Iraqi National Journal of Earth Science

www.earth.uomosul.edu.iq

تقييم نوعية مياه نهر دجلة في مدينة الموصل: تأثير المخلفات السائلة المطروحة به

محمد احمد عبد الله الطائي [1]* ، عبد القادر عبش سباك الحديدي [2] ، وحيدة علي احمد البدراني [3]

[1] *كلية الزراعة، جامعة تلعفر، تلعفر، العراق.*

[2،3] *قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.*

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 11- يوليو -2024

تاريخ المراجعة: 02- ديسمبر -2024

تاريخ القبول: 18- فبراير -2025

تاريخ النشر الالكتروني: 01- يناير -2026

الكلمات المفتاحية:

نهر دجلة،

التلوث،

مصبات الصرف،

المراسلة:

الاسم: محمد احمد عبد الله الطائي

Email: mohammed.a.abdullah@uotelafer.edu.iq

الملخص

يعد نهر دجلة مصدرا مهما للمياه للاستخدام المنزلي والأنشطة الاقتصادية في العراق ومدينة الموصل وقد زاد هذا الاستخدام بالوقت الحالي مع قلة معدلات تصريفه وزيادة كمية المخلفات السائلة المطروحة به عن طريق مياه الصرف الصحي غير المعالجة. اختيرت ثمانية مواقع لمياه نهر دجلة المحاذية لمصبات مياه الصرف الصحي ضمن مدينة الموصل بالإضافة الى موقع للمقارنة في منطقة شريخان خلال فصل الربيع لسنة 2022 .اشارت النتائج الى ان قيم متوسط درجة حرارة المياه والاملاح الذائبة الكلية TDS والدالة الحامضية والعكورة والعسرة تراوحت ما بين (18.0-19.1°) سيليزية و(352-422) ملغم.لتر$^{-1}$ و(7.65 -7.93) و(12-24) NTU و(355-485) ملغم.لتر$^{-1}$ على التوالي وفاقت قيم العكورة للمياه في مواقع الدراسة المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية (WHO) لغرض الشرب وكانت المياه عسرة في جميع المواقع. تراكيز الاوكسجين المذاب في نهر دجلة يتراوح ما بين (3.1-2.4) ملغم. لتر$^{-1}$ وتجاوزت التركيز العالمي المسموح لمياه الشرب وحياة معظم أنواع الأسماك. تراوحت تراكيز ايونات النترات والفوسفات والكلوريدات والكبريتات بين (3.1-5.9) و(0.9-4.0) و(38-61) و (3.1-5.9) ملغم. لتر$^{-1}$ على التوالي في حين تراوحت تراكيز العناصر الثقيلة (النحاس والزنك والرصاص والكوبلت والنيكل) (nil – 0.211) و (1.13 – 1.76) و (0.099 -0.615) و (0.013-0.042) و(0.102 -0.361) ملغم. لتر$^{-1}$ على التوالي. تراكيز الرصاص في مواقع مياه نهر دجلة فاقت المحددات العالمية للشرب الري وسقي الدواجن والماشية ولحياة الأسماك في حين ان تراكيز النيكل في جميع المواقع فاقت المحددات العالمية لمياه الشرب. اصناف مياه نهر دجلة كانت (رديئة – رديئة جدا) للشرب وسقي الدواجن بالاعتماد على تصنيف دليل جودة المياه water quality index (WQI) و(جيدة – رديئة) للري وسقي المواشي وللحياة المائية. مياه نهر دجلة في موقع المقارنة في شريخان كانت ذات جودة أفضل للاستخدامات المختلفة من المواقع الأخرى والسبب يعود الى تأثير المخلفات السائلة المطروحة بالنهر.

DOI: 10.33899/injes.v26i1.60178, ©Authors, 2026, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Water Quality Assessment of the Tigris River in Mosul city: Effects of Wastewater Discharge

Mohammed A. Altaee [1]*, Abd Al-kader A. Alhadede [2], Waheeda Ali Ahmad Al-badrani [3]

[1] *College of Agriculture, University of Telafer, Telafer, Iraq.*
[2,3] *Department of Soil Science and Water Resources College of Agriculture and Forestry, University of Mosul, Mosul, Iraq.*

Article information

Received: 11- Jul -2024

Revised: 02- Dec -2024

Accepted: 18- Feb -2025

Available online: 01- Jan – 2026

Keywords:
Tigris River,
Pollution,
Sewage Valleys,

Correspondence:
Name: Mohammed A. Altaee

Email: mohammed.a.abdullah@uotelafer.edu.iq

ABSTRACT

The Tigris River is an important source of water for domestic use and economic activities in Iraq and the city of Mosul. This use has increased at present with the low rates of its discharge and the increase in untreated wastewater discharged into it. Eight (8) sites were selected for the waters of the Tigris River after the sewage valleys in the city of Mosul, in addition to a comparison site in the Sharekhan area. Samples were collected during the spring season. The results indicated that the average water temperature, total dissolved salts (TDS), pH, turbidity, and total hardness ranged between (18.0–19.1 C◦), (352–442 mg/L), (7.65–7.93), (12–24 NTU), and (355–485 mg/ L), respectively. The turbidity values of the water in the study sites exceeded the standard specifications of the World Health Organization (WHO) for drinking purposes, and the water was hard in all sites. Concentrations of dissolved oxygen in the Tigris River ranged between 2.4 and 3.1 mg/L and exceeded the global concentration limit for drinking water and the lives of most fish species. The concentrations of nitrate, phosphate, chloride, and sulfate ions ranged between (3.1–5.9), (0.9–4.0), (38–61), and (3.1–5.9) mg/L, respectively, while the concentrations of heavy metals copper, zinc, lead, cobalt, and nickel ranged between (nil–0.211), (1.13–1.76), (0.099–0.615), (0.013–0.042), and (0.102–0.361), respectively. Lead concentrations in river water sites exceeded global limits for drinking, irrigation, and watering of poultry, livestock, and fish life, while nickel concentrations at all sites exceeded global limits for drinking water. The results of the Tigris River water class were (poor–very poor) for drinking and watering poultry, based on the Water Quality Index (WQI) classification, and (good–poor) for irrigation, livestock watering, and aquatic life. The Tigris River water at the comparison site in Sherekhan was of better quality for different uses than the other sites due to the effect of the liquid waste discharged into the river.

DOI: 10.33899/injes.v26i1.60178, ©Authors, 2026, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

يعد نهر دجلة مصدرا مهما للمياه للاستخدام المنزلي والأنشطة الاقتصادية في العراق ومدينة الموصل خصوصا وقد زاد هذا الاستخدام بالوقت الحالي مع قلة معدلات تصريفه وزيادة كمية المخلفات السائلة المطروحة به عن طريق مياه الصرف الصحي غير المعالجة (Oleiwi and Al-Dabba, 2022). تعرف مياه الصرف بانها نفايات سائلة ناتجة من الأنشطة البشرية كمخلفات المنازل والمستشفيات والمصانع والمخلفات الحيوانية والزراعية، يتم تصريفها باستخدام قنوات او انابيب تمتد عبر المدن وتنتهي الى الأنهار والمياه السطحية غالباً دون أي معالجة حقيقية (Henze and Comeau, 2008). تحتوي مياه الصرف على كائنات حية دقيقة مرضية كالبكتيريا والفيروسات والديدان ومواد عضوية قابلة للتحلل تسبب الرائحة الكريهة فيها ومواد عضوية أخرى مثل المنظفات والمبيدات والدهون والزيوت والشحوم والتلوين والمذيبات والفينولات فضلا عن العناصر الغذائية مثل النيتروجين والفوسفور والأمونيوم التي تشجع نمو بعض النباتات المائية التي

تستنفذ الاوكسجين المذاب في الماء ، كذلك تحتوي مياه الصرف على العناصر الثقيلة السامة مثل الزئبق والرصاص والكادميوم والكروم والنيكل بالإضافة الى مواد واحماض غير عضوية أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين والمواد ذات القاعدية (Manasa and Mehta, 2020 and Karri et al., 2021).

عملية طرح مياه الصرف غير المعالجة الى الأنهار تؤثر في نوعية المياه للشرب عن طريق زيادة تراكيز الملوثات او المواد السامة فيها كالعناصر الثقيلة التي تمتاز بالتراكم الحيوي داخل جسم الكائنات الحية والانسان والتي تؤثر سلباً على صحته وتسبب امراض سرطانية (Machate, 2023).

