

## Assessment of physicochemical properties and concentrations of some heavy metals in the water of the lower Al-Kabir Al-Shamali River basin, Syria

Ali Abido\* 

Dr. Taher Cheikho\*\*

Dr. Ibrahim Nisafi\*\*\*

Dr. Ahmad kara Ali\*\*\*\*

(Received 27 / 8 / 2025. Accepted 17 / 12 / 2025)

### □ ABSTRACT □

This study investigated the seasonal variations in physicochemical characteristics of the Al-Kabir Al-Shamali River waters, along with analysis of heavy metals (cadmium, lead, copper, and nickel) during both flood and low flow seasons. Samples were collected from four sites, spanning from the 16 Tishreen Dam Lake to the river's estuary in the Mediterranean Sea, over a two-year period from autumn 2020 to summer 2022. The results revealed that the river water is characterized as very hard and classified as contaminated according to international standards. Nevertheless, measurements of electrical conductivity, pH, and dissolved oxygen remained within permissible limits for various water uses, albeit with relative spatial and seasonal variations. Regarding heavy metals, most concentrations exceeded the permissible limits for drinking water, with the exception of copper. Furthermore, concentrations were slightly above the permissible limits for irrigation in some cases, except for lead and nickel during specific seasons. Notably, the highest concentrations of heavy metals were recorded during the low flow season, with a clear impact of wastewater discharge from industrial and artisanal facilities in the area.

**Keywords:** Water quality, Physical and chemical properties of water, Heavy metals, Al-Kabir Al-Shamali River.

**Copyright**



:Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

\*PhD student, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia , Syria. aliaylamaiss@gmail.com)

\*\*Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria

\*\*\*Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria

\*\*\*\*Associate Professor, High Institute Marin Research, Latakia University(formerly Tishreen), Latakia, Syria

## تقييم الخواص الفيزيائية والكيميائية وتراكيز بعض المعادن الثقيلة في مياه حوض نهر الكبير الشمالي السفلي في سوريا

علي عبيدو\* 

د. طاهر شيخو\*\*

د. إبراهيم نيسافي\*\*\*

د. أحمد قره علي\*\*\*\*

(تاريخ الإيداع 27 / 8 / 2025. قبل للنشر في 17 / 12 / 2025)

### □ ملخص □

في هذا البحث، تم تقييم مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر الكبير الشمالي على المستوى الفصلي، مع تحليل المعادن الثقيلة مثل الكاديوم والرصاص والنحاس والنيكل خلال موسمي الفيضان والتحريق. تم جمع عينات من أربعة مواقع على طول النهر بين بحيرة سد 16 تشرين ومصب النهر في البحر المتوسط، خلال الفترة من خريف 2020 حتى صيف 2022. أظهرت النتائج أن مياه النهر تُعد عسرة جداً وتُصنف كمياه ملوثة وفقاً للمعايير الدولية. مع ذلك، احتفظت قياسات الناقلية الكهربائية والرقم الهيدروجيني والأكسجين الذائب بقيمها ضمن الحدود المسموحة لاستخدامات المياه المختلفة، مع تباين نسبي بين المواقع والفصول. أما بالنسبة للمعادن الثقيلة، فقد تجاوزت تراكيز معظمها الحدود المسموح بها لمياه الشرب، باستثناء النحاس. كما كانت التراكيز أعلى قليلاً من الحدود المسموحة للري، عدا الرصاص والنيكل في موسم معينة. وجدير بالذكر أن أعلى التراكيز سُجلت خلال موسم التحريق، مع تأثير واضح لمياه صرف المصانع والمنشآت الحرفية في المنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** نوعية المياه، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، المعادن الثقيلة، نهر الكبير الشمالي.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب



الترخيص 04 CC BY-NC-SA

\* طالب دكتوراه - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا. [aliaylamaiss@gmail.com](mailto:aliaylamaiss@gmail.com)

\*\* أستاذ مساعد - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا.

\*\*\* أستاذ مساعد - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا.

\*\*\*\* أستاذ مساعد - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا.

**مقدمة:**

تُعد المياه من أثنى الموارد الطبيعية، حيث تلعب دوراً أساسياً في استمرار الحياة على كوكب الأرض. لم يكن من الممكن تطور الحياة وازدهار الحضارة الإنسانية بدونها. لذا، نشأت جميع الحضارات العظيمة بالقرب من الأنهار. تُغطي المياه أكثر من ثلثي كوكب الأرض، لكن المياه العذبة المتاحة بسهولة، الموجودة في الأنهار والبحيرات والأراضي الرطبة ومخازن المياه الجوفية - تُمثل أقل من 1% من إجمالي إمدادات المياه العالمية [1]. تُعد المياه العذبة في هذه النظم البيئية مورداً محدوداً، ويزداد الطلب عليها بسبب النمو السكاني، وزيادة معدلات الاستهلاك، وتأثيرات تغير المناخ. إن توفر المياه العذبة بكميات ونوعية كافية أمر حيوي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالصحة والأمن الغذائي والأمن المائي، فضلاً عن صحة وسلامة النظم البيئية، كما أنه يدعم اقتصاديات وسبل عيش السكان في مختلف أنحاء العالم [2-4]. ومع ذلك، يواجه مليارات الأشخاص حول العالم تحديات كبيرة تتعلق بالمياه العذبة، بدءاً من ندرتها وسوء نوعيتها، وصولاً إلى نقص مرافق الصرف الصحي، بالإضافة إلى الكوارث المرتبطة بالمياه مثل الفيضانات والجفاف [5].

يُشكل تلوث المياه العذبة في الدول النامية والمتقدمة تهديداً متزايداً للصحة العامة والأمن الغذائي والتنوع الحيوي، بالإضافة إلى تأثيره في خدمات النظم البيئية الأخرى. ويرتبط تفاقم هذه المشكلة ارتباطاً وثيقاً بالتنمية الاقتصادية والنمو السكاني المتسارع، إذ يُشير تقرير الأمم المتحدة حول تنمية المياه في العالم إلى تدهور ملحوظ في جودة الموارد المائية خلال العقود الأخيرة [4]. ينشأ هذا التلوث من مصادر نقطية (مثل الصناعة) وغير نقطية (مثل الزراعة والمناطق الحضرية) [4،6]. وتشمل الملوثات الرئيسية المغذيات، ومسببات الأمراض، والمعادن الثقيلة، والملوثات العضوية، والملوثات الدقيقة الموجودة في النفايات ومياه الصرف الصحي، بالإضافة إلى الأنشطة الاقتصادية مثل الزراعة والصناعة والتعدين وإنتاج الطاقة. وتُعد مياه الصرف الصحي غير المعالجة من أبرز مصادر تلوث المياه المائية عالمياً، حيث تُقدّر نسبة المياه الملوثة التي تُصرف دون معالجة كافية بحوالي 90% [3،7]. وتُسهم الصناعة بشكل كبير في تفاقم المشكلة عبر إطلاق ما يقارب 300-400 مليون طن من الملوثات المختلفة سنوياً [4]. ويُعد القطاع الزراعي مصدراً رئيسياً آخر للتلوث، حيث تؤدي الممارسات الزراعية غير المستدامة، وخاصة الاستخدام المكثف للأسمدة الكيميائية والعضوية، إلى ارتفاع تركيز المغذيات في النظم البيئية المائية [8]. وتتعاكس هذه الملوثات سلباً على جودة المياه السطحية، مثل البحيرات والأنهار، ولا سيما في منطقة الشرق الأوسط [9،10]. وفي هذا الإطار، يحظى تلوث البيئات النهرية بالمعادن الثقيلة باهتمام علمي متزايد نظراً لسميتها العالية وقابليتها للتراكم الحيوي في السلسلة الغذائية. وتتميز هذه الملوثات بعدم قابليتها للتحلل الحيوي أو الكيميائي، مما يطيل من فترة بقائها في البيئة [11-12]. وقد أسهم الاستخدام المتعاظم لهذه المعادن في شتى المجالات الصناعية والطبية والتقنية في انتشارها الواسع، مما يثير مخاوف جدية حول آثارها السلبية على صحة الإنسان والبيئة [13-14].

