------مجلة علوم الرافدين، المجلد 28، العدد 1، ص 1-10، 2019------

تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة في مياه ورواسب نهر دجلة ضمن مدينة الموصل

إيمان سامي السراج* **منى حسين جانكير** **ساطع محمود الراوي**

قسم علوم الحياة/ كلية العلوم/ جامعة الموصل

مركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث/ جامعة الموصل

***E-mail :**emansamialsarraj@yahoo.com

(أستلم 2/ 4 /2018 ؛ قُبل 12 / 6 /2018)

الملخص

يعد نهر دجلة من المصادر المائية المهمة في العراق، لذلك فقد أُجريت دراسة بيئية على نهر دجلة ضمن مدينة الموصل للتحقق من مدى تأثير الملوثات المختلفة ومنها العناصر الثقيلة في مياهه ورواسبه، ابتداء من موقع مشيرفة شمالاً حتى قرية البوسيف جنوباً وابتداء من فصل الربيع للعام 2011 ولغاية فصل الشتاء للعام 2012.

تم تقدير تراكيز أربعة عناصر ثقيلة (الخارصين Zn، النحاسCu، الكادميوم Cd، والرصاص Pb) في المياه والرواسب القاعية لنهر دجلة، وقد استخلصت العناصر الثقيلة بالطرق القياسية وأجريت القياسات باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري.

أظهرت النتائج ارتفاعاً معنوياً في تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في المياه والرواسب لنهر دجلة في وسط المدينة ومنطقة البوسيف مقارنة مع منطقة مشيرفة (كمجموعة سيطرة)، إذ كانت تراكيز العناصر الثقيلة في المياه تتبع التسلسل التنازلي الآتي: الخارصين> النحاس >الرصاص > الكادميوم. أما في الرواسب فقد اتبع التسلسل التنازلي الآتي: النحاس >الرصاص >الخارصين> الكادميوم. بينت هذه الدراسة ان تراكيز العناصر الثقيلة في المياه والرواسب كانت ضمن المحددات البيئية العراقية وان تراكيزها في الرواسب القاعية أعلى مما في المياه.

الكلمات الدالة: نهر دجلة، العناصر الثقيلة، الرواسب القاعية، تلوث المياه.

Estimation of the Concentrations of some Heavy Metals in Water and Sediments of Tigris River in Mosul City

Eman S. Al-Sarraj **Muna H. Jankeer** **Sati M. Al-Rawi**

Department of Biology/ College of Science/ University of Mosul

Environmental Research center/ University of Mosul

ABSTRACT

Tigris river is considered among the most important sources of water in Iraq. Therefore, an ecological study has been conducted on this river within a stretch in Mosul city starting from Mushirfa site north till Al-Busaif village in the south. The study aimed at verifying the impact of

various pollutants including heavy metals on water and sediments. The study started on Spring 2011 through Winter 2012.

The heavy metals have been extracted by stander method using Atomic Absorption Spectrophotometer and the estimation of some heavy metal concentrations such as (Zn, Cu, Cd, and Pb) in river water and sediments has been done.

The result reveled a significant increase in the concentration of studied heavy metals in water and sediments in the area of Al-Busaif compared with Mushirfa area (as a control group). The concentration of heavy metal in water followed the descending order: Zn> Cu> Pb>Cd. As in sediment the concentration followed the descending order: Cu> Pb>Zn>Cd.

This study has showed that the concentration of heavy metals in water and sediments is normal with in the respective determinants of Iraq, and its concentration in sediments more than its in water.

Keywords: Tigris river, heavy metals, sediments, water pollution.

المقدمة

تعد العناصر الثقيلة إحدى الملوثات الخطيرة التي تدخل بيئة المياه العذبة، وتسبب خللاً في التوازن البيئي (Canli *et al*., 1998)، وينعكس ذلك بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الإنسان (Kaviraj and Konar, 1982). إذ تزخر مياه الأنهار ومنها نهر دجلة بطيف واسع من الملوثات تشمل عدداً من العناصر الثقيلة مثل عناصر الخارصين Zinc والنحاس Cupper والكادميوم Cadmium والرصاص Lead نتيجة لطرح الفضلات الصناعية فيه، فضلاً عن أنواع الأسمدة الكيميائية، التي لها دور معزز لمستويات التلوث النهري (Farag *et al*., 2007).