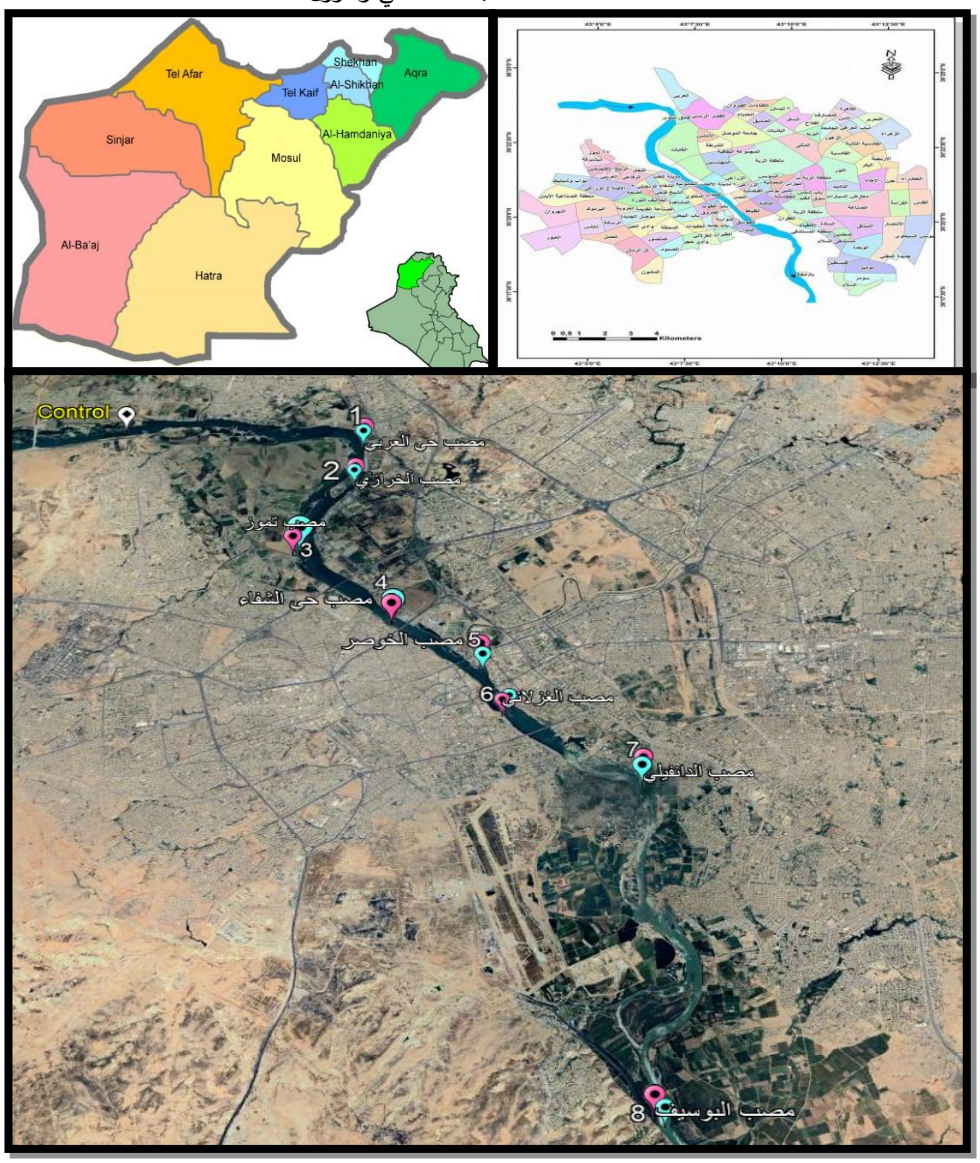
تؤثر المياه ذات النوعية الرديئة او الملوثة سلبا على الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة مما يؤدي الى تدهورها وقلة انتاجيتها وتسمم النباتات وإلحاق الضرر بالمستهلك سواء كان حيوانا ام انسانا عن طريق تناول المحاصيل الملوثة فضلا عن الاضرار الاقتصادية نتيجة تراكم الملوثات في التربة (Mukherjee et al., 2023). يشكل استخدام المياه رديئة النوعية في سقي حيوانات المزرعة مثل الدواجن والماشية خطرا على صحتها ويؤثر على وظائف العديد من الأعضاء كالقلب والكلى والكبد ويسبب اضراراً اقتصادية عن طريق تقليل إنتاج اللحوم والبيض والحليب ، فضلا عن ذلك فإنها تسبب مشاكل صحية للإنسان خلال تناوله للمنتجات الحيوانية الحاوية على المواد السامة او العناصر الثقيلة من خلال ما يعرف بالسلسلة الغذائية (Al-Assaf et al., 2020) و (Hossini et al., 2022).

أصبح من الضروري تقييم نوعية المياه العذبة بسبب القلق المحلي والعالمي كونها ستكون مورداً نادراً في المستقبل وعرضة دائمة للتلوث، لذا تهدف هذه الدراسة الى تقييم نوعية مياه نهر دجلة لأغراض (الشرب وري المزروعات وسقي الماشية والدواجن وللحياة المائية وحياة الأسماك) باستخدام دليل جودة المياه ودراسة تأثير مياه الصرف الصحي المطروحة فيه على بعض صفاته الفيزيائية والكيميائية من خلال مقارنتها مع المواصفات القياسية العالمية للاستعمالات المتعددة.

المواد وطرائق العمل

منطقة الدراسة

استُعين ببعض الخرائط الهيدرولوجية وأُجري مسح لحوض نهر دجلة في مدينة الموصل وتم جمع عينات مياه من (17) موقعاً (8) مواقع لمياه الصرف الصحي من المصبات المطروحة في مياه نهر دجلة و (8) مواقع أخرى لمياه نهر دجلة عند التقائها مع مياه تلك المصبات. الموقع الأول قرب فندق نينوى الدولي، والموقع الثاني مقابل الجزيرة السياحية، والموقع الثالث في منطقة الغابات مقابل حي النجار، في حين كان الموقع الرابع بين قلعة قره سراي والجسر الخامس، والموقع الخامس قرب الجسر القديم، وبالنسبة للموقع السادس فكان مقابل منطقة الدندان، والموقع السابع بالقرب من حي المزارع، وبالنسبة للموقع الثامن فكان في منطقة البوسيف، فضلا عن ذلك أُخذ موقع من نهر دجلة للمقارنة (Control) في منطقة شريخان وامتدت منطقة الدراسة على مسافة (20) كم تقريبا وحددت احداثيات المواقع بجهاز GPS وكما مبين في الشكل (1).



الشكل 1. خارطة وصورة جوية تظهر مواقع مياه المصبات ونهر دجلة

جمع العينات

جمعت عينات مياه نهر دجلة ومياه المصبات من المواقع الموضحة في الجدول (1) والشكل (1) خلال فصل الربيع للفترة بين اذار الى ايار لسنة 2022 باستخدام علب بلاستيكية غُسلت بماء الموقع ثم ملئت.

الجدول 1: مواقع واحداثيات عينات المياه

الموقع	المصب القريب	خط الطول	خط العرض
المقارنة(Control)	–	43.076853	36.396793
الأول	حي العربي	43.1117687	36.3915251
الثاني	الخرازي	43.1117687	36.3915251
الثالث	تموز	43.1108927	36.3726315
الرابع	حي الشفاء	43.123136	36.3571307
الخامس	الخوصر	43.1354935	36.3471517
السادس	الغزلاني	43.1438274	36.3390694
السابع	الدانفيلي	36.32169	36.32169
الثامن	البوسيف	43.1575091	36.2867438

القياسات الحقلية والمختبرية للمياه

رشحت عينات المياه باستخدام ورق ترشيح واضيفت لها قطرات من التلوين لتقدير الايونات السالبة والموجبة واضيف حامض النتريك للعينات التي قيست فيها العناصر الثقيلة وحفظت في الثلاجة بدرجة حرارة (4)° سيليزية، وقيست صفات المياه الحقلية والمختبرية لثلاثة اشهر وفقا للطرائق الواردة من قبل (APHA, 2017) وحسب المتوسط لها، وقيست درجة حرارة الماء والدالة الحامضية pH والتوصيلية الكهربائية EC والمواد الصلبة الذائبة الكلية TDS والاوكسجين المذاب Do لمواقع الدراسة حقليا اثناء جمع العينات باستعمال اجهزة الكترونية محمولة ، واجريت التحاليل المختبرية للمياه في مختبرات قسم علوم التربة والموارد المائية والمختبر المركزي لكلية الزراعة والغابات في جامعة الموصل ، اذ قيست ايونات الكالسيوم Ca^{+2} والمغنسيوم Mg^{+2} بالتسحيح مع EDTA (0.01)ع، وقيست ايونات البوتاسيوم K^{+} والصوديوم Na^{+} قيست بجهاز (Flame-photometer) كما في (Al-Hamandi et al., 2019). قيست الكلوريدات Cl^{-} بالتسحيح مع نترات الفضة $AgNO_3$ (0.005) م وقيست الكبريتات $SO_4^{=}$ بطريقة الترسيب بكلوريد الباريوم ($BaCl_2$) باستخدام جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer بطول موجي (492) نانومتر. اما النترات، فقيست باستخدام جهاز Spectrophotometer بطول موجي (206) نانوميتر وبالنسبة لأيونات الفوسفات، فقيست باستخدام موليبدات الامونيوم $(NH_4)_2MoO_4$ وكلوريد القصديروز $SnCl_4$ ثم قياس شدة الامتصاصية بجهاز Spectrophotometer وبطول موجي (690) نانومتر، وقيست العسرة الكلية باستخدام المحلول المنظم لكلوريد الامونيوم NH_4Cl والتسحيح مع EDTA (0.02)ع واستخدم جهاز قياس شدة الضوء Turbidty Lovidond لتقدير العكورة ، وقدرت العناصر الثقيلة (النحاس والزنك والكوبلت والرصاص والنيكل) باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري (Atomic Absorption) .