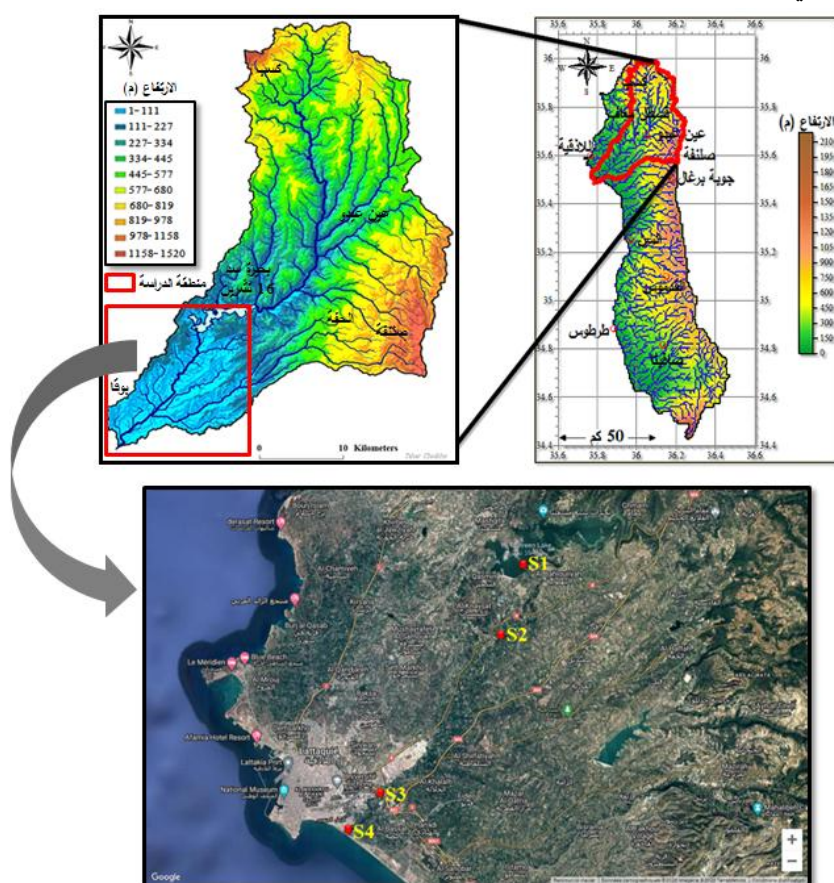
يُعد نهر الكبير الشمالي من المصادر الرئيسية للمياه المستخدمة للشرب وري الأراضي الزراعية في سهول محافظة اللاذقية. وقد شهد الحوض الأدنى للنهر تحولات اقتصادية ملحوظة خلال السنوات الأخيرة، نتيجة للنمو السكاني المتسارع وانتشار المنشآت الصناعية والحرفية، مما أثر بشكل مباشر في موارده المائية وجعله عرضة للتلوث نتيجة هذه الأنشطة المتنوعة. في هذا الإطار، أسهمت العديد من الدراسات [15-22] في تقييم جودة مياه النهر، حيث أجمعت على استمرار تدهور نوعية المياه في مناطق محددة بسبب تدفق مياه الصرف الصحي والزراعي، إلى جانب تصريف المخلفات السائلة الناتجة عن الصناعات التحويلية والغذائية، التي تحمل معها ملوثات عضوية وغير عضوية

وعناصر ممرضة. في إطار استكمال هذه الدراسات، تهدف هذه الورقة البحثية إلى رصد وتقييم التغيرات الفصلية في الخصائص الفيزيائية-الكيميائية (درجة الحرارة، الأس الهيدروجيني، الناقلية الكهربائية، الطلب البيوكيميائي والكيميائي للأوكسجين، والعسرة الكلية) لمياه الحوض السفلي لنهر الكبير الشمالي، مع تقييم مستوى التلوث بالعناصر الثقيلة (الكاديوم، الرصاص، النحاس، النيكل) خلال فترة الدراسة الممتدة من خريف 2020 حتى صيف 2022.

## طرائق البحث ومواده:

### منطقة الدراسة:

يُعد نهر الكبير الشمالي، الذي يمتد حوضه على مساحة تبلغ 1097 كم<sup>2</sup> (الشكل 1)، من أهم وأطول الأنهار في المنطقة الساحلية شمال غرب سورية. ينبع النهر من منطقة أوردو في لواء اسكندرون، وتتم تغذيته من خلال مجموعة من المسيلات المائية داخل الأراضي السورية، من أبرزها: نبع المر، عين الدلب، عين السللور، عين العشرة، نهر زغارو، النهر الأسود، نهر كفرية، ساقية العميقة (المزة)، ساقية القبارصية، ونهر القش. يصب النهر في البحر المتوسط على بُعد 5 كم جنوب مدينة اللاذقية في منطقة اليعربية، حيث يقطع مسافة تُقدَّر بـ 96 كم داخل الأراضي السورية [23].



الشكل 1. يوضح موقع منطقة الدراسة وتوزيع نقاط الاعتيان ضمن حوض نهر الكبير الشمالي. (S<sub>1</sub>: سد 16 تشرين، S<sub>2</sub>: بحيرة الدامات، S<sub>3</sub>: موقع المنطقة الصناعية، S<sub>4</sub>: مصب نهر الكبير الشمالي).

يتميز النهر بتدفقه المرتفع خلال فصلي الشتاء والربيع (موسم الهطول المطري)، حيث يُقدَّر هذا التدفق بنحو 189.5 مليون م<sup>3</sup> سنوياً، بمعدل 5 م<sup>3</sup>/ثا. وفي موسم الفيضان، يصل تدفقه إلى 40 م<sup>3</sup>/ثا، بينما ينخفض بشكل ملحوظ خلال فصل الصيف [24]. يخضع حوض نهر الكبير الشمالي إلى مناخ البحر المتوسط، حيث يشهد شتاءً بارداً وماطرًا وصيفاً لطيفاً في الجزء العلوي، بينما يكون الشتاء معتدلاً والصيف حاراً في الجزء السفلي القريب من البحر المتوسط. وتتكشف في الحوض توضع رسوبية تعود إلى عصور جيولوجية مختلفة، حيث تهيمن الصخور الخضراء الكتيمة (الأفيوليتية) على القسم الغربي والشمالي الغربي، بينما تغطي الصخور الكلسية باقي المناطق [25]. كما يتميز الحوض بكثافة الغطاء النباتي وتنوع المحاصيل الزراعية فيه، بما في ذلك المحاصيل الحقلية والخضار والأشجار المثمرة، بالإضافة إلى الأشجار الحراجية [24].

#### مواقع جمع العينات:

تم اختيار أربعة مواقع على طول المجرى السفلي لنهر الكبير الشمالي، كما هو موضح في الشكل (1)، لجمع عينات المياه وإجراء تحاليل فيزيائية وكيميائية. حيث تم تحديد مواقع أخذ العينات باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS). وتشمل هذه المواقع مجموعة متنوعة من المتغيرات التي تعكس نوعية مياه النهر. وفيما يلي وصفاً فيزيوغرافياً لهذه المواقع:

- **الموقع الأول S<sub>1</sub>** (35°55.845' E, 35°38.482' N): يقع على بُعد حوالي 650 متراً شرق مفيض بحيرة سد 16 تشرين. تُستخدم مياه السد، الذي تبلغ سعته التخزينية حوالي 210 مليون متر مكعب، في ري الأراضي الزراعية وتربية الأسماك. تم جمع العينات من عدة نقاط على ضفة السد، على بُعد 2 م من الشاطئ.

- **الموقع الثاني S<sub>2</sub>** (35°55.186' E, 35°36.606' N): يقع بين قرى جبريون وبدميون، ويُمثل بحيرة الدامات. تتعرض هذه البحيرة لتأثير الملوثات العضوية وغير العضوية، بما في ذلك مياه الصرف الصحي القادمة من القرى المجاورة، ومياه صرف معمل الرخام، ومياه الجفت الناتجة عن معاصر الزيتون. تنتقل هذه الملوثات عبر مياه ساقية المرة التي تُغذي البحيرة من الجهة الشرقية. تم جمع العينات من الجهات الأربع للبحيرة على بُعد 2 م من الشاطئ.

- **الموقع الثالث S<sub>3</sub>** (35°50.035' E, 35°31.222' N): يُمثل هذا الموقع المنطقة الصناعية الواقعة على بُعد 5 كم شرق مدينة اللاذقية. تم جمع العينات من ضفتي النهر من نقطتين: الأولى على بُعد 3 م من شركة الجود، والثانية على بُعد 60-100 م من شركة حميشو للسيارات. وقد لوحظ خلال الجولات الميدانية انتشار ملحوظ لظاهرة الإثراء الغذائي (Eutrophication).

- **الموقع الرابع S<sub>4</sub>** (35°48.690' E, 35°30.004' N): يُمثل هذا الموقع منطقة المصب التي تقع على بُعد حوالي 5 كم جنوب مدينة اللاذقية. تم جمع العينات من ضفتي النهر على بُعد 2 م من الضفة، قبل أن يصب النهر في البحر بمسافة 50 م. خلال الجولات الميدانية، لوحظ انتشار واضح لظاهرة الإثراء الغذائي، بالإضافة إلى وجود كثيف لنباتات القصب الرفيع (السعيدة) ونباتات القصب العريض (الشائع) على ضفتي النهر.

