



العدد : ١٥

التاريخ : ٢٠٢٥ / ٤ / ١٤

إلى / أ.د. عبد الرضا مطر عبد المحترم
جامعة القادسية / كلية الآداب
أ.م.د. كفاح داخل عبيس المحترمة
جامعة القادسية / كلية الآداب
م.م. وعد كاظم حسن المحترمة
جامعة القادسية / كلية الآداب

م / قبول نشر

تحية طيبة

يسر هيئة تحرير مجلة القادسية في الآداب والعلوم التربوية أن تعلمكم بقبول نشر بحثكم الموسوم
بـ (تحليل جغرافي لتركيز العناصر الثقيلة لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية) ، وسيتم نشره
في الأعداد القادمة ، مع التقدير .

أ.د. سرحان جفات سلمان

رئيس التحرير

٢٠٢٥ / ٤ / ١٤

أ.م.د. عصام عدنان الياسري

مدير التحرير

٢٠٢٥ / ٤ / ١٤

نسخة منه إلى:

- أمانة التحرير .
- الصادرة .
- وحدة الرقابة .

البريد الإلكتروني: journalofalqadisia@yahoo.com
journalofalqadisia@yahoo.com

تحليل جغرافي لتركز العناصر الثقيلة لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية

أ.د. عبد الرضا مطر عبد الرضا أ.م.د. كفاح داخل عبيس م.م. وعد كاظم حسن
جامعة القادسية / كلية الآداب جامعة القادسية / كلية الآداب جامعة القادسية / كلية الآداب

waad.kadhim.hassan@qu.edu.iq kafih.dakel@qu.edu.iq Abdulridha.abdulridha@qu.edu.iq

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى تحليل التركيز الجغرافي للعناصر الثقيلة في مياه نهر الفرات ضمن مدينتي الديوانية والشامية، مع التركيز على خمسة عناصر رئيسية: الزنك، النحاس، الرصاص، الكاديوم، والمنغنيز. تم إجراء مسح ميداني وجمع عينات من عشرة مواقع مختلفة على امتداد النهر خلال فصلي الصيف والشتاء، ثم تحليلها مختبرياً.

أظهرت النتائج وجود تباين واضح في تراكيز العناصر الثقيلة بين المواقع والفصول، حيث كانت أعلى التراكيز خلال فصل الصيف نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر، في حين انخفضت خلال الشتاء بسبب زيادة منسوب المياه وقلة التصريف الملوث. كما كشفت الدراسة عن تجاوز بعض المواقع الحدود البيئية المسموح بها، خاصة في الشامية مقارنة بالديوانية، مما يعكس تأثير الأنشطة البشرية والصناعية المختلفة على جودة المياه.

توصي الدراسة بضرورة مراقبة مصادر التلوث، وتطبيق إجراءات بيئية صارمة للحد من تصريف المخلفات الصناعية والمنزلية في مجرى النهر، للحفاظ على جودة المياه وصحة النظام البيئي.

الكلمات المفتاحية:

العناصر الثقيلة، نهر الفرات، جودة المياه، التلوث البيئي

Geographical Analysis of Heavy Metal Concentration in the Euphrates River Waters in the Cities of Diwaniyah and Shamiya

Abstract

This study aims to analyze the geographical concentration of heavy elements in the waters of the Euphrates River within the cities of Diwaniyah and Shamiya, focusing on five key elements: zinc, copper, lead, cadmium, and manganese. A field survey was conducted, and samples were collected from ten different locations along the river during the summer and winter seasons, followed by laboratory analysis.

The results revealed a significant variation in heavy metal concentrations across locations and seasons, with the highest concentrations recorded

during the summer due to high temperatures and increased evaporation, whereas lower concentrations were observed in winter due to rising water levels and reduced pollutant discharge. The study also found that some sites exceeded the permissible environmental limits, particularly in Shamiya compared to Diwaniyah, reflecting the impact of various human and industrial activities on water quality.

The study recommends monitoring pollution sources and implementing strict environmental measures to reduce industrial and domestic waste discharge into the river, ensuring water quality and ecosystem health.

المقدمة

تعد دراسة المعادن الثقيلة ضرورية لفهم تنوعها وتوافرها البيولوجي وطرق علاجها حيث يعتمد مصير وتنقل المعادن الثقيلة في الرواسب بشكل كبير على الشكل الكيميائي للمعدن⁽¹⁾ ، وبمجرد دخول هذه المعادن الى الرواسب يتم امتصاص من خلال تفاعلات سريعة اولية دقائق أو ساعات تليها تفاعلات امتصاص بطيئة أيام أو سنوات ومن ثم يتم إعادة توزيعها في أشكال كيميائية مختلفة مع اختلاف التوافر البيولوجي والتنقل والسمية⁽²⁾ ، اذ ان لنوعية المياه وخصائصه الفيزيائية والكيميائية دورا مهما في تغير تراكيز العناصر الثقيلة بين اطوارها الذائبة والدقائق والرواسب ، فان الانخفاض والارتفاع في درجات الحرارة وما تسببه من تبخير للمياه وزيادة نسبة الملوحة وقله العمق وتغير اللزوجة والايصالية وغيرها ، كلها عوامل تؤثر في تراكيز العناصر الثقيلة في الماء⁽³⁾ كذلك تعتبر العناصر الثقيلة هي الأكثر خطورة على البيئة المائية عند مقارنتها مع المؤشرات النوعية في حال خروجها عن المعايير المسموح بها

المشكلة :- يمكن تلخيص مشكلة البحث بالتساؤل الاتي :

-هل للعناصر الثقيلة اثر بارزا على جودة المياه في منطقة الدراسة

الفرضية:- تعد العناصر الثقيلة واحدة من العوامل المؤثرة على جودة مياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية عند خروجها عن المحددات البيئية المسموح بها .

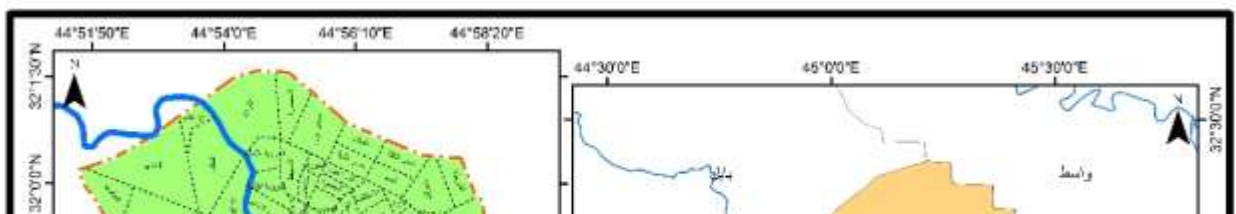
هدف الدراسة:-

يهدف هذا البحث إلى تحليل التوزيع الجغرافي للعناصر الثقيلة في مياه نهر الفرات ضمن مدينتي الديوانية والشامية، وتقييم تأثيرها على جودة المياه. كما يسعى إلى تحديد مدى تجاوز تركيز هذه العناصر للحدود البيئية المسموح بها، والكشف عن العوامل الطبيعية والبشرية التي تسهم في تغيير مستويات التلوث، بهدف تقديم توصيات للحد من تأثير الملوثات وتحسين جودة المياه في المنطقة.

حدود البحث :- تتمثل حدود البحث بمقطع نهر الفرات بين مدينتي الديوانية والشامية خريطة (1) (2) بطوله البالغ مايقارب (93) كم لديوانية و(88) كم للشامية

طريقة العمل:- تم اجراء المسح الميداني للمقطع المطلوب دراسته في شطي الديوانية والشامية ، ومشاهدة ماموجود في النهر من نباتات مائية وتباينها من فصل سنوي لآخر ، وجمع البيانات والمعلومات المتعلقة بالدراسة عن طريق المشاهدة الميدانية ، فضلا عن بيانات مديرية بيئة القادسية وماموجود من دراسات سابقة ، كما تم اختيار (10) مواقع بشكل متباين على طول امتداد شطي الديوانية والشامية خريطة (2) (3) ومن ثم جمعت عينات المياه من تلك المحطات بواسطة اوعية زجاجية شفافة سعة (1.5) لتر ، ونقلت الى المختبر بشكل مباشر .