على الرغم من الأهمية الحيوية لبعض العناصر الثقيلة إلا أن لها تأثيراً ساماً، بسبب عدم إمكانية تحللها بوساطة الأحياء الدقيقة والعمليات الطبيعية الأخرى، فضلاً عن ثباتها في البيئة وانتشارها لمسافات بعيدة عن مصادر نشوئها بفعل الرياح والعواصف والأمطار (Gulfraz *et al.*, 2001; Feng *et al.*, 2008)، كما تمتاز تلك المعادن بقابليتها على التراكم الحيوي Bioaccumulation في أجسام الكائنات الحية، إذ تزداد تراكيزها عن طريق السلسلة الغذائية Food Chain وتدخل أجسام الكائنات الحية عن طريق الهواء، الماء والتربة ثم يحدث التراكم الحيوي، الذي يسبب السمية الدائمة للكائنات الحية (Ahmed *et al.*, 2010)، لذا تكون خطرة على الإنسان لأنه يقع في قمة الهرم الغذائي، وهو المستودع النهائي لتراكم هذه العناصر في أجسام الكائنات المختلفة (Aoyoma *et al.*, 1978).

أشارت العديد من الدراسات إلى أن الأنهار تتعرض للتلوث بالعناصر الثقيلة من مصادر مختلفة كالفضلات المنزلية ونشاطات التعدين والأنشطة الزراعية كإضافة الأسمدة والمبيدات مما يؤثر سلبياً في توازن النظام البيئي المائي (Karak *et al*., 2010 ; Dallinger *et al*., 1987)، أشار العودات (1998) إلى أن السبب الرئيس لتلوث المياه يعود إلى التصريف المباشر لمياه الفضلات غير المعالجة إلى الأنهار ومستودعات المياه ومن هذه الملوثات العناصر الثقيلة والمبيدات وغيرها.

توجد العناصر الثقيلة في البيئة المائية إما في المياه أو في الحمولة العالقة أو الرواسب القاعية إلا أن تقدير تراكيزها في الماء ولفترة قصيرة لا تعطي مؤشرات دقيقة على مدى التلوث وذلك بسبب التغاير في تصاريف المياه، الحمولة العالقة وعدم توازن واستقرارية مصدر التلوث، فضلاً عن عدم الانتظام فيما يطلق موضعياً من هذه الملوثات، لذا يجري التركيز على الرواسب القاعية لكونها تعطي مؤشراً أكثر استقرارية عن هذه العناصر، إذ تعد هذه الرواسب مصيدة لمختلف العناصر (الصائغ والمفتي، 1999؛ الصائغ وطاقة، 2002).

تتكون الرواسب الطبيعية من خليط الرمل والطين والمواد العضوية وتختلف نسب هـذه المكونـات بـاختلاف أنـواع الرواسب، ويحدث تداخل مع العناصر الثقيلة اعتماداً على طبيعة الرواسب وعلى الظروف الكيميائية والفيزيائيـة الـسائدة، إذ أشار كل من Forstener وWittmann (1981) إلى أن زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب تكون أعلى مما هو عليه في الماء بـ (10^3 - 10^5) مرة، وذلك لكـون الرواسـب تعمـل كمـصائد للملوثـات، وأن أصـلها مـن الميـاه الملوثـة (Agemain and Chari, 1976).

إن تلوث الأنهار والأنظمة المائية بهذه العناصر في المناطق ذات الكثافة السكانية والنشاطات الصناعية يـنعكس مـن خلال التراكيز العالية للعناصر الموجودة في الرواسب (Banat and Al-Rawi, 1981)، كما أشار(1978) , Edgren فـي دراسته إلى أن الرواسب تعكس درجة التلوث في البيئة المائية وأشار العديد من الباحثين إلى أن العناصر الثقيلة غير المرتبطة بالتراكيب السيليكية في الرواسب يكون أصلها من المياه الملوثة (Agemain and Chari, 1976)، لهذه الأسباب تمت دراسة تراكيز العناصر الثقيلة في رواسب المناطق المدروسة.

المواد وطرائق العمل

تم تقدير تراكيز العناصر الثقيلة في مياه ورواسب نهر دجلة ضمن مدينة الموصل المجموعة من ثلاث مواقـع تمثلـت بمنطقة مشيرفة باعتبارها منطقة سيطرة، وسط المدينة (قرب الجسر الحديدي) ومنطقة البوسيف إذ أُجريت دراسة فصلية لتقدير تراكيز العناصر الثقيلة في عينات المياه المأخوذة من المواقع الثلاثة أعلاه أثناء الفصول الأربعة (الصيف، الخريـف، الربيـع والشتاء) وعلى مدار سنة كاملة.

تقدير تراكيز العناصر الثقيلة في المياه:

قُدّرت تراكيز العناصر الثقيلة قيد الدراسة (الخارصين، والنحاس، والكادميوم والرصاص). اعتمـاداً علـى الطريقـة الواردة في (APHA, 1985).

