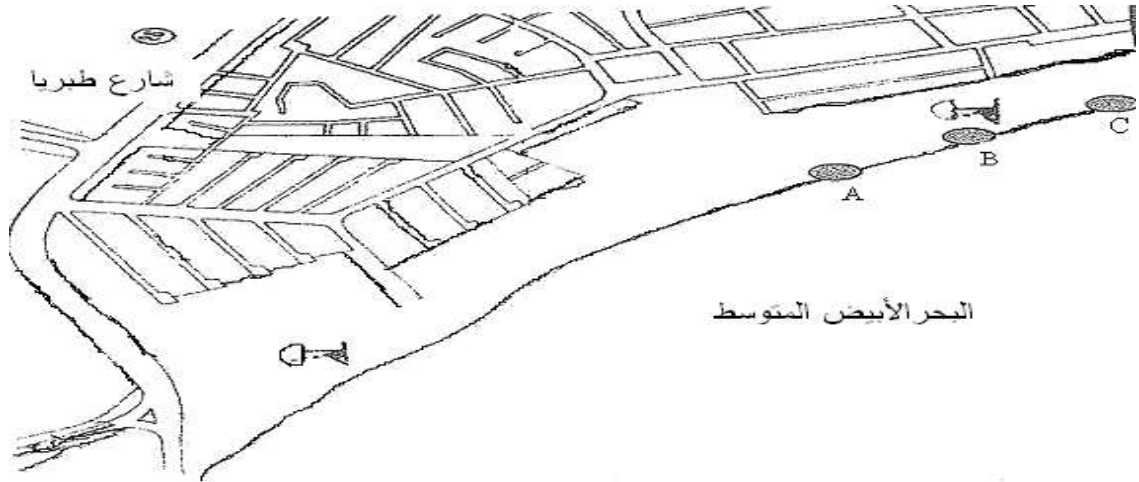
العنصر المدروس	فتحة الشق (nm)	شدة التيار (mA)	طول الموجة (nm)	الزمن التكاملي للإشارة (sec)	الغاز الحامل
Cd	0.5	4	228.8	2	Argon
Pb	0.5	10	283.3	2	Argon
Cu	0.5	4	324.8	2	Argon
Cr	0.5	7	357.9	2	Argon

الجدول (2): الشروط الحرارية المعتمدة لعمل جهاز Varian Spectra AA220 وفق تقانة التذرية الكهرحرارية.

العنصر المدروس	المرحلة	درجة الحرارة (°C)	زمن التسخين (sec)	نموذج التسخين	تدفق غاز الأرجون (l/min)
Cd	تجفيف	120	55	Ramp	3
	ترميد	250	13	Ramp	3
	تذير	1800	2	Step	Gas stop
	تنظيف	1900	2	Step	3
Pb	تجفيف	120	55	Ramp	3
	ترميد	350	15	Ramp	3
	تذير	2100	2	Step	Gas stop
	تنظيف	2300	2	Step	3
Cu	تجفيف	120	55	Ramp	3
	ترميد	500	17	Ramp	3
	تذير	2400	2	Step	Gas stop
	تنظيف	2500	2	Step	3
Cr	تجفيف	120	55	Ramp	3
	ترميد	550	15	Ramp	3
	تذير	2550	2	Step	Gas stop
	تنظيف	2700	2	Step	3

مواقع وزمن الاعتيان:

شملت هذه الدراسة فصلي الربيع والصيف (نيسان، أيار، حزيران، تموز، آب، أيلول) من عام 2005، ويوضح الشكل (1) مواقع الاعتيان (A, B, C) في منطقة الرمل الجنوبي، وتضمنت ثلاثة مواقع، تنتصف بغزارة مياهها واحتوائها على مخلفات نشاط بشري (صناعي ومنزلي) والتي تطرح مُخلفاتها مباشرة في البحر إضافة إلى قربها من مسبح الشعب الذي يرتاده أهالي تلك المنطقة ارتياداً مستمراً طيلة فترة الصيف.



الشكل (1): مواقع الاعتيان التابعة لمصبات الصرف الصحي المدروسة في منطقة الرمل الجنوبي.

طريقة العمل:

تحضير عينات مياه الصرف الصحي المدروسة:

استخدمت طريقة الاستخلاص (APDC-CHCl₃) لتركيز نزر العناصر في عينات مياه الصرف الصحي بغية دراستها وفق تقانة الامتصاص الذري بالتذرية الكهرحرارية (ETA-AAS) على النحو الآتي [11,12]:

- 1- تُرشح عينة من مياه الصرف الصحي المُحمضة عند (pH=2-3) حجمها 200ml، وتُنقل إلى قمع فصل، ثم يُضاف إليها 3ml من محلول APDC (1%) مُحضر حديثاً، و 10ml من مُذيب الكلوروفورم، تُرج محتويات القمع رجاً جيداً (خمس دقائق على الأقل)، وتُترك فترة زمنية حتى يتشكل طورين منفصلين. يُجمع بعدها الطور العضوي المُتجمع في الأسفل بأنابيب بولي بروبيلين سعة 50ml.
- 2- تُكرر عملية الاستخلاص مرة ثانية بإضافة الكميات نفسها، ثم يُجمع الطور العضوي، ويُطرح الطور المائي.
- 3- يُمدد حاصل جمع ناتج الاستخلاص في المرحلتين (الأولى والثانية) بمُذيب الكلوروفورم في أنابيب بولي البروبيلين سعة الـ 50ml، تُصبح العينة بعد ذلك جاهزة للقياس بتقانة الـ ETA-AAS.

تحضير العينات الشاهدة والمحاليل العيارية:

- 1- تُرشح عينة من مياه الصرف الصحي المُحمضة عند (pH=2-3) حجمها 200ml، وتُستخلص على مرحلتين بالطريقة نفسها المتبعة لاستخلاص العينات المدروسة، فنحصل بذلك على عينة خالية من نزر العناصر.