تقييم نوعية المياه تبعا لدليل جودة المياه Water quality index (WQI)

قيمت نوعية المياه لأغراض (الشرب وري المزروعات وسقي الدواجن والماشية وللحياة المائية) باستعمال دليل جودة المياه حسب ما أشار اليه (Mhaske et al., 2022) ويتم اختيار بعض الصفات المهمة او المؤثرة والتي كانت قريبة من المحددات العالمية لكل استخدام وفقا للمعادلات الاتية:

$$Rwi = \frac{wi}{\sum wi} \quad \text{..... (1)}, \qquad qi = \frac{ci}{si} * 100 \quad \text{..... (2)}$$

$$SLi = RWi * Qi \quad \text{..... (3)}, \qquad WQI = \sum SLi \quad \text{..... (4)}$$

حيث ان (RWi) الوزن النسبي والتي حسبت في الجدول (3) و(wi) وزن الصفة والتي عوض عنها بالعدد (1−5) اعتمادا على شدة تأثير الصفة على جودة المياه و(ci) القيمة المقاسة للصفة خلال الدراسة و(si) القيمة القياسية للصفة تبعا للمحددات العالمية والموضحة في الجدول (2) و(SLi) قيمة الدليل الفرعي وتستخرج قيمتها من خلال المعادلة (3).

الجدول 2: قيم (Si) في تصنيف نوعية المياه للأغراض المختلفة

الصفة	الوحدة	الشرب	الري	سقي حيوانات المزرعة		حياة الاسماك
				الدواجن	الماشية	
pH	-	7.5	7.5	7.0	-	7.5
EC	($\mu S.cm^{-1}$)	400	-	-	-	-
Turbidity	NTU	5	−	5	-	-
TDS	mg/L	600	2000	2000	3000	500
Cl^{-}		250	100	250	-	860
SO_4^{-2}		250	920	250	1000	-
Zn		4	2	1.5	50	0.12
Cu		2	0.2	0.6	5.0	0.01
Co		-	0.05	−	1.0	-
Ni		0.02	0.2	−	1.0	0.47
Pb		0.01	5	0.2	0.1	0.065
NO^{-3}		50	45	45	100	2.7

PO_4^{-3}	-	-	-	-	-
Ca^{+2}	75	400	60	1000	-
Mg^{+2}	100	61	125	-	-
Na^{+}	250	100	32	-	-
K^{+}	-	78	–	-	-
Hardness	500	–	180	200	-
التصنيف العالمي	(WHO, 2022)	(FAO, 1985)	(CCME, 2005)	(EPA, 1994)	(EPA, 2024)

الجدول 3: قيم (wi) و(RWi) للصفات المستخدمة في تصنيف نوعية المياه للأغراض المختلفة

الصفة	نوع الاستعمال									
	الشرب		الري		الدواجن		الماشية		الحياة المائية	
	Wi	RWi	Wi	RWi	Wi	RWi	Wi	RWi	Wi	RWi
pH	4	0.085	4	0.093	4	0.105	-	-	1	0.091
EC	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.091
TDS	5	0.106	5	0.116	5	0.132	5	0.200	1	0.091
Cl^{-}	5	0.106	4	0.093	4	0.105	-	-	1	0.091
SO_4^{-2}	5	0.106	4	0.093	4	0.105	4	0.160	-	-
Zn	2	0.043	2	0.047	2	0.053	2	0.080	-	-
Cu	2	0.043	2	0.047	1	0.026	2	0.080	-	-
Co	1	-	1	0.023	–	–	2	0.080	-	-
Ni	2	-	2	0.047	–	–	2	0.080	3	0.243
Pb	2	-	2	0.047	1	0.026	1	0.040	-	-
NO^{-3}	5	0.106	4	0.093	3	0.132	3	0.120	4	0.364
Ca^{+2}	3	0.064	3	0.070	3	0.079	4	0.160	-	-
Mg^{+2}	3	0.064	3	0.070	3	0.079	-	-	-	-
Na^{+}	4	0.085	5	0.116	2	0.053	-	-	-	-
K^{+}	-	-	2	0.047	–	–	-	-	-	-
Hardness	4	0.085	–	–	4	0.105	-	-	-	-
Turbidity	5	0.106	–	–	–	–	-	-	-	-
∑	43	1.0	38	1.0	36	1.0	25	1.0	11	1.0

النتائج والمناقشة

تأثير المخلفات السائلة على الصفات النوعية لمياه نهر دجلة

يبين الجدول (4) متوسط درجات الحرارة والاملاح الصلبة الكلية والعكورة والدالة الحامضية والنترات لمياه نهر دجلة ، اذ كانت أدنى قيمة لمتوسط درجة الحرارة في الموقع الاول بمقدار (18.0°) سيليزية واعلى قيمة كانت في الموقع السابع بمقدار (19.1°) سيليزية في حين ان درجة حرارة موقع المقارنة في شريخان كانت (17.9°) سيليزية، وقد يعود سبب الاختلاف بين المواقع الى اختلاف سرعة ومعدل الجريان وطوبوغرافية المنطقة والظروف المناخية والغطاء النباتي على جانبي النهر بين المواقع كذلك الابتعاد عن سد الموصل، فقد اشار (Adamo et al., 2020) الى ان تصريف المياه من السدود إلى الأنهار يؤدي الى حدوث تغيرات كبيرة في درجات الحرارة والاحمال العضوية والرواسب وهذا ما يفسر انخفاض درجة حرارة مياه نهر دجلة في مدينة الموصل كلما اقتربنا باتجاه سد الموصل نتيجة تصريف المياه العميقة الباردة منه وهذه النتائج تتفق مع (Al-Hamdani, 2010) الذي اشار الى ارتفاع درجة حرارة مياه نهر دجلة كلما ابتعدنا عن سد الموصل باتجاه جنوب المدينة.

تراوحت قيم متوسط المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS لمياه نهر دجلة ما بين (352-442) ملغم.لتر$^{-1}$، أدنى قيمة كانت في الموقع الثالث والاعلى في الموقع الثامن في حين ان قيمة TDS في موقع المقارنة كانت (244) ملغم.لتر$^{-1}$، وهذه الزيادة عن موقع المقارنة تعود الى الاملاح العضوية والمعدنية المحمولة مع مياه الصرف الصحي الناتجة من المخلفات المنزلية والصناعية الحاوية على الاملاح فضلا عن المخلفات الزراعية وانتقال الاملاح من التربة نتيجة التعرية المائية عبر المصبات الى مياه نهر دجلة، وعند مقارنة قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية لمياه نهر دجلة مع المحددات العالمية الواردة في الجدول (2) فإنها تعد صالحة للشرب والري وسقي الحيوانات الماشية والدواجن ومناسبة لحياة الاسماك.

الجدول 4: متوسط درجات الحرارة والاملاح الكلية الذائبة والعكورة والدالة الحامضية والنترات لمياه نهر دجلة

NO_3 mg/L	pH -	Turbidity NTU	TDS mg/L	Tem. C°	الموقع
0.61	7.51	4.0	244	17.9	المقارنة
3.1	7.75	12	422	18.0	الأول
5.0	7.65	13	393	18.4	الثاني
4.6	7.85	16	352	18.9	الثالث
3.5	7.77	18	397	18.1	الرابع
5.9	7.93	22	401	2.18	الخامس
4.5	7.72	19	391	18.5	السادس
4.0	7.89	21	422	19.0	السابع
5.3	7.83	24	442	19.1	الثامن

بينما تراوحت قيم العكورة لمياه نهر دجلة ما بين(12-24) NTU أدنى قيمة كانت في الموقع الاول واعلى قيمة كانت في الموقع الثامن وبزيادة كبيرة عن قيمة موقع المقارنة والذي بلغ (4.0)NTU وهذه الزيادة ناتجة عن حجم وطبيعة المواد العالقة والذائبة في مياه النهر سواء كانت املاح او مواد عضوية غير متحللة او حوامض عضوية ومعدنية ذائبة بالماء او مواداً عالقة كحبيبات الطين وبقايا النباتات ومخلفات صناعية كالأصباغ وزيوت المحركات ومخلفات الوقود التي يتم طرحها فيه من خلال المياه العادمة الصناعية، فضلا عن المخلفات المنزلية وما تحمله من مواد عالقة وذائبة بالماء كمساحيق الغسيل ومخلفات المطابخ التي تنتقل الى النهر عن طريق مياه المصبات وبحسب (Nisa, and Kishor, 2021) فان عكورة مياه الأنهار تنتج عن طريق طرح مخلفات الصرف الصحي الحاوية على كميات متفاوتة من المواد الرغوية مثل مخلفات النفط والوقود ومستحضرات الغسيل والاستحمام ومخلفات المراحيض والاملاح الذائبة العضوية والمعدنية والاسمدة والمخلفات الأخرى.وبالنتيجة، تعد مياه نهر دجلة باستثناء موقع المقارنة شديدة العكورة وغير صالحة للشرب حسب مواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2022) الواردة في الجدول (2).