#### جمع العينات:

تم جمع عينات المياه من المواقع المحددة للدراسة خلال الفترة من منتصف تشرين الأول 2020 حتى منتصف تموز 2022، وذلك بشكل فصلي لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية. بالإضافة إلى ذلك، تم جمع العينات مرتين سنوياً خلال موسم الفيضان في شهر آذار وموسم التحريك في شهر تشرين الأول من نفس الفترة، بهدف إجراء تحاليل المعادن الثقيلة. وقد تم أخذ أربع مكررات لكل عينة، واستخدمت القيم المتوسطة في الحسابات. استخدمت عبوات بولي

إيثيلين سعة لتر واحد لجمع عينات المياه من الطبقة السطحية على عمق حوالي 20 سم، بعد غسل العبوة ثلاث مرات بماء العينة. تمّ ملء العبوات بالكامل وإغلاقها بإحكام، ثم وضعت في حاوية مبردة حتى انتهاء الجولة الميدانية. بعد ذلك، تمّ نقلها إلى مختبرات الموارد المائية في مدينة اللاذقية والمعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة اللاذقية لإجراء التحاليل اللازمة.

#### التحاليل الفيزيائية والكيميائية:

تمّ قياس مجموعة من البارامترات مثل درجة حرارة الماء، الرقم الهيدروجيني (pH)، الناقلية الكهربائية (EC) والأوكسجين الذائب (DO) في الموقع باستخدام جهاز WTW-360، مع مسرى مخصص لكل بارامتر. تمّ تحضير العينات لتحديد المتطلب الحيوي للأوكسجين بعد 5 أيام ( $BOD_5$ ) عند درجة مئوية. كما تمّ قياس المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) من خلال طريقة الأكسدة الكيميائية للمواد العضوية في العينة [26]. بالإضافة إلى ذلك، تمّ قياس القساوة الكلية (TH) من خلال المعايرة باستخدام الفيرسينات (EDTA) وفقاً للطريقة القياسية الموصوفة في [27].

#### قياس تركيز المعادن الثقيلة:

تمّ قياس تراكيز المعادن الثقيلة (الكاديوم (Cd)، الرصاص (Pb)، النيكل (Ni)، النحاس (Cu))، في عينات المياه من خلال أخذ 500 مل من كل عينة، ثم إضافة 1 مل من حمض النتريك المركز (65%). بعد ذلك، تمّ تسخين العينات في حمام مائي لمدة نصف ساعة لضمان تهضم المعلمات بشكل كامل. عقب الانتهاء من عملية التسخين، تُركت العينات لتبرد في بيئة المختبر لتكون جاهزة للتحليل [28]. تمّ تحديد تراكيز المعادن الثقيلة في مختبرات المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة اللاذقية باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Varian 220) بتقنية اللهب (هواء-أستيلين).

#### التحليل الإحصائي:

تمّ استخدام برنامج Excel 2010 لحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية ورسم الأشكال البيانية للبارامترات المدروسة. كما تمّ الاستعانة بالبرنامج الإحصائي SPSS (الإصدار 17) لإجراء المقارنات واختبارات الدلالة الإحصائية، من خلال تطبيق اختباري كروسكال - واليس (Kruskal-Wallis) ومان - ويتني (Mann-Whitney). اعتُبرت الفروق ذات دلالة إحصائية إذا كانت قيم  $p$  المحسوبة أقل من 0.05. بالإضافة إلى ذلك، تمّ استخدام مصفوفة ارتباط بيرسون (Pearson's correlation coefficient) لفهم العلاقة بين تراكيز البارامترات الفيزيائية والكيميائية والمعادن الثقيلة المختلفة في مياه النهر بشكل أفضل.

#### النتائج والمناقشة:

##### الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

يُوضح الجدول 1 متوسط الخصائص الفيزيائية-الكيميائية لعينات المياه التي جُمعت من مواقع الدراسة خلال موسم 2021/2020 و2022/2021، مرفقاً بالحدود القياسية المسموح بها وفقاً للمواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم 45/ لعام 2007 [29].

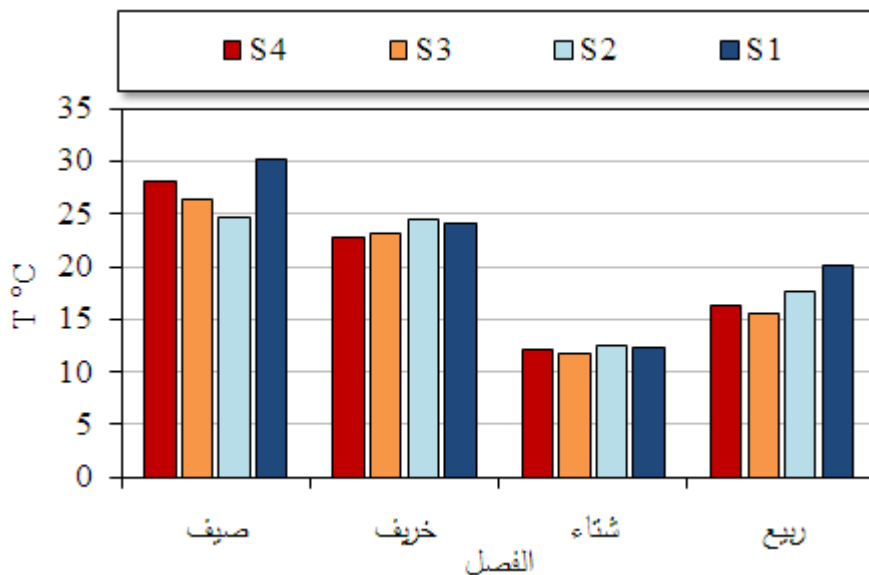
الجدول 1. متوسط نتائج القياسات للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه في مواقع الدراسة.

الموقع البارامتر	S1	S2	S3	S4	المعدل	الحد المسموح به [29]
T (°C)	21.64	19.85	19.19	19.88	20.14	-
pH	8.14	7.90	7.68	7.74	7.86	6.5-9
EC (µS/cm)	635.13	855.06	860.66	1350.28	925.28	1500
DO (mg/L)	8.47	6.67	5.82	5.67	6.66	-
BOD (mg/L)	37.38	42.31	31.41	48.12	39.80	-
COD (mg/L)	53.84	66.38	48.28	78.91	61.85	2
TH (mg/L)	318.28	454.13	445.0	482.56	424.99	500

### درجة حرارة الماء Water temperature:

تُعد درجة حرارة الماء من العوامل الخارجية الرئيسية التي تؤثر في البيئة المائية [30]، حيث تؤثر بشكل مباشر في مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه. علاوة على ذلك، تلعب دوراً مهماً في عملية الامتصاص الحيوي للمعادن الثقيلة الذائبة في الماء [31-32].

خلال فترة الدراسة، بلغ متوسط درجة حرارة المياه 20.14 °C، مع وجود فروق ذات دلالة إحصائية ( $P < 0.05$ ) بين فصول السنة، بينما لم تُسجل فروق بين مواقع الدراسة. وقد تم تسجيل أعلى درجة حرارة، وهي 30.2 °C، في الموقع S1 خلال فصل الصيف، بينما كانت أدنى درجة حرارة، وهي 11.7 °C في الموقع S3 خلال فصل الشتاء (الشكل 2). تُعد هذه الدرجات ضمن النطاق الطبيعي لدرجات حرارة المياه السطحية، التي تتراوح عادة بين 0 و 30. يُمكن تفسير التغيرات الملحوظة في درجات حرارة العينات المائية من خلال التغيرات المناخية الطبيعية، حيث تحدث هذه التغيرات بشكل فصلي، وفي بعض المسطحات المائية، قد تحدث خلال فترات تصل إلى 24 ساعة [33]. تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود علاقة ارتباط معنوي موجب بين درجة حرارة الماء والناقلية الكهربائية ( $r = 0.425, p < 0.01$ ). كما تم ملاحظة ارتباط معنوي سالب مع الأوكسجين الذائب ( $r = -0.635, p < 0.01$ ).

