

## التغيرات الزمانية والمكانية للتراكيز الكلية لكل من «الكربون العضوي والآزوت والفسفور» في مواقع عدة على نهر الكبير الشمالي

الدكتور عيسى نور الدين كبيبو\*

الدكتور جميل ابراهيم عباس\*\*

اونج امين محمود\*\*\*

تاريخ الإيداع 20 / 1 / 2020. قبل للنشر في 15 / 11 / 2020

### □ ملخص □

تحول حوض نهر الكبير الشمالي إلى مكان أساسي للتحويل الاقتصادي المكثف منذ العام 1985. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد نوعية مياه نفق ري عين البيضا لمعرفة إمكانية تحويل جزء من مياه بحيرة سد 16 تشرين إلى شبكة مياه الشرب في محافظة اللاذقية. أخذت عينات المياه فصلياً لتحليلها من ثلاث مواقع متباعدة على مجرى النهر «الأولى قبل دخول مياه النهر إلى البحيرة (جسر غمام) والثانية ضمن بحيرة سد 16 تشرين والثالثة عند نفق ري عين البيضا» خلال الفترة من آب 2018 حتى تشرين الثاني 2019. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية ( $p < 0.05$ ) لمتوسطات تراكيز الكربون الكلي العضوي NPOC في مياه المواقع المدروسة. تراوحت متوسطات تراكيز NPOC كالتالي 2.84 مغ ل<sup>-1</sup> في مياه جسر غمام ثم ارتفع إلى 3.2 مغ ل<sup>-1</sup> في مياه بحيرة السد، ليعود وينخفض إلى 2.70 مغ ل<sup>-1</sup> في مياه النفق. تعزى زيادة تركيز NPOC في مياه بحيرة السد إلى احتجاز القسم الأعظم من NPOC الوارد من مياه النهر. هذه النتيجة دفعتنا إلى دراسة العلاقات المتداخلة بين كل من الكربون والآزوت الكلي (TN) والفسفور الكلي (TP) في المواقع المدروسة، بيّنت النتائج أن قيم متوسطات نسب العناصر المتفاعلة «NPOC: TN و NPOC: TP و TN: TP» في مياه النهر هي 6، 54، 10 على التوالي، بينما ارتفعت في مياه السد إلى 15، 284، 19 على التوالي. لتعود وتنخفض هذه النسب إلى (9، 69، 11) في مياه النفق. تشير هذه النتائج إلى غنى مياه بحيرة السد بالكربون العضوي مقارنة بنسبته في المياه الداخلة والخارجة من بحيرة السد. من جهة أخرى فإن النسبة N:P أعطت نفس المنحى للنسبة C:N، مما يشير وبشكل واضح إلى ظاهرة الاغتناء الغذائي.

الكلمات المفتاحية: الكربون الكلي العضوي، الآزوت، الفوسفور، النسبة C:N:P، نهر الكبير الشمالي.

\* أستاذ، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

\*\* أستاذ، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

\*\*\* طالبة دكتوراه، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

## Temporal and spatial changes of total concentrations of «carbon, nitrogen, phosphorus» in several locations of Al Kabeer Al Shamali River

Dr. Issa Nour al-Din Kabibo\*  
Dr. Jamil Ibrahim Abbas\*\*  
Anje Amin Mahmoud\*\*\*

(Received 20 / 1 / 2020. Accepted 15 / 11 / 2020)

### □ ABSTRACT □

The catchment of the Al Kabeer Al Shamali River has been a place of intensive economic transformation since the 1985. The purpose of this study is to determine the water quality of the 16 Tishreen Dam Lake to find out the possibility of diverting part of the lake water to the drinking water network in Lattakia city. Water samples were taken seasonally for analysis to determine the suitability for drinking from three sites, namely the northern inlet to the lake (Ghamam Bridge), the 16 Tishreen Dam Lake, and the Ain al-Bayda irrigation tunnel during the period from August 2018 to November 2019. The results showed significant differences at 0.05 level for NPOC concentrations in the study area. The means of carbon concentrations were as follows ( $2.84 \text{ mg L}^{-1}$ ) in Ghamam Bridge water, then increased to ( $3.24 \text{ mg L}^{-1}$ ) in the water of dam lake, then decreased to ( $2.70 \text{ mg L}^{-1}$ ) in the tunnel. The NPOC increase in the lake water was attributed to a large scale retention of export NPOC from river. This result promoted us to study the carbon, nitrogen, and phosphor stoichiometry of the studied sites water. The results showed that the means of ratios «NPOC: TN, NPOC: TP and TN: TP» in the river water were 6, 54,10 respectively, then increased to 15, 284, 19 in the dam water, then decreased in the tunnel water to 9, 69, 11. These results showed that dam lake water was generally richer in organic carbon relative to dam inlet and dam outlet. On the other hand, the N: P ratio gave the same trend as for C: N ratio that indicates for eutrophication state.

**Keywords:** total organic carbon, nitrogen, phosphorus , C:N:P stoichiometry, Al Kabeer Al Shamali River.

---

\*Professor, Department Of Soil And Water, Faculty Of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*Professor, Department Of Soil And Water, Faculty Of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*Postgraduate student (PHD), Department Of Soil And Water, Faculty Of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria .

## مقدمة

تُعد الموارد المائية من بين أكثر العناصر أهمية في البيئة الطبيعية. إنّ عادة تجميع المياه السطحية من قبل الانسان عادة قديمة في سورية، وتتغير وظائف المياه المجمعّة عبر الزمن، حسب متطلبات الإنسان والإمكانيات والتقدم التقني. أُقيم سد 16 تشرين عام 1985 من اجل الري، لكن مع زيادة الحاجة لمياه الشرب تم التوجه لتحويل قسم من مياه السد إلى الشرب لا سيما في نهاية نفق ري عين البيضا.

على الصّعيد الوطني قدّر نصيب الفرد من مياه الشرب بنحو 949 م<sup>3</sup>/فرد/ سنة لعام 2005 بينما قدّر نصيب الفرد بنحو 728 م<sup>3</sup>/فرد/ سنة لعام 2010 (عباس، 2003). ووفقاً لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة فإنّ مؤشر الضغط المائي لبلد أو منطقة ما يصنف على أنّه إجهاد مائي عندما تتخفّض الامدادات السنوية من المياه إلى أقل من 1700 م<sup>3</sup>/فرد/ سنة وندرة المياه عندما تتخفّض إلى أقل من 1000 م<sup>3</sup>/فرد/ سنة. حالياً، يوجد هناك حوالي 165 سد تخزيني في سورية، ومن المتوقع أن يزداد هذا العدد في العقود القادمة. وفي ظل معدل النمو السكاني السنوي المرتفع لسكان حوض نهر الكبير الشمالي (2.1 %) (العلي، 2018)، فإنه لا بد من الاستفادة من مياه السد كمصدر لمياه الشرب.