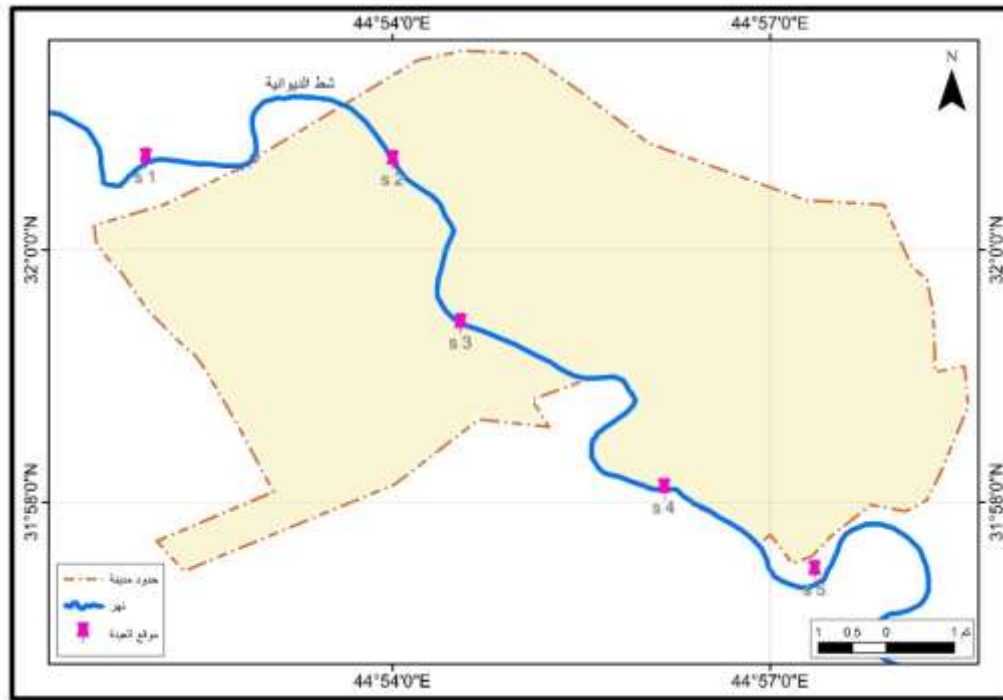
خريطة (1) موقع منطقة الدراسة من محافظة القادسية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على :

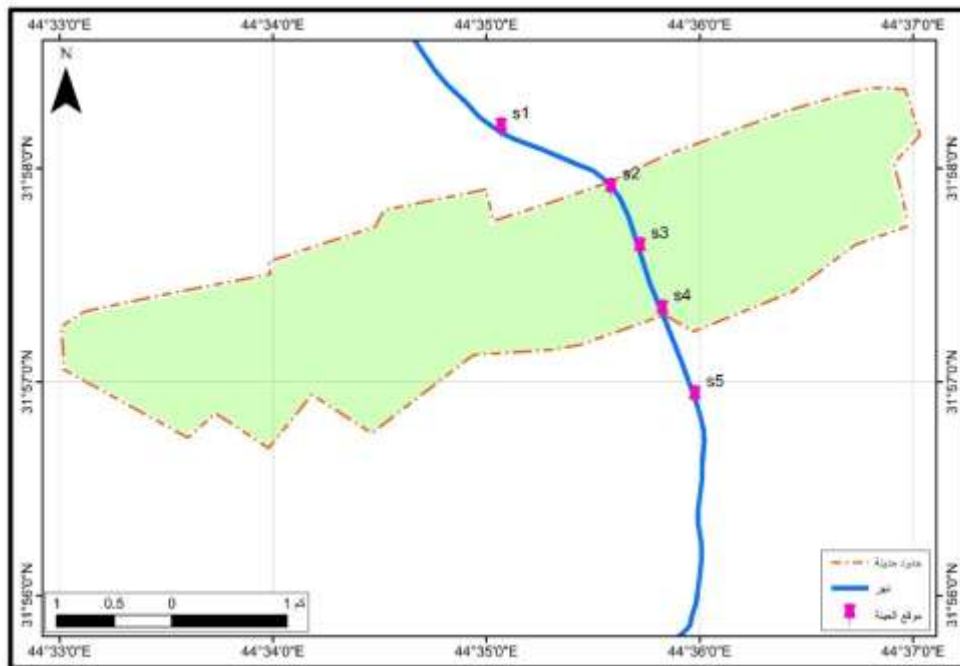
- جمهورية العراق ، وزارة البلديات والأشغال العامة ، مديرية بلدية القادسية ، شعبة GIS ،
بيانات غير منشورة ، 2023.

خريطة (2) مواقع سحب العينات في مدينة الديوانية



المصدر : الباحثة باستخدام (Arc . Map 10.8)

خريطة (3) مواقع سحب العينات في مدينة الشامية



المصدر : الباحثة باستخدام (Arc . Map 10.8)

1- الزنك zinc :

الزنك هو من المغذيات الدقيقة الأساسية لجميع الكائنات الحية، حيث يشكل جزءاً من الموقع النشط في العديد من الإنزيمات المعدنية. فضلاً عن دوره الحيوي في الوظائف البيولوجية، يُعد الزنك أقل خطورة في عملية التلوث مقارنة بالرصاص والزرنيق، لكن تناوله بكميات كبيرة يمكن أن يؤدي إلى حدوث خلل في الجسم. عندما يتراكم الزنك في جسم الإنسان، فإنه يسبب أضراراً كبيرة. وقد حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية للمعادن حدًا للتلوث بالزنك يتراوح بين 3-5 ملغم/لتر⁽⁴⁾. تشمل مصادر الزنك في البيئة المائية تصريف مياه الصرف الصحي المنزلي ومحطات توليد الطاقة بحرق الفحم، وكذلك عمليات التصنيع التي تشمل المعادن، كما يضاف عنصر الزنك كأسمدة لزيادة الإنتاج الزراعي ولاسيما في ترب العراق التي تعاني من نقص في تراكيز هذا العنصر، ويحتاجه الانسان ويوصي بان يعطي كمرهم للجلد وخاصة الأطفال الذين يعانون من الالتهابات الجلدية⁽⁵⁾.

يتضح ومن خلال البيانات الواردة في الجدول (1)، أن هناك تبايناً زمنياً في نتائج التحاليل المختبرية لعنصر الزنك (Zn) ضمن مياه شط الديوانية، إذ يظهر ان هنالك تغيرات فصلية في تركيز الزنك خلال الموسم الصيفي، حيث سجل أعلى ارتفاع له عند الموقع (S5) وبلغ (0.24) ملغم/لتر ويعزى ارتفاعه في هذا الموقع كون هذا الموقع هو الاقل عمقاً بين مواقع النهر خلال موسم الصيف، بينما سجل أقل ارتفاع له عند الموقع (S1) وبلغ (0.09) ملغم/لتر حينما سجل هذا الموقع عمق (4متر) وهو الأكثر عمقا بين مواقع النهر، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.1، 0.14، 0.11) ملغم لتر .

وخلال الموسم الشتوي فقد سجل أعلى ارتفاع له عند (S5) وبلغ (0.17) ملغم/لتر ويعزى ارتفاعه في هذا الموقع خلال الموسم الشتوي الى ان هذا الموقع سجل ادنى درجة حرارة للهواء بلغت (15,6م) فضلاً عن كونه اقل المواقع عمقاً والذي بلغ (2,3متر)، اما اقل ارتفاع سجل عند الموقع (S1) وقد بلغ (0.02) ملغم/لتر كون هذا الموقع هو الاعلى حرارة والاكثر عمقاً إذ سجل درجة حرارة هواء بلغت (16,4م) وعمق (2,5متر)، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.03، 0.07، 0.04) ملغم/لتر .