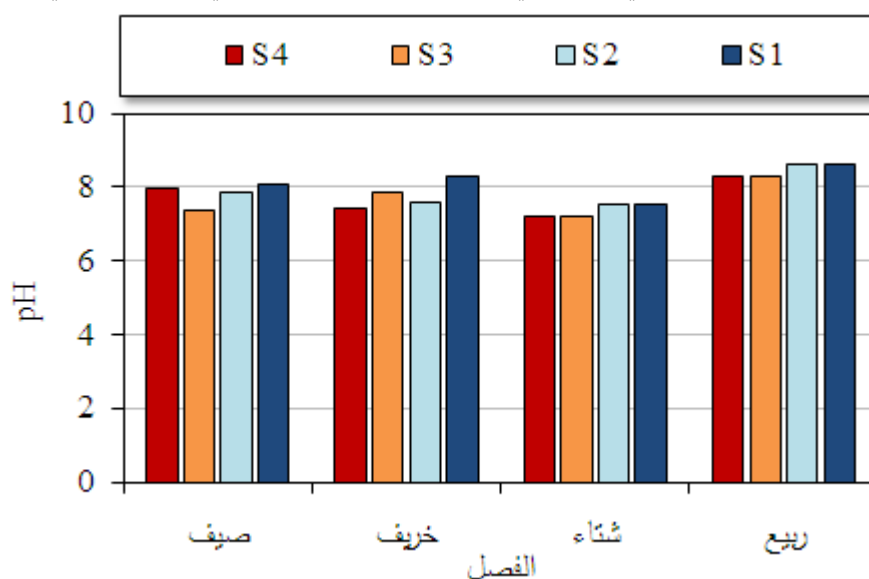


الشكل 2. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط درجات الحرارة (°C) للمواقع المدروسة.

**الرقم الهيدروجيني (pH): Potential Hydrogen**

يُعد الرقم الهيدروجيني عاملاً أساسياً يؤثر بشكل كبير في الكائنات الحية المائية، حيث تعتمد معظم أنشطتها الأيضية على قيمته [34]. بالإضافة إلى ذلك، يُعد عاملاً مهماً في تحديد مدى توافر وتراكم المعادن الثقيلة في النظام المائي [29،35]. تتراوح قيم الـ pH في معظم المياه الطبيعية بين 6.0 و 8.5. ومع ذلك، قد تُسجل قيم أدنى في المياه المخففة عالية المحتوى العضوي، في حين قد ترتفع القيم في المياه الغنية بالمغذيات، والمياه الجوفية عالية الملوحة، والبحيرات المالحة [33].

أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروق ذات دلالة إحصائية ( $P < 0.05$ ) في قيم الـ pH بين فصول السنة، باستثناء الفروق بين فصلي الخريف والصيف. كما لم تُسجل أي فروق بين مواقع الدراسة. تراوحت قيم الـ pH بين 7.2 في الموقع S3 خلال فصل الشتاء و 8.64 في الموقعين S1 و S2 خلال فصل الربيع (الشكل 3) مع متوسط قدره 7.86. وهذا يُشير إلى الطبيعة القاعدية الخفيفة لمياه النهر، حيث تميل معظم المياه الطبيعية إلى أن تكون قاعدية قليلاً نتيجة لوجود أيونات الكربونات والبيكربونات [26]. يُمكن تفسير ارتفاع قيمة الـ pH في الفصول الدافئة مقارنة بفصل الشتاء بزيادة نشاط عملية التمثيل الضوئي للنباتات المائية، حيث تستهلك هذه العملية جزءاً من غاز  $CO_2$  الذائب في الماء، مما يؤدي إلى ارتفاع قيمة الـ pH. وقد سُجلت أدنى القيم في موقعي المصب والمنطقة الصناعية، وهي نتيجة تتفق مع ما أشار إليه كيبينو وآخرون [17]، ويعود ذلك إلى طبيعة الملوثات التي تصب في الوسط المائي، بما في ذلك مخلفات مياه الصرف الصحي والصناعي والنفايات السائلة الزراعية التي تُلقى مباشرة في النهر.



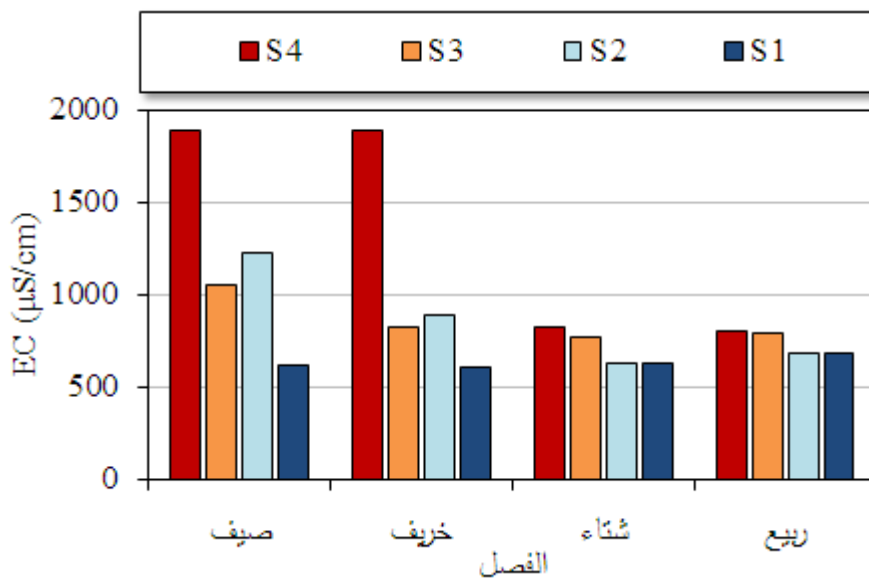
الشكل 3. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط قيم الـ pH للمواقع المدروسة.

**الناقلية الكهربائية (EC): Electrical conductivity**

تُعد الناقلية الكهربائية مؤشراً أساسياً لجودة المياه ومعيّاراً لتقييم الحالة الغذائية للأنظمة البيئية المائية [36]. تتراوح قيم الناقلية الكهربائية لمعظم المياه العذبة بين  $10-1000 \mu S/cm$ ، غير أنها قد تتجاوز هذا المدى في حالات التلوث أو عند تلقّي كميات كبيرة من الجريان السطحي من المناطق المحيطة [33].

أظهرت نتائج الدراسة وجود اختلافات واضحة ( $P < 0.05$ ) في قيم EC بين مواقع أخذ العينات، فيما عدا الفروق بين الموقع S2 وكل من الموقعين S3 و S4. وكذلك بين الموقعين S3 و S4. من ناحية أخرى، لم تُسجل أي فروق ذات

دلالة إحصائية بين فصول السنة. وقد بلغت أعلى قيمة للناقلية الكهربائية  $1891.63 \mu\text{S/cm}$  في الموقع S4 خلال فصل الخريف، بينما سُجلت أدنى قيمة، وهي  $611.5 \mu\text{S/cm}$ ، في الموقع S1 خلال الفصل نفسه (الشكل 4)، بمتوسط عام قدره  $925.28 \mu\text{S/cm}$ . كما أظهرت النتائج زيادة تدريجية في قيم EC من بحيرة السد وصولاً إلى المصب على طول المجرى المائي. ويُمكن إرجاع هذا التدرج المكاني إلى تباين خصائص التربة التي يمر عبرها النهر، إضافة إلى تعدد أنماط الاستخدام البشري للمياه على طول المجرى وطبيعة المخلفات التي تحتوي على أنواع متعددة من الأملاح الناتجة عن الأنشطة الصناعية والزراعية في المناطق المحاذية للنهر، وهو ما يتوافق مع ما توصلت إليه هيفا وآخرون [22]. أما على المستوى الزمني، فقد سُجلت أعلى قيم EC خلال فصلي الصيف والخريف، ويُمكن تفسير ذلك بارتفاع درجات الحرارة الذي يؤدي إلى تسريع معدلات تبخر المياه السطحية، مترافقاً مع انخفاض في تصريف النهر، مما يتسبب في تركيز الأيونات الذائبة وارتفاع ملوحة الوسط المائي. أما بالنسبة للقيم الاستثنائية التي سُجلت عند الموقع S4 في منطقة المصب، فتُعزى بشكل رئيسي إلى ظاهرة تداخل مياه البحر المالحة، الغنية بأيونات الكلوريد والصوديوم على وجه الخصوص، مع مياه النهر العذبة. ينتج عن هذا التداخل ارتفاع حاد في قيم EC، وهو نمط يتوافق مع ما أشارت إليه عدة دراسات في بيئات ساحلية مماثلة [37-39]. في المقابل، تُعزى انخفاض قيم EC خلال فصلي الشتاء والربيع إلى ارتفاع منسوب المياه وزيادة سرعة الجريان، مما يؤدي إلى تخفيف التركيز الأيوني. كما يُسهم النشاط الأيضي للهائمات النباتية (Phytoplankton) في امتصاص الأملاح الذائبة، مما يُخفض من ملوحة المياه. هذه النتائج تتوافق مع ما أسفرت عنه دراسة حاج حسين وآخرون [21]. كما تدعم النتائج وجود ارتباط معنوي موجب بين قيم EC و TH ( $r=0.661, p<0.01$ ).