تحضير العينة:

أخـذ 50 مـل مـن الميـاه المجمعـة مـن المواقـع الثلاثـة وللفـصول الأربعـة فـي أثنـاء العـام 2011-2012، ووضعت في دورق زجاجي نظيف سعة 100 مل، وأضيف إليه 5 مل من حامض النتريك المركـز (لهـضم العينة) سخن الدورق على صفيحة ساخنة Hot Plate وترك على الصفيحة الساخنة ليستمر التسخين إلـى مرحلـة مـا قبـل الجفاف، ثم أضيف إلى العينة 5 مل من حامض النتريك المركز مع استمرار التسخين للحصول على راسب. وبعد التبريد أكمل الحجم إلى 25 مل بالماء المقطر الخالي من الأيونات Dionized water، ورشح باستخدام المرشح الغـشائي Filteration membrane (0.20µm) لتصبح العينة جاهزة لتقدير تراكيز العناصر الثقيلة فيها، ثـم قيـست امتـصاصية هـذه العينـات المهضومة باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrophotometer، مـن نـوع PYE Unicom model sp9 حدد الطول الموجي والتيار المستخدم لكل عنصر ثقيل كما مبين في (الجدول 1).

الجدول :1 يبين الطول الموجي والتيار المستخدم للعناصر الثقيلة قيد الدراسة

العنصر	الطول الموجي (نانوميتر)	التيار المستخدم (ملي امبير)
النحاس	324.8	5
الخارصين	213.9	10
الكادميوم	228.8	6
الرصاص	217.0	6

تم تحويل قياس الامتصاص الذري إلى وحدات تراكيز وذلك باستخدام معادلات الانحدار المسجلة في تحليل الانحدار الخطي للتراكيز القياسية المختلفة من العناصر الثقيلة المستخدمة وعبرّ عن النتائج بوحدة (ملغم من المعدن لكل لتر من مياه العينة).

تقدير تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب:

تم تقدير تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب القاعية لمياه نهر دجلة ضمن مواقع الدراسة.

تحضير العينة:

بعد أن جمعت العينات من رواسب النهر وبعمق (20- 40) سم من القاع وضعت في أكياس نايلون ونُقلت إلى المختبر، تم تجفيفها ومن ثم تم تقدير تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الرواسب حسب الطريقة الواردة في (Jackson, 1958)، إذ أخذ وزن 0.5 غم من التربة الجافة ووضعت في دورق زجاجي وأضيف إليه 5 مل من محلول الهضم المتكون من حامض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) وحامض النتريك المركز (HNO_3) وحامض البركلوريك ($HClO_4$) وبنسبة (3:1:1)، ووضعت على الدورق زجاجة ساعة لمنع تبخير الحوامض المركزة، ثم سخنت العينات على مسخن حراري بدرجة 90 م° ولمدة ساعتين وداخل Hood ثم خففت بإضافة الماء المقطر الخالي من الايونات إلى 25 مل. تم تقدير امتصاصية كل عينة باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري، وتم تحويل الامتصاصية إلى وحدات تركيز وذلك بالرجوع إلى معادلات الانحدار للمنحنيات القياسية للعناصر الثقيلة قيد الدراسة وعبر النتائج بوحدة (مايكروغرام من المعدن لكل غرام من الوزن الجاف للتربة).

التحليل الإحصائي

حللت النتائج إحصائياً باستخدام التصميم العشوائي الكامل Complete Randomize Design (CRD) واختبرت المتوسطات باختبار دنكن Duncan Test متعدد المدى اعتماداً على الطريقة الواردة في الراوي وخلف الله (1980)، إذ اختبرت النتائج عند مستوى معنوية ($p\leq 0.05$). وباستخدام البرنامج الإحصائي الجاهز SAS لسنة 2001.

النتائج و المناقشة

تراكيز العناصر الثقيلة في المياه:

الخارصين Zinc

يبين من (الجدول 2) أن معدل تركيز عنصر الخارصين في مياه نهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة وللمواقع المدروسة الحالية، أظهرت النتائج ارتفاعاً في تركيز عنصر الخارصين في فصل الشتاء نظراً لما تجرفه الأمطار والسيول إلى مياه النهر، فضلا عن زيادة تركيزه في المياه كلما اتجهنا نحو وسط وجنوب المدينة، ويعود السبب في ذلك إلى ما تطرحه المصبات من ملوثات غير معالجة إلى النهر.