زمنياً يلاحظ من الخريطة (4) معدلات الزنك إذ سجل أقل التراكيز خلال شهر كانون الثاني بمعدل قدره (0.66) ملغم/لتر. يُعزى ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة خلال فصل الشتاء، وقلة تصريف الملوثات البشرية من مياه الصرف الصحي والزراعي، وكذلك قلة عدد النباتات المائية، وارتفاع منسوب المياه. في المقابل، سجل معدل تراكيز الزنك أعلى نسبة خلال شهر تموز بمعدل قدره (0.136) ملغم/لتر ويرجع سبب ارتفاع الارتفاع الزنك الى النشاطات البشرية المختلفة ومن أهمها مياه الصرف الصحي والمخلفات الصلبة التي تدخل في تركيب

مكوناتها وخاصة مساحيق الغسيل التي تكون قريبة من النهر ، وحسب بيانات الشكل (1) الجدول (2) ، نجد ان جميع قيم المواقع الدراسية تقع ضمن المعيار البيئي المسموح به والبالغ (0.15) ملغم/لتر. باستثناء المعدلات الفصلية لقيم تراكيز عنصر الزنك وعند الموقع (S5) تقع خارج المعيار البيئي

أما بالنسبة لتباين تراكيز الزنك في مياه شط الشامية، نلاحظ من البيانات الواردة في الجدول (1) ان هنالك ارتفاعاً في تراكيز الزنك في جميع المواقع خلال شهر تموز، اذ سجل أعلى ارتفاع له عند الموقع (A4) وبلغ (0.32) ملغم/لتر كون هذ الموقع هو الاعلى حرارة والاكثر عمقا اذ سجل درجة حرارة هواء (38م) وعمق (3,5متر)، وانخفاضها عند الموقع (A3) اذ بلغ (0.27) ملغم/لتر كون هذا الموقع اقل حرارة واقل عمقاً (37م) وعمق (3متر)، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.28،0.29،0.31) ملغم/لتر.

فيما خلال شهر كانون الثاني سجل أعلى تراكيز عند الموقع (A4) وبلغت (0.25) ملغم/لتر كون هذا الموقع هو الاقل حرارة (15,2م)، بينما سجل الموقع (A3) أقل التراكيز وبلغت (0.2) ملغم/لتر. اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.21،0.22،0.24) على التوالي .

زمانيا يلاحظ من الخريطة (5) ان اقل معدل لتركيز الزنك سجل خلال شهر كانون الثاني بمعدل فصلي بلغ (0.224) ملغم/لتر، ويُعزى ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة وقلة التبخر. في المقابل، سجل تراكيز معدل الزنك أعلى خلال شهر تموز بمعدل فصلي بلغ (0.294) ملغم/لتر نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر، عند مقارنة نتائج الفحوصات المختبرية لتراكيز الزنك ومن خلال الشكل البياني (2) نجد أنها تقع خارج المعيار البيئي المسموح بها والبالغة (0.15) ملغم/لتر.

جدول (1)

قيم (Zn) لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023

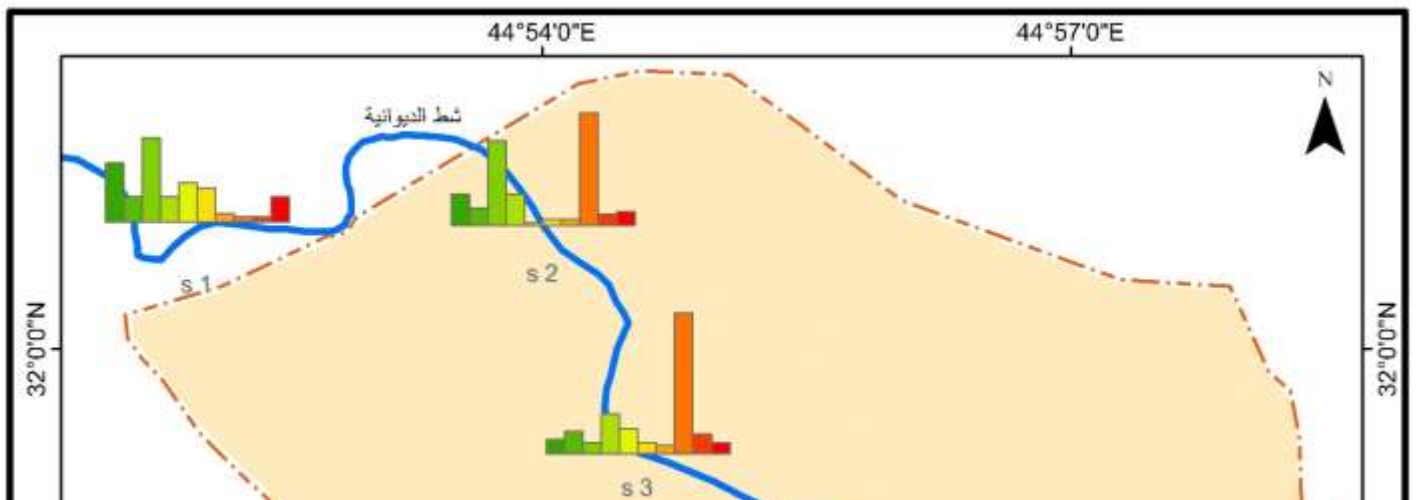
منطقة الدراسة	رمز العينة	الموقع الجغرافية للعينات	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي
شط الديوانية	S1	قرب مجمع ماء البوشهيب	0,09	0.02
	S2	حولي الديوانية مجسر سكك القطار	0.11	0.04
	S3	مركز المدينة (مجرس المحافظة القديمة)	0.14	0.07
	S4	جسر طريق الصناعي (الدبات)	0,1	0.03
	S5	مجمع ماء البو عرب	0,24	0.17
المعدل		-	0.136	0.66

الفصلي			
A1	0.28	0.21	جسر الصلاحية الجديد
A2	0,29	0.22	سدة الشامية
A3	0.27	0,2	مركز المدينة (جسر الحديد القديم)
A4	0,32	0.25	مجمع ماء الخشانية
A5	0,31	0.24	قرية ام شواريف
المعدل الفصلي	0.294	0.224	–

المصدر : أجريت التحاليل العتبة العلوية المقدسة، قسم الزراعة والثروة الحيوانية ، مختبر فذك المركزي للتحليلات ، 2023.

خريطة (4)

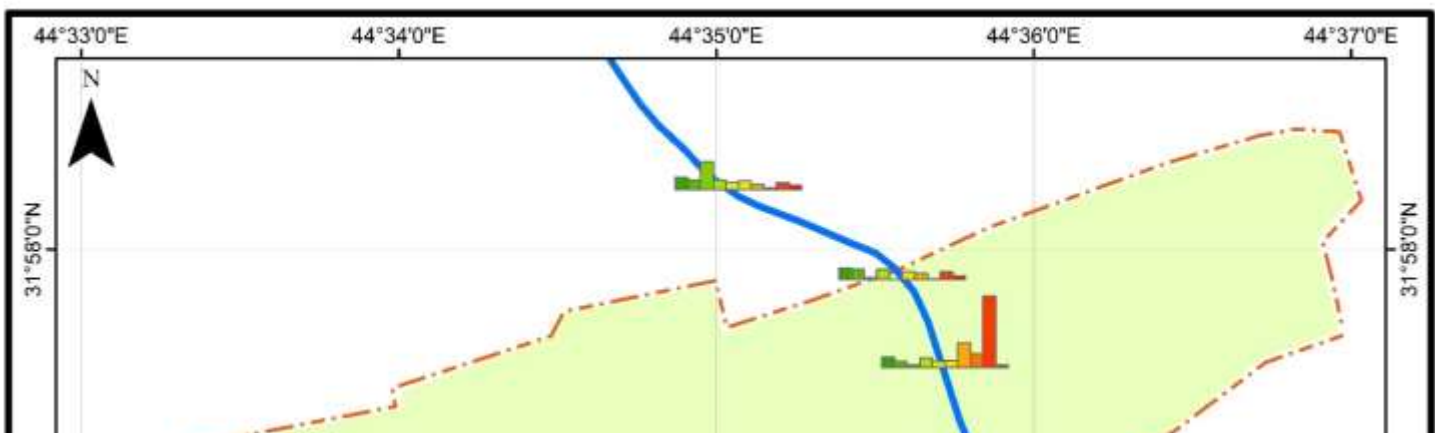
معدلات العناصر الثقيلة مايكغم/لتر لمياه نهر الفرات في مدينة الديوانية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023



- برنامج (Arq . Map 10.8) .