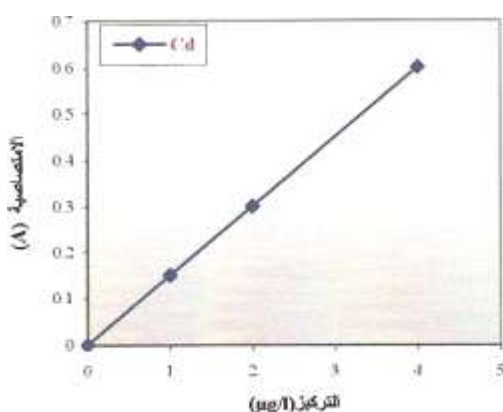
2- تُكرر عملية الاستخلاص لعينة مياه الصرف الصحي الناتجة عن الخطوة (1) ليصبح ناتج الاستخلاص بعد ذلك ممثلاً للعينة الشاهدة.

3- تُضاف كمية مُحدَّدة بدقة من العنصر المراد الحصول على محلوله العياري إلى مياه الصرف الصحي الناتج عن الخطوة (2)، ويستخلص مرتين متتاليتين بالطريقة السابقة نفسها، فنحصل بذلك على مُستخلص يمثل المحلول العياري الأول (St(1)).

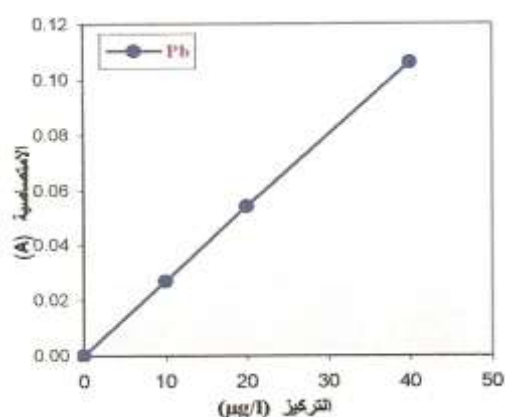
4- تُضاعف الكميات المُضافة من العنصر المراد دراسته إلى مياه الصرف الصحي المُستخلصة وفق الخطوة (3)، ويستخلص كل محلول عياري على مرحلتين متتاليتين، فنحصل بذلك على سلسلة من المحاليل العيارية (St(2) و St(3) و St(4)..... إلخ مع التنويه إلى ضرورة أن تكون تراكيز سلسلة المحاليل العيارية المُستخلصة ضمن المجالات الخطية للعناصر المدروسة (تمثل لقانون بيبير).

النتائج والمناقشة:

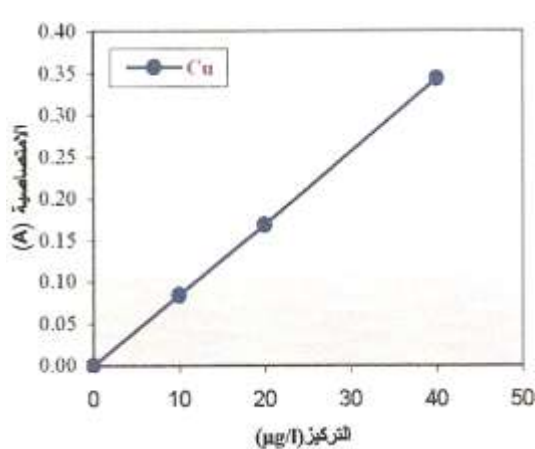
توضح الأشكال 2,3,4,5 المنحنيات العيارية المعتمدة في تحديد نزر العناصر (Pb, Cu, Cr, Cd) بقناة الامتصاص الذري وفق التنزيه الكهربائية في مياه الصرف الصحي في مدينة اللاذقية.



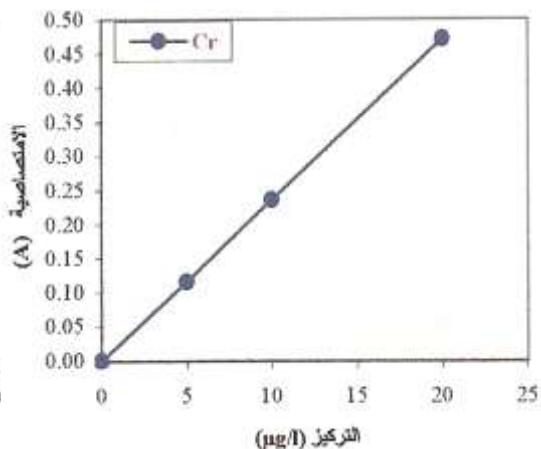
الشكل (3): المنحني العياري لعنصر الكاديوم



الشكل (2): المنحني العياري لعنصر الرصاص



الشكل (5): المنحني العياري لعنصر النحاس



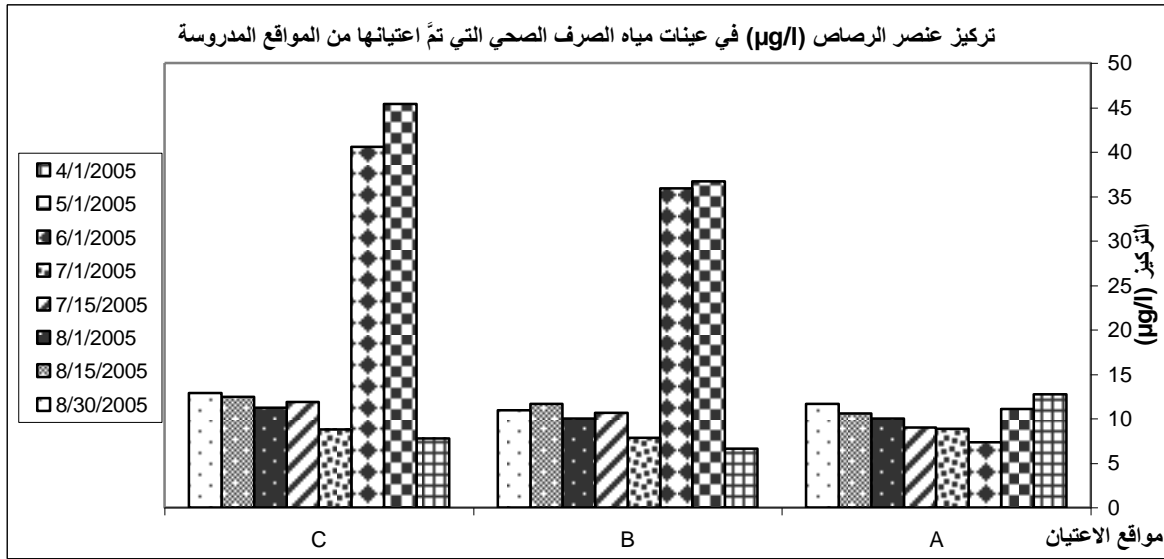
الشكل (4): المنحني العياري لعنصر الكروم

وتوضح الجداول (3, 4, 5, 6) والأشكال (6, 7, 8, 9) النتائج المترتبة عن هذه الدراسة وفق الآتي:

الجدول (3): تركيز عنصر الرصاص ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

CV	RSD	C $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	B $\mu\text{g/l}$	CV*	RSD	A $\mu\text{g/l}$	موقع الاعتيان والنتائج التحليلية تاريخ الاعتيان
2.31	0.0231	7.75	1.02	0.0102	6.60	1.61	0.0161	12.70	1/4/2005
1.57	0.0157	45.43	0.68	0.0068	36.70	1.94	0.0194	11.10	1/5/2005
1.18	0.0118	40.55	1.62	0.0162	35.90	1.06	0.0106	7.35	1/6/2005
2.31	0.0231	8.81	2.29	0.0229	7.85	3.87	0.0387	8.85	1/7/2005
1.97	0.0197	11.87	2.10	0.0210	10.63	3.15	0.0315	8.97	15/7/2005
1.91	0.0191	11.21	2.42	0.0242	9.98	2.73	0.0273	9.99	1/8/2005
1.77	0.0177	12.43	2.15	0.0215	11.65	2.67	0.0267	10.56	15/8/2005
1.97	0.0197	12.89	2.18	0.0218	10.97	2.38	0.0238	11.67	30/8/2005

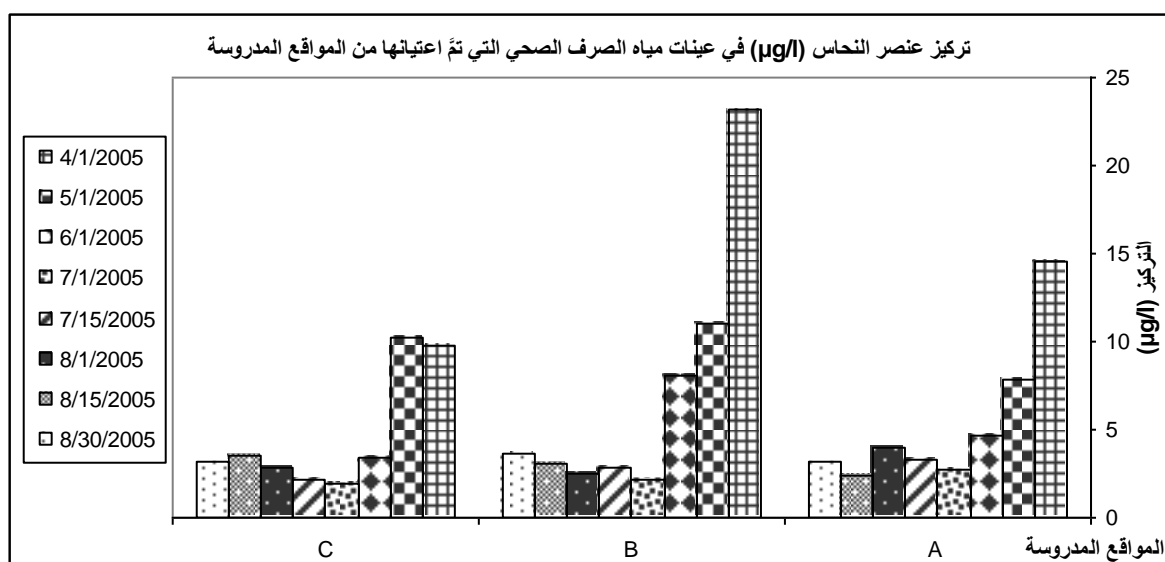
$$CV = \frac{Sd}{\bar{x}} \times 100$$



الشكل (6): تركيز عنصر الرصاص ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

الجدول (4): تركيز عنصر النحاس ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

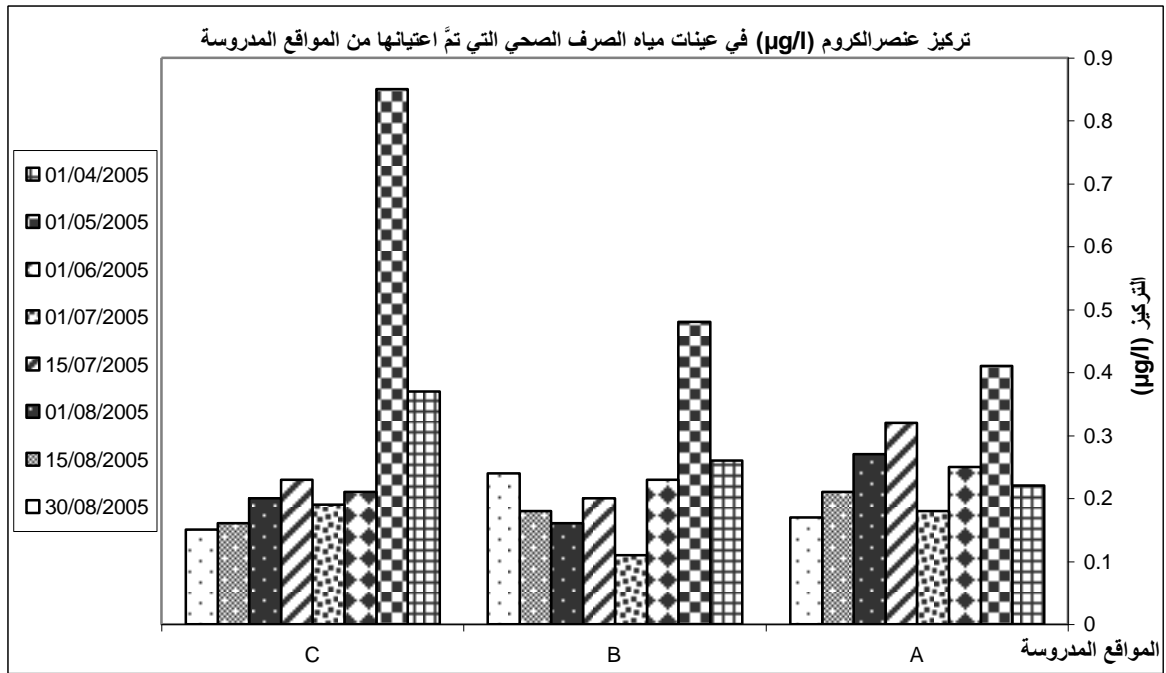
CV	RSD	C $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	B $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	A $\mu\text{g/l}$	موقع الاعتيان والنتائج التحليلية تاريخ الاعتيان
5.04	0.0504	9.74	7.58	0.0758	23.21	4.44	0.0444	14.56	1/4/2005
4.59	0.0459	10.23	4.98	0.0498	11.07	2.55	0.0255	7.82	1/5/2005
6.40	0.0640	3.36	4.78	0.0478	8.11	4.46	0.0446	4.66	1/6/2005
5.87	0.0587	1.91	6.88	0.0688	2.12	2.65	0.0265	2.77	1/7/2005
5.63	0.0563	2.20	7.45	0.0745	2.88	3.33	0.0333	3.34	15/7/2005
4.37	0.0437	2.88	8.01	0.0801	2.54	3.31	0.0331	4.01	1/8/2005
4.24	0.0424	3.54	8.96	0.0896	3.11	4.10	0.0410	2.44	15/8/2005
4.18	0.0418	3.22	6.70	0.0670	3.66	4.47	0.0447	3.23	30/8/2005