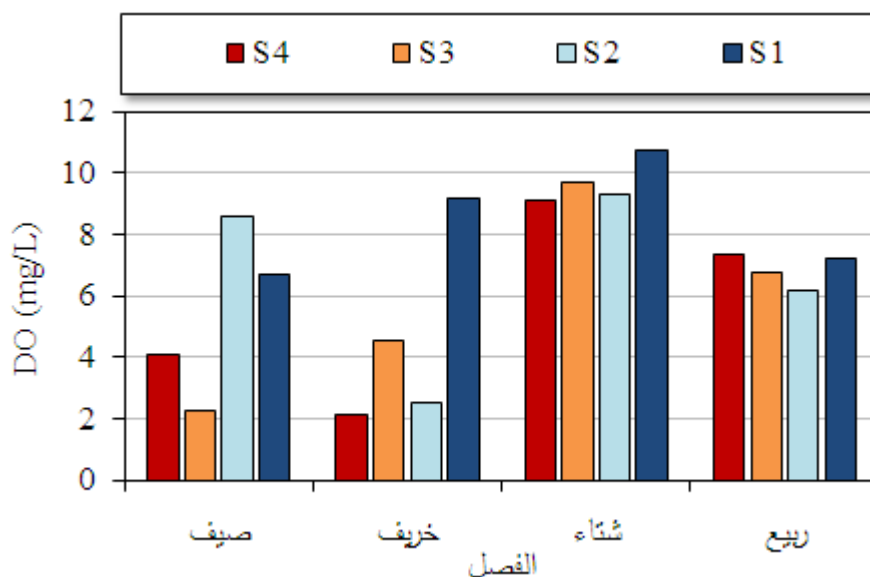


الشكل 4. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط قيم EC ( $\mu\text{S/cm}$ ) للمواقع المدروسة.

#### الأوكسجين الذائب (DO): Dissolved Oxygen

يُعد تركيز الأوكسجين الذائب من المعايير الأساسية لتقييم نوعية المياه في البحيرات والأنهار، حيث يلعب دوراً حيوياً في العديد من الدورات البيوكيميائية ويُعزز إنتاجية النظم البيئية المائية [40]. يُمكن أن تؤدي التراكيز التي تقل عن  $5 \text{ mg/L}$  إلى تأثيرات سلبية في وظائف الكائنات الحية، بينما التراكيز التي تقل عن  $2 \text{ mg/L}$  قد تؤدي إلى نفوق معظم الأسماك [33].

خلال فترة الدراسة، بلغ متوسط تركيز الأوكسجين الذائب  $6.66 \text{ mg/L}$ ، مع وجود اختلافات ملحوظة ( $P < 0.05$ ) بين فصول السنة، باستثناء الفروق بين فصل الصيف وفصلي الخريف والربيع، بينما لم تُسجل أي فروق بين مواقع الدراسة. وقد تمّ تسجيل أعلى مستوى من DO، وهو  $10.73 \text{ mg/L}$ ، في الموقع S1 خلال فصل الشتاء، بينما كان أدنى مستوى هو  $2.16 \text{ mg/L}$  في الموقع S4 خلال فصل الخريف (الشكل 5). يُمكن تفسير الزيادة في قيم DO في مياه النهر خلال فصلي الشتاء والربيع بفضل ارتفاع قدرة الغازات على الذوبان نتيجة انخفاض درجات الحرارة، بالإضافة إلى انخفاض استهلاك DO بسبب تراجع نشاط الكائنات الحية المائية [41]. كما أنّ ارتفاع منسوب المياه والخلط المستمر ساهم في تعزيز هذه القيم. في المقابل، تعود التراكيز المنخفضة خلال فصلي الصيف والخريف إلى انخفاض ذوبان الأوكسجين مع ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة استهلاكه في عمليات التحلل العضوي، فضلاً عن زيادة معدلات النشاط الأيضي لدى الكائنات المائية [42-43]. كما أنّ ارتفاع مستويات الملوحة يسهم أيضاً في تقليل قيم DO. تدعم هذه النتائج وجود ارتباط معنوي سالب بين قيم DO ودرجة حرارة المياه ( $r = -0.635$ ,  $p < 0.01$ )، و EC ( $r = -0.586$ ,  $p < 0.01$ )، و TH ( $r = -0.579$ ,  $p < 0.01$ ). كما كشفت النتائج عن تراجع قيم DO عند الانتقال من بحيرة السد إلى المصب على طول المجرى المائي، حيث تمّ تسجيل أدنى القيم في منطقة المصب والمنطقة الصناعية. ويُعزى هذا التراجع إلى تصريف مياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية مباشرة إلى النهر، والتي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية، مما يؤدي إلى استهلاك الأوكسجين الذائب نتيجة تحللها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وبالتالي انخفاض مستوى DO. تتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه كيبو وآخرون [17]. وفقاً لدراسة Cheng وآخرين [44]، يُمكن أن يؤدي انخفاض مستويات الأوكسجين في البيئات المائية إلى تفاقم ظاهرة الإثراء الغذائي الناتجة عن زيادة المغذيات، مما يُشكل تهديداً لبقاء الأسماك والكائنات الحية الأخرى. وقد تمّت ملاحظة انتشار هذه الظاهرة في منطقة المصب والمنطقة الصناعية.



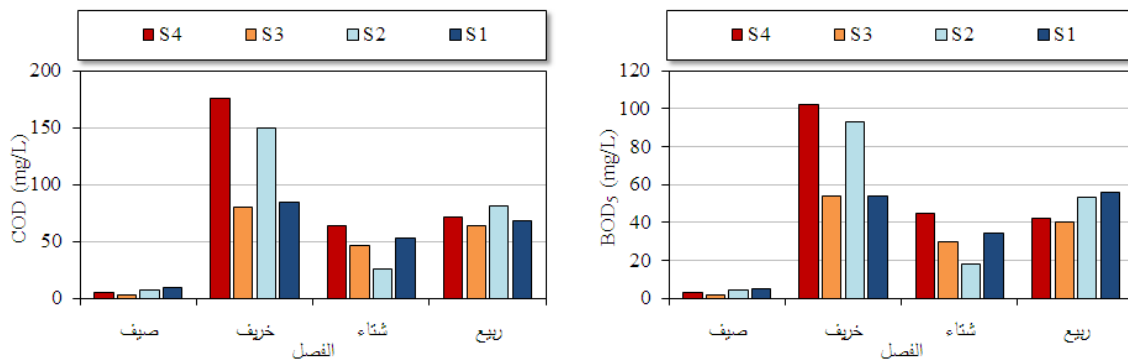
الشكل 5. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط تركيز DO (mg/L) للمواقع المدروسة.

المتطلب الحيوي والمتطلب الكيميائي للأوكسجين:

يُعد كل من المتطلب الحيوي للأوكسجين (Biochemical Oxygen Demand (BOD) والمتطلب الكيميائي للأوكسجين (Chemical Oxygen Demand (COD) من أهم المؤشرات المستخدمة في تقييم التلوث العضوي في

المسطحات المائية. حيث يعكس BOD كمية الأكسجين الذائب التي تحتاجها الكائنات الدقيقة الهوائية لتفكيك المواد العضوية الموجودة في عينة الماء. بالمقابل، يقيس COD كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية المعلقة والذائبة في الماء. وبالتالي، على عكس BOD، يقوم COD بقياس جميع المواد القابلة للأكسدة كيميائياً، وليس فقط المواد العضوية القابلة للتحلل [45].