خريطة (5)

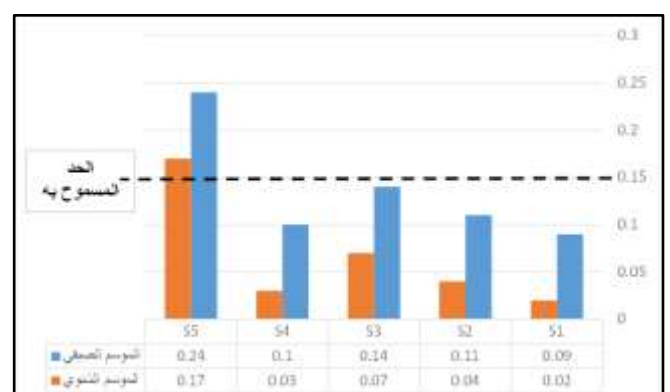
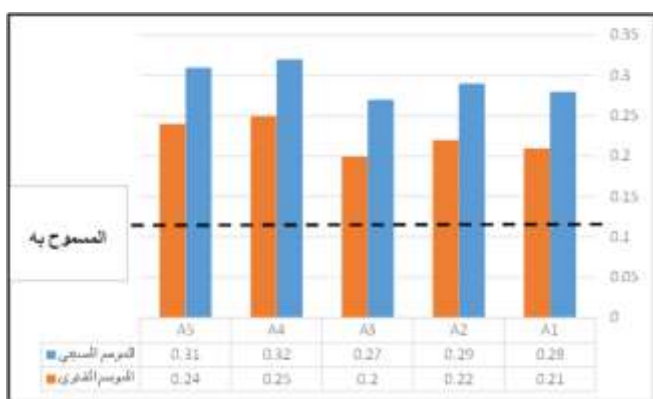
معدلات العناصر الثقيلة مايكغم/لتر لمياه نهر الفرات في مدينة الشامية خلال كانون الثاني
وتموز لعام 2023



- برنامج (Arq . Map 10.8)

شكل (1 و 2) قيم (Zn) لمياه نهر الفرات في مدينة الديوانية خلال كانون الثاني وتموز لعام

2023



المصدر : اعتماداً على جدول (1).

جدول (2) المعايير البيئية العراقية لنوعية المياه الصالحة للبيئة المائية (ملغم/لتر)

ت	العنصر	المعيار البيئي
1	الرصاص	0.10
2	النحاس	0.2
3	الكاديوم	0.05
4	الزنك	0.15
5	المنغنيز	0.1

المصدر : Schneider, R. F. (1971) The impact of various heavy metals on t aquatic environment: technical report number 2. Environmental Protection Agency Water Quality Office, Denver Center, p 25

2- النحاس Cu :

النحاس يعد مثله مثل باقي العناصر النزرة الذي ومن الممكن ان يصبح ساما في حالة زيادة عن القدر الكافي ومن اهم الامراض التي تصيب الانسان بسبب تركيز هذا العنصر (الاسهال ، ضغط الدم المرتفع ، فقر الدم ، الغثيان ، امراض الكلى) ⁽⁶⁾ ، كما تعد الأسمدة الكيميائية ومخلفات الصرف الصحي المنزلية والمخلفات الصناعية السائلة والصلبة من اكثر المصادر الحاوية على النحاس ⁽⁷⁾ يتميز النحاس بقابلية للطرق والليونة والتوصيل التربة ملائمة

للإنتاج إذ كانت فيها كمية النحاس (140) ملغم / كغم ،تعمل الرواسب على امتصاص النحاس بسرعة عالية مما يؤدي الى ارتفاع مستويات المخلفات ويختلف معدل الامتصاص باختلاف نوع الطين (الرواسب) ودرجة الحموضة ويعتمد الامتصاص من الرواسب في المياه الكبيرة على الاس الهيدروجيني والملوحة ويساعد النحاس على إنتاج الهيموغلوبين في الدم والنباتات. (8)

نلاحظ من خلال البيانات الواردة في الجدول (3)، هنالك تباينات زمانية ومكانية لتراكيز عنصر النحاس في مياه شط الديوانية ، حيث ان بعض المواقع سجلت نسب مختلفة بقليل وهذا يعود لخضوع منطقة الدراسة لعوامل طبيعية وبشرية متشابهة ، اذ سجلت اعلى تراكيز النحاس عند المواقع (S1.S3) والتي بلغت (0.09،0.08) ملغم /لتر على التوالي كون هذين الموقعين هما الاعلى في درجة حرارة الهواء والتي بلغت فيهما(33م) بينما ادنى التراكيز التي سجلت عند المواقع (S2.S4.S5) اذ بلغت (0.06،0.05،0.04) ملغم/لتر خلال الموسم الصيفي .

وخلال الموسم الشتوي نلاحظ انخفاض في قيم النحاس حيث سجلت اعلى تراكيز النحاس عند المواقع (S5) والذي بلغت (0.09) ملغم /لتر كون ان هذا الموقع سجل ادنى عمق واقل عرض للنهر والذين بلغا(3,2متر) وعرض (30متر) ، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.03،0.02،0.03،0.01) ملغم/لتر.

زمانياً يلاحظ من الخريطة (4) ، ان ادنى معدل فصلي لتراكيز النحاس خلال شهر كانون الثاني بلغ (0.036) ملغم/لتر ،اما خلال شهر تموز فقد سجلت تراكيزه نسب اعلى من ذلك حيث بلغ معدلها الشهري (0.64) ملغم/لتر على التوالي ، ويعزى ذلك سبب اتساع مجرى شط الديوانية عنده هذه المواقع وكثافة مياهه وسرعة التصريف ، فضلا عن عدم وجود المصانع او المعامل على ضفتي الشط ، وحسب بيانات الشكل (3) ، ان تراكيز النحاس تقع ضمن الحدود المسموح به بحسب المعايير البيئية والبالغة (0.2) ملغم/لتر

اما بالنسبة لتباين قيم النحاس لمياه شط الشامية خلال الموسمين الصيفي والشتوي فيتضح من المعطيات الجدول (3) تباينيتها زمانيا ومكانيا،، اذ ان الموقع (A2) سجل اعلى ارتفاع خلال الموسم الصيفي بلغت (0.29) ملغم/لتر كون ان هذا الموقع سجل اعلى سرعة للرياح والتي بلغت (1,9كم/ساعة) فضلاً عن تسجيل هذا الموقع اقل عرض للنهر والذي بلغ (65متر)، في حين سجل الموقع (A4) ادنى قيم النحاس الذي بلغت (0.1) ملغم /لتر كون هذا الموقع هو الاشد عمقاً بين مواقع النهر والذي بلغ (3,5متر)، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.27،0.19،0.04) ملغم/لتر على التوالي .

وخلال الموسم الشتوي نلاحظ هنالك تغير بسيط في قيم النحاس حيث سجل أعلى القيم (A2) بلغت (0.17) ملغم/لتر كون هذا الموقع الأقل عرضاً (65متر)، في حين أدنى تراكيز سجلها الموقع (A4) والتي بلغت (0.02) ملغم/لتر كون هذا الموقع الأدنى حرارة والاشد عمقاً (15,2م) وعمق (3,5متر)، أما المواقع الأخرى فتراوحت قيمها بين (0.15,0.7,0.08) ملغم/لتر.

زمانياً يلاحظ عند النظر إلى الخريطة (5) إذ بلغ معدل النحاس خلال الموسم الصيفي (0.178) ملغم/لتر وانخفض خلال الموسم الشتوي إلى (0.056) ملغم/لتر، ويعود سبب الارتفاع أو الانخفاض إلى عدم وجود الأنشطة الصناعية الكبرى التي يدخل فيها النحاس أو أحد مركباته كمادة أساسية في منطقة الدراسة وتبين من خلال ما تقدم وعند مقارنته بنتائج التحاليل المختبرية لتراكيز النحاس لمياه شط الشامية وبحسب الشكل البياني (4) ، تبين بأنها تقع جميعها خارج الحدود المسموح بها وفق المحددات البيئية و البالغة (0.2) ملغم/لتر، باستثناء المعدل الفصلي لموسم الشتوي والموقع (A4.A5) تقع ضمن المعيار البيئي.