وكذلك تراوحت قيم الدالة الحامضية لمياه نهر دجلة ما بين (7.65 –7.93) وأدنى قيمية كانت في الموقع الثالث واعلى قيمة كانت في الموقع الخامس اما في موقع المقارنة، فبلغت (7.51)، ان ارتفاع قيمة الدالة الحامضية لماء النهر قد يكون سببه اختلاط بعض الملوثات الكيميائية مع مياه النهر وما تحمله من عناصر قاعدية. اشار (APHA, 2017) الى ان الدالة الحامضية لمياه نهر دجلة تميل للقاعدية بسبب اذابة ايون الكاربونات والبيكاربونات والتي تصل اليه نتيجة تحلل مكونات التربة الحاوية هذه الايونات ومن خلال المواد القاعدية المحمولة مع مياه الصرف الصحي، وتتفق النتائج مع (Oleiw and Al-Dabbas, 2024) اللذان أشارا الى ان قيمة pH لمياه نهر دجلة في مدينة الموصل تتراوح بين (8.0–7.0) ، وأشار (Marin and Rusănescu, 2023) الى ان اختلاف الدالة الحامضية بين مواقع مياه نهر دجلة يعود الى ان المخلفات السائلة للمدن تحتوي على أنواع وكميات مختلفة من المواد المعدنية والعضوية ذات دالة حامضية متباينة اذ ان المواد العضوية المتحللة بواسطة الاحياء المجهرية تعمل على تكوين غاز CO_2 وحامض الكربونيك الذي يقلل درجة تفاعل المياه والمخلفات المنزلية والصناعية الأخرى الواصلة للنهر كمساحيق الغسيل والاملاح والمواد القاعدية الذائبة تعمل على زيادة القاعدية. تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع ضمن الحدود المسموح بها عالميا ومحليا للاستخدام لأغراض الشرب وري المزروعات وسقي الماشية والدواجن وحياة الاسماك تبعا للمواصفات العالمية لقيم pH (الجدول 2).

تراوح تركيز النترات ما بين (3.1-5.9) ملغم. لتر$^{-1}$ وكانت أدنى قيمة لها في الموقع الأول واعلى قيمة في الموقع الخامس لنهر دجلة، وبلغ تركيز النترات في موقع المقارنة (0.61) ملغم. لتر$^{-1}$، وهذا ما يدل على التأثير الواضح لمياه الصرف المطروحة في النهر على تركيز النترات، وأشار (Zhai et al., 2021) الى ان زيادة تراكيز النترات في الأنهار يعود الى المخلفات الزراعية والحيوانية المطروحة به وذلك لان النترات تدخل في تركيب الأسمدة الكيميائية والعضوية ويستخدم على نطاق واسع في الترب لذلك يصل الى المياه عن طريق التعرية، وان أكثر من (50)% من تلوث المياه

السطحية والجوفية بالنترات يعود إلى استخدام المبيدات والأسمدة في الاراضي الزراعية التي تتسرب إلى المسطحات المائية. تبعا للمواصفات العالمية الواردة في الجدول (2)، فان مياه نهر دجلة في جميع المواقع تعد صالحة للشرب والري وسقي الماشية والدواجن وعلى الرغم من ذلكم الا ان دول الاتحاد الأوربي (EU, 2014) وضعت تركيزا ضئيلا للنترات في مياه الشرب (0.5) ملغم. لتر$^{-1}$. وبالنسبة لوكالة حماية البيئة الامريكية (EPA, 2012)، فان المستوى المسموح للنترات في المياه السطحية يجب ان لا يتجاوز (1) ملغم. لتر$^{-1}$، فالتراكيز الأعلى من (10) ملغم. لتر$^{-1}$ تعد سامة للأحياء المائية.

يبين الجدول (5) متوسط قيم تركيز الفوسفات والعسرة الكلية والاوكسجين المذاب والكلوريد والكبريتات في مياه نهر دجلة، فقد وجد ان تركيز الفوسفات لنهر دجلة يتراوح ما بين (0.9-4.0) ملغم.لتر$^{-1}$ وكانت ادنى قيمة في الموقع الثاني واعلى قيمة في الموقع الثامن وبلغ تركيز الفوسفات (0.39) ملغم.لتر$^{-1}$ في موقع المقارنة وهذا الاختلاف بين المواقع يعود الى اخلاف نوع وكمية مخلفات الصرف الصحي بين مواقع النهر التي تعد المصدر الرئيس للفسفور واشار (Ruzhitskaya and Gogina, 2017) الى ان مخلفات الصرف الصحي تكون غنية بعنصر الفسفور و(40)% منه يأتي عن طريق المخلفات المنزلية نتيجة الاستخدام الواسع للمنظفات ومساحيق الغسيل التي يشكل فيها (60)% بالإضافة الى المركبات العضوية القابلة للذوبان والمخلفات الزراعية الغنية بالفسفور بفعل استخدام الأسمدة المعدنية والعضوية فضلا عن المخلفات الحيوانية.

فيما تراوحت قيم العسرة الكلية لنهر دجلة ما بين (355-485) ملغم. لتر$^{-1}$، وكانت أدنى قيمة في الموقع الاول واعلى قيمة في الموقع الرابع، وكانت القيم اعلى من موقع المقارنة والذي بلغت فيه (223) ملغم. لتر$^{-1}$. تعد مياه نهر دجلة صالحة للشرب بينما تجاوزت الحد المسموح به لسقي الدواجن تبعا للمواصفات العالمية وتبعا تصنيف (Todd, 1980) كما في الجدول (6). وان مياه نهر دجلة تعد عسرة الى عسرة جدا في جميع المواقع، وقد اشار (Schiavon and Moore, 2021) الى ان استخدام المياه التي تزيد فيها العسرة الكلية عن (300) ملغم. لتر$^{-1}$ في الري يؤدي إلى ترسبات وانسداد انابيب الري مما يؤدي الى تلف انظمة الري وأشارت بعض الدراسات إلى أن ارتفاع عسرة الماء تجعله غير مناسب للاستخدامات المنزلية والصناعية وتسبب مضار صحية كأمراض القلب والأوعية الدموية والكلى لدى الانسان (Al-Naqib et al., 2018).

الجدول 5: معدل قيم تركيز الفوسفات والعسرة الكلية والاوكسجين المذاب والكلوريد والكبريتات في مياه نهر دجلة

الموقع	PO_4	Hardness	Do	Cl	SO_4
	mg/L				
المقارنة	0.39	223	7.3	28	132
الأول	1.2	355	2.7	38	168
الثاني	0.9	372	2.9	42	155
الثالث	2.9	367	3.0	45	174
الرابع	1.9	485	3.1	41	180
الخامس	3.1	417	2.4	52	149
السادس	2.6	415	2.8	51	139
السابع	3.0	448	2.6	58	168
الثامن	4.0	457	2.4	61	173

الجدول 6: تصنيف المياه تبعا للعسرة الكلية

	العسرة الكلية (ملغم. لتر$^{-1}$)	نوع المياه
1	اقل من 75	يسر
2	180	عسرة نسبيا
3	360-180	عسرة
4	أكثر من 360	عسرة جدا

(Todd, 1980)

تراوح متوسط تركيز الاوكسجين المذاب في نهر دجلة ما بين (3.1-2.4) ملغم.لتر$^{-1}$، وكانت ادنى قيمة في الموقعين الخامس والثامن واعلى قيمة في الموقع الرابع وقد يعود سبب الاختلاف الى تباين كمية النفايات السائلة المطروحة الى مياه نهر دجلة او عوامل أخرى كما اشار (Lwang et al., 2003) مثلا الى ان زيادة سرعة جريان المياه يؤدي الى زيادة تعرضه الى تيار الهواء الجوي مما يؤدي الى زيادة التدفق الكتلي للهواء فيه وبالتالي زيادة الاوكسجين المذاب على عكس المياه الراكدة والنتائج جاءت اقل من قيم الاوكسجين المذاب التي حصل عليها (Al-Sarraj, 2020)، فقيمة Do في موقع المقارنة كانت اكبر من المواقع الاخرى وبلغت (7.3) ملغم.لتر$^{-1}$ مما يدل على ارتفاع تركيز الاوكسجين المذاب فيه نتيجة عدم او قلة تعرضه للمخلفات السائلة الحاوية على مواد عضوية كون منطقة شريخان تعد اول منطقة حضرية يمر فيها نهر دجلة في مدينة الموصل ولا يتم طرح المخلفات السائلة في النهر الا بعد حوالي 3 كم عن موقع شريخان من خلال مصب حي العربي الذي يعد اول مصب كبير يطرح مياهه في نهر دجلة داخل مدينة الموصل، ولم تضع منظمة الغذاء والزراعة العالمية (FAO) قيمة قياسية لتركيز الاوكسجين المذاب في مياه الري ، واشارت بعض الدراسات الى ان تركيز الاوكسجين المذاب في مياه الري تعد مقبولة عند التركيز الاكبر من (5) ملغم.لتر$^{-1}$، ويكون نمو وانتاج معظم المحاصيل افضل وخاصة محاصيل البيوت الزجاجية عندما يكون التركيز اكبر من (8) ملغم.لتر$^{-1}$ ، وعندما يكون تركيزه اقل من (4) ملغم.لتر$^{-1}$ فان الري بهذه المياه يسبب مشاكل في نمو النبات والمياه التي يكون فيها التركيز اقل من (0.5) ملغم.لتر$^{-1}$ حيث انها غير صالحة للري، لذا فان مواقع نهر دجلة المدروسة ذات تراكيز قليلة من الاوكسجين المذاب. تجاوزت تراكيز الاوكسجين المذاب المحددات العالمية لمياه الشرب الواردة في الجدول (2)، اشار (Coenen, 2019) الى ان الاوكسجين المذاب في الماء يؤثر على تنوع الاسماك والتركيز يجب ان يكون اعلى من (5) ملغم. لتر$^{-1}$ لكي تعيش معظم انوع الاسماك وعندما يقل تركيزه عن (2) ملغم. لتر$^{-1}$ تنعدم الحياة المائية ويحدث نفوق للأسماك واستنادا الى ذلك فان مياه نهر دجلة تعد غير ملائمة لمعظم أنواع الأسماك.