الشكل (7): تركيز عنصر النحاس ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

الجدول (5): تركيز عنصر الكروم ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

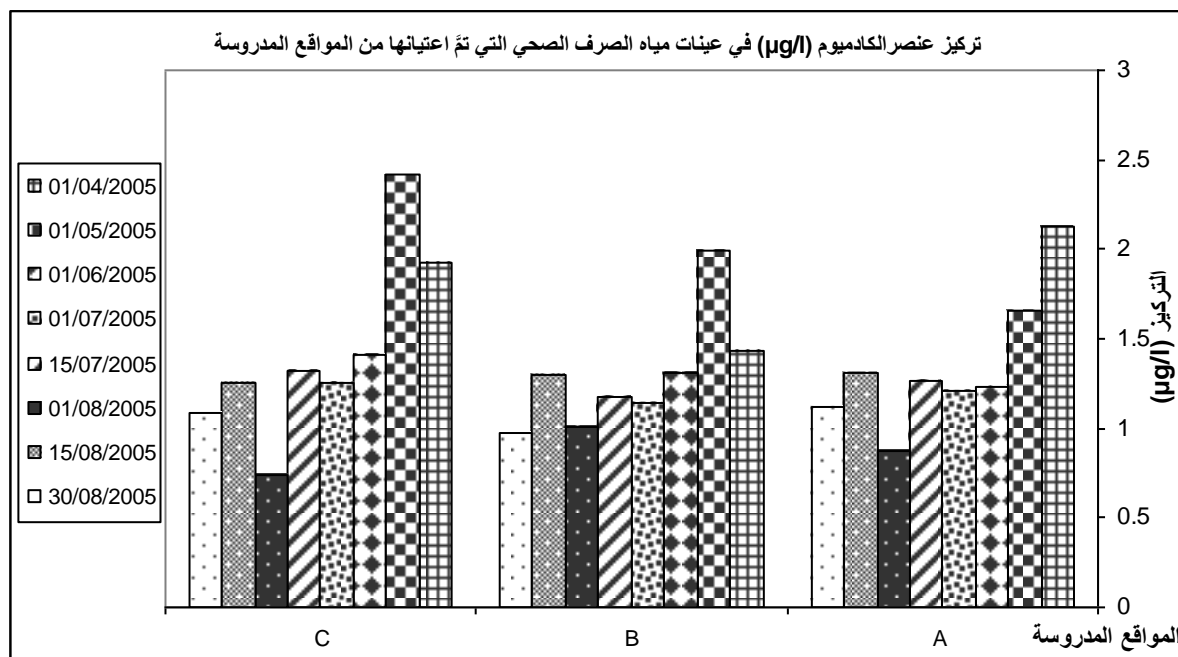
CV	RSD	C $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	B $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	A $\mu\text{g/l}$	موقع الاعتيان والنتائج التحليلية تاريخ الاعتيان
5.78	0.0578	0.37	5.17	0.0517	0.26	3.17	0.0317	0.22	1/4/2005
3.96	0.0396	0.85	6.35	0.0635	0.48	5.88	0.0588	0.41	1/5/2005
6.88	0.0688	0.21	7.65	0.0765	0.23	4.49	0.0449	0.25	1/6/2005
5.92	0.0592	0.19	2.45	0.0245	0.11	4.69	0.0469	0.18	1/7/2005
6.76	0.0676	0.23	6.18	0.0618	0.20	4.27	0.0427	0.32	15/7/2005
6.11	0.0611	0.20	6.84	0.0684	0.16	5.51	0.0551	0.27	1/8/2005
6.25	0.0625	0.16	6.19	0.0619	0.18	4.95	0.0495	0.21	15/8/2005
4.21	0.0421	0.15	5.58	0.0558	0.24	5.88	0.0588	0.17	30/8/2005



الشكل (8): تركيز عنصر الكروم ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمَّ اِعتيانها من المواقع المدروسة.

الجدول (6): تركيز عنصر الكاديوم ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمَّ اِعتيانها من المواقع المدروسة.

CV	RSD	C $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	B $\mu\text{g/l}$	CV	RSD	A $\mu\text{g/l}$	موقع الاعتيان والنتائج التحليلية تاريخ الاعتيان
4.11	0.0411	1.92	5.56	0.0556	1.43	5.76	0.0576	2.13	1/4/2005
3.76	0.0376	2.42	4.32	0.0432	1.99	5.11	0.0511	1.66	1/5/2005
4.01	0.0401	1.41	4.56	0.0456	1.31	5.13	0.0513	1.23	1/6/2005
3.98	0.0398	1.25	6.52	0.0652	1.14	6.06	0.0606	1.21	1/7/2005
4.85	0.0485	1.32	5.45	0.0545	1.17	6.17	0.0617	1.27	15/7/2005
4.60	0.0460	0.74	6.11	0.0611	1.01	5.70	0.0570	0.87	1/8/2005
3.99	0.0399	1.25	5.55	0.0555	1.30	5.52	0.0552	1.31	15/8/2005
4.39	0.0439	1.09	5.98	0.0598	0.97	6.01	0.0601	1.12	30/8/2005



الشكل (9): تركيز عنصر الكاديوم ($\mu\text{g/l}$) في عينات مياه الصرف الصحي التي تمّ اعيانها من المواقع المدروسة.