جدول (3)

قيم (CU) لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023

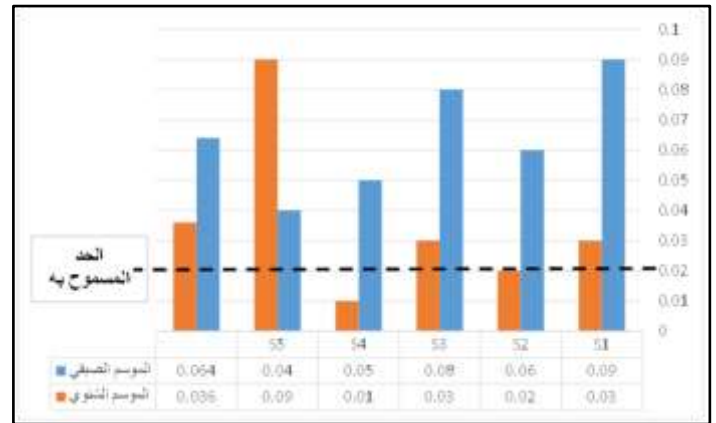
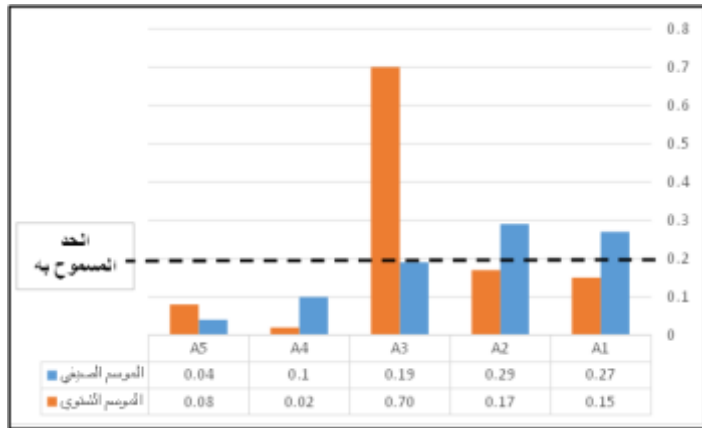
منطقة الدراسة	رمز العينة	الموقع الجغرافية للعينات	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي
شط الديوانية	S1	قرب مجمع ماء البوشهيب	0.09	0.03
	S2	حولي الديوانية مجسر سكك القطار	0.06	0.02
	S3	مركز المدينة (مجرس المحافظة القديمة)	0.08	0.03
	S4	جسر طريق الصناعي (الدبات)	0.05	0.01
	S5	مجمع ماء البو عرب	0.04	0.09
شط الشامية	المعدل الفصلي	-	0.064	0.036
	A1	جسر الصلاحية الجديد	0.27	0.15

0.17	0.29	سدة الشامية	A2	
0.7	0.19	مركز المدينة (جسر الحديد القديم)	A3	
0.02	0.1	مجمع ماء الخشانية	A4	
0.08	0.04	قرية ام شواريف	A5	
0.056	0.178	–	المعدل الفصلي	

المصدر: أجريت التحاليل العتبة العلوية المقدسة، قسم الزراعة والثروة الحيوانية ، مختبر فذك المركزي للتحليلات بتاريخ (2023/7/27) و (2024/1/20).

شكل (3 و 4) قيم (Cu) لمياه نهر الفرات في مدينة الديوانية والشامية خلال كانون الثاني

وتموز لعام 2023



المصدر : اعتمادا على جدول (3).

3- الرصاص Pb :

يعد الرصاص أحد العناصر السامة والملوثة للبيئة وتعد الفضلات الصناعية المصدر الأساسي للتلوث بهذا العنصر ولاسيما صناعة البطاريات والصناعات الكهربائية والمبيدات و الصناعات النفطية التي تستخدم رابع أثيل رصاص من المصادر الرئيسية له ⁽⁹⁾ وتسبب التراكمات العالية للرصاص الإصابة بالعديد من الأمراض القابلة على التراكم في جسم الإنسان وخاصة الإصابة بالتسمم ⁽¹⁰⁾ يظهر من نتائج التحاليل المخبرية لتراكيز عنصر الرصاص في عينات مياه شط الديوانية ومن خلال ملاحظة الجدول (4) ، لوحظ ارتفاع بسيط في تراكيز الرصاص خلال فصل الصيف، حيث بلغت أعلى قيمة عند الموقع (S1) اذ بلغ (0.21) ملغم/لتر كون هذا الموقع هو الاشد حرارة وعمقاً بواقع (33م) وعمق (4متر)، وسجلت ادنى قيمة عند الموقع (S3) اذ بلغت (0.05) ملغم/لتر. اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.09،0.08،0.11) ملغم/لتر .

وخلال الموسم الشتوي هنالك تباينات مكانية طفيفة في تراكيز الرصاص اذ سجل اعلى ارتفاع عند الموقع (S1) اذ بلغ (0.12) ملغم/لتر كون هذا الموقع الاعلى درجة حرارة والاشد عمقاً (4،16م) وعمق (2،5متر)، اما ادنى القيم عند الموقع (S2.S3.S4.S5) اذ بلغت (0.03،0.01،0.04،0.02) ملغم/لتر على التوالي .

زمانياً فيلاحظ من الخريطة المرفقة (4) ان وجود تباين زمني حيث سجلت اعلى معدل خلال الموسم الصيفي اذ بلغ (0.108) ملغم/لتر. يعود السبب في ذلك الى الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة وقيم التبخر مما يعمل على زيادة تركيز العناصر المعدنية في المياه ومن ضمنها الرصاص فضلاً عن حدوث العواصف الغبارية التي تجلب ذرات الرصاص العالقة في

الجو وتنقلها الى المسطحات المائية، مما يزيد من نسبة تلوث المياه بهذا العنصر ، اما خلال الموسم الشتوي انخفض المعدل الفصلي الى (0.044) ملغم/لتر، ويعزى السبب في ذلك الى الانخفاض في درجات الحرارة وقيم التبخر فضلاً عن تساقط الأمطار الذي يعمل على رفع منسوب النهر وبالتالي التخفيف من حدة هذه العناصر ضمن عمود المياه ، ولسكون الرياح دور إيجابي في عدم نقل ذرات الرصاص العالقة في الهواء الى سطح المياه ، فضلاً عن عدم تكرار الظواهر الجوية الغبارية وما يصاحبها من غبار عالق ومتصاعد ، وايضاً يؤدي الى قلة مياه الصرف الصحي خلال هذا الموسم ، وبحسب بيانات الشكل (5) ان مياه شط الديوانية جميعها تقع ضمن الحدود المسموح بها وفق المعيار البيئي والبالغ (0.10) ملغم/لتر، باستثناء معدل الموسم الصيفي والموقع (S1) والموقع (S5) ضمن الموسم الشتوي.

اما تباين قيم النحاس ضمن مياه شط الشامية فيلاحظ من الجدول (4) واعتماد على النتائج المختبرية اتضح هنالك تباين في تراكيز الرصاص تبايناً زمانياً ومكانياً ، ان ارتفاع تراكيز النحاس في جميع المواقع خلال شهر تموز اذ بلغ اعلى ارتفاع (0.35) ملغم/لتر عند الموقع (A1) كون هذا الموقع هو الاقل عمقاً بين ومواقع النهر خلال الموسم الصيفي (2,90متر)، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.27, 0.32, 0.29, 0.32) ملغم/لتر .

وخلال شهر كانون الثاني اذ سجل اعلى تركيز في الموقع (A1 - A2) والذين سجلوا (0.26 - 0.18 ملغم/لتر) بسبب عدم تأثرها بالملوثات بصورة كبيرة بالمواد التي تطرح الى مجرى النهر خلال الموسم الشتوي اما اقل تركيز له فسجل عند الموقع (A5) الذي بلغ (0.18) ملغم/لتر ، اما الموقع (A3 - A4) فسجلت (0.2 - 0.23) ملغم/لتر .