تشبه بحيرة السد التي تم إنشاؤها عن طريق سد نهر موجود مسبقاً نظام جريان وتخزين مياه النهر والحوض. ولكن من جهة أخرى، يصبح سد التخزين ذا كفاءة عالية ولديه كمية كبيرة من الجريان السطحي. كما ويُعد تراكم الرواسب على طول سلسلة النهر والإنتاجية الأولية وتمعدن الكربون هي الآثار الرئيسية لاضطراب دورة الكربون العضوي الناجم عن بناء السدود على الأنهار (Maavara et al., 2017).

دُرست المادة العضوية الطبيعية (Natural Organic Matter (NOM في المياه السطحية لأنها قد تكون مصدر العديد من مشاكل مياه الشرب، وسيؤثر وجودها على جودة المياه وبالتالي في عملية معالجة مياه الشرب. وقد يُعزى الطعم والرائحة واللون إلى وجودها في الماء. حيث يؤدي وجودها إلى تشكل بعض المركبات المصاحبة للتعقيم (Disinfection by-products (DBPs. وقد يكون وجودها مرتبباً بزيادة وانتشار المحتوى البكتيري، لذلك، عُرف التحكم في المحتوى العضوي على أنه جزء مهم من عمل محطات مياه الشرب وأنظمة توزيعها (WHO, 2011). وقد حددت المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم 45 لعام 2007 الحد الأدنى المسموح به والحد الأقصى المسموح به للكربون العضوي الكلي بـ 3 و 5 مغ ل<sup>-1</sup> على التوالي.

يُعد التوصيف الكيميائي للمادة العضوية معقداً للغاية، وحتى الآن لم يكن من الممكن تحديد جميع الجزيئات العضوية في الماء. لذلك تم استخدام مؤشرات أخرى للإشارة إلى تركيز المادة العضوية الكلية، مثل الكربون العضوي الكلي. وتتراوح تراكيز المادة العضوية في المياه العذبة من (0.1 مغ/ل إلى 10-20 مغ/ل) (Cudowski et al., 2015). أكثر مؤشرات الحالة الغذائية استخداماً في الصيف هي تراكيز المغذيات الفوسفور الكلي (TP) والنيتروجين الكلي (TN). ويعد الفوسفور العنصر الرئيسي الذي ينظم إنتاج العوالق النباتية في معظم البحيرات. ويمكن استخدام المادة العضوية، معبراً عنها بالكربون العضوي الكلي (NPOC) كمؤشر مهم لإنتاجية البحيرة (Dunalska, 2009). استخدم Chen وآخرون (2015) و Carlson (1977) تراكيز TP لتقييم الحالة الغذائية للبحيرات: جيدة التغذية Eutrophic (< 0.03 مغ ل<sup>-1</sup>)، معتدلة التغذية mesotrophic (0.01-0.03 مغ ل<sup>-1</sup>)، قليلة التغذية oligotrophic (> 0.01 مغ ل<sup>-1</sup>).

أكدت Dunalska (2011) أنّ استخدام مؤشر NPOC مع الفوسفور يعد مؤشراً كميّاً جيداً لتقييم استقلاب وتقييم البحيرات التي تتميز بالحبيوية والتنوع فيما يتعلق بوضعها الغذائي وتوفير أداة إضافية لتقييم استقلاب النظام البيئي للبحيرات. كما أكد Cudowski وآخرون (2015) أنّه لا يمكن دراسة البحيرات دون الإشارة إلى حالتها الغذائية وأهم مؤشر على الحالة الغذائية لمياه البحيرات هو الكربون العضوي الكلي كمؤشر جديد.

أشار كل من Thurman و Von Wachenfeldt (2009) في بحثهما إلى أنّ المادة العضوية تسبب إجهاد كيميائي كبير على النظام البيئي المائي مع تأثير فعّال على لون المياه وعلى كثافة المنطقة الضوئية. وبين في دراسته أنه مع كل تدفق كبير للنهر سيطلق دفقة جديدة من المادة العضوية إلى خزانات تجميع المياه، والذي يمكن ان يصبح محفزاً لظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication في المياه وذلك حسب حجم بحيرة السد ونوع الحوض الصباب.

تُشير دراسة قام بها Palviainen وآخرون (2016)، إلى أنّه يمكن التنبؤ بتصدير وتراكيز NPOC و TN و TP في البحيرات الشمالية في فنلندا من خلال خصائص مستجمعات المياه واستخدامات الأراضي. فأشارت نتائجهم إلى أنّ المصادر الطبيعية (استخدامات الأراضي) تسيطر على صادرات NPOC و TN و TP وقد شكلت عمليات الغسل نسب صادرات 57-99% و 48-96% و 55-99% على التوالي.

تهدف الأبحاث الحديثة إلى دراسة التفاعلات الكيميائية للكربون والنيتروجين والفوسفور (C: N: P) في تقييم جودة المياه، بدلاً من فصل كل مؤشر على حدى، ففي دراسة قام بها Maranger وآخرون (2018) على شبكات المياه العذبة، تعمق مفهوم دورة الكربون في المياه العذبة، لأنّه نادراً ما يضاف إلى مفهوم المغذيات الكبيرة مثل النيتروجين والفوسفور. قارنوا بين نسب هذه العناصر في الأنهار وتغيراتها في البحيرات وشبكات إمدادات المياه.

على الرغم من اعتبار مخزونات وتدفقات C، N، P أساس علم النظم البيئية المائية إلا أنّ نظرة صريحة في نسب تفاعلات هذه العناصر في المياه العذبة كانت مقياساً لعضوية المجتمع. يتطلب التحدي عند الأخذ بعين الاعتبار كيفية تنظيم تلك التفاعلات الكيميائية على مستوى النظام البيئي عن طريق فك طريقة دخولها، سواء تمت معالجتها معاً أو بشكل مستقل وما هي سبل خسارتها من النظام البيئي (Maranger *et al.*, 2018).