في حين تراوح متوسط تركيز الكلوريد لمواقع نهر دجلة ما بين (38–61) ملغم. لتر$^{-1}$ وكانت أدنى قيمة في الموقع الأول في حين اعلى قيمة سجلت في الموقع الثامن وان التباين في تركيز الكلوريد بين المواقع يعود الى كمياته المطروحة في مياه النهر نتيجة اختلاف تركيزه في مياه المصبات والمشار اليها في الجدول (7) وان مصدره فيها ناتج من المخلفات المنزلية لكونه يدخل في تركيب مستحضرات التنظيف ومساحيق الغسيل ومياه الاسالة المعالج بالكلوريد. واشار (Geilfus, 2019) الى ان الكلوريد يصل الى الانهار بعدة مصادر من خلال التعرية المائية للتربة كون المادة الام والاسمدة المضافة اليها تحتوي على تراكيز من ايون الكلوريد وقد تنتقل ايضا الى المياه عن طريق غبار المصانع وحرق الفحم والنفايات المحمولة بالهواء الجوي والنتائج اعلى من التركيز الذي حصل عليه (Al-Hamdani, 2022) والبالغ (31.19–26.1) ملغم. لتر$^{-1}$ للمياه نهر دجلة قرب مشروع مياه وادي حجر والغزلاني (الموقع السادس). تعد مياه نهر دجلة في موقع المقارنة والمواقع الاخرى صالحة للشرب ولحياة الاسماك وسقي الدواجن وري المزروعات بالنسبة لتركيز ايون الكلوريد وفقا للمحددات العالمية الواردة في الجدول (2).

الجدول 7: الصفات الكيميائية والفيزيائية لمياه مصبات الصرف الصحي

الصفة	موقع المصب							
	حي العربي	الخرازي	تموز	حي الشفاء	الخوصر	الغزلاني	الدانفيلي	البوسيف
Temperature (C°)	18.2	18.1	18.5	18.4	18.9	19.0	19.3	19.5
TDS	499	507	582	544	589	509	653	794
EC (µS.cm^{-1})	0.78	0.79	0.91	0.85	0.92	0.83	1.02	1.24
pH	7.85	7.85	7.85	7.81	7.93	7.89	7.93	8.01
Do (mg/L)	2.7	2.2	2.3	2.5	1.9	2.1	1.5	1.3
Po_4 (mg/L)	2.4	2.3	4.5	4.0	5.3	4.7	5.4	6.2
Cl^-	61	55	59	61	60	69	65	80
SO_4^{-2} (mg/L)	177	185	194	193	174	170	226	257
Zn (mg/L)	1.55	1.68	1.61	2.12	2.17	2.16	1.84	1.77
Cu (mg/L)	Nil	Nil	0.095	Nil	0.124	0.05	0.390	0.095
Co (mg/L)	0.028	0.026	0.037	0.041	0.064	0.038	0.066	0.049

0.530	0.543	0.517	0.510	0.230	0.610	0.450	0.330	Ni (mg/L)
0.714	0.931	0.510	0.431	0.274	0.667	0.329	0.179	Pb (mg/L)
7.5	6.5	6.9	8.9	5.8	5.2	6.5	4.9	NO^{-3} (mg/L)
91	95	73	61	70	74	72	66	Ca^{+2} (mg/L)
72	66	44	53	55	58	54	50 j	Mg^{+2} (mg/L)
48	68	40	61	50	55	42	43	Na^{+} (mg/L)
19	13	19	13	24	17	15	16	K^{+} (mg/L)
806	700	628	811	601	598	558	534	Hardness (mg/L)
50	55	42	59	38	31	24	23	Turbidity (NTU)

تراوحت معدل قيم تركيز الكبريتات لمواقع نهر دجلة ما بين (139–180) ملغم. لتر$^{-1}$ وكانت أدنى قيمة في الموقع الثاني واعلى قيمة سجلت في الموقع الرابع، وبلغ تركيز الكبريتات في موقع المقارنة (132) ملغم. لتر$^{-1}$، وهذا يتفق مع (Al-Shanona et al., 2020) الذين اشاروا الى ان تركيز الكبريتات لمياه نهر دجلة تراوحت ما بين (130–188) ملغم. لتر$^{-1}$. ان ارتفاع تراكيز الكبريتات في بعض مواقع مياه نهر دجلة يعود الى المخلفات السائلة التي يتلقاها النهر من مياه المصبات الغنية بالكبريتات والناتجة بحسب (Talaiekhozani et al., 2016) من تحليل البكتريا والفطريات للمواد العضوية في المياه العادمة والتي ينتج منها ايونات الكبريتات المسببة للرائحة الكريهة فيها، تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع بما فيها موقع المقارنة صالحة للشرب والري وسقي الماشية والدواجن حسب المواصفات العالمية في الجدول (2).

اما بالنسبة لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه نهر دجلة فقد اظهرت النتائج في الجدول (8) الى ان تراكيز النحاس تراوحت ما بين (Nil – 0.211) ملغم.لتر$^{-1}$ ولم تسجل في (الموقع الأول والثاني والرابع وموقع المقارنة) وكان اعلى تركيز في الموقع السابع؛ والنتائج تتفق مع (Kannah and Shihab, 2022) اللذان لم يسجلا أي تراكيز للنحاس في مياه نهر دجلة في مدينة الموصل في منطقة القبة ، يعزى ارتفاع تراكيز النحاس في الموقع السابع الى تأثير مياه مصب الدانفيلي المطروحة فيه ذات التركيز العالي من النحاس والمشار اليها بالجدول (7) والسبب في ذلك هو ان مصب الدانفيلي يمر عبر الحي الصناعي في الساحل الايسر لمدينة الموصل (صناعة الكرامة) وتُطرح فيه المخلفات الصناعية السائلة والصلبة الحاوية على تراكيز عالية من النحاس كونه يستخدم بشكل كبير في عمليات اللحام و يدخل في صناعة اجزاء السيارات مثل أنظمة التبريد (الراديترات) والاسلاك وانابيب الفرامل ويدخل في تركيب ملفات الداينمو والسلف ومحركات النوافذ وغيرها وهذا يتفق مع (Ibrahim and Al-Youzbakey, 2023) اللذان أشارا الى ان مصب الدانفيلي ملوث بالنحاس، فضلا عن ذلك فقد أشار (Zubair et al., 2008) الى ان مصدر النحاس بالمياه بالإضافة الى المياه العادمة الصناعية قد يكون من مياه الصرف الزراعية الحاوية على الأسمدة والمبيدات والمخلفات الحيوانية والمواد العضوية والمخلفات المنزلية السائلة التي تسهم في رفع تركيز النحاس في مصب الدانفيلي الذي يعد من المصبات الكبيرة الذي يجمع المخلفات السائلة الصناعية والحضرية والزراعية في مدينة الموصل. تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع غير ملوثة بالنحاس وصالحة للشرب والري وسقي الماشية والدواجن تبعا للمحددات والعالمية في الجدول (2).

اشارت النتائج الى ان متوسط تراكيز الزنك لمواقع مياه نهر دجلة تراوحت ما بين (1.13 – 1.76) ملغم. لتر$^{-1}$ وكان اقل تركيز في الموقع الأول في حين اعلى تركيز كان في الموقع الرابع الواقع بعد مصب الخوصر ذي التركيز الأعلى من الزنك عن المصبات الأخرى والمشار اليها بالجدول (7). قد يعود السبب الى ان مصب الخوصر يعد من المصبات الكبيرة الذي يمر بالعديد من القرى والاحياء السكنية لمدينة الموصل ويحتوي على المخلفات الزراعية والحيوانية والمنزلية ذات المحتوى العالي من الزنك. تعد مياه نهر دجلة صالحة للشرب والري ولسقي الماشية والدواجن وقد فاقت الحدود المسموحة لحياة الأسماك تبعا لتركيز الزنك فيها وفقا للمحددات العالمية في الجدول (2)، في حين بلغ تركيز الزنك في موقع المقارنة في شريخان (0.73) ملغم. لتر$^{-1}$ وكان ضمن الحدود المسموحة للاستعمالات أعلاه.