النتائج والمناقشة:

تناولت هذه الدراسة تحديد تراكيز نزر العناصر (Pb , Cu , Cr , Cd) في مياه الصرف الصحي لمدينة اللاذقية، شملت ثلاثة مواقع مختلفة منتشرة في منطقة الرمل الجنوبي، تصب مخلفاتها مباشرة في البحر، وجرى الاعتيان بمعدل ثماني عينات من كل موقع في فصلي الربيع والصيف من العام 2005. تبين الجداول (3, 4, 5, 6) والأشكال (7, 6, 7, 8, 9) تراكيز نزر العناصر المدروسة ($\mu\text{g/l}$) في العينات التي تمّ اعيانها من المواقع المذكورة أعلاه، كما يوضح الجدول (7) قيم معاملات الارتباط بين العناصر المدروسة من جهة و مواقع الدراسة من جهة ثانية.

يُلاحظ من الجدول (3) ارتفاع إلى تقارب في تركيز عنصر الرصاص في الموقع C بالمقارنة مع الموقعين A و B في جميع أشهر الدراسة تقريباً، وقد بدأ الارتفاع واضحاً في شهري أيار وحزيران $45.43\mu\text{g/l}$ و $40.55\mu\text{g/l}$ على التوالي، يليه الموقع B $36.70\mu\text{g/l}$ و $35.90\mu\text{g/l}$ في الشهرين المذكورين أعلاه أيضاً. من ناحية أخرى، يبين الجدول نفسه ارتفاع تراكيز عنصر الرصاص عموماً في عينات الصرف الصحي التي تمّ اعيانها بتاريخ 1/5/2005 بالمقارنة مع الأشهر الأخرى، والتي تعود بمعظمها إلى نشاطات بشرية ناجمة عن طرح مخلفات المياه العادمة المنزلية، و حرق الوقود والقمامة التي تتساقط مخلفاتها مع الترسبات الجوية المحمولة مع مياه الأمطار.

يُلاحظ أيضاً من الجدول (4) ارتفاع تركيز عنصر النحاس في الموقع A $14.56\mu\text{g/l}$ و $7.82\mu\text{g/l}$ في 1/4/2005 و 1/5/2005 على التوالي، وفي الموقع B $23.21\mu\text{g/l}$ و $11.07\mu\text{g/l}$ و $8.11\mu\text{g/l}$ في 1/4/2005 و 1/5/2005 و 1/6/2005 على التوالي، وكذلك الأمر في الموقع C $9.74\mu\text{g/l}$ و $10.23\mu\text{g/l}$ في 1/4/2005 و 1/5/2005 على التوالي، أما في بقية أشهر الاعتيان الأخرى فبدت التراكيز متقاربة في جميع المواقع المدروسة وتراوح ما بين $2.44-4.66\mu\text{g/l}$ في الموقع A و $2.12-3.66\mu\text{g/l}$ في الموقع B و $1.91-3.54\mu\text{g/l}$ في

الموقع C، وتعود في مصدرها بالدرجة الأولى إلى مخلفات المنازل وتآكل الأنابيب المعرضة للصدأ، وإلى مصادر صناعية (عمليات التعدين، ومعالجة المعادن، وحرق القمامة).

يبين الجدول (5) انخفاض في تراكيز عنصر الكروم في جميع المواقع المدروسة بالمقارنة مع التراكيز المسجلة لعنصري الرصاص والنحاس في المواقع نفسها خلال فترة الاعتيان الممتدة من 1/4/2005 حتى 30/8/2005، وتراوحت التراكيز ما بين 0.17-0.41µg/l في الموقع A و 0.11-0.48µg/l في الموقع B و 0.15-0.85µg/l في الموقع C، وتجدر الإشارة إلى تسجيل أعلى التراكيز لهذا العنصر سُجلت في 1/5/2005 وبلغت 0.41µg/l و 0.48µg/l في المواقع A و B و C على التوالي، أما في بقية المواقع فبدت التراكيز متقاربة جداً في ما بينها في جميع فترات الدراسة، وتعود مصادره إلى المياه العادمة المنزلية، والظلي الغلفاني، وصقل المعادن.

ينطبق الأمر نفسه على عنصر الكاديوم الذي بدت تراكيزه منخفضة وفق الجدول (6)، وتمثلت بكونها تشكل حداً وسطياً ما بين التراكيز المسجلة لعنصري الرصاص والنحاس وتلك المسجلة لعنصر الكروم في جميع المواقع المدروسة طوال فترات الاعتيان، وتراوحت تراكيز هذا العنصر ما بين 0.87-2.13µg/l في الموقع A و 0.97-1.99µg/l في الموقع B و 0.74-2.42µg/l في الموقع C، وتشير النتائج المترتبة عن هذه الدراسة إلى أن التراكيز العظمى لهذا العنصر سُجلت في أشهر الاعتيان الأولى في 1/4/2005 و 1/5/2005 في جميع المواقع المدروسة شأنه في ذلك شأن بقية العناصر الأخرى، أما مصادره فتعود بالدرجة الأولى إلى صناعة الدهانات، والمبيدات، ويتمتع عنصر الكاديوم بالمقارنة مع العناصر الأخرى بخاصة التطاير الذي يتم غسله من الجو مع مياه الأمطار المتساقطة ومنها إلى قنوات الصرف الصحي. يوضح الجدول (7) قيم معاملات الارتباط بين مختلف العناصر والمواقع المدروسة.