يتناول هذا البحث ثلاثة أسئلة رئيسية: (1) هل المياه شبه الطبيعية والمحتجزة أمام السد وفي النفق هي مياه نشطة من خلال التفاعلات البيوجيوكيميائية المتداخلة، بمعنى أنها تصدر C، N، P بنسب مختلفة عما هو وارد إليها من مياه النهر الطبيعية أو من البيئة الأرضية المحيطة؟؛ (2) ماهي نسب العناصر المتفاعلة كيميائياً C:N:P في مياه النهر وبحيرة السد والنفق؟؛ (3) كيف غيّرت النشاطات البشرية نسب العناصر المتفاعلة كيميائياً C:N:P في مياه النهر الطبيعية وهي منتقلة باتجاه السد ثم النفق؟

## أهمية البحث وأهدافه:

### أهداف البحث:

يهدف هذا البحث بشكل رئيسي إلى:

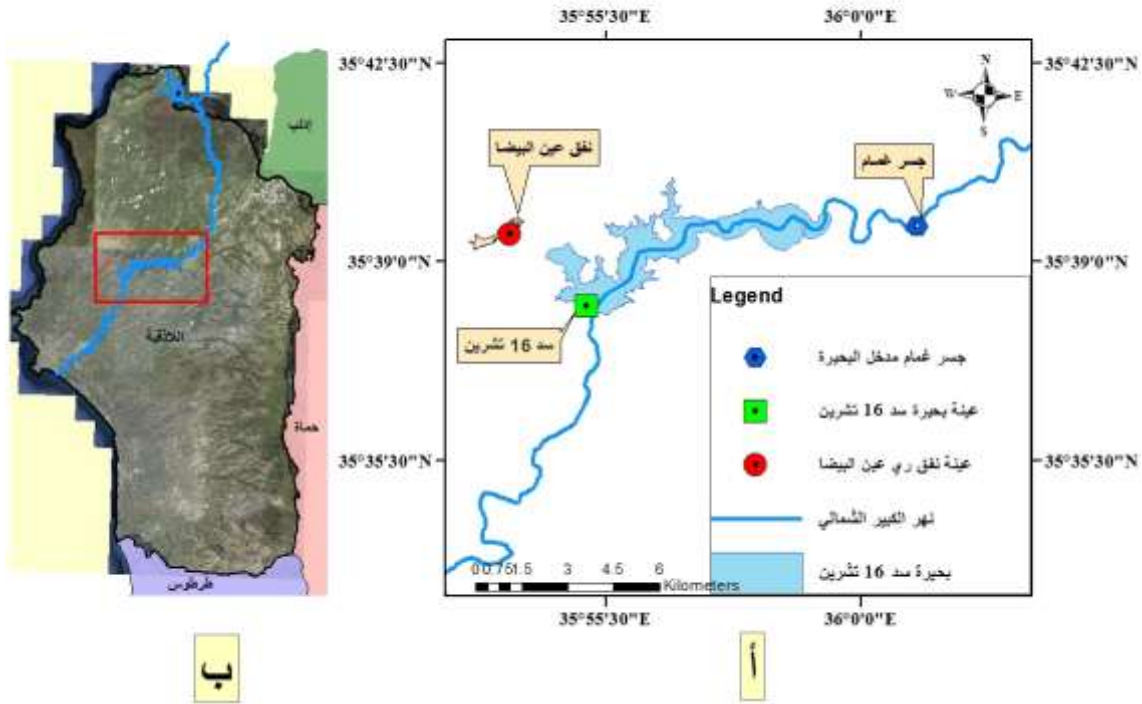
1. رصد التغيرات الشهرية لتراكيز NPOC و TN و TP والعاكارة في مياه نهر الكبير الشمالي وسد 16 تشرين ونفق ري عين البيضاء.
2. تحديد نسب العناصر المتفاعلة كيميائياً C:N:P وأهميتها في تحديد نوعية مصادر المياه.
3. تقدير NPOC كمؤشر جديد لرصد نوعية مياه مواقع الدراسة وتحديد مدى صلاحيتها للشرب.

## طرائق البحث ومواده:

## 1. الموقع وخصائصه:

يُعد نهر الكبير الشمالي أحد أهم الأنهار في المنطقة الساحلية ويقع حوضه الساكب في الجزء الغربي من سورية (شكل 1). يبلغ طول النهر (96 كم) في الأراضي السورية ومتوسط تدفقه السنوي (6.78 م<sup>3</sup>/ثا) عند جسر غمام (قبر العبد)، ويتميز النهر بتوضع الرسوبيات النهرية وهي تتألف من طبقات حصوية ضعيفة التصنيف مع خليط من الجلاميد والكتل والرمال واللوم (عجميان، 1997).

## مواقع الدراسة



شكل [1] يبين المواقع الثلاث على الواقع (أ) إضافة إلى صورة الأقمار الصناعية (ب) (العلي، 2018).

إنّ المناخ السائد في المنطقة هو المناخ تحت المداري وفق تقسيمات المناطق المناخية، حيث يكون الطقس معتدلاً ورطباً شتاءً ومعتدلاً إلى حار ورطب صيفاً، ومن النادر ما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر شتاءً كما أنها لا تتجاوز الـ 35 م° صيفاً. أما الهائل المطري فهو مرتفع نسبياً ويتراوح ما بين (800-1000) مم سنوياً، يهطل معظمه (50-60%) من كمية الهطل السنوي في الفترة ما بين شهري كانون الأول وشباط والقليل منها خلال شهري تشرين الأول والثاني وشهري آذار ونيسان وأيار، ومن النادر أن تحصل هطولات في الصيف. تنمو أشجار السنديان والبلوط والصنوبر والشجيرات العشبية في منطقة البحيرة والنهر وينتشر في المناطق التلالية المحيطة بهما زراعة أشجار الفاكهة كالتفاح والخوخ والإجاص والتين الهندي إضافة إلى مختلف أنواع الخضار (عجميان، 1997؛ العلي، 2018). بحيرة سد 16 تشرين: أقيم السد عام 1985، تقدر مساحة سطح بحيرة السد 11.2 كم<sup>2</sup> عند السعة التخزينية العظمى 212 مليون م<sup>3</sup> مع ارتفاع عن سطح البحر 74.6 متر، طول جسم السد 1 كم، ويصل عمق البحيرة حتى 50 متر، مع طبقة رواسب كثيفة من الرمل والحصى مع توضعات رملية سلتية، ولها شكل مورفولوجي مثالي. كما ويتصف حجم

الماء ضمن البحيرة بتغيرات كبيرة حسب الفصول حيث تحدث السعة العظمى في فترة الربيع نيسان وأيار، وأقل حجم في أيلول وتشرين الأول (شكل 1).

**نفق ري عين البيضاء:** يخرج النفق من مأخذ 57 متر عن سطح البحر، بمتوسط غزارة 4.5 م<sup>3</sup>/ثا وهو متغير حسب متطلبات الري، يمتد موسم الري من شهر أيار وحتى شهر تشرين الأول. ويصل طول النفق من جسم السد حتى موقع انشاء محطة تصفية مياه الشرب إلى حوالي (7.2 كم).