الجدول 8. تركيز النحاس والزنك والرصاص والكوبلت والنيكل في نهر دجلة

الموقع	Cu	Zn	Pb	Co	Ni
	mg/L				
المقارنة	Nil	0.73	Nil	0.003	0.015
الأول	Nil	1.13	0.099	0.013	0.193
الثاني	Nil	1.26	0.114	0.021	0.185
الثالث	0.091	1.36	0.345	0.028	0.472
الرابع	Nil	1.76	0.150	0.022	0.102
الخامس	0.060	1.70	0.214	0.042	0.293
السادس	0.078	1.57	0.313	0.026	0.254
السابع	0.211	1.35	0.615	0.036	0.361
الثامن	0.093	1.45	0.201	0.031	0.310

اشارت النتائج الى ان تركيز الرصاص لمواقع مياه نهر دجلة تراوحت ما بين (0.099 –0.615) ملغم.لتر$^{-1}$ وكان اقل تركيز في الموقع الأول واعلى تركيز في الموقع السابع وقد يعود سبب تلك الزيادة الى تأثر الموقع السابع بالمخلفات السائلة لصناعة الكرامة خلال مصب الدانفيلي الملوث بالرصاص، اذ ان مخلفات الوقود والديزل واسلاك اللحام وورش صيانة الراديترات والبطاريات تعد احد مصادر التلوث بالرصاص ولهذا السبب نلاحظ ارتفاع تراكيز الرصاص في مصب تموز المشار اليه في الجدول (7) الذي يجمع المخلفات السائلة لصناعة الجانب الأيمن (وادي عقاب). تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع غير صالحة للشرب والري وسقي الدواجن والماشية ولحياة الاسماك تبعا للمحددات العالمية، فالرصاص يعد من العناصر السامة بالمطلق للكائنات الحية ولا يمكن ان يتحلل ويتراكم (Bioaccumulation) داخل انسجتها فيسبب مشاكل صحية خطيرة واشارت بعض الابحاث ان التعرض للرصاص يسبب مليون حالة وفاة سنويًا و(30)% من حالات الاعاقة الفكرية للأطفال (Shadbegian et al., 2019) وفيما يخص موقع المقارنة، فلم تسجل تراكيز محسوسة للرصاص.

بالنسبة لتركيز الكوبلت في المياه فقد اشارت النتائج الى ان متوسط تراكيز الكوبلت لمواقع مياه نهر دجلة تراوحت ما بين (0.013–0.042) ملغم.لتر$^{-1}$ وكان اقل تركيز له في الموقع الأول في حين اعلى تركيز كان في الموقع الخامس وكان تركيزه ضئيلا جدا في موقع المقارنة البالغ (0.003) ملغم.لتر$^{-1}$.ان ارتفاع تراكيز الكوبلت عن موقع المقارنة يعود الى الكميات التي يتلقاها النهر عن طريق النفايات السائلة الحاوية على الكوبلت اذ اشار (Bhardwaj et al., 2017) الى ان النيكل يصل الى المياه من خلال دخان عوادم السيارات والمواد العضوية والمخلفات الحيوانية والنباتية والطبية فضلا عن مخلفات الورش الصناعية كونه يدخل في تركيب الأجهزة الالكترونية واشباه الموصلات وأدوات القطع الثقيلة وصناعة السبائك والبطاريات والزجاج والخزف والاصباغ. وبحسب (Al-Rawi, 2005)، فان نهر دجلة يعد المصدر الوحيد للمياه السطحية في مدينة الموصل وتستخدم مياهه لأغراض مختلفة منها المنزلية والصناعية فضلا عن الزراعية ويتم تصريف مخلفات جميع تلك الاستخدامات اليه لذا يمكن ان ترتفع تراكيز الكوبلت فيه وتتباين بين المواقع بالاعتماد على كمية المخلفات المطروحة فيه ونوع الأنشطة الناتجة عنها، فزيادة الكلوبلت في الموقع الخامس ناتج من تأثير مصب الخوصر الملوث به. لم تضع المنظمات العالمية حداً حرجاً لتركيز الكوبلت في مياه الشرب كونه يعد عنصرًا ضروريا لمكونات فيتامين B_{12} ويستخدم كمكمل غذائي لعلاج فقر الدم وكذلك يعتبر عنصراً غير مسرطن بحسب وكالة حماية البيئة الامريكية (Harikrishnan et al., 2025)، وعلى الرغم من ذلك، فقد اشارت بعض الدراسات الى حصول حالات تسمم بالكوبلت وتسبب امراض الجهاز التنفسي والكبد والكليتين نتيجة التعرض الى كميات كبيرة منه (EPA, 2016). تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع صالحة للري وسقي الماشية عند مقارنتها بالمحددات العالمية في جدول (2).

تراوحت تراكيز النيكل في مياه نهر دجلة ما بين (0.102–0.472) ملغم.لتر$^{-1}$ وكان اقل تركيز في الموقع الرابع واعلى تركيز كان في الموقع الثالث المتأثر بمخلفات صناعة الكرامة والتي تضم ورش صباغة السيارات ومعامل تصنيع

المواد الكيميائية والاصباغ ومخلفات الديزل وزيوت المكائن ومواد اللحام الحاوية على النيكل والمحمولة للنهر خلال مصب الدانفيلي، وهذا ما أيده (Al-dabbagh, 2022) من ان مصب الدانفيلي يبلغ طوله تقريبا 6 كم ويبدأ من منطقة شقق الخضراء شرقي الموصل ويمر بالمنطقة الصناعية في الكرامة ويصب في نهر دجلة وهو احد أكثر المصبات تلوثا نتيجة انتشار المخلفات الصناعية والمنزلية فيه. واستنادا الى المحددات العالمية تعد مياه نهر دجلة في جميع المواقع باستثناء موقع المقارنة البالغ (0.015) ملغم. لتر$^{-1}$ غير صالحة للشرب نتيجة التصريف العشوائي للنفايات السائلة اليه دون معالجة وقد تسبب مشاكل صحية للإنسان، مثل السرطان والطفرات وامراض الجلد والجهاز الهضمي والعقم (Buxton et al., 2019). وقد تجاوزت اغلب المواقع قد تجاوزت الحدود المسموح بها للري وقد تسبب تلوث للتربة وتقليل انبات البذور وضعف نمو الجذور والتمثيل الضوئي للنبات فضلا عن تسمم النبات وعرقلة العمليات الفسيولوجية داخل الخلية النباتية وتكون الجذور الحرة (Hassan et al., 2019). تصلح مواقع المياه المدروسة لسقي الماشية والدواجن وللحياة المائية تبعا الى تركيز النيكل المسموح عالميا الجدول (2).

تقييم نوعية المياه للاستخدامات المختلفة تبعا لدليل جودة المياه (WQI)

يستخدم دليل (WQI) لتفسير صفات المياه خاصة عندما تكون أقل من المعايير القياسية العالمية عن طريق جمع العديد من هذه الصفات بقيمة رقمية واحدة يسهل مقارنتها مع قيم مرجعية لتقييم جودة المياه للاستعمالات المختلفة وبالتالي تقديمها الى الجمهور بطريقة سلسة فضلا عن ذلك يسهل على صانعي القرار عمليات اعداد الخطط البيئية لمعالجة تلوث المياه (Syeed et al., 2023) ، واشارت النتائج الموضحة بالجدول (9) الى ان قيم دليل جودة مياه نهر دجلة (WQI) لموقع المقارنة في شريخان كانت (39 و 24.2 و 47.1 و 4.9 و 16.2) للشرب والري وسقي الدواجن والماشية وللحياة المائية. اما بالنسبة للمواقع الأخرى، فتراوحت ما بين (64– 98) للشرب وكانت أدنى قيمة في الموقع الأول في حين اعلى قيمة سجلت في الموقع الثامن وهذا يدل على تأثير المخلفات السائلة المطروحة في نهر دجلة والتي تزداد بشكل ملحوظ كلما اتجهنا الى جنوب مدينة الموصل باتجاه الموقع الثامن في منطقة البوسيف نتيجة زيادة المخلفات المحمولة مع مياه النهر واشار (Al-Sudani et al., 2022) الى ان تصريف المياه العادمة الى نهر دجلة دون معالجة تعد أحد أسباب تردي نوعية مياهه للشرب، وتؤدي الى مشاكل صحية وبيئية خطيرة. تراوحت قيم (WQI) للري وللحياة المائية تراوحت بين (35.5– 54.3) و(37.2–57.6) على التوالي وكانت ادنى قيمة في الموقع الاول واعلى قيمة في الموقع الثامن ، تراوحت قيم دليل (WQI) لسقي الدواجن والماشية ما بين (63.9 –86.5) و (12.5 –36.4) على التوالي وكانت ادنى قيمة في الموقع الأول واعلى قيمة في الموقع السابع ، وان زيادة قيم دليل جودة مياه نهر دجلة في الموقع الأول عن المواقع الأخرى يعود لسببين هما حجم الملوثات الضئيلة المختلطة مع النهر كونه يقع بعد اول مصب للصرف الصحي ولا توجد مصبات أخرى قبله تزيد من الاحمال والمخلفات فيه كما في المواقع الأخرى باتجاه جنوب المدينة والسبب الاخر هو قلة حجم التصريف لمصب حي العربي فضلا عن التراكيز والقيم المنخفضة لأغلب الصفات المدروسة بالمقارنة مع المصبات الأخرى والموضحة بالجدول (7)، وقد يعزى ذلك الى ان مصب حي العربي لا يطرح مخلفات زراعية وصناعية وكذلك العدد القليل من الاحياء السكنية التي يمر بها فضلا عن الكثافة السكانية المنخفضة في تلك الاحياء. كانت أصناف مياه نهر دجلة في موقع المقارنة كانت ممتازة للري وسقي الماشية وجيدة للشرب وسقي الدواجن وبالنسبة للمواقع الأخرى لمياه نهر دجلة فكانت نوعية المياه (رديئة – رديئة جدا) للشرب وسقي الدواجن بالاعتماد على تصنيف دليل جودة المياه (WQI) في الجدول (10) وهذا يدل على تباين تأثير المصبات على نوعية مياه النهر اذ يؤثر كل من كمية ونوع الفضلات المحمولة مع مياه المصبات وحجم ومعدل تصريفه على جودة ونوعية مياه نهر دجلة ، وبحسب (Al-Assaf et al., 2020)، فان استخدام المياه ذات الجودة المنخفضة في سقي الدواجن تؤثر على إنتاج البيض واللحوم وتسبب مشاكل صحية لها.