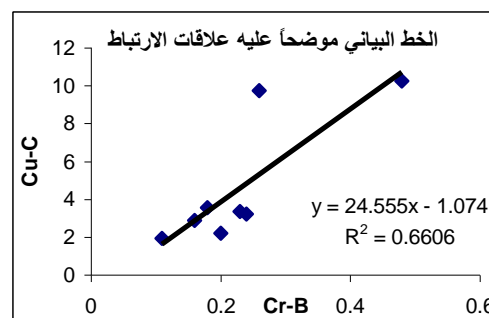
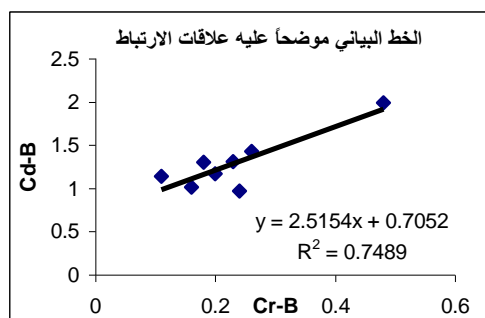
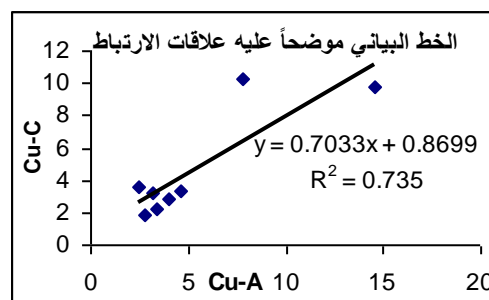
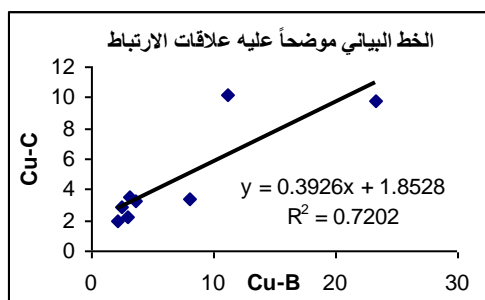
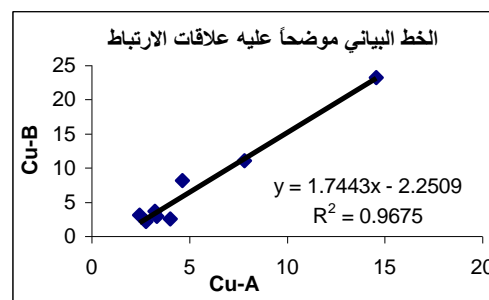
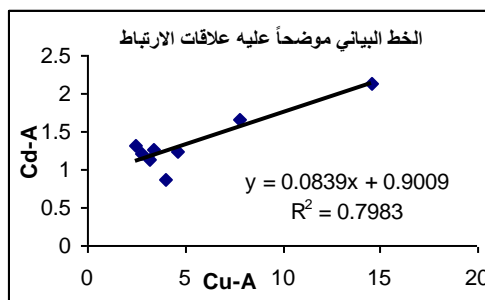
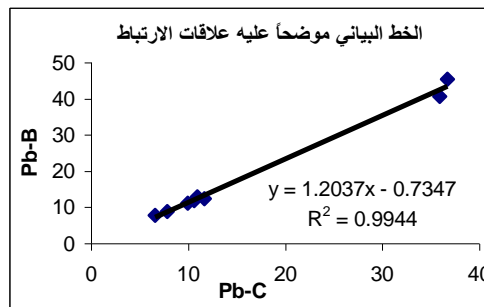
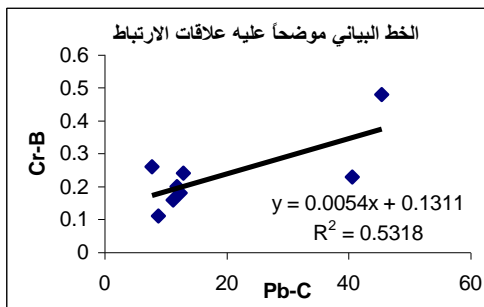
الجدول (7): قيم معاملات الارتباط بين مختلف العناصر والمواقع المدروسة.

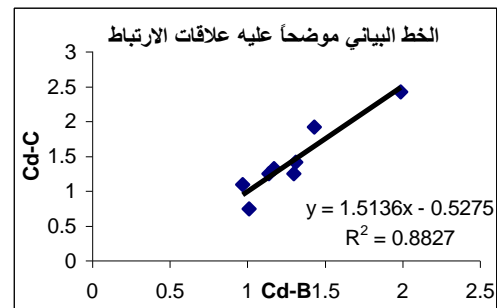
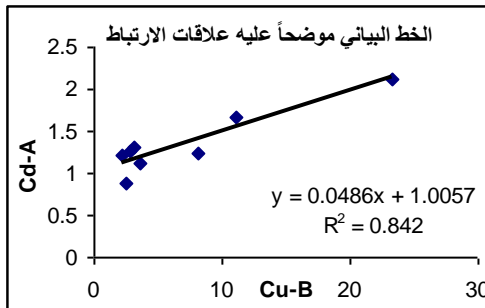
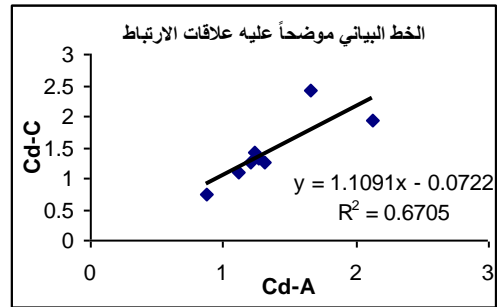
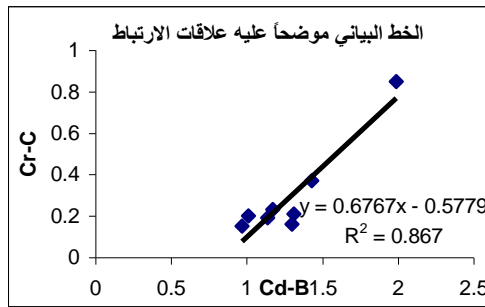
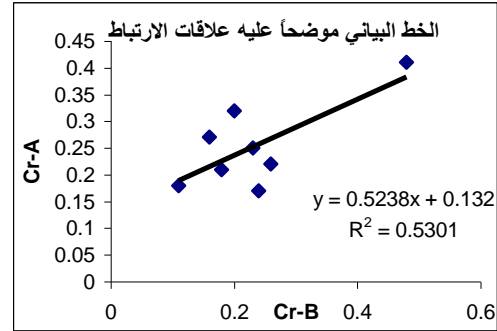
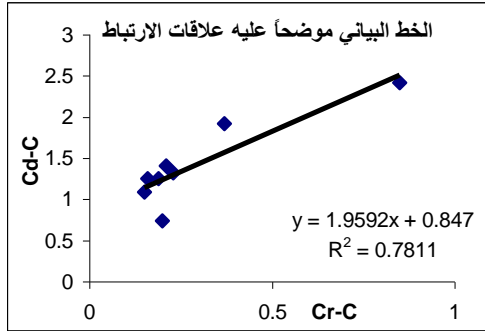
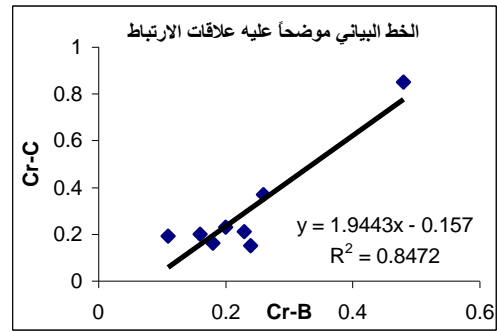
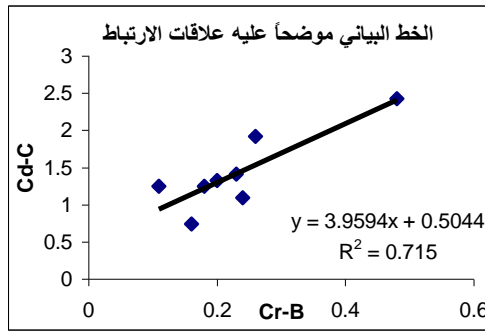
Cd-C	Cd-B	Cd-A	Cr-C	Cr-B	Cr-A	Cu-C	Cu-B	Cu-A	Pb-C	Pb-B	Pb-A	
											1	Pb-A
										1	0.343	Pb-B
									1	0.997(**)	0.292	Pb-C
								1	0.070	0.039	0.594	Cu-A
							1	0.983(**)	0.143	0.121	0.541	Cu-B
						1	0.849(**)	0.857(**)	0.390	0.343	0.641	Cu-C
					1	0.472	0.136	0.183	0.640	0.608	0.060	Cr-A
				1	0.728(**)	0.813(**)	0.477	0.467	0.729(**)	0.683	0.381	Cr-B
			1	0.920(**)	0.798(**)	0.830(**)	0.471	0.500	0.650	0.596	0.321	Cr-C
		1	0.548	0.515	0.190	0.851(**)	0.918(**)	0.894(**)	0.105	0.074	0.561	Cd-A
	1	0.650	0.931(**)	0.865(**)	0.719(**)	0.825(**)	0.529	0.505	0.701	0.664	0.221	Cd-B
1	0.940(**)	0.819(**)	0.884(**)	0.846(**)	0.584	0.879(**)	0.691	0.661	0.575	0.534	0.340	Cd-C