## 2. قطف عينات المياه وتحليلها:

تتركز الدراسة على جزء النهر الأعلى الواقع قبل جسم السد / جسر غمام/ والذي يمثل الوارد الرئيسي إلى السد، ومياه السد، وكذلك في نهاية نفق ري عين البيضاء حيث ستقام محطة تصفية لمياه الشرب. جمعت العينات المائية وفق الشروط القياسية (APHA, 1998) بمعدل ثلاث عينات من كل موقع. أخذت عينات النهر من موقع واحد في منطقة قبر العبد تحت الجسر ومن منتصف النهر حيث الجريان وغمرت العبوات تحت سطح النهر على عمق (25 - 50 سم) وبعكس اتجاه التيار، أما بالنسبة للسد فقد أخذت العينات قرب قمع المفيض. وتتنوع تكرار عينات النفق حسب الظروف التشغيلية للقناة. استخدم لجمع عينات تحليل الكربون الكلي العضوي عبوات زجاجية سعة 500 مل مغسولة جيداً بمحلول حمضي ومعقمة في الأوتوكلاف، كما تم جمع عينات التحليل الكيميائي بعبوات مصنعة من البولي إيثيلين سعة ليتر واحد، وضعت في حاوية خاصة لنقلها إلى المختبر، ثم حفظت العينات في البراد على الدرجة 4 م° لحين إجراء التحاليل المطلوبة.

1. **قياس الكربون العضوي الكلي والازوت الكلي:** استخدم جهاز Shimadzu NPOC-VCSH Total Organic Carbon Analyzer with TNM-1 (Total Nitrogen Measuring) لقياس الكربون الكلي العضوي الغير قابل للتطاير (NPOC) Non- Purgeable Organic Carbon، والازوت الكلي Total Nitrogen.

A. **الكربون العضوي الكلي:** يعتمد مبدأ التحليل على تميض العينة بكمية قليلة من حمض كلور الماء حتى ينخفض PH إلى (2 أو 3)، حيث تتحول كامل البيكربونات (Inorganic Carbon (IC) إلى غاز CO<sub>2</sub> ثم قرقرة العينة ببخ غاز الهواء الصفري للتخلص من CO<sub>2</sub> المتشكل و CO<sub>2</sub> المنحل الموجود في العينة أصلاً. ثم تمرر العينة إلى أنبوب الاحتراق 680 م°، حيث يتم حرق العينة ليتحول كامل TC الموجود في العينة إلى CO<sub>2</sub>. يأتي غاز حامل بمعدل 150 مل/ دقيقة إلى أنبوب الاحتراق، ليقوم بضخ نواتج احتراق العينة إلى خلية كاشف الأشعة تحت الحمراء (Non Dispersive Infrared (NDIR)، حيث يتم الكشف عن ثاني أكسيد الكربون من خلال اشارات كهربائية يقابلها قمم ومساحات يتم حسابها من قبل برنامج NPOC-VCSH software. حيث أن مساحة القمة متناسبة مع تركيز TC في العينة. يعبر عن منحنى المعايرة رياضياً بالعلاقة بين مساحة القمة وتركيز TC من خلال العديد من المحاليل العيارية ل TC .

يقاس المتبقي من (Total Carbon (TC) لتحديد NPOC، وغالباً ما يعبر عن النتيجة ك NPOC. وعلى الرغم من ذلك، فإنه يعبر عنها في أجهزة NPOC-VCSH ≤ NPOC للتفريق بينها وبين NPOC المتحصل عليه بالفرق بين TC و IC. حيث يعبر NPOC عن الكربون الكلي العضوي الغير قابل للتطاير.

B. **الازوت الكلي:** يعتمد مبدأ الطريقة على تمرير العينة إلى أنبوب احتراق (720 م°)، فيتفكك الازوت الكلي الموجود في العينة إلى أول أكسيد النترجين NO. يبرد الغاز الحامل لأول أكسيد النترجين وتنزع منه الرطوبة من

خلال نازع رطوبة الكتروني، ثم يدخل الغاز إلى محلل غاز اللعان الكيمائي، حيث يتم الكشف عن NO من خلال إشارات كهربائية يقابلها قمم يمكن من خلالها تحديد تركيز TN في العينة APHA, 1998; Dickson *et al.*, (2007).

2. قياس الفوسفور الكلي: استخدم مقياس التحليل الطيفي الضوئي Spectrophotometer DR 2010 وقدرت التراكيز بـ ملغ/ل (APHA, 1998).

3. قياس العكارة **Turbidity**: استخدم جهاز HACH 2100 وعبر عن النتائج بوحدة Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

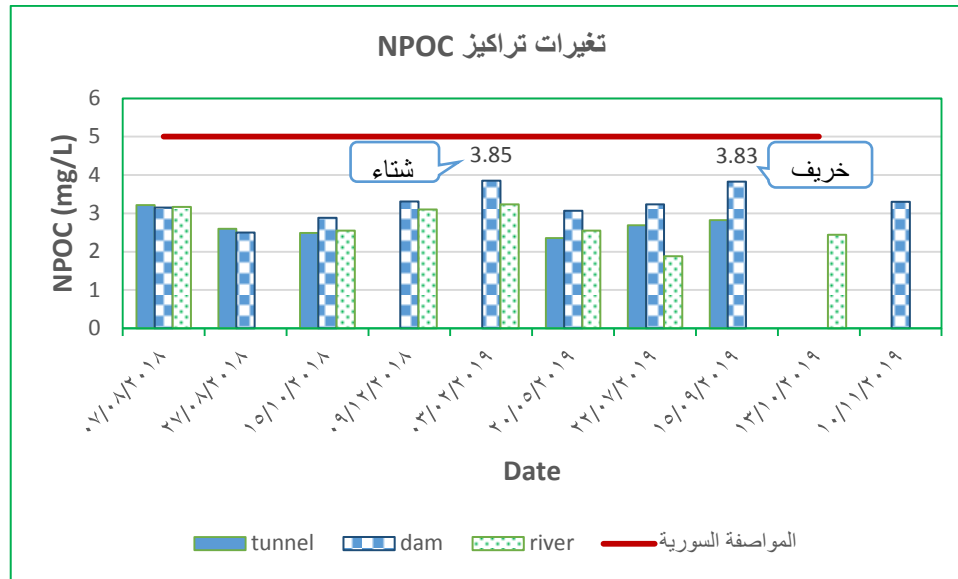
تم إجراء البحث في المخبر المركزي للمؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في اللاذقية.

#### 4. التحليل الاحصائي:

تم التحليل الإحصائي باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS، وشمل تطبيق تحليل التباين في اتجاه واحد (ANOVA) لتحديد معنوية الفروق بين مقادير وتركيز العناصر المدروسة في نقاط الاعتيان. كما تم حساب معامل الارتباط الخطي بيرسون بين العناصر المدروسة.