الجدول 9: قيم دليل جودة مياه نهر دجلة للاستخدامات المختلفة (WQI)

الموقع	الشرب	الري	الدواجن	الماشية	الحياة المائية
المقارنة	39	24.2	47.1	4.9	16.2
الأول	64	35.5	63.9	12.5	37.2
الثاني	68	39.1	68.0	13.9	42.2
الثالث	76	47.1	75.3	24.4	50.0
الرابع	84	49.1	82.4	18.2	58.0
الخامس	90	42.5	76.3	17.5	39.0
السادس	82	46.9	75.6	23.3	53.3
السابع	91	54.3	86.5	36.4	54.1
الثامن	98	51.6	80.4	20.2	57.6

كانت أصناف مياه النهر كانت (جيدة – رديئة) للري ولسقي المواشي ونلاحظ ان جودة مياه نهر دجلة لسقي المواشي كانت أفضل من سقي الدواجن والسبب يعود بحسب (Gupta et al., 2021) الى ان الملوثات والعناصر الثقيلة في أنسجة الطيور والدواجن تتراكم بعشرة اضعاف عن تراكمها في حيوانات الماشية لكون الدواجن والطيور أكثر حساسية لزيادة تركيز العناصر الثقيلة من الماشية (العجول والاغنام). والسبب في ذلك يعود الى التركيبة الفسجلية والايضية المختلفة بين الصنفين فضلا عن القدرة على مقاومة اجهاد تراكم المواد السامة التي تجعل التراكم البيولوجي للعناصر الثقيلة في الدواجن أكثر من الماشية، وصنفت مياه نهر دجلة ما بين (جيدة– رديئة) النوعية للحياة المائية وهذا يتفق مع (Enad, and Jaeel, 2019) اللذان أشار الى ان مياه نهر دجلة غير مناسبة للحياة المائية وحياة الأسماك نتيجة تصريف الملوثات المختلفة له من مياه الصرف الصحي بدون معالجة.

الجدول 10. تصنيف قيم دليل جودة المياه (WQI) للاستخدامات المختلفة (Gupta and Misra, 2018)

الصنف	Unsuitable Water	Very Poor Water	Poor Water	Good Water	Excellent Water
قيم WQI	100 <	75-100	51– 75	26-50	0 – 25

الاستنتاجات

1.كانت اصناف مياه نهر دجلة (رديئة – رديئة جدا) للشرب وسقي الدواجن بالاعتماد على تصنيف دليل جودة المياه (WQI) و(جيدة – رديئة) للري وسقي المواشي وللحياة المائية بينما أصناف مياه نهر دجلة في موقع المقارنة كانت ممتازة للري وسقي الماشية وجيدة للشرب وسقي الدواجن وهذا يدل على التأثير الواضح لمياه الصرف الصحي المطروحة في نهر دجلة خلال المصبات المتوزعة على جانبي النهر التي عملت على تردي جودة مياه النهر نتيجة اختلاط الملوثات المختلفة فيه.

2.كانت تراكيز النحاس والرصاص والنيكل في الموقع السابع اعلى من المواقع الاخرى والسبب يعود الى ان مياه نهر دجلة تتأثر بمياه مصب الدانفيلي ذات التراكيز العالمية من النحاس والرصاص والنيكل كونه يعد احد المصبات الصناعية الكبيرة في مدينة الموصل الذي يبلغ طوله تقريبا 6 كم ويبدأ من منطقة شقق الخضراء شرقي الموصل ويمر بالمنطقة الصناعية في منطقة الكرامة التي تضم ورش صيانة السيارات والصباغة وصيانة البطاريات وورش اللحام ومعامل تصنيع المواد الكيميائية والاصباغ ومخلفات الديزل وزيوت المكائن على تراكيز عالية من النحاس والرصاص والنيكل ويصب في نهر دجلة وهو احد أكثر المصبات تلوثا ، وتراكيز الزنك والكوبلت كانت مرتفعة في الموقع الرابع والسبب يعود الى تأثير مياه مصب الخوصر ذي التركيز العالي من الزنك الناتج من المخلفات الزراعية والحيوانية والمنزلية ذات المحتوى العالي من الزنك لكون مصب الخوصر يعد من المصبات الكبيرة الذي يمر بالعديد من القرى والاحياء السكنية لمدينة الموصل الحاوية على تراكيز عالية من الزنك

3. تميل الدالة الحامضية في اغلب المواقع الى القاعدية، والسبب يعود الى ايون الكاربونات والبيكاربونات الذائبة في المياه والتي قد تصل الى النهر عن طريق مكونات التربة الذائبة او من خلال المواد القاعدية المحمولة مع مياه الصرف، ومياه نهر دجلة كانت عسرة الى عسرة جدا في جميع المواقع، وقيم العكورة للمياه في مواقع الدراسة فاقت المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية (WHO) لغرض الشرب وتراكيز الاوكسجين المذاب Do أيضا كانت غير صالحة للشرب وحياة معظم أنواع الأسماك، وبالنسبة لتراكيز الرصاص في مواقع مياه النهر فقد فاقت المحددات العالمية للشرب والري وسقي الدواجن والماشية ولحياة الأسماك في حين ان تراكيز النيكل في جميع المواقع كانت غير صالحة للشرب، وتراكيز الزنك في مياه نهر دجلة كانت غير ملائمة لحياة الأسماك، وقيم العسرة الكلية كانت ضمن الحدود المسموح بها للشرب وتجاوزت الحد المسموح لسقي الدواجن تبعا للمحددات العالمية، وتراكيز والنترات والكبريتات والكلوريدات والكوبلت والمواد الصلبة الذائبة الكلية كانت صالحة للشرب والري وسقي حيوانات المزرعة وللحياة المائية.

4.كانت مياه نهر دجلة في موقع المقارنة في شريخان ذات نوعية أفضل من المواقع الاخرى للاستعمالات المتنوعة، أي ان جميع الصفات المدروسة كانت بتراكيز اقل من مواقع نهر دجلة الأخرى المتأثرة بمياه الصرف الصحي.

شكر وتقدير

يتقدم الباحث بالشكر والتقدير الى القائمين على مختبرات قسم علوم التربة والموارد المائية والمختبر المركزي التابع لكلية الزراعة والغابات /جامعة الموصل لتسهيل مهمة اجراء التحاليل الخاصة بالبحث.

المصادر

Adamo, N., Al-Ansari, N. and Sissakian, V., 2020. How dams can affect freshwater issues in the Euphrates-Tigris basins. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, 10(1), pp. 43-76.

Al-Assaf, A.Y., Talat, R.A. and Al-Saffawi, A.Y.T., 2020. Suitability of water for irrigation and livestock watering purpose using IWQI Model: The case study, groundwater quality of some quarters of Mosul city, Iraq. Plant Archives, 20(1), pp. 1797-1802. https://www.researchgate.net/publication/339940063

Al-Dabbagh A.H., 2022. Geochemical assessment of heavy metals in sediments of main Wadis of Mosul City/Iraq. MSc. Thesis, University of Mosul, Mosul. 121P. (In Arabic). https://doi.org/10.4408/IJEGE.2023-01.O-04

Al-Hamandi, H.M., Al-Obaidi, M.A. and Aljumaily, M.M., 2019. Study on quantity and intensity of potassium in the alluvial soils in Baghdad, Plant Archives, 19(2), pp. 123-130.

Al-Hamdani, I.O. and Malko, S., 2010. Environmental Survey for Some Selection Water Resources, Sanitary Waste and Phytoremediation in Mosul City and its Suburbs. PhD Thesis. University of Mosul, College of Science.