أظهرت نتائج الدراسة الحالية زيادة ملحوظة في قيم كل من BOD<sub>5</sub> و COD على مدار فصول السنة، وخاصة في فصل الخريف. وقد أظهر التباين المكاني والزمني لقيم BOD<sub>5</sub> توافقاً مع تباين قيم COD. كما أظهر التحليل الإحصائي أنّ هذه القيم تتغير بشكل ملحوظ ( $P < 0.01$ ) مع تغير الفصول، بينما لم تُسجل أي فروق ذات دلالة إحصائية بين مواقع الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، تمّ الكشف عن وجود علاقة ارتباط معنوي موجب بين المتغيرين ( $r = 0.984$ ,  $p < 0.01$ ). وقد سُجلت أعلى القيم لمؤشري BOD<sub>5</sub> و COD في الموقع S4 خلال فصل الخريف، حيث بلغت 102.25 mg/L و 175.2 mg/L على التوالي. في المقابل، كانت أدنى القيم 1.63 mg/L و 3.35 mg/L في الموقع S3 خلال فصل الصيف (الشكلان 6 و 7). بلغ المتوسط العام لتركيز BOD<sub>5</sub> 39.8 mg/L، بينما بلغ المتوسط العام لتركيز COD 61.85 mg/L، مما يتجاوز الحدود المسموح بها للمياه السطحية غير الملوثة، والتي يجب أن تقل عن 2 mg/L بالنسبة لـ BOD<sub>5</sub> و 20 mg/L بالنسبة لـ COD [33]. يُمكن تفسير الارتفاع الملحوظ في قيم كلا المؤشرين خلال فصل الخريف والموسم الماطر، خاصة في الموقعين S2 و S4، بسبب التصريف المباشر للنفايات المنزلية والصناعية والنفايات العضوية إلى النهر، بالإضافة إلى جرف المواد العضوية من الأراضي الزراعية إلى مجرى النهر.



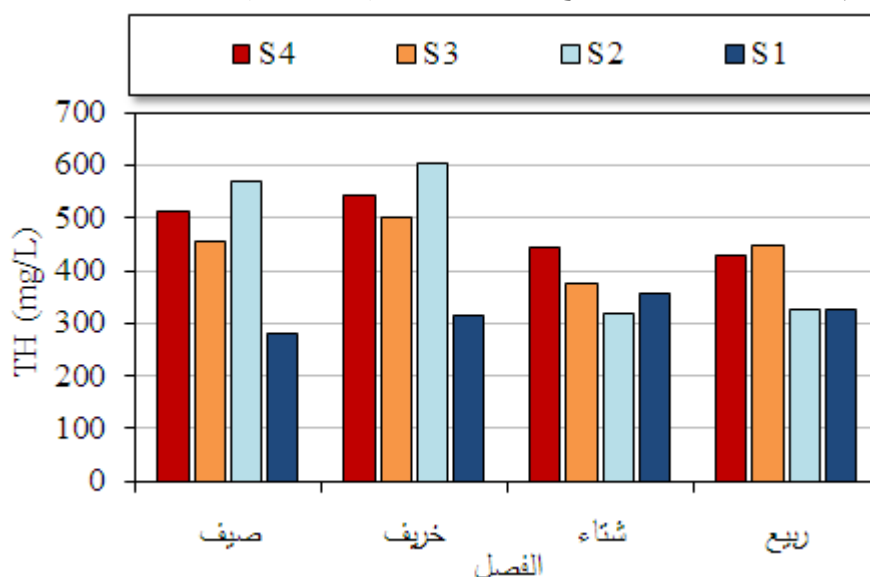
الشكل 6. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط قيم BOD<sub>5</sub> للمواقع المدروسة. الشكل 7. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط قيم COD للمواقع المدروسة.

### العسرة الكلية (TH): Total hardness

تعكس عسرة الماء الطبيعية الجيوكيميائية للتكوينات الصخرية التي تلامسها المياه أو تسربت خلالها. وتعتمد العسرة على مزيج معقد من الكاتيونات والأنيونات، حيث تُسهم كربونات وبيكربونات الكالسيوم ( $Ca^{2+}$ ) والمغنيسيوم ( $Mg^{2+}$ ) بالجزء الأكبر منها [46]. وعادةً ما تتراوح قيم العسرة في المياه الطبيعية بين 10 و 500 mg/L، بينما تُعدّ القيم التي تتجاوز 500 mg/L نادرة نسبياً [47].

أظهرت نتائج الدراسة وجود اختلافات ملحوظة ( $P < 0.05$ ) في قيم TH بين الفصول والمواقع المدروسة. حيث تراوحت القيم بين 279 mg/L في الموقع S1 خلال فصل الصيف و 605 mg/L في الموقع S2 خلال فصل الخريف (الشكل 8). وكان المتوسط العام 425 mg/L، مما يُشير إلى أنّ المياه تُعدّ عسرة جداً وفقاً لمعايير منظمة

الصحة العالمية [48]. وتُعد هذه الحالة طبيعية في المياه السطحية في حوض الساحل السوري، حيث تتميز التربة في المنطقة الساحلية بخصائصها الكلسية [49]. يُمكن تفسير القيم المرتفعة لـ TH خلال فصلي الصيف والخريف بانخفاض مناسيب المياه وزيادة معدل التبخر نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، مما يتزامن مع زيادة قيم الملوحة. كما تدعم النتائج وجود علاقة ارتباط معنوي موجب بين قيم TH و EC ( $r = 0.661$ ,  $p < 0.01$ )، وعلاقة ارتباط معنوي سالب مع DO ( $r = -0.579$ ,  $p < 0.01$ ). ويعود ارتفاع قيم TH في الموقع S4 إلى التدفق المستمر لكميات كبيرة من مياه الصرف الصحي القادمة من المصانع والمناطق السكنية المجاورة، بالإضافة إلى المخلفات الزراعية من الأراضي المحيطة. وهذا يؤدي إلى زيادة مستويات الأملاح، وخاصة الكالسيوم والمغنيسيوم.



الشكل 8. التغيرات الفصلية والمكانية لمتوسط تركيز العسرة الكلية (mg/L) للمواقع المدروسة.

#### تراكيز المعادن الثقيلة في الماء:

يعرض الجدول 2 النتائج التحليلية لمتوسط تراكيز المعادن الثقيلة التي تم قياسها في عينات المياه خلال موسمي الفيضان والتحاريق للفترة من 2021/2020 إلى 2022/2021. وقد تراوحت تراكيز الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنحاس (Cu) والنيكل (Ni) بين 0.031-0.174، 0.007-0.035، 0.206-0.448 و 0.156-0.245 mg/L، على الترتيب. وعند مقارنة هذه النتائج مع الحدود الطبيعية لتواجد هذه المعادن في مياه الأنهار [50]، تبين أن جميع هذه العناصر قد تجاوزت الحدود الطبيعية لمياه الأنهار، كما أنها تخطت الحدود الموصى بها لاستخدامها في مياه الشرب وفقاً للمواصفة القياسية السورية لعام 2007 والمواصفة القياسية العالمية [51]، باستثناء النحاس. وتوزعت هذه العناصر وفقاً لقيمها المتوسطة في موسم التحاريق وموسم الفيضان كما يلي: Cu (0.279 و 0.320 mg/L) < Ni (0.172 و 0.222 mg/L) < Pb (0.103 و 0.087 mg/L) < Cd (0.023 و 0.015 mg/L). كشف التحليل الإحصائي عن وجود فروق ذات دلالة إحصائية ( $P < 0.05$ ) في تراكيز العناصر بين المواقع المختلفة، باستثناء الفروق بين الموقعين S1 و S2، وكذلك بين S3 و S4 بالنسبة للكاديوم والنيكل. كما سجلت التراكيز المعدنية تفاوتاً موسمياً واضحاً، حيث أظهرت جميع المعادن فروقاً ذات دلالة إحصائية ( $P < 0.05$ ) بين موسمي الفيضان والتحاريق ما عدا النحاس.

سُجلت أعلى التراكيز خلال موسم التحاريق، حيث يُسهم ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر وانخفاض منسوب المياه في تركيز العناصر في الوسط المائي. علاوة على ذلك، يُشير انخفاض عكارة المياه في فصل الصيف إلى تناقص كمية المواد العالقة ذات القدرة على امتزاز العناصر المعدنية على أسطحها [52]. كذلك أظهرت النتائج أنّ قيم العناصر تزداد من بحيرة السد إلى المصب على طول المجرى المائي، حيث تمّ تسجيل أعلى القيم في الموقعين S3 و S4، وهو ما يتماشى مع نتائج دراسات سابقة [16، 22]. ويعود ذلك إلى طبيعة الملوثات التي تُصَب في الوسط المائي، مثل مخلفات مياه الصرف الصحي والصناعي التي تُلقى مباشرة في النهر دون معالجة. وتكشف أنماط التوزيع المكاني للعناصر إلى تباين المصادر المسؤولة عن التلوث المعدني. حيث تُعزى التراكيز المرتفعة للرصااص والكادميوم إلى التأثير المشترك للمصادر البشرية والطبيعية، استناداً إلى تركّزها الواضح في الموقعين S3 و S4. بينما يبدو التأثير البشري محدوداً على تركيز النحاس. في حين يُظهر النيكل تجانساً في تراكيزه عبر جميع المواقع، مما يُشير إلى هيمنة المصادر الجيولوجية الطبيعية المرتبطة بتكوينات الأفيوليت (التربة الخضراء) الغنية بهذا العنصر، ويتجلى ذلك بشكل خاص في ثبات تراكيزه رغم تفاوت شدة النشاط البشري بين المواقع.