زمانياً يظهر من خلال مشاهدة الخريطة (5) اذ سجل الموسم الصيفي ارتفاعاً في قيم الرصاص بلغت (0.31) ملغم/لتر. ان السبب هو التزايد في ارتفاع درجات الحرارة وقيم التبخر و اتساع المساحات المزروعة وزيادة استخدام الأسمدة والمبيدات التي من ضمنها تحتوي على مركبات الرصاص ومن ثم ايصالها الى مجاري النهر عن البزل فضلاً عن حدوث بعض الظواهر الجوية كالغبار العالق والغبار المتصاعد في فصل الصيف، وانخفضت خلال الموسم الشتوي الى (0.22) ملغم/لتر ، فيعود الى عوامل منها انخفاض في درجات الحرارة وعوامل منها فصلية وقله اعداد الهائمات النباتية .

وان قيم الرصاص في مياه شط الشامية وبحسب بيانات الشكل (6) انها تقع خارج الحدود المسموح بها والبالغة (0.10) ملغم/لتر. باستثناء الموقع (A3) تقع ضمن المعيار البيئي، ضمن

الموسم الشتوي ، وان من أهم تأثيراتها الصحية يتراكم في العظام ،امساك ، فقدان الشهية وفقر الدم والالام في البطن والشلل. (11)

جدول (4)

قيم (pb) لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023

منطقة الدراسة	رمز العينة	الموقع الجغرافية للعينات	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي
شط الديوانية	S1	قرب مجمع ماء البوشهيب	0.21	0.12
	S2	حولي الديوانية مجسر سكك القطار	0.11	0.02
	S3	مركز المدينة (مجسر المحافظة القديمة)	0.05	0.04
	S4	جسر طريق الصناعي (الدبات)	0.08	0.01
	S5	مجمع ماء البو عرب	0.09	0.03
شط الشامية	المعدل الفصلي	-	0.108	0.044
	A1	جسر الصلاحية الجديد	0.35	0.26
	A2	سدة الشامية	0.32	0.23
	A3	مركز المدينة (جسر الحديد القديم)	0.29	0.2
	A4	مجمع ماء الخشانية	0.32	0.23
	A5	قرية ام شواريف	0.27	0.18
	المعدل الفصلي	-	0.31	0.22

المصدر: أجريت التحاليل العتبة العلوية المقدسة، قسم الزراعة والثروة الحيوانية ، مختبر فذك المركزي للتحليلات بتاريخ (2023/7/27) و (2024/1/20).

4- الكاديوم (cd) :

يوجد الكاديوم في الوسط المائي على شكل ايونات حرة (Cd+) او بشكل معقدات ايونية ذائبة ذات ثبوتية عالية يصل عمرها النصفى ما يقارب اكثر من (200) يوم مع الكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلوريدات والفوسفات ، او على شكل معقدات مخلبية مع المواد العضوية (12) كما يعتبر واحد من العناصر الموجودة في فضلات المياه للعديد من الصناعات (13) ومن أكثرها قدرة على الحركة في البيئات المائية قياساً بمعظم المعادن الثقيلة الأخرى

(كالرصاص) ، ويتواجد أيضاً كأيون مميأً، او بتراكيب ايونية مع مواد عضوية او غير عضوية أخرى، ويرتبط تركيز الكاديوم في عمود المياه بصورة عكسية مع درجة الحموضة وتركز المواد العضوية في الماء، ويعتبر ري الأراضي الزراعية بمياه ملوثة بعنصر الكاديوم مسبباً لمرض (Itai Itai) أو (Ouch-Ouch) والذي يتمثل بكونه مرض اضطراب عدة أجهزة في الجسم مع تلين العظام الشديد⁽¹⁴⁾.

عند ملاحظة المعطيات الواردة في الجدول (5) ان مستويات الكاديوم تتباين زمانياً ومكانياً في تراكيز عنصر الكاديوم ضمن مياه شط الديوانية، هنالك ارتفاع طفيف في قيم تراكيز الكاديوم خلال الموسم الصيفي اذ سجل أعلى ارتفاع له عند الموقعين (S1.S2) والبالغة (0.3) ملغم/لتر على التوالي كون هذين الموقعين هما الاشد حرارة (33- 32,5م°) ، في حين سجل الموقع (S5) ادنى قيم الكاديوم والبالغة (0.01) ملغم/لتر كون هذا الموقع الادنى حرارة وعمق (31,7م°) وعمق (2,2متر) فضلاً عن عدم تأثرها بالملوثات بصورة كبيرة التي تطرح الى مجرى النهر، اما المواقع (S3:S4) بلغت (0.04،0.1) ملغم/لتر .

وخلال الموسم الشتوي اذ سجل أعلى تركيز له عند الموقع (S3) اذ بلغت (0.5) ملغم/لتر بسبب كمية المطروحات القادمة الى النهر بفعل مياه الامطار ، في حين سجل الموقع (S5) ادنى قيم للكاديوم خلال الموسم الشتوي والبالغة (0.01) ملغم/لتر كونه الادنى عمقاً (3,2متر) ، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.02,0.4,0.02) ملغم/لتر، زمانياً ومن خلال الخريطة (4) سجل اقل التراكيز خلال شهر كانون الثاني بمعدل فصلي بلغ (0.19) ملغم/لتر، يرجع السبب في ذلك انخفاض في درجات الحرارة وقله اعداد الهائمات النباتية ، اما خلال شهر تموز فقد سجلت تراكيز الكاديوم نسب أعلى بمعدل فصلي بلغ (0.22) ملغم/لتر، نتيجة ارتفاع في درجات الحرارة وقيم التبخر، زياد اعداد الهائمات النباتية وكذلك زيادة ما يطرح من ملوثات الى مجرى النهر في هذا الموسم . وبحسب بيانات الشكل (7) ان قيم الكاديوم في مياه شط الديوانية تقع ضمن الحدود المسموح بها البالغة (0.05) ملغم/لتر باستثناء معدلين الموسم الصيفي والشتوي والموقع (S1.S2.) والموقع (A2.A3) يقعان خارج المعيار البيئي.

كما يظهر من الجدول (5) لنتائج التحاليل المختبرية لعنصر الكاديوم ضمن مياه شط الشامية ان هنالك تباين زمني ومكاني ، اذ ارتفعت تراكيز الكاديوم خلال شهر تموز حينما

سجل أعلى ارتفاع عند الموقع (A1) والبالغة (0.8) ملغم المتر كون هذا الموقع هو الأدنى عمقاً بين مواقع النهر خلال الموسم الصيفي (2,90 متر)، في حين سجل الموقع (A5) أدنى قيم الكاديوم والبالغة (0.01) ملغم المتر كون هذا الموقع هو الأشد عمقاً وعرضاً بين مواقع النهر (3,7 متر) وعرض (145 متر) ، أما المواقع الأخرى فتراوحت قيمها بين (0.05,0.07,0.04) ملغم المتر .

أما خلال الموسم الشتوي سجل أعلى تركيز له عند الموقع (A3) والذي بلغت (0.4) ملغم المتر بسبب المواد المنقولة إلى النهر بفعل مياه الأمطار ، في حين سجل الموقع (A2) أدنى قيم الكاديوم خلال الموسم الشتوي والبالغة (0.02) ملغم المتر ، أما المواقع الأخرى فتراوحت قيمها بين (0.05,0.1,0.3) ملغم المتر .

أما زمانياً ومن خلال الخريطة (5) فقد سجل أقل التراكيز خلال شهر كانون الثاني بمعدل بلغ (0.174) ملغم المتر ، ويرجع السبب في ذلك إلى انخفاض في درجات الحرارة ، قلة التبخر ، كذلك قلة التصريف للملوثات البشرية المختلفة ، أما خلال شهر تموز فقد سجلت تراكيز الكاديوم نسب أعلى بمعدل شهري بلغ (0.194) ملغم المتر نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وقيم التبخر خلال شهر ، إن قيم الكاديوم في مياه شط الشامية ، وعند النظر إلى الشكل البياني (8) فإنه تقع ضمن الحدود المسموح بها والبالغة (0.05) ملغم المتر ، باستثناء معدل الموسم الصيفي والشتوي والموقع (A1) لشهر تموز والموقع (A3.A4.A5) لشهر كانون الثاني خارج المعيار البيئي.