كما يبين (الجدول 3) المعدل السنوي لتركيز عنصر الخارصين في مياه نهر دجلة ضمن المواقع المدروسة، إذ سجل أقل تركيز لعنصر الخارصين 0.469 ملغم/لتر في منطقة مشيرفة في فصل الربيع والسبب في ذلك يعود إلى وفرة الأمطار والسيول التي تعمل على تخفيف وانتشار مياه النهر، أما أعلى قيمة فقد ظهرت في منطقة البوسيف إذ بلغت1.961 ملغم/لتر في فصل الشتاء، والسبب هو لما تجرفه مياه الأمطار والسيول من مياه الفضلات المطروحة من المناطق السكنية والصناعية والزراعية عن طريق المصبات إلى النهر، أما في فصل الصيف فقد أظهرت تركيزاً أعلى إذ بلغ 2.528 ملغم/لتر في منطقة البوسيف، ويعود السبب في ذلك إلى ظاهرة تبخر المياه في فصل الصيف بسبب ارتفاع درجات الحرارة إضافة إلى قلة منسوب النهر، وبالتالي ازدياد معدل تراكيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة، ويعد معدل تركيز الخارصين لكل فصول السنة ضمن الحدود الطبيعية للمحددات العراقية والتي حددتها منظمة الصحة العالمية (عباوي وحسن، 1990; WHO, 2003).

الجدول 2: يبين معدلات تراكيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة لفصول سنة الدراسة

العنصر	الموقع	معدل تركيز العنصر (ملغم/لتر)				
		الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء	المعدل السنوي
الخارصين	منطقة مشيرفة	0.365	0.600	0.391	0.521	0.469
	وسط المدينة	0.986	1.272	1.30	1.800	1.339
	منطقة البوسيف	1.037	2.528	1.800	2.479	1.961
النحاس	منطقة مشيرفة	0.040	0.094	0.070	0.040	0.061
	وسط المدينة	0.176	0.387	0.197	0.122	0.220
	منطقة البوسيف	0.264	0.468	0.244	0.170	0.288
الكادميوم	منطقة مشيرفة	0.001	0.003	0.002	0.001	0.001
	وسط المدينة	0.002	0.007	0.004	0.003	0.004
	منطقة البوسيف	0.004	0.008	0.006	0.005	0.005
الرصاص	منطقة مشيرفة	ND	0.012	0.006	ND	0.004
	وسط المدينة	0.205	0.276	0.347	0.248	0.269
	منطقة البوسيف	0.304	0.403	0.347	0.248	0.325

* تعني ND غير محسوس.

النحاسCupper

تبين النتائج الموضحة في (الجدول 2) معدلات تركيز النحاس في أثناء فصول سنة الدراسة في مياه نهر دجلة وللمواقع المدروسة الثلاثة (0.061 ,0.220 ,0.288) ملغم/لتر، إذ أظهر تبايناً في معدلات تركيز النحاس تبعاً للمواقع، إذ ازداد تركيزه مع مسار النهر والسبب يعود إلى ما يتلقاه من مطروحات سائلة وملوثة.

إذ بلغ أقل تركيز للنحاس في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع 0.040 ملغم/ لتر، والسبب في ذلك يعود إلى ظاهرة التخفيف والانتشار التي تحدث في مياه نهر دجلة بسبب هطول الأمطار التي تعمل على تخفيف مياه النهر، أما في موقعي وسط وجنوب المدينة فقد لوحظت وللفصول كافة زيادة في تركيز النحاس، ويعود السبب في ذلك إلى ما يطرح من ملوثات مع الفضلات السائلة التي تطرح مباشرة إلى النهر من المصبات وبدون معالجة، مما تسبب زيادة في تراكيز العناصر الثقيلة في مياه النهر، وصلت أعلى قيمة لتركيز النحاس في فصل الصيف في منطقة البوسيف إلى 0.468 ملغم/ لتر، إلا أنه بالرغم من ارتفاع تركيز عنصر النحاس في مياه نهر دجلة لازال ضمن الحدود الطبيعية والمسموح بها دولياً من قبل منظمة الصحة العالمية، إذ أشارت تلك المنظمة إلى حدود تركيز النحاس في المياه العذبة 12 ملغم/ لتر، وفي مياه الشرب 3 ملغم/ لتر. ويكون النحاس أكثر سمية في المياه العسرة والواطئة القلوية (Fetter, 1980).