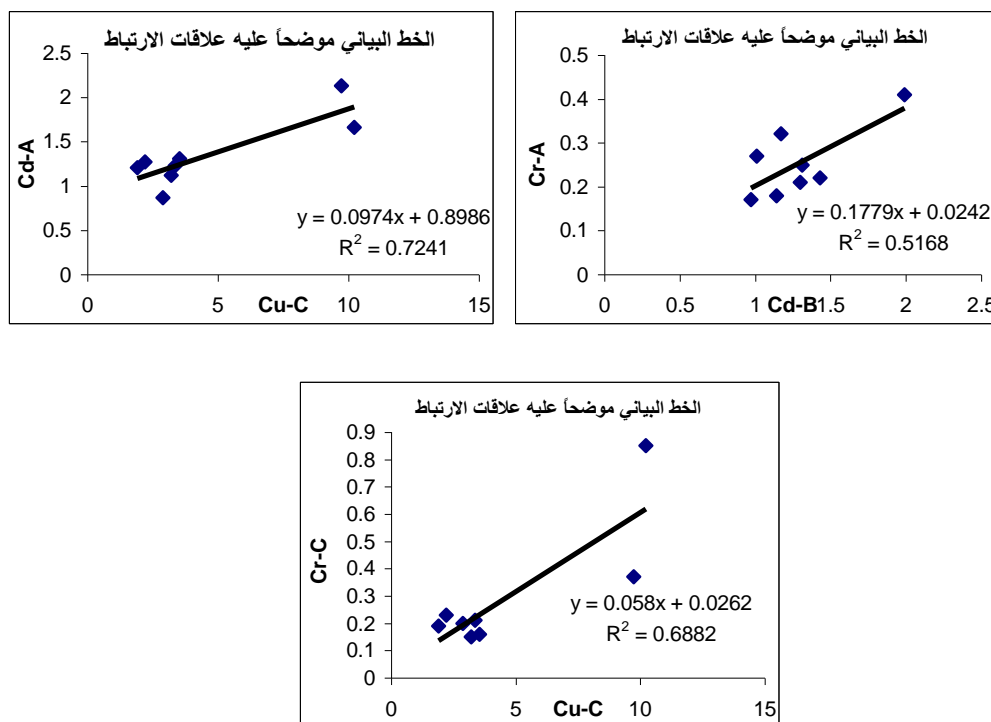
*: تعني أنه لا يوجد وفق اختبار Ch^2 (توزع كاي²) فروق معنوية (من أجل $P=0.05$) بين القيم الفعلية والقيم المتوقعة

نظرياً من علاقة الارتباط.

** : تعني أنه لا يوجد وفق اختبار χ^2 (توزع كاي²) فروق معنوية (من أجل $P=0.01$) بين القيم الفعلية والقيم المتوقعة نظرياً من علاقة الارتباط.







الشكل (10): علاقات الارتباط بين مختلف العناصر والمواقع المدروسة.