جدول (5)

قيم (cd) لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023

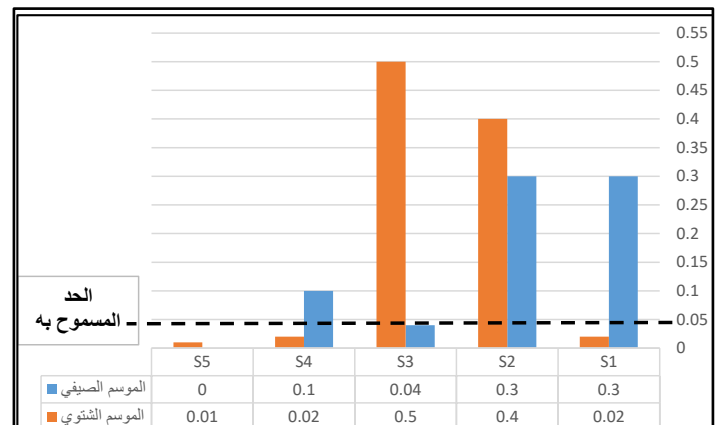
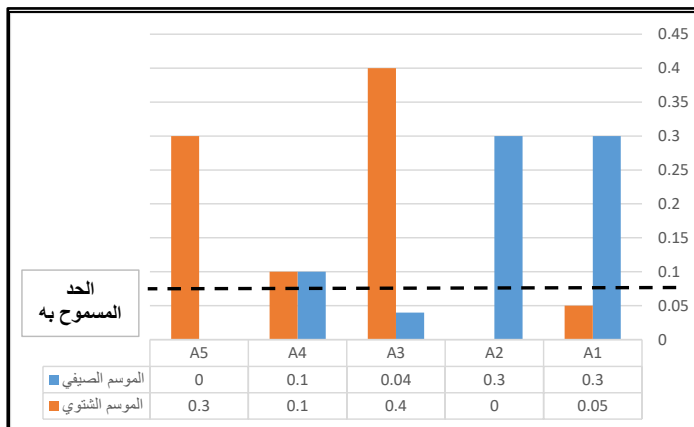
منطقة ة الدراسة	رمز العينة	الموقع الجغرافية للعينات	المو سم الصيفي	المو سم الشتوي
شط الديوانية	S1	قرب مجمع ماء البوشهيب	0.3	0.0 2
	S2	حولي الديوانية مجسر سكك القطار	0.3	0.4
	S3	مركز المدينة (مجسر المحافظة القديمة)	0.0 4	0.5

0.0	0.1	جسر طريق الصناعي (الدبات)	S4	
2				
0.0	0	مجمع ماء ابو عرب	S5	
1				
0.1	0.2	-	المعد	شط الشامية
9	2		ل الفصلي	
0.0	0.8	جسر الصلاحية الجديد	A1	
5				
0.0	0.0	سدة الشامية	A2	
2	5			
0.4	0.0	مركز المدينة (جسر الحديد القديم)	A3	
	7			
0.1	0.0	مجمع ماء الخشانية	A4	
	4			
0.3	0.0	قرية ام شواريف	A5	
	1			
0.1	0.1	-	المعد	
74	94		ل الفصلي	

المصدر : أجريت التحاليل العتبة العلوية المقدسة، قسم الزراعة والثروة الحيوانية ، مختبر فذك المركزي للتحليلات بتاريخ (2023/7/27) و (2024/1/20).

شكل (7 و 8)

قيم (cd) لمياه نهر الفرات في مدينة الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023



المصدر : اعتماداً على جدول (5)

5- المنغنيز Mn :

هو فلز انتقالي وكيميائيته تشبه كيميائية الحديد ويوجد في مياه الشرب بتركيز (0.05) ملغم / لتر عن طريق منح لون او رائحة او طعم غير مرغوب فيه الى الماء وعلى الرغم من ذلك لا تشكل الآثار في صحة الانسان مصدر قلق حتى يكون تركيز المنغنيز حوالي (0.5) ملغم / لتر وان التعرض طويل الأمد للمنغنيز يكون ساماً للجهاز العصبي. و من الآثار السلبية على الانسان حدوث خلل في النمو العصبي⁽¹⁵⁾ يتواجد المنغنيز بشكل طبيعي في العديد من مصادر المياه السطحية والجوفية وفي التربة ، ومع ذلك، تعتبر الأنشطة البشرية لها دور كبير في تلوث المياه بعنصر المنغنيز، وقد وجدت أن تراكيز المنغنيز (Mn) تكون بقيم عالية بالقرب من المناطق ذات الكثافة المرورية والأنشطة البشرية⁽¹⁶⁾.

يتبين من الجدول (6) والخريطة (4) ان هنالك تباين مكانيا و زمانيا في معدلات المنغنيز (Mn) في مياه شط الديوانية فقد سجل اقل التراكيز خلال شهر كانون الثاني بمعدل شهري بلغ (0.042) ملغم/لتر ، يرجع السبب في ذلك الى الانخفاض في درجات الحرارة و قلة التبخر ، اما خلال شهر تموز فقد سجلت قيم المنغنيز نسب اعلى بمعدل شهري بلغ (0,074) ملغم/لتر،

نتيجة الارتفاع في درجات الحرارة وقيم التبخر، وزيادة اعداد الهائمات النباتية . اما مكانيا فيلاحظ ارتفاع بسيط في قيم تراكيز المنغنيز خلال شهر تموز اذ سجل اعلى ارتفاع عند الموقع (S1) والبالغة (0.14) ملغم/التركون هذا الموقع هو الاعلى حرارة (33م) ، في حين سجل الموقع (S2) ادنى قيم المنغنيز الذي بلغت (0.01). ملغم/التر ، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.09,0.06,0.07) ملغم/التر .

وخلال الموسم الشتوي نلاحظ هنالك تغير في قيم المنغنيز حيث سجل اعلى القيم (S1) والبالغة (0.09) ملغم/التر كون هذا الموقع الاشد حرارة (16,4م)، في حين انخفضت عند الموقع (S4) والبالغة (0.01) ملغم/التر كون هذا الموقع الاقل حرارة (14,3م) . اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.05,0.04,0.02) ملغم/التر ، وعند النظر الى بيانات الشكل (9) تبين ان قيم المنغنيز لمياه شط الديوانية تقع خارج الحدود المسموح به والبالغة (0.01) ملغم/التر باستثناء الموقع (S2) ضمن الموسم الصيفي والموقع (S4) ضمن الموسم الشتوي تقع ضمن المعيار البيئي.

اما تبين قيم المنغنيز ضمن مياه شط الشامية فيلاحظ من البيانات الواردة في الجدول (6) والخريطة (5) تبين معدلات قيم ال(Mn) تباينا زمانيا ومكانيا في مواقع منطقته الدراسة ، فقد سجل اقل التراكيز خلال شهر كانون الثاني بمعدل شهري بلغ (0.104) ملغم/التر ، السبب في ذلك انخفاض في درجات الحرارة قله التبخر .

اما خلال شهر تموز فقد سجلت قيم المنغنيز نسب اعلى بمعدل شهري بلغ (0.136) ملغم/التر نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وزيادة نسبة التبخر، اما مكانيا فنلاحظ من الجدول (6) ارتفاع في قيم تراكيز المنغنيز خلال شهر تموز اذ سجل اعلى ارتفاع عند الموقع (A1) والبالغة (0.20) ملغم/التر كون هذا الموقع هو الاقل عمقاً (2,90متر) ، في حين سجل الموقع (A5) ادنى قيم المنغنيز الذي بلغت (0.03) ملغم/التر كون هذا الموقع الاشد عمقاً وعرضا بين مواقع الدراسة (3,7متر) وعرض (145متر)، اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.17,0.19,0.09) ملغم/التر .

فيما نلاحظ خلال الموسم الشتوي ارتفاع بسيط في قيم المنغنيز حيث سجل اعلى القيم عند الموقع (A1) والبالغة (0.14) ملغم/التر كون هذه المواقع هو الاشد حرارة والاقل عمقاً

(17,3م) وعمق(2,90متر), في حين انخفضت عند الموقع (A3) والبالغة (0.07) ملغم/لتر
اما المواقع الاخرى فتراوحت قيمها بين (0.08:0.13,0.10) ملغم/لتر ، تبين من خلال ما
تقدم من الشكل البياني (10) ان تراكيز المنغنيز لمياه شط الشامية تقع خارج الحدود المسموح به
والبالغة (0.1) ملغم/لتر .