الكادميوم Cadmium

أظهرت النتائج المبينة في (الجدول 2) أن معدلات تراكيز الكادميوم في المواقع المدروسة على نهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة تراوحت بين (0.001-0.006) ملغم/لتر، سجل اقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع 0.001 ملغم/ لتر، أما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف إذ وصلت في فصل الصيف إلى 0.006 ملغم/ لتر، يعزى سبب ذلك إلى كثرة المطروحات والملوثات التي تلقى في النهر من المصبات التي تقع على جانبي النهر من دون معالجة، فضلاً عن التراكيز المتراكمة في الترب الزراعية والتي يكون مصدرها الأسمدة المختلفة التي تجرفها الأمطار في فصل الشتاء (العمر، 2000 ;Otchere, 2003). تتفق نتائج الدراسة الحالية مع الارياني (2005) والحمداني (2009) في أثناء دراستهما على مياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل، إذ تراوح تركيز الكادميوم بين (ND-0.03) ملغم/ لتر و (ND-0.009) ملغم/ لتر على التوالي. تم التوصل في هذه الدراسة إلى تراكيز قليلة لعنصر الكادميوم وكانت ضمن الحدود الطبيعية.

الرصاص Lead

أظهرت نتائج الدراسة الحالية في (الجدول 2) أقل قيمة غير محسوسة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، وأعلى قيمة كانت في منطقة البوسيف إذ وصلت في فصل الصيف إلى 0.403 ملغم/ لتر، ويعود السبب في ذلك إلى أن تبخر المياه في فصل الصيف يؤدي إلى تركيز نسبة الملوثات التي تلقى في النهر من المصبات الموجودة على جانبي النهر إضافة إلى قلة منسوب النهر. توصلت Al-Kattan (1989) في أثناء دراستها للعناصر الثقيلة في نهر دجلة ضمن مدينة الموصل إلى زيادة واضحة في تراكيز العناصر الثقيلة في مياه النهر في الأيام الممطرة وخصوصاً الرصاص والنيكل. كما توصل كل من الدليمي (2006) والارياني (2005) إلى أن قيم الرصاص تراوحت بين (ND-0.061) و(ND-0.017) ملغم/لتر على التوالي، وأشاروا إلى سبب ذلك الارتفاع في تركيز الرصاص هو الارتفاع في درجات الحرارة وتبخر المياه، في حين أوضح اليازجي ومحمود (2008) أن ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة ومن بينها الرصاص يعود كنتيجة لطرح كميات كبيرة من الفضلات السائلة باتجاه النهر نحو جنوب المدينة، وأن تراكيزها في فصل الصيف أكثر من الشتاء بسبب عامل التبخر والترسيب إضافة إلى تصريف مياه الفضلات الصناعية وورش تصليح السيارات وغيرها.

أظهرت النتائج المبينة في (الجدول 3) أن المعدل السنوي لتراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في المواقع المدروسة (منطقة مشيرفة، وسط المدينة ومنطقة البوسيف) لمياه نهر دجلة في أثناء سنة الدراسة، ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تركيز العناصر الأربعة لوسط المدينة ومنطقة البوسيف مقارنة مع منطقة مشيرفة (مجموعة سيطرة)، إذ بلغت تراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في منطقة البوسيف 1.961±0.349، 0.288±0.062، 0.005±0.001، 0.325±0.032 ملغم/ لتر من الوزن الجاف على التوالي مقارنة مع منطقة مشيرفة 0.469± 0.055، 0.061±0.0130، 0.004±0.001، 0.009±0.002 ملغم/ لتر على التوالي، إذ بلغت أقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، أما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف في فصل الصيف.

الجدول 3: يبين المعدل السنوي لتراكيز العناصر الثقيلة (ملغم/لتر) في مياه نهر دجلة ضمن مدينة الموصل وللمواقع المدروسة

العنصر / الموقع	تركيز الخارصين* المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز النحاس المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الكادميوم المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الرصاص** المعدل ± الخطأ القياسي
منطقة مشيرفة	b 0.055 ±0.469	b 0.0130±0.061	b 0.001±0.004	c 0.002±0.009
وسط المدينة	a 0.169±1.339	a 0.057±0.220	ab 0.004±0.008	b 0.019±0.230
منطقة البوسيف	a 0.349±1.961	a 0.062±0.288	a 0.001±0.005	a 0.032±0.325

* المعدل ± الخطأ القياسي هو لثلاث مكررات.

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن Duncan Test.

نستنتج من هذه الدراسة أن تراكيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة وللمواقع المدروسة تتبع التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> منطقة مشيرفة، وأن تراكيز العناصر الثقيلة وفق نوع العنصر فانه اتبع التسلسل التنازلي الآتي: الخارصين> النحاس> الرصاص> الكادميوم. يعزى سبب ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة في منطقة البوسيف (نهاية مجرى النهر ضمن مدينة الموصل) إلى مخلفات الفضلات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة.

تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب القاعية:

تبين النتائج المبينة في(الجدول 4) و(الجدول 5) تغايراً في تراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd وPb) في المواقع المدروسة منطقة مشيرفة، وسط المدينة ومنطقة البوسيف للرواسب القاعية لنهر دجلة في أثناء فصول سنة الدراسة، إذ أظهرت النتائج في(الجدول 5) ارتفاعاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) في تراكيز العناصر الأربعة في وسط المدينة ومنطقة البوسيف مقارنة مع منطقة مشيرفة (مجموعة السيطرة)، إذ بلغت تراكيز العناصر الثقيلة (Zn، Cu، Cd، Pb) في منطقة البوسيف 14.97±0.757، 36.201±0.652، 0.255±0.027، 30.708± 2.341 مايكروغرام/ غم من الوزن الجاف على التوالي مقارنة مع منطقة مشيرفة إذ بلغ تركيز العناصر فيها 6.721± 0.674، 12.165±0.962، 0.100±0.014، 14.89±1.700 مايكروغرام/غم من الوزن الجاف على التوالي، أظهرت النتائج اقل قيمة في منطقة مشيرفة في فصلي الشتاء والربيع، أما أعلى قيمة فكانت في منطقة البوسيف في فصل الصيف كما في (الجدول 4)، وبذلك اتبع تراكيز العناصر الثقيلة في رواسب نهر دجلة للمواقع المدروسة التسلسل التنازلي الآتي: منطقة البوسيف> وسط المدينة> مشيرفة، وان تراكيز العناصر الثقيلة على وفق نوع العنصر اتبع التسلسل التنازلي الآتي: النحاس> الرصاص> الخارصين > الكادميوم، ويعزى سبب ارتفاع تراكيز العناصر الثقيلة المدروسة إلى مخلفات الكائنات الحية المائية والفضلات المنزلية والصناعية والزراعية المختلفة التي تترسب وتتجمع في قاع النهر (الكبر والخزعلي، 2012؛ Hatje *et al.*, 2003).

الجدول 4: يبين معدلات تراكيز العناصر الثقيلة في رواسب نهر دجلة لفصول سنة الدراسة

العنصر	الموقع	معدل تركيز العنصر (مايكروغرام/غم من الوزن الجاف)				
		الفصل				المعدل السنوي
		الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء	
الخارصين	منطقة مشيرفة	5.089	8.221	6.264	7.308	6.720
	وسط المدينة	10.270	14.095	12.006	12.267	12.159
	منطقة البوسيف	13.703	17.093	14.094	15.008	14.974
النحاس	منطقة مشيرفة	11.224	14.649	12.584	10.202	12.164
	وسط المدينة	20.407	43.533	33.674	26.870	31.121
	منطقة البوسيف	23.468	51.480	39.79	30.611	36.337
الكادميوم	منطقة مشيرفة	0.090	0.132	0.114	0.066	0.100
	وسط المدينة	0.156	0.289	0.199	0.144	0.197
	منطقة البوسيف	0.223	0.322	0.277	0.149	0.242
الرصاص	منطقة مشيرفة	10.282	18.084	16.657	14.537	14.89
	وسط المدينة	20.921	30.850	24.467	20.921	24.289
	منطقة البوسيف	23.897	37.233	39.978	28.723	32.45

الجدول 5: يبين المعدل السنوي لتراكيز العناصر الثقيلة (مايكروغرام/غم من الوزن الجاف) في رواسب نهر دجلة ضمن مدينة الموصل وللمواقع المدروسة

العنصر / الموقع	تركيز الخارصين* المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز النحاس المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الكادميوم المعدل ± الخطأ القياسي	تركيز الرصاص** المعدل ± الخطأ القياسي
منطقة مشيرفة	c 0.674 ±6.721	b 0.962±12.165	b 0.014±0.100	b 1.700±14.89
وسط المدينة	b 0.782±12.160	a 4.944±31.121	a 0.032±0.197	a 2.858±24.29
منطقة البوسيف	a 0.757±14.975	a 6.052±36.201	a 0.027±0.255	a 2.341±30.708

* المعدل ± الخطأ القياسي هو لثلاثة مكررات

**الأرقام المتبوعة بأحرف مختلفة عمودياً تدل على وجود فرق معنوي عند مستوى احتمالية ($P\leq0.05$) والعكس صحيح بحسب اختبار دنكن Duncan Test.

وكما هو متوقع وسائد في معظم المسطحات المائية تبين أن العناصر المدروسة في رواسب نهر دجلة كانت تراكيزهـا أعلى مما في مياه نهر دجلة، كما يمكن مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في الرواسب القاعية لمياه نهر دجلة مع معـايير العناصر الثقيلة في الرواسب كما مبين في(الجدول 6) (Engler, 1980).