#### النتائج والمناقشة:

1. تغيرات الكربون العضوي الكلي والآزوت الكلي والفوسفور الكلي في مياه المواقع المدروسة أظهرت الدراسة الإحصائية وجود فروق معنوية ( $P < 0.05$ ) بين المواقع وضمن الموقع الواحد بالنسبة لكل من NPOC و TN، ولكنها لم تظهر فروق معنوية بالنسبة لـ TP. وكانت متوسطات تراكيز NPOC, TN, TP في مياه النهر الطبيعية عند جسر غمام ( $0.073 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0.57 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $2.84 \text{ mg L}^{-1}$ ) (تقرأ الرموز والقيم من اليسار إلى اليمين)، وفي مياه السد ( $0.042 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0.27 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $3.24 \text{ mg L}^{-1}$ )، وفي مياه النفق ( $0.06 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0.36 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $2.7 \text{ mg L}^{-1}$ ) وهي مياه خارجة من عمق السد (شكل 2). يتبين من النتائج أنّ مياه السد سجلت أعلى قيمة متوسطة لـ NPOC ( $3.24 \text{ mg L}^{-1}$ )، وأدنى قيمة متوسطة لـ TN ( $0.27 \text{ mg L}^{-1}$ )، وأدنى قيمة لمتوسط تركيز TP ( $0.042 \text{ mg L}^{-1}$ )، وارتبطت زيادة NPOC في مياه البحيرة بانخفاض منسوبها في فصل الخريف، وهكذا فإن لمياه السد قيمة NPOC عالية مقارنة بالنهر. فانخفضت قيم NPOC كلما اتجهنا شمالاً باتجاه النهر الجاري، حيث أن بناء السدود يؤدي إلى تباطؤ حركة مياه الأنهار، إن تباطؤ حركة المياه يؤثر على نوعيتها بتراكم الملوثات ان معدل تجدد وزمن احتجاز الماء يختلف كثيراً بحسب مناطق التخزين المختلفة فيتجدد الماء المخزن ضمن قنوات شبكية (الأنهار وروافدها) كل 16 يوم في المتوسط وهذا سبب إضافي لتفسير انخفاض قيمة NPOC في النهر ( $2.84 \text{ mg L}^{-1}$ ) مقارنة بالبحيرة ( $3.24 \text{ mg L}^{-1}$ )، حيث يصل زمن احتجاز الماء أمام السد إلى ستة أشهر. وسجلت قيمة عالية لـ NPOC في مياه البحيرة في شهر أيلول  $3.83 \text{ mg L}^{-1}$  (شكل 2).



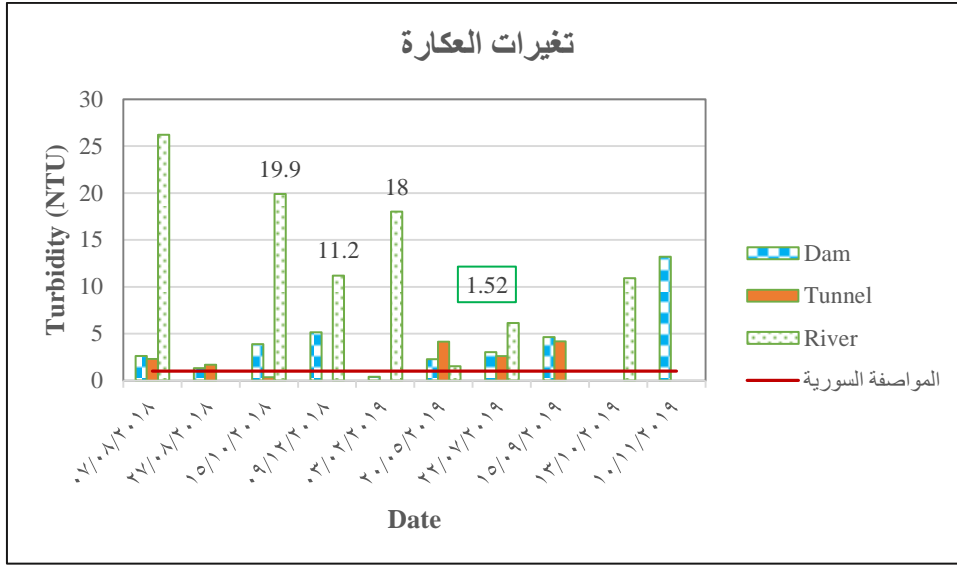
شكل (2) تغيرات تراكيز NPOC في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)

2. تقلبات نوعية مياه المصدر مياه نهر الكبير الشمالي (جسر غمام) كدالة للهطول أظهرت الدراسة الإحصائية وجود فروق معنوية ( $P < 0.05$ ) بين مواقع الدراسة الثلاثة بالنسبة للعكارة. سجل النهر أعلى قيم للعكارة طوال مدة الدراسة تراوحت بين (1.52 - 26.2 NTU) بمتوسط (13.41 NTU) (شكل 3). بينما تراوحت تراكيز NPOC ضمن المجال (2.05 - 3.82 مغ ل<sup>-1</sup>) بمتوسط (2.84 مغ ل<sup>-1</sup>). تؤكد النتائج دور مصادر كربون التربة العضوي في الحوض، حيث تعد مادة التربة المنجرفة المصدر الرئيسي لحمولة الكربون العضوي إلى المياه السطحية. لقد تغير المحتوى من المادة العضوية المنحلة في مياه النهر كرد فعل على الهطل المطري والجريان السطحي، لقد حصلت تغيرات نموذجية بعد هطول الأمطار والجريان السطحي، فتأثرت نوعية مياه النهر في الشتاء حيث ارتفع تركيز NPOC من 2.66 مغ ل<sup>-1</sup> في شهر تشرين الأول إلى 3.1 مغ ل<sup>-1</sup> في شهر كانون الأول بعد أول هطول مطري، الأمر الذي يشير إلى وصول المادة العضوية المنحلة من التربة إلى مجرى النهر بالجريان السطحي، حيث تشهد منطقة النهر غطاء نباتي مستمر ومتنوع مما يسبب زيادة الحمولة العضوية من الأراضي المجاورة للنهر والبحيرة وهذا ما أكدته دراسة (Lal, 2003).

لقد حدث الهطل طيلة شتاء 2019 الذي سجل هطول مطري نموذجي (البيانات غير معروضة)، فبقي النهر مسجلاً قيمة NPOC عالية في الربيع في شهر شباط (3.24 مغ ل<sup>-1</sup>) حيث الجريان السطحي العاصفي عندما أدت الحوادث المطرية لارتفاع منسوب المياه في النهر مترافقة بسلسلة من طفرات التعكر. كما أن تجدد ماء التربة كل سنة بسبب التبخر بشكل أساسي ويسبب الجريان بشكل جزئي فيؤدي إلى وصول المادة العضوية إلى المياه السطحية (Shiklomanov and Rodda, 2004)، وهذا ما يؤكد معامل التحديد بين قيم NPOC والعكارة  $R^2 = 0.53$  في مياه النهر حيث يبين أهمية دلالة الجريان السطحي على قيم NPOC النهر (شكل 4).