الجدول 2. متوسط تركيز العناصر الثقيلة (mg/L) لعينات المياه المدروسة خلال موسمي الفيضان والتحاريق،

والحدود الموصى بها لمياه الشرب والري وفق بعض المواصفات.

العنصر	الموسم	الموقع				المعدل	الحدود الطبيعية في مياه الأتهار (mg/L) [50]	الحد الأعلى للتركيز الموصى به (mg/L)	
		S4	S3	S2	S1			مياه الري	مياه الشرب
Pb	الفيضان	0.031	0.036	0.132	0.148	0.087	0.01	0.01	[29]
	التحاريق	0.042	0.046	0.151	0.174	0.103	0.01	0.01	[51]
Cd	الفيضان	0.007	0.007	0.021	0.024	0.015	0.00001	0.003	[53]
	التحاريق	0.012	0.014	0.033	0.035	0.023	0.00001	0.003	[51]
Cu	الفيضان	0.206	0.273	0.344	0.292	0.279	0.007	2	[53]
	التحاريق	0.238	0.250	0.448	0.341	0.320	0.007	2	[51]
Ni	الفيضان	0.156	0.156	0.176	0.200	0.172	0.002	0.02	[53]
	التحاريق	0.213	0.204	0.245	0.226	0.222	0.002	0.02	[51]

علاقة الارتباط بين المعادن الثقيلة وبعض البارامترات الكيميائية:

يوضح الجدول 3 مصفوفة الارتباط بين المعادن الثقيلة وبعض البارامترات الكيميائية. وقد أظهرت نتائج تحليل الارتباط وجود علاقة سالبة ذات دلالة إحصائية بين قيم pH وتركيز كل من Cd ( $r = -0.69, p < 0.01$ ) و Ni ( $r = -0.68, p < 0.01$ ) و Pb ( $r = -0.50, p < 0.05$ )، مما يدل على أنّ تركيز هذه العناصر يتجاوز الحدود المسموح بها. حيث تزداد ذوبانية العناصر مع ارتفاع الحموضة، مما يؤدي إلى زيادة تركيزها [46]. من ناحية أخرى، وُجدت علاقة طردية ذات دلالة إحصائية بين قيم EC وتركيز كل من Cd ( $r = 0.50, p < 0.05$ ) و Pb ( $r = 0.67, p < 0.01$ ) و Ni ( $r = 0.51, p < 0.05$ ). كما وُجدت علاقة مماثلة بين TH وتركيز كل من Pb ( $r = 0.59, p < 0.05$ ) و Cd ( $r = 0.61, p < 0.05$ ) و Ni ( $r = 0.51, p < 0.05$ ). بالإضافة إلى ذلك، وُجدت علاقة طردية ذات دلالة إحصائية بين تراكيز العناصر الثقيلة الأربعة. كانت أقوى هذه العلاقات بين Pb و Cd ( $r = 0.93, p < 0.01$ )، بالإضافة إلى العلاقة بين Cu وكل من Pb و Cd ( $r = 0.74, p < 0.01$ )، وكذلك بين Cd و Ni ( $r = 0.68, p < 0.01$ ). وهذا يدل على أنّ مصدر هذه العناصر يتأثر بشكل كبير بالنشاط البشري.

### الجدول 3. مصفوفة الارتباط بين المعادن الثقيلة وبعض البارامترات الكيميائية للمواقع المدروسة.

البارامتر	Pb	Cd	Cu	Ni
pH	-0.50*	-0.69**	-0.39	-0.68**
EC	0.59*	0.67**	0.27	0.39
TH	0.50*	0.61*	0.39	0.51*
Pb	1.00	0.93**	0.74**	0.53*
Cd		1.00	0.74**	0.68**
Cu			1.00	0.56*

\* الارتباط معنوي عند مستوى دلالة 0.05. \*\*: الارتباط معنوي عند مستوى دلالة 0.01.

### الاستنتاجات والتوصيات:

- أظهرت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعادن الثقيلة لمياه نهر الكبير الشمالي في منطقة الدراسة وجود تباين مكاني بين المواقع المختلفة. يتأثر هذا التباين بالأنشطة البشرية، مثل تصريف مياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية ومياه الري الزراعي. كانت المنطقة الصناعية (S3) ومنطقة المصب (S4) الأكثر تأثراً بالملوثات الناتجة عن هذه التصريفات المباشرة إلى النهر دون معالجة، مما يشير إلى ضعف كبير في قدرة النهر على التنقية الذاتية.
- تُعد مياه النهر عسرة جداً حسب المعايير الدولية، وتُصنف أيضاً ضمن المياه الملوثة من حيث المتطلب الحيوي والمتطلب الكيميائي للأكسجين. لكن من الجهة الأخرى، كانت قيم الناقلية الكهربائية والرقم الهيدروجيني والأكسجين الذائب، في المتوسط، ضمن الحدود المسموح بها وفقاً للمعايير النوعية لاستخدامات المياه المختلفة، مع ملاحظة وجود تباين نسبي بين المواقع والفصول.
- توزعت مستويات تركيز العناصر الثقيلة وفقاً لقيمتها المتوسطة خلال موسم التحاريق وموسم الفيضان، بالترتيب التنازلي التالي:  $Cd < Pb < Ni < Cu$ . وقد تم تسجيل أعلى المستويات خلال موسم التحاريق. كما تجاوزت تراكيز جميع العناصر الثقيلة الحدود الطبيعية لمياه الأنهار، وتخطت أيضاً الحدود المحلية والعالمية الموصى بها لاستخدامها في مياه الشرب، باستثناء النحاس. بالإضافة إلى ذلك، كانت هذه التراكيز أعلى بقليل من الحدود الموصى بها لاستخدامها في الري، باستثناء الرصاص والنيكل خلال موسم الفيضان. وقد لوحظت علاقة طردية ذات دلالة إحصائية بين تركيز جميع العناصر الثقيلة، مما يشير إلى أن مصدر هذه العناصر هو نفسه ويرتبط بشكل رئيسي بالأنشطة البشرية.
- استناداً إلى النتائج التي تم الحصول عليها، يوصي البحث بإجراء مراقبة دورية مستمرة لمياه النهر وتحديد مصادر الملوثات بدقة لتسهيل التخلص منها. كما يُنصح بقياس تركيز بعض البارامترات الأخرى لجودة المياه التي لم يتم قياسها في هذا البحث، مثل الأمونيا والنترت، بالإضافة إلى تركيز المواد العضوية الكلية (TOC) والجراثيم الممرضة. يُوصى أيضاً بفرض التزام على المصانع والمنشآت الصناعية القريبة من مجرى النهر بتشغيل وحدات معالجة المخلفات السائلة، ومنع تصريف فضلاتها مباشرة إلى النهر، مع اتخاذ الإجراءات القانونية ضد المخالفين. كما يُنصح بإجراء تحليل دوري للتربة والنباتات في المنطقة لتقييم مدى تأثرها بالملوثات.

## References:

- [1] UN-Water, Measuring change in the extent of water-related ecosystems over time, Sustainable, Development Goal Monitoring Methodology Indicator 6.6.1, 35pp, 2020.
- [2] UN Environment, A framework for freshwater ecosystem management, Volume 1: Overview and country guide. New York, NY: United Nations, 2017.
- [3] UN-Water, Towards a Worldwide Assessment of Freshwater Quality, UN-Water Analytical Brief, 2016.
- [4] WWAP (World Water Assessment Programme), The United Nations World Water Development Report, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: New York, United States, Pp. 1-75, 2018.
- [5] G. Young, S. Demuth, A. Mishra, and C. Cudennec, Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future (Proceedings of the 11th Kovacs Colloquium, Paris, France, June 2014), *IAHS Publ.* 366, 2015.
- [6] UNEP, A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 62pp, 2016.
- [7] UNEP, UN-Habitat, Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development, GRID-Arendal, 2010.
- [8] D. G. Capone, and R. P. Kiene, Comparison of microbial dynamics in marine and freshwater sediments: Contrasts in anaerobic carbon catabolism, *Limnology and oceanography*, 33.4 part2, 725-749, 1988.
- [9] UN (United Nations), Policy Brief: Water Quality, UN: New York, United States; 1-16, 2011.
- [10] M. N. Almasri, T. G. Judeh, and S. M. Shadeed, Identification of the Nitrogen Sources in the Eocene Aquifer Area (Palestine), *Water*, 12 (4), 2020.
- [11] M. Balali-Mood, K. Naseri, Z. Tahergorabi, M. R. Khazdair, and M. Sadeghi, Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic, *Frontiers in pharmacology*, 12: 643972, 2021.
- [12] S. Mitra, A. J. Chakraborty, A. M. Tareq, T. B. Emran, F. Nainu, A. Khusro, , ... and J. Simal-Gandara, Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity, *Journal of King Saud University-Science* 34.3: 101865, 2022.
- [13] M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew, and K. N. Beeregowda, Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals, *Interdisciplinary toxicology*, 7.2: 60-72, 2014.
- [14] P.B. Tchounwou, C.G. Yedjou, A.K. Patlolla, and D.J. Sutton, Heavy metal toxicity and the environment, *Molecular, clinical and environmental toxicology*. Vol. 3: *environmental toxicology*, 133-164, 2012.
- [15] M. M. Asber, Identifying some industrial organic wastes that flow into the waters of the Northern Elkabeer River and their impact on the quality of coastal waters, Master's Thesis, Faculty of Science, Tishreen University, (in Arabic), 76p, 1997.
- [16] I. Kbibo, I. Saker, and S. Ajeeb, Study Of The Concentration Changes Of Some Heavy Metals In Chosen Sites From Elkabeer Northern River And Balloran Dam, *Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Agriculture Science Series*, (in Arabic), Vol. 23(11): 222-232, 2001.
- [17] I. Kbibo, I. Saker, and S. Ajeeb, Monitoring of the water chemical quality of Northern Elkabeer River and Balloran Dam Basins, Damascus University Journal of Agriculture Sciences, (in Arabic). Vol. 18(1): 83-115, 2002.