نلاحظ من قيم معاملات الارتباط الواردة في الجدول (7) وعلاقات الارتباط الموضحة في الشكل (10) أن مصادر التلوث واحدة في المواقع التي تكون قيم معامل الارتباط فيها أكبر من 0.9 أو قريبة جداً منها. فعلى سبيل المثال نلاحظ وجود ارتباط قوي بين كمية الرصاص التي تمّ التحري عنها في الموقع B مع كمية الرصاص في الموقع C، والأمر نفسه بين كمية النحاس في الموقع A مع كمية العنصر نفسه في الموقع B (0.983, 0.997), كما يبين الجدول أيضاً علاقة ارتباط قوية بين كمية النحاس في الموقع A وكمية الكاديوم في الموقع A، وبين كمية النحاس في الموقع B وكمية الكاديوم في الموقع A أيضاً، وكذلك الأمر نفسه بين كمية الكروم في الموقع B وكمية العنصر نفسه في الموقع C، وكمية الكروم في الموقع C وكمية الكاديوم في الموقع B، وأيضاً كمية الكاديوم في الموقع B مع كمية العنصر نفسه في الموقع C حيث (0.940, 0.931, 0.920, 0.918, 0.894) على التوالي. وتوضح الأشكال الآتية علاقات الارتباط بين مختلف العناصر والمواقع المدروسة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تبين النتائج ارتفاع تركيز نزر عنصر الرصاص في الموقع C بالمقارنة مع الموقعين A و B في جميع أشهر الدراسة تقريباً، وبلغ هذا الارتفاع حده الأعلى في شهري أيار وحزيران على التوالي بالمقارنة مع الأشهر الأخرى، والتي تعود بمعظمها إلى نشاطات بشرية ناجمة عن طرح مخلفات المياه العادمة المنزلية والصناعية.
- 2- ارتفاع تركيز نزر عنصر النحاس في شهري نيسان وأيار بالمقارنة مع فترات الاعتيان الأخرى في جميع المواقع المدروسة، وسجل الارتفاع الاعظمي لتركيز هذا العنصر عموماً في الموقع B بالمقارنة مع المواقع الأخرى،

أما مصادره فتعود بالدرجة الأولى إلى نشاطات بشرية ناجمة عن مخلفات المنازل، و مصادر صناعية (عمليات التعدين، ومعالجة المعادن، و حرق القمامة).

3- ارتفاع تركيز نزر عنصر الكروم في شهري نيسان وأيار تقريباً بالمقارنة مع فترات الاعتيان الأخرى في جميع المواقع المدروسة، وسُجل انخفاض في تراكيز نزر هذا العنصر بالمقارنة مع التراكيز المسجلة لعنصري الرصاص والنحاس في جميع المواقع المدروسة خلال مجمل فترة الدراسة، وتعود مصادره إلى عمليات الطلي الغلفاني، وصقل المعادن.

4- أظهرت النتائج تقارب في تراكيز نزر عنصر الكادميوم في جميع المواقع المدروسة طوال فترات الاعتيان، مما يعطي مؤشراً واضحاً إلى أن مصادر هذا العنصر تعود بمعظمها إلى مصادر بعيدة (امتزازه على دقائق الغبار المنقولة جواً من مصادره، ثم غسله مع مياه الأمطار عندما تتوفر الشروط الجوية المواتية)، وبدرجة أقل إلى مصادر محلية (صناعة الدهانات، والمبيدات).

5- تلعب النشاطات البشرية الدور المسيطر في ارتفاع تراكيز نزر العناصر المدروسة وانخفاضها، وبدا ذلك واضحاً من خلال التفاوت الحاصل في تراكيز هذه العناصر من موقع إلى آخر ومن فترة إلى أخرى.

6- يُلاحظ من جدول علاقات الارتباط والأشكال المترتبة عنه أن مصادر التلوث واحدة في الكثير من المواقع المدروسة ($R > 0.7$)، ومختلفة المصادر في مواقع أخرى ($R < 0.7$) وذلك تبعاً لاختلاف النشاطات البشرية السائدة التي تصب مخلفاتها في كل موقع من المواقع المدروسة.

المراجع:

- [1]. KELLER C., McGRATH P. S., DUNHAM J. S., "Trace metal leaching through a Soil-Grassland system after sewage sludge application". *J. Environ. Qual.*, (2002), 31, p. 1550-1560.
- [2]. MAMBOYA A. F., "Heavy metal contamination and toxicity". Studies of Macroalgae from the Tanzanian coast, Stockholm University, ISBN 91-7155-374-6, 2007, p.1-48.
- [3]. CHAN S. M., WANG W., NI I., "The uptake of Cd, Cr and Zn by Macroalgae, *Enteromorpha Crinita* and subsequent transfer to the marine Herbivorous Rabbitfish, *Siganus Canaliculatus*". *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2003, 44, p.298-306.
- [4]. NIES D. H., "Microbial heavy metal resistance". *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 1999, 51, p.730-750.
- [5]. REDFERN M., "Heavy metal contamination from landfills in coastal marine sediments: Kiribati and New Zealand". A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master in science at the university of Waikato, 2006, p.1-60.
- [6]. DRAFT COMMISSION REGULATION, "Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff". Amending commission regulation EC n° 194/97 of 31 January 1997. ENTR/5799/99-rev 1-EN.
- [7]. DENTON G. R. W., WOOD H. R., CONCEPCION L. P., SIEGRIST H. G., EFLIN V. S., NARCIS D. K., PANGELINAN G. T., "Analysis of In-place contaminants in marine sediments from four Harbor locations on Guam: A pilot

- study*". Water and Environmental Research Institute of the western Pacific, University of Guam, Mangilao, Guam, Technical report, 1997, No. 87.
- [8]. DENTON G. R. W., BEARDEN B. G., CONCEPCION L. P., SIEGRIST H. G., VANN D. T., WOOD H. R., "*Contaminant assessment of surface sediments from Tanapaglagoon, Saipan*". Water and Environmental Research Institute of the western Pacific, University of Guam, Mangilao, Guam, Technical report, 2001, No. 93.
- [9]. CALLENDER E., "*Heavy metals in the Environment-Historical trends*". in H. D. Holland & K. K. Turekian (ed.), *Treatise on Geochemistry, Environmental Chemistry*, Pergamon, Oxford, 2003, p.67-105.
- [10]. FINKELMAN R. B., "*Sources and health effects of metals and trace elements in our environment: An overview*". In T. A. Moore, A. Black, J. A. Centeno, J. S. Harding & D. A. Trumm (ed.), *Metal contaminants in New Zealand*, Resolutions Press, Christchurch, New Zealand, 2005, p.25-46.
- [11]. JIN L., WU D., NI Z., "*Determination of lead, Cadimum, Cobalt, Copper, Tin, Arsenic and Molybdenum in seawater and biological samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry after preparation and preconcentration with APDC precipitation*". *Huaxue Xuebao*, 1987, 45(8), p.808-812.
- [12]. AZEMARD S., COGUERY M., "*Standard operating procedures for trace metals determination*". Training course on the analysis of trace metals in water, biological and sediment samples for MED-POL, IAEA-MESL, 1997, p.52.