ومع انخفاض مستوى ماء النهر في شهر أيار انخفضت تراكيز المادة العضوية والعكارة تدريجياً لتصل إلى 2.55 مغ ل<sup>-1</sup> و 1.52 NTU على التوالي. بشكل عام تحدث هكذا تغيرات عنيفة نموذجية بنوعية المياه الجارية وهذا متوافق مع دراسة (Wang et al., 2019).

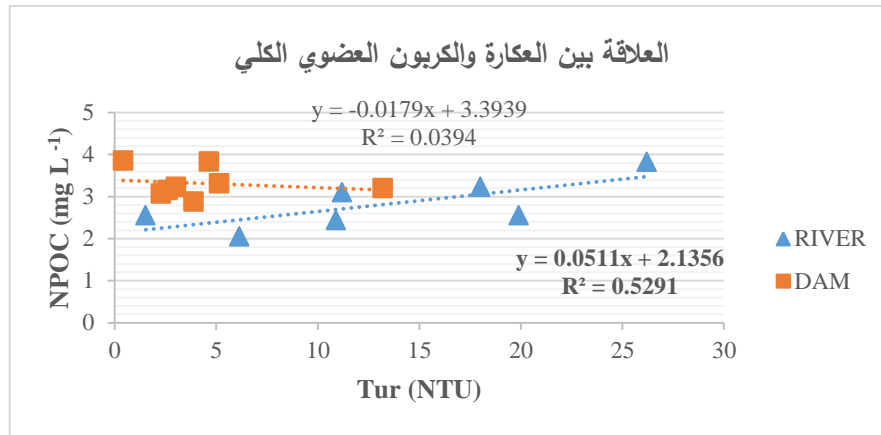




شكل (3) تغيرات قيم العكارة في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)

قد يعزى سبب انخفاض متوسط تركيز قيم الكربون العضوي الكلي في مياه النهر خلال فترة الدراسة مقارنة بمياه السد، إلى أن متوسط زمن تجدد مياه النهر دون تدخل بشري يتم كل أسبوعين ونصف (Oki and Kanae, 2006). وأخيراً، فإنه على الرغم من محدودية الموارد المائية للأنهار، مقارنة بالبحيرات الطبيعية، إلا أنها أكثر الموارد تجددًا وإفادة للبشرية مقارنة بالبحيرات الطبيعية التي تتجدد مياهها في المتوسط كل 17 سنة، أما السدود فحسب زمن احتجاز الماء (أيام أو أشهر).

لقد لوحظ نمط مماثل في مياه السد، حيث ارتفعت القيم بعد أول هطول مطري في شهر تشرين أول 2018 من (2.88 إلى 3.31 مغ ل<sup>-1</sup>) للكربون، وارتفع تركيز العكارة من (3.88 إلى 5.15 NTU) (شكل 2، 3). تراوحت تراكيز NPOC في مياه السد ضمن المجال (2.5 - 3.85 مغ ل<sup>-1</sup>) بمتوسط (3.24 مغ ل<sup>-1</sup>). وتراوحت قيم العكارة في مياه السد ضمن المجال (0.41 - 13.2 NTU) بمتوسط (4.05 NTU). ومن الجدير بالملاحظة هو أنه رغم انخفاض العكارة كثيراً في مياه السد مقارنة بمياه النهر، إلا أنه سجّل قيماً عالية للكربون متفوقاً على الموقعين الآخرين طوال مدة الدراسة (شكل 2) وهذا يشير إلى محدودية إمكانية استخدام العكارة كمؤشر على ارتفاع تركيز NPOC في مياه السد، ويؤكد ذلك معامل التحديد بين العكارة والكربون في مياه السد  $R^2 = 0.04$  (شكل 4). يفسّر انخفاض العكارة في مياه السد مقارنة بمياه النهر حسب Hayes وآخرون (2017) بأنّ للسدود سرعات ترسيب وطاقة إنتاجية عالية مقارنة بالمياه الطبيعية.



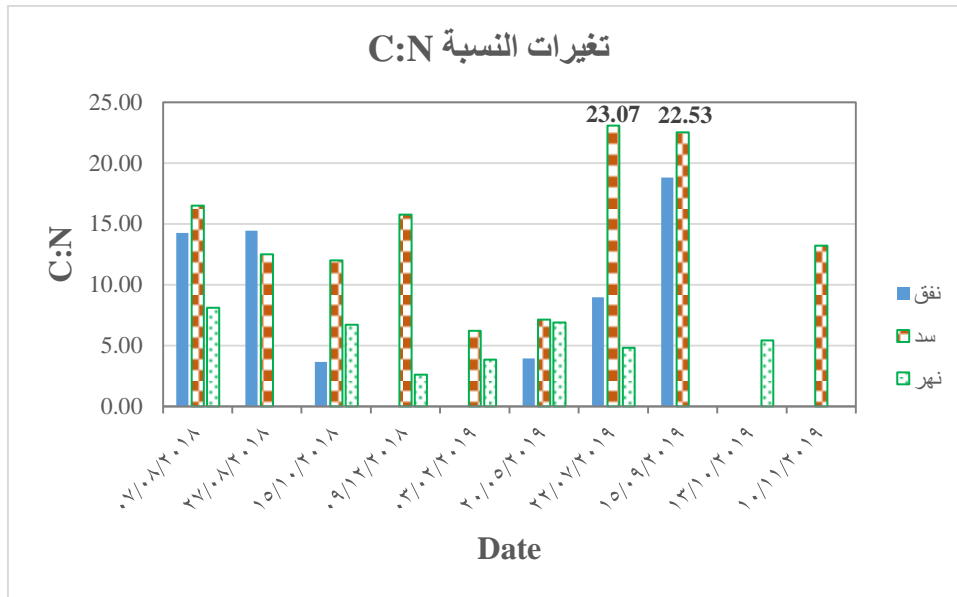
شكل (4) يبين معامل التحديد بين قيم العكارة والكربون العضوي الكلي في مياه النهر والسد.