Al-Naqib S., Al-Youzbakey K. and Sulaiman A., 2018. - Hydrochemistry and groundwater level fluctuations (2009-2011) in selected wells at the eastern part of Mosul city, northern Iraq. The 9th Periodical Scientific Conference for Dams and Water Resources Research Center, pp. 19-34. (In Arabic)

Al-Rawi, S.M., 2005. Contribution of Man–Made Activities to the Pollution of the Tigris within Mosul Area/IRAQ. International journal of environmental research and public health, 2(2), pp. 245-250. https://doi.org/10.3390/ijerph2005020007

Al-Sarraj, E.S.Y., 2020. Effect of Seasonal Variations on Some Physio-Chemical Properties of Tigris River Water in Mosul City. DOI: 10.33899/edusj.2020.126256.1027

Al-Shanona, R.A., Al-Maathide, A.T. and Al-Asaaf, A.Y., 2020. The environmental status of Tigris River water in Mosul city, northern of Iraq. Plant archives (09725210), 20(1).

Al-Sudani, I.M., Al-Razzaq, H.T.A., Khraibet, A.C. and Mohammed, H.J., 2022. Impacts of untreated sewage effluent on Tigris River water quality using (NSF-WQI) index. Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation, 10(1), pp. 7-13.

APHA. (American Public Health Association), 2017. Standard methods for the examination of Water and wastewater. American Public Health Association, 23rd Ed., Washington, DC, USA.

Bhardwaj, R., Gupta, A. and Garg, J.K., 2017. Evaluation of heavy metal contamination using environmetrics and indexing approach for River Yamuna, Delhi stretch, India. Water science, 31(1), pp. 52-66. https://doi.org/10.1016/j.wsj.2017.02.002

Buxton, S., Garman, E., Heim, K.E., Lyons-Darden, T., Schlekat, C.E., Taylor, M.D. and Oller, A.R., 2019. Concise review of nickel human health toxicology and ecotoxicology. Inorganics, 7(7), pp. 89. S https://doi.org/10.3390/inorganics7070089

CCM., 2005. Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian Water.

Coenen, W., 2022. Analysis of the water quality dynamics of Lake Vomb: Interactions between water quality profile and cyanobacterial bloom in a eutrophic lake in Sweden. TVVR 5000.

Enad, H.Y. and Jaeel, A.J., 2019. Water quality index of Tigris River in Wasit Governorate for aquatic life. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 584, No. 1, p. 012029). IOP Publishing. DOI 10.1088/1757-899X/584/1/012029

EPA Environmental Protection Agency, 1994. Poultry Water Quality Handbook.

EPA., 2012. What are nitrates and why are they important.

EPA., 2016. Cobalt Compounds.

EPA., 2024. National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table

EU., 2014. European Union (Drinking Water) Regulations 2014.

FAO., 1985.Ayers, R.S. and D.W. Westcot. Water for agriculture. Irrigation and Drainage Paper (29 Rev. I). FAO, Rome, Italy

Geilfus, C.M., 2019. Chloride in soil: From nutrient to soil pollutant. Environmental and Experimental Botany, 157, pp. 299-309. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.035

Gupta, A.R., Bandyopadhyay, S., Sultana, F. and Swarup, D., 2021. Heavy metal poisoning and its impact on livestock health and production system. Indian J. Anim. Health, 60(2). DOI: https://doi.org/10.36062/ijah.2021.spl.00421

Gupta, R. and Misra, A.K., 2018. Groundwater quality analysis of quaternary aquifers in Jhajjar District, Haryana, India: Focus on groundwater fluoride and health implications. Alexandria Engineering Journal, 57(1), pp. 375-381 https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.08.031

Harikrishnan, S., Kaushik, D., Kumar, M., Kaur, J., Oz, E., Proestos, C. and Oz, F., 2025. Vitamin B12: prevention of human beings from lethal diseases and its food application. Journal of the Science of Food and Agriculture, 105(1), pp. 10-18. https://doi.org/10.1002/jsfa.13661

Hassan, M.U., Chattha, M.U., Khan, I., Chattha, M.B., Aamer, M., Nawaz, M., and Khan, T.A., 2019. Nickel toxicity in plants: reasons, toxic effects, tolerance mechanisms, and remediation possibilities—a review. Environmental Science and Pollution Research, 26, pp. 12673-12688. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04892-x

Henze, M. and Comeau, Y., 2008. Wastewater characterization. Biological wastewater treatment: Principles modelling and design, 27.

Hossini, H., Shafie, B., Niri, A.D., Nazari, M., Esfahlan, A.J., Ahmadpour, M. and Hoseinzadeh, E., 2022. A comprehensive review on human health effects of chromium: Insights on induced toxicity. Environmental Science and Pollution Research, 29(47), pp. 70686-70705. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22705-6

Ibrahim, I.F. and Al-Youzbakey, K.T., 2023. A geochemical study of the main valleys' waters on the left part of Mosul (Iraq). Italian journal of engineering geology and environment, (1), pp. 45-60. https://doi.org/10.4408/IJEGE.2023-01.O-04

Kannah, A.M. and Shihab, H.F., 2022. Heavy Metals Levels in the Water of the Tigris River in the City of Mosul, Iraq.

Karri, R.R., Ravindran, G. and Dehghani, M.H., 2021. Wastewater—sources, toxicity, and their consequences to human health. In Soft Computing Techniques in Solid Waste and Wastewater Management, pp. 3-33. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824463-0.00001-X

Lwanga, M.S., Kansiime, F., Denny, P., and Scullion, J., 2003. Heavy Metals in Lake George, Uganda with Relation to Metal Concentrations in Tissues of Common Fish Species. Hydrobiol. J., 499(1-3): pp. 83-93. https://doi.org/10.1023/A:1026347703129

Machate, D.J., 2023. Anthropogenic hyperactivity for natural resources increases heavy metals concentrations in the environment: Toxicity of healthy food and cancer risks estimated. Journal of Trace Elements and Minerals, 4, 100057. https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100057

Mahto, A. and Mishra, S., 2021. Guar gum grafted itaconic acid: a solution for different wastewater treatment. Journal of Polymers and the Environment, pp. 1-14. https://doi.org/10.1007/s10924-021-02125-2

Manasa, R.L. and Mehta, A., 2020. Wastewater: sources of pollutants and its remediation. Environmental Biotechnology Vol. 2, pp. 197-219. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38196-7_9

Marin, E. and Rusănescu, C.O., 2023. Agricultural use of urban sewage sludge from the wastewater station in the municipality of Alexandria in Romania. Water, 15(3), 458. https://doi.org/10.3390/w15030458

Mhaske1and3, G.D., Bhalla, R. and Nalawade, P.M., 2022. Study of groundwater hydrochemistry and drinking appropriateness using Water Quality Index (WQI) modelling in the Jam River basin, India. http://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i08s.071

Mukherjee, S., Chatterjee, N., Sircar, A., Maikap, S., Singh, A., Acharyya, S. and Paul, S., 2023. A comparative analysis of heavy metal effects on medicinal plants. Applied Biochemistry and Biotechnology, 195(4), pp. 2483-2518 https://doi.org/10.1007/s12010-022-03938-0

Nisa, A.M. and Kishor, B., 2021. Removal of turbidity and TDS from wastewater by using natural coagulants-a review. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 889, No. 1, p. 012074. IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/889/1/012074

Oleiwi, A.S. and Al-Dabbas, M., 2022. Assessment of contamination along the Tigris River from Tharthar-Tigris canal to Azizziyah, middle of Iraq. Water, 14(8), 1194. https://doi.org/10.3390/w14081194

Oleiwi, A.S. and Al-Dabbas, M., 2024. The Parameters Discharge, Salinity and Dissolved loads of Tigris River from Mosul to Baghdad, Iraq. Iraqi Journal of Science, pp. 3176-3194. https://doi.org/10.24996/ijs.2024.65.6.19

Ruzhitskaya, O. and Gogina, E., 2017. Methods for removing of phosphates from wastewater. In MATEC Web of Conferences, Vol. 106, p. 07006. EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/matecconf/201710607006

Schiavon, M. and Moore, K.K., 2021. How to Properly Read Your Irrigation Water Analysis for Turf and Landscape: ENH1352/EP616, 12/2021. EDIS, 2021(6). https://doi.org/10.32473/edis-EP616-2021

Shadbegian, R., Guignet, D., Klemick, H. and Bui, L., 2019. Early childhood lead exposure and the persistence of educational consequences into adolescence. Environmental research, 178, 108643. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108643

Syeed, M.M., Hossain, M.S., Karim, M.R., Uddin, M.F., Hasan, M. and Khan, R.H. 2023. Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review. Environmental and Sustainability Indicators, 100247. https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100247

Talaiekhozani, A., Bagheri, M., Goli, A. and Khoozani, M.R.T., 2016. An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems. Journal of Environmental Management, 170, pp. 186-206. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.021

Todd, D.K., 1980. Groundwater Hydrology, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York

WHO. (World Health Organization), 2022. Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda. World Health Organization.

Zhai, S., Jacob, D.J., Wang, X., Liu, Z., Wen, T., Shah, V., and Liao, H., 2021. Control of particulate nitrate air pollution in China. Nature Geoscience, 14(6), pp. 389-395. https://doi.org/10.1038/s41561-021-00726-z

Zubair, A., Farooq, M.A. and Abbasi, H.N., 2008. Toxic Trace Element Pollution in Storm Water of Karachi: A Graphical Approach. The Pacific Journal of Science and Technology, 9(1), pp. 238-253.