الجدول 6: يبين مقارنة تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب المدروسة مع معايير العناصر الثقيلة في الرواسـب والقـشرة الأرضية

العنصر	تركيز العنصر في الرواسب المدروسة (مايكروغرام/غم من الوزن الجاف)	غير ملوث	ملوث قليل	ملوث بشدة	التركيز الطبيعي للعنصر في قشرة الأرض (ملغم/كغم)
الخارصين	14.975	اقل من 90	200-90	اكثر من 200	80
النحاس	36.201	اقل من 25	50-25	اكثر من 50	70
الكادميوم	0.255	–	–	اكثر من 6	0.20
الرصاص	30.708	اقل من 40	60-40	اكثر من 60	16

الاستنتاجات

1- اتبعت تراكيز العناصر الثقيلة في مياه النهر التسلسل التنازلي الآتي: الخارصين> النحاس> الرصاص> الكادميوم أما فـي الرواسب فقد اتبعت التسلسل التنازلي الآتي: النحاس> الرصاص> الخارصين > الكادميوم وأن تركيز الخارصين والنحاس والرصاص في المياه والرواسب أكثر من الكادميوم.

2- إن تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب أكثر مما في مياه نهر دجلة مما يكسب هذه الرواسب أهمية بيئيـة؛ لأنهـا المـآل الأخير للملوثات في البيئة المائية، ومنها تدخل الملوثات السلسلة الغذائية وبذلك تشكل خطراً على البيئة والإنـسان. ومـع ذلك تبقى تراكيز العناصر الثقيلة في الرواسب دون المحددات المحلية والعالمية.

التوصيات

1- استمرار المراقبة النوعية لمياه نهر دجلة، والحفاظ على جودتها ونظافتها مسؤولية الجميع ويجب اتخاذ الاحتياطات كافـة التي تمنع حصول التلوث في النهر وحمايته من مصادر التلوث كافة.

2- التنسيق مع إدارة سد الموصل بإطلاق التصاريف الكافية لتحقيق متطلبات الحفاظ على النوعية الجيدة.

3- المعالجة عند المصدر أو المعالجة المركزية لمياه الفضلات وبشكل كفوء يجيز طرحها إلى النهر بعد مطابقتهـا للـشروط البيئية العراقية.

4- إلزام الصناعات والأنشطة التجارية الكبيرة بضرورة معالجة مطروحاتها في موقع الإنتاج قبيل طرحها إلى النهر.

المصادر العربية

الارياني، عادل قائد علي (2005). تقدير بعض الخصائص النوعية والعناصر الأثرية والثقيلة في ترب ومياه مجاري مدينة الموصل وفي النباتات المروية بها وتحديد كفاءة زهرة الشمس *Helianthus annuus* L. في إزالتها. أطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل.

اكبر، منال محمد ؛الخزعلي، أزهار محمد غالي (2012). تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة في مياه ورواسب نهر الغراف-ذي قار، مجلة علوم ذي قار. **3**(3)، 30-42.

الحمداني، علي أحمد جاسم (2009). إزالة الملوثات من بعض مياه مجاري مدينة الموصل باستخدام بعض النباتات المائية. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق.

الدليمي، قاسم أحمد رمل (2006). أثر الذوبان الثلجي في الجريان السطحي المباشر لنهر دجلة، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الأنبار، العراق.

الراوي، خاشع محمود؛ خلف الله، عبد العزيز (1980). " تصميم وتحليل التجارب الزراعية". وزارة التعليم العالي، جامعة الموصل، العراق.

الصائغ، عبد الهادي يحيى؛ المفتي، طورهان مظفر (1999). التلوث البيئي لترسبات نهر دجلة ومدى استقرار بعض العناصر الكيميائية في جوف الإنسان. مجلة علوم الرافدين. **15**(2)، 52-56.

الصائغ، عبد الهادي يحيى؛ طاقة، أروى شاذل (2002). "التلوث البيئي". دار الكتب والوثائق في بغداد، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل, العراق.

عباوي، سعاد عبد؛ حسن، محمد سليمان (1990)."الهندسة العملية للبيئة- فحوصات الماء". وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، العراق.

العمر، مثنى عبد الرزاق (2000). "التلوث البيئي". دار وائل للنشر، عمان، الأردن، ص 223.

العودات، محمد عبدو (1998). "التلوث وحماية البيئة". الطبعة الثالثة, دار الاهالي للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، سوريا.