### 3. حساب العناصر المتفاعلة TP: TN: NPOC في مياه المواقع المدروسة

أظهر تحليل التباين وجود فروق معنوية بين المواقع المدروسة ( $P < 0.05$ ) فيما يتعلق بالنسبة N:C ، ولم تظهر فروق معنوية لكلا النسبتين P :C ، P :N . وبلغت متوسطات النسب N :C ، P :C ، P :N في مياه النهر (6، 54 و 10) على التوالي، وارتفعت في مياه بحيرة السد إلى (15، 248 و 19) على التوالي، ثم انخفضت في مياه النفق إلى (9، 69 و 11) على التوالي (شكل 5). تُظهر النسب السابقة أن مياه البحيرة أغنى بالكربون العضوي مقارنة بالأزوت والفوسفور، وهي أغنى بالأزوت مقارنة بالفوسفور، وهذا يدل على أنها تعاني من ظاهرة الإثراء الغذائي ويؤكد Chen وآخرون (2015) أن البحيرات التي تعاني من ظاهرة الإثراء الغذائي تقل فيها نسبة TP :TN مقارنة بالبحيرات المعتدلة والفقيرة التغذية. إن ارتفاع متوسط النسبة C: N من 6 في مياه النهر إلى 15 في مياه السد، يُمكن أن يُعزى لعدة أسباب أهمها استزراع الأسماك ضمن الأقباص في مياه بحيرة السد.

قد يسبب الاستخدام الهائل للأسمدة نمو النباتات المائية الكبيرة Macrophytes المغمورة ونمو الطحالب المائية وتصبح مصادر رئيسية للكربون ضمن البحيرات وهذا يتوافق مع دراسة Anjum وآخرون (2017). كما ويمكن تفسير زيادة المحتوى من C:N بزيادة تركيز المادة الهيومية في مياهها، الشيء الذي يؤدي لزيادة الكربون مقارنة بالأزوت من الواضح أن مياه السد تعاني من إجهاد بيئي كبير بسبب ارتفاع هذه النسبة وهذا ما أكدته (Thurman and Von Wachenfeldt, 2009) الذي أشار إلى أن المادة الدبالية تشكل حوالي 60-80% من الكربون العضوي المنحل. وهذا ما يفسر سبب الارتفاع الدائم للكربون فوق الحد الأدنى المسموح به لمياه الشرب والبالغ 3 مغ/ل طوال مدة الدراسة وعدم ارتباطه بالفصول أو العكارة، الأمر الذي يدل على أن المادة العضوية في البحيرة هي مادة أصيلة Autochthonous ضمن نظامها البيئي المائي (Ahlgren, 2018; Wetzel, 2001).

تباينت نسب العناصر المتفاعلة C:N:P في واردات مياه النهر مقارنة بمياه السد وذلك بسبب الفوائد عن طريق التنفس بالنسبة للكربون والأزوت، وكفاءة دفن الفوسفور في المياه المحتجزة. لقد لعب زمن احتجاز الماء أمام السد دوراً مهماً في معالجة هذه العناصر، فكلما زاد زمن احتجاز الماء الوارد من النهر أمام السد كلما زادت نسب العناصر المتفاعلة C:N، C:P في مياه السد. ارتفعت متوسطات هذه النسب من 54، 6 في مياه النهر إلى 284، 15 في مياه البحيرة على التوالي وهذا يتفق مع دراسة (Maranger *et al.*, 2018).



شكل (5) تغيرات النسبة C: N في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)

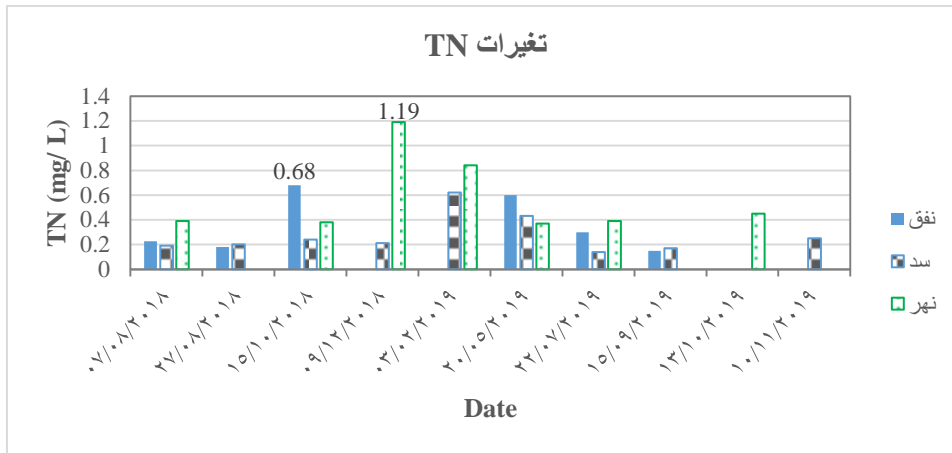
#### 4. إقتران وفصل الدورات البيوجيوكيميائية C: N: P

إن أهمية انتقال C، N، P باتجاه مجرى النهر هي صدى السؤال الرئيسي للتحريات الأولية حول كيف تتم معالجة الكربون الأرضي عند دخوله إلى بحيرة السد ثم إلى النفق. يمكننا تفسير انخفاض متوسط تركيز الكربون في مياه النفق إلى (2.7 مغ ل<sup>-1</sup>) من خلال الدراسات السابقة، التي تقول أن الكربون يعالج ضمن الأنابيب بشكل فعال حيث يستقلب جزء كبير من الكربون العضوي إلى CO<sub>2</sub> ويفقد إلى الغلاف الجوي ويدفن جزء أصغر ضمن الرواسب (Mendoca et al., 2017) أو يفقد على شكل ميثان وCO<sub>2</sub> (Tranvik et al., 2009). إن أهم ما يُلفت النظر في النتائج هو انخفاض متوسط تركيز الأزوت (0.27 مغ ل<sup>-1</sup>) وأيضاً الفوسفور (0.042 مغ ل<sup>-1</sup>) في مياه السد، ويفسر ذلك بأنه وعلى الرغم من أن الأزوت والفوسفور يعالجان بطريقة مشابهة جداً للكربون العضوي، إلا أنه بخلاف ذلك يجب علينا أن نتوقع أن تتغير العناصر المتفاعلة بشكل كبير مؤدية إلى نسب تصدير مختلفة مقارنة بما تحمله مياه النهر الطبيعية. إن العملية الحاسمة التي تجمع كل الدورات البيوجيوكيميائية الثلاث هي الإنتاجية الأولية. إن الإنتاجية الأولية مقيدة بإتاحة الفوسفور في المياه العذبة ولكن يمكن أيضاً أن تُحد بالأزوت وغالباً بالإثنين معاً (Elser et al., 2007). علاوة على ذلك يمكن للبكتريا الزرقاء Cyanobacteria والبكتريا القادرة على تثبيت الأزوت الجوي أن تسهل ربط الكربون والأزوت والفوسفور من خلال الوصول إلى أزوت الغلاف الجوي على الرغم من أن هذه العملية مكلفة للغاية والقدرة على تصحيح عجز النظام البيئي ليست شائعة (Paerl et al., 2016). يمكن أن تحصل أيضاً عدد من عمليات الهدم مؤدية لتبديل العناصر المتفاعلة C، N، P وخصوصاً من حيث صلتها بفوائد الغلاف الجوي. يمكن أن يكون لهذه العمليات البيوجيوكيميائية أدلة تداخلات كيميائية شديدة بالنسبة للمحتوى من الكائنات الحية وبالتالي يمكن أن تتغير بشكل ملحوظ التفاعلات الكيميائية للمياه المحتجزة في النظام البيئي. إن أهم عمليتي أيضاً يجب أخذهما بعين الاعتبار في هذا المنحى هما التنفس ونزع النتروجين Denitrification. ينتج الكربون الغير عضوي من خلال عملية التنفس وهذه العملية تقلل من تركيز الكربون العضوي ضمن الأنظمة في حين تزيد من الفقد الدائم بـ CO<sub>2</sub> إلى الجو في حال كانت التركيزات مشبعة، وهذا ما حصل في عينة النفق حيث انخفض