- [18] A.H. Musa, Environmental Pollution, 2nd Edition, Damascus, Dar Al-Fikr, (in Arabic), 2006.
- [19] A. Mohammed, M. Issa, and K. Raee, The Evaluation of Aquifer Tendency to be Polluted in the Lower Part of Alkabir Alshimali River Basin, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Basic Sciences Series*, (in Arabic). Vol. 32(1): 247-262, 2010.
- [20] Y. A. Hammad, and A. A. Mahmoud, Study of Some Bacteriological-Physico-Chemical Indicators and the Content of Some Heavy Metals in Alkabeer Alshamali River and Two Neighboring Wells, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Biological Sciences Series*, (in Arabic). Vol. 32(1): 135-154, 2010.
- [21] H. H. Husein, M. Beda, E. F. Ali, I. Zaghteti, and A. Karbouj, Hydrological Study and Monitoring of Some Pollution Indexes of Nahr Al -Kabir Al –Shamali Basin, *Syrian Journal of Agricultural Research*, (in Arabic). Vol. 4(3): 80-95, 2017.
- [22] S. Haifa, A. Assad, and R. Fares, Temporal and Spatial Changes of some Heavy Elements in the Lower Part of the Northern Great River, *Syrian Journal of Agricultural Research*, (in Arabic). Vol. 10(2): 226-239, 2023.
- [23] Annual Report of the Water Quality Monitoring Department. Directorate of Water Resources, Latakia, Syria, (in Arabic). 194 p, 2010.
- [24] M. S. Al-Masry, Shuwaikati, R.; S. Mamish, A. H. Mohamed; K. Al-Shamali, and J. Basem, The Use of Natural Radioactive Isotopes in the Determination of Pollution Sources of AL-Kabir AL-Shimali River, (in Arabic). Syria, 2011.
- [25] Ministry of State for Environmental Affairs and the General Authority for Remote Sensing, Environmental Monitoring and Management of Alkabir Alshimali River- Phase one, 2017.
- [26] APHA (American Public Health Association), Standard methods for the examination of water & wastewater, 20<sup>th</sup>. ed. P: 193, 1998.
- [27] APHA. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
- [28] US-EPA, General procedure for analysis by atomic absorption, 58-70, 1983.
- [29] Syrian Arab Standards and Metrology Organization (SASO). Standard Specification No. (45) for Drinking Water. Second Revision, Ministry of Industry, Damascus, (in Arabic), 2007.
- [30] M. Huet, Textbook of fish culture: breeding and cultivation of fish." 2nd edition. Fishing News Books, Farnham (UK), 438 p, 1986.
- [31] S.H. Abbas, I.M. Ismail, T.M. Mostafa, A.H. Sulaymon, Biosorption of heavy metals: A review, *Journal of Chemical Science and Technology*, 3.4: 74-102, 2014.
- [32] C. White, J. Sayer, and G. Gadd, Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: Key biogeochemical processes for treatment of contamination, *FEMS Microbiology Reviews*, 20.3-4: 503-516, 1997.
- [33] D. Chapman, Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Chapman Edition, 2nd Edition, F and FN Spon, London, 609, 1996.
- [34] W. N. Wang, A. L. Wang, L. Chen, Y. Liu, and R. Y. Sun, Effects of pH on survival, phosphorus concentration, Adenylate Energy Charge and Na<sup>+</sup>–K<sup>+</sup> ATPase activities of *Penaeus chinensis* Osbeck Juveniles." *Aquatic toxicology*, 60.1-2: 75-83, 2002.
- [35] J. Briffa, E. Sinagra, and R. Blundell, Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans, *Heliyon*, 6(9), 2020.
- [36] R.G. Wetzel, Limnology, 2nd Edition, Saunders College Publishing, Philadelphia, 1983.

- [37] Rhoadles, D., Kandiah, A., and Mashali, A. M. The use of saline waters for crop production-FAO irrigation and drainage paper 48, 1992.
- [38] Hong, Y., Zhu, Z., Liao, W., Yan, Z., Feng, C., and Xu, D. Freshwater water-quality criteria for chloride and guidance for the revision of the water-quality standard in China. *International journal of environmental research and public health*, 20(4), 2875, 2023.
- [39] Wang, Z., Guan, Y., Zhang, D., Niyongabo, A., Ming, H., Yu, Z., and Huang, Y. Research on Seawater Intrusion Suppression Scheme of Minjiang River Estuary. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 5211, 2023.
- [40] R. Marcé, L. Gómez-Gener, and C. C. Carey, Oxygen, In *Wetzel's Limnology*. Academic Press, pp. 237-274, 2024.
- [41] M. Zhong, S. Liu, K. Li, H. Jiang, T. Jiang, and G. Tang, Modeling spatial patterns of dissolved oxygen and the impact mechanisms in a cascade river, *Frontiers in Environmental Science*, 9 (2021): 781646, 2021.
- [42] W. Ahmed, I. Ahmed, N. A. Dar, and M. A. Farah, Spatio-temporal evaluation of physico-chemical parameters of snow-fed River Poonch in Northwest Himalayan region of India, *Applied Water Science*, 14.5: 91, 2024.
- [43] M. M. Al-Hejuje, Application of water quality and pollution indices to evaluate the water and sediments status in the middle part of Shatt Al-Arab River, *College of Science, University of Basrah*, 239, 2014.
- [44] L. Cheng, G. Kattel, B. Xue, S. Yao, L. Li, and J. Liu, Application of subfossil *Bosmina* and its  $\delta^{13}C$  values in tracing the long-term food web dynamics of shallow eutrophic lakes: A case in Taihu Lake, southeast China, *Science of the Total Environment*, 730: 138909, 2020.
- [45] V. Hlordzi, F. K. A. Kuebutornye, G. Afriyie, E. D. Abarike, Y. Lu, S. Chi, and M. A. Anokyewaa, The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: a review, *Aquac Rep* 18: 100503, 2020.
- [46] Tiwari, D. and Bajpai, R. Assessment of water quality in terms of total hardness and iron of some freshwater resources of Kanpur and its suburbs. *Nat. Environ. Pollut. Technol*, 11, 235-238, 2012.
- [47] US-EPA, Quality Criteria for Water, United States Environmental Protection Agency publication EPA 440/9-76-023; Washington DC: 501 pp, 1976.
- [48] WHO. Regional Office for the Eastern Mediterranean. Guidelines for drinking - water quality. volume 2: health criteria and other supporting information, (in Arabic), 405p, 1989.
- [49] T. Cheikho, M. H. Issa, and H. Dayoub, Study of Some Physical and Chemical Properties of El-Sen River Waters in Syrian Coastal Basin, *Syrian Journal of Agricultural Research – SJAR*, (in Arabic), 6(3): 333-350, 2019.
- [50] J.I. Drever, *The Geochemistry of Natural Waters*, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 436 p, 1997.
- [51] WHO, Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda, World Health Organization, 2022.
- [52] S. E. Noureddin, G. Abbasse, and O. Abdo, Behavior of Some Trace Heavy Metals In AI -KARFER AI -SHEMALY Estuarine Waters (in Arabic) Tishreen University Journal