اليازجي، ياسر ميسر؛ محمود، حازم جمعة (2008). دراسة الخصائص النوعية والعناصر الأثرية لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل. المجلة العراقية لعلوم الأرض، **(8)**، 33-49.

المصادر الأجنبية

Agemain, H.; Chari, A.S.Y. (1976). Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. The analyst, 101, 761-767. Analyst In: Chester, R.; Voutsinou, F.G. (1981). The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments. *Mar. Pollut. Bull.*, **12**(3), 84-91.

Ahmed, M.K.; Islam, S.; Rahman, S.; Haque, M.R.; Islam, M.M. (2010). Heavy metals in water, sediment and some fishes of Buriganga River, *Bangladesh. Int. J. Environ. Res.*, **4**(2), 321-332.

Al-Kattan, D.M.(1989).Trace elements in Tigris river and their impact on drinking water, M.Sc. Thesis, Civil Engineering, College of Engineering, University of Mosul, Iraq.

Aoyoma I.; Yoshinob, I.; Yoriteru, I. (1978). Experimental study on the concentration process of trace element through a food chain from the view point of nutrition ecology., *Wat. Res.*, **12,** 831- 836.

APHA (1985). "Standard Methods for Examination of Water and Waste Water". 16th ed., U.S.A.

Banat, K.M.; Al-Rawi, Y. (1981). Heavy metals distribution in the sediment of Euphrates river. *Iraqi. J. Sci.*, **22**(4), 554-561.

Canli, M.; Ay, O.; Kalay, M. (1998). Levels of heavy metals (Cd,Pb,Cu,Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio, Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan river. *Turk. J. Zool*., **22**(3), 149-157.

Dallinger, R.; Prosi, F.; Segner, H.; Black, H. (1987). Contaminated food and uptake of heavy metals by fish. Areview proposel for further research. *Oecologia*., **73**, 91- 98.

Edgren, M.(1978). Heavy metals in sediments of Lake Malaren and the Baltic. Statens Naturvards Verket (SNV) PM, 1018.

Engler, R.M. (1980). Prediction of pollution potential through geochemicaland biological procedure development of regulation guidelines and criteria for the discharge of dredge and fill material, edited by R. A. *Baker, Michigan, Ann Arbor Science Publication*., 143-170.

Farag, A.M.; Nimick; O.A.; Kimball, BA.; Church, S.E.; Harper, D.D.; Brumbaugh, W.G. (2007). Concentration of metals in water, sediment, biofilm, benthic micro invertebrates and fish in the Boulder river watershed, Montana and role of colloids in the metal uptake. Arch Environ. *Contam. Toxicol*.

Feng, L.; Wen, Y. M.; Zhu, P.T. (2008). Bioavailability and toxicity of heavy metals in a heavily polluted river, in PRD, china. B. Environ. *Contam. Toxicol.,* 81, 90- 94.

Fetter, C.W. (1980). "Applied Hydrogeology". Bell and Howell Co., London, 488 p.

Forstener, U.; Wittmann, G.T.W. (1981). "Metal Pollution in the Aquatic Environment". 2nd ed. Springer- Verlag. New York, 486 p.

Gulfraz, M.; Ahmad, T.; Afzal, H. (2001). Concentration level of heavy and trace metals in the fish and relevant water from Rawal and Mangla lakes. Online *J. Bio. Sci*., **1** (5), 414- 416.

Hatje, V.; Apte, S.C.; Hales, L.T.; Birch, G.F. (2003). Dissolved trace metal distributions in port Jackson estuary (Sydney harbour). *Australia. Mar. Pollut. Bull*., **46**(6), 719-730.

Jackson, M.L. (1958)."Soil Chemical Analysis". Prentice Hall Lnc. Englawood Cliffs, New Jersey, U.S.A.

Karak, J.; Anaser, O.; Thanaa S. (2010). Accumulation of some heavy metals in Himr (Barbu sluteus) and common Carp (Cyprinus carpio) fish in Euphraters river - Syria, *J. Animal and Poultry prod., Mansoura Univ*., 1(12), 669-675.

Kaviraj, A.; Konar, S.K. (1982). Acute toxicity of mercury, chromium and cadmium to fish, plankton and worm. *Giobios*., **9**, 97- 100.

Otchere, F.A. (2003). Heavy metals concentration and burden in the bivalres [Anadara (Senilia) Senilis, Crassotrea tulipa and pernapema] form lagoons in Ghana: model to describe mechanism of accumulation exeretion. *African J. Biotechnol.*, **2**(9), 280-287.

WHO (2003). "Guidelines for Drinking Water Quality". 3rd ed., 40 p.