تركيز NPOC إلى  $2.7 \text{ mgL}^{-1}$ . وأيضاً فإن أهم ما يُلفت النظر هو عودة ارتفاع الآزوت والفسفور في مياه النفق مقارنة بتركيزهما في مياه البحيرة وبلغت في المتوسط  $0.36$ ،  $0.06$  مغ ل<sup>-1</sup> على التوالي، السبب في ذلك أنه يتم إعادة معدنة الآزوت والفسفور في العملية، وخصوصاً الأمونيوم والفسفات والذين يمكن إعادة تدويرهما ضمن الأنظمة. ومع ذلك، فإن تحول الأمونيوم إلى نترات في الرواسب من خلال النتجة يمكن أن يكون له مصيران: الأول هو تدفق النترات من الرواسب إلى عمود الماء وهذا ما يفسر ارتفاع متوسط تركيز الآزوت في مياه النفق إلى ( $0.36$  مغ ل<sup>-1</sup>) مقارنة بتركيزه في مياه السد ( $0.27$  مغ ل<sup>-1</sup>)، والثاني هو تحول النترات إلى حالة الآزوت الغازي ( $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{N}_2$ ) من خلال نزع النتروجين (ويشكل أقل عملية الأوكسدة اللاهوائية للأمونيوم Anammox)، والذي يتسبب بفقد دائم للآزوت إلى الغلاف الجوي. تؤثر كل من عمليتي النتجة ونزع النتروجين في استقلاب الكربون من خلال التركيب الكيميائي Chemosynthesis وتنفس النترات، تبعاً (Zehr and Ward, 2002) وهذا ما يفسر انخفاض قيمة N في مياه كل من السد والنفق حيث الظروف اللاهوائية مقارنة بمياه النهر الجارية والتي سجلت أعلى قيمة متوسط تركيز للآزوت ( $0.57$  مغ ل<sup>-1</sup>). بالتالي فقد أظهرت النتائج أنّ معدل إزالة الآزوت والفسفور من المياه المحتجزة أمام السد أقل مقارنة بالكربون.

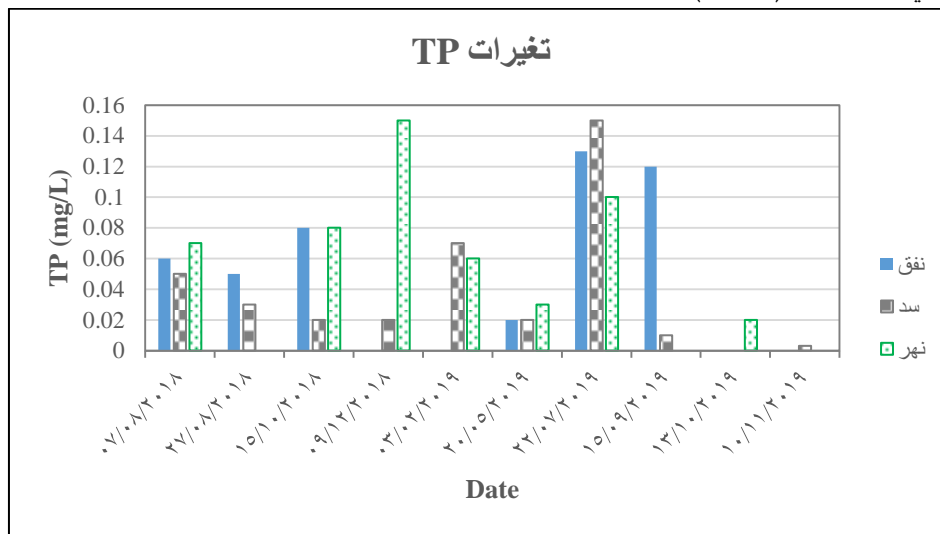
على خلاف الكربون والآزوت، فإنّ بيوجيوكيمياء الفسفور لا تعطي منتجاً غازياً نهائياً وهذا ما يفسر إعادة تحريره من رواسب البحيرة في مياه النفق حيث كان مطموراً (Schlesinger and Bernhardt, 2013). أظهرت دراسة Soued وآخرون (2016) أنّ صافي الفوائد الغازية لكل من الكربون والآزوت من المياه الداخلية إلى الجو هي انبعاثات ذات دلالة على نطاق عالمي. علاوة على ذلك، فإن الخسارة المستقلة نسبياً لكل من C و N بواسطة هذه العمليات تمثل آلية إضافية يتم من خلالها خفض النسب العالية من C:P، N:P، وهذا ما لوحظ في مياه النفق حيث انخفضت النسبة C:P من 248 في مياه البحيرة إلى 69 في مياه النفق، وانخفضت النسبة N:P من 19 في مياه البحيرة إلى 11 في مياه النفق.

إن اختلاف النسب TN:NPOC، TP:NPOC، TP:TN بين المصدر والسد والنفق يدل على نشاط العمليات البيوجيوكيميائية على طول السلسلة المائية المتصلة للنهر، إما بسبب الاستقلاب أو الطمر أو التبادل الجوي (Maranger et al., 2018). على العكس من ذلك إذا لاحظنا تغيراً طفيفاً في النسب فمن المحتمل أن تكون عملية النقل هي السائدة، أو أنّ عمليات استقلاب المياه الداخلية والطرر والتبادل الجوي متوازنة ولا تسفر عن أي تغيير في العناصر المتفاعلة. وهذا ما نلاحظه في الشكل (7) الذي يبين عودة ارتفاع الفسفور في مياه النفق وبالتالي فإن عمليات النقل هي السائدة بالنسبة للفسفور.



شكل (6) تغيرات تراكيز TN في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)

الشيء المدهش في النتائج هو عدم وجود فروق معنوية بين مواقع الدراسة في نسبة N:P وهذا دليل على أن كلا العنصرين يعالجان بطريقة