جدول (6)

قيم (Mn) لمياه نهر الفرات في مدينتي الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023

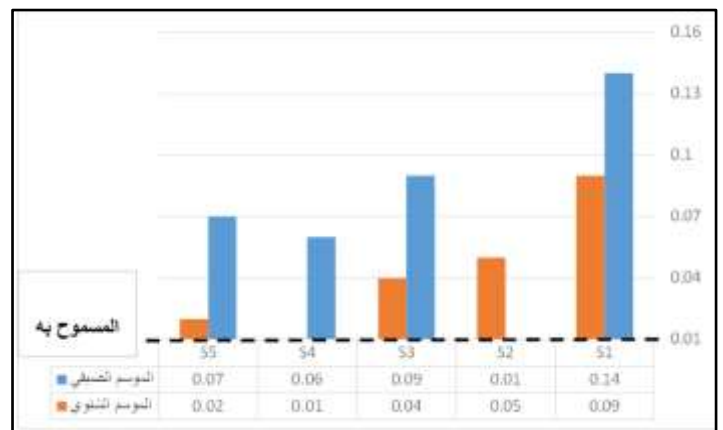
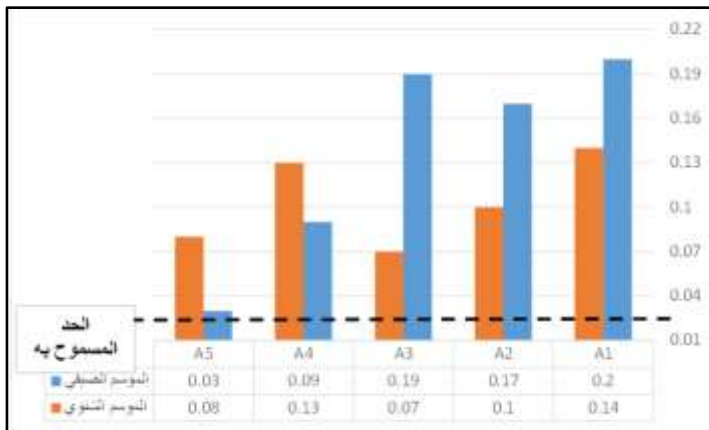
منطقة الدراسة	رمز العينة	الموقع الجغرافية للعينات	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي
شط الديوانية	S1	قرب مجمع ماء البوشهيب	0.14	0.09
	S2	حولي الديوانية مجسر سكك القطار	0.01	0.05
	S3	مركز المدينة (مجسر المحافظة القديمة)	0.09	0.04
	S4	جسر طريق الصناعي (الدبات)	0.06	0.01
	S5	مجمع ماء البو عرب	0.07	0.02
شط الشامية	المعدل الفصلي	-	0.074	0.042
	A1	جسر الصلاحية الجديد	0.20	0.14
	A2	سدة الشامية	.0.17	0.10
	A3	مركز المدينة(جسر الحديد القديم)	0.19	0.07
	A4	مجمع ماء الخشانية	0.09	0.13

0.08	0.03	قرية ام شواريف	A5	
0.104	0.136	–	المعدل الفصلي	

المصدر: أجريت التحاليل العتبة العلوية المقدسة، قسم الزراعة والثروة الحيوانية ، مختبر فذك المركزي للتحليلات بتاريخ (2023/7/27) و (2024/1/20) .

شكل (9 و 10)

قيم (Mn) لمياه نهر الفرات في مدينة الديوانية والشامية خلال كانون الثاني وتموز لعام 2023



المصدر:-اعتماد على جدول (6)

الاستنتاجات

- 1-هنالك تباين واضح في تراكيز العناصر الثقيلة ولمختلف المواقع اذ سجلت أرقاماً مرتفعة في موسم الصيف مقارنة بالشتاء بالنسبة للتباين المكاني
- 2-كانت اغلب قيم العناصر الثقيلة تقع خارج المحددات البيئية لنظام صيانة الأنهار العراقية من التلوث لسنة (1976)
- 3-هنالك بروز واضح لقيم بعض العناصر النزرة عنده (S3.S4.S5)

4- لوحظ اختلاف في تراكيز العناصر الثقيلة بين المدينتين حيث سجلت بعض المواقع في الشامية أعلى من مدينة الديوانية ، يرجع هذا الى اختلاف مصادر التلوث وتأثير العوامل البيئية والبشرية بين المدينتين

5- ان لانشطة البشرية كتصريف مياه الصرف الصحي ، والمخلفات دور أساسي في ارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة خاصة المناطق القريبة من التجمعات السكانية

الهوامش

- (¹) العبيدي، علي عبد الله ، المعادن الثقيلة في البيئة وتأثيراتها السمية ، مجلة البيئة والتنمية ، (2019) ، ص 45-57.
- (²) سعاد محمد. الشمري ، التحليل الكيميائي للمعادن الثقيلة في الرواسب المائية. مجلة العلوم البيئية ، (2021) ، ص 89-102.
- (³) عقيل عباس حمد الشريفي ، التلوث المحتمل لبعض العناصر الثقيلة وبعض العوامل البيئية لمياه جدول بني حسن في محافظة كربلاء –العراق ، رسالة ماجستير ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة كربلاء ، 2014، ص76.
- (1) Mayo Clinic. (n.d.). Zinc. In *Mayo Clinic*. Retrieved from <https://www.mayoclinic.org>.
- (⁵) حسين محمود شكري وآخرون، دراسة تلوث نهر دجلة في محافظة بغداد ببعض العناصر الثقيلة الزنك والرصاص وتقييم نوعيته كيميائياً وحياتياً أو معرفة التغيرات الكيميائية والحياتية وصلاحيته للأغراض المدنية والزراعية، مجلة مركز بحوث التقنيات الأحيائية ، جامعة النهرين بغداد، مجلد (5) ، عدد 26 ، 2011 ، ص6.
- (⁶) إسماعيل كريم موسى ، تركيز جزيئات النحاس في مياه الشرب في مدينة الديوانية ، مجلة كلية العلوم ، جامعة القادسية ، بلا عدد ، 2018، ص4.
- (⁷) حسن عبدالله حسن الكعبي ، تقويم الخصائص النوعية لمياه ابار مشروع بني حسن بين مدينتي النجف و الحيدرية ، أطروحة دكتوراه ،كلية الاداب ،جامعه الالكوفة ، 2016، ص36.
- (3) Peng, W., Yuan, S., Ji-yan, S., & Qi, L. Heavy metal availability and impact on activity of soil microorganisms along a contamination gradient. *Journal of Environmental Sciences*, (2007) , p 848-853.
- (⁹) حنان يحيى محمد، اثر النشاطات البشرية على التلوث بعنصر الرصاص في منطقة الكرادة والعلوي ، رساله ماجستير ، كلية التربية – ابن رشد ، جامعه بغداد ، 2008، ص35.
- (2) احمد محمد امين ، الرصاص احد الملوثات البيئية الخطرة ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد16، العدد8 ، ص262.
- (¹¹) محمد محمد أبو عيانة ، حماية البيئة المائية من مخاطر التلوث ، ط1، دار الوفاء للنشر والطباعة والتوزيع ، الاسكندرية ، 2014، ص461.
- (¹²) حسين كاظم عليوي ، دراسة الجدوى البيئية لنهر الفرات على ضوء المخلفات المرماه به في المنطقة المحصورة ما بين اثار بابل ومنطقة المجزرة ، المؤتمر الدولي العلمي الثالث للعلوم الزراعية ،كلية علوم البيئة ، جامعه القاسم الخضراء، 2017، ص1048.
- (2) Mohammed Alameen, Najwa Majeed, Removal of cadmium from Industrial Wastewater using Electrocoagulation process, *Journal of Engineering*, Number 1, Volume 26 January 2020, p 24.
- (¹⁴) منظمة العمل العربية ، التسممات الناجمة عن الكاديوم ومركباته ، منشورات المعهد العربي للصحة والسلامة ،المهنية ،دمشق ، 2010، ص43-44.

(¹⁵) محمود فاضل الجميبي، وسلوى هادي، تلوث التربة والمياه، دار الكتب و الوثائق ببغداد، 2018، ص135-

136

(2) WHO, Manganese in Drinking-water, World Health Organization, 2011,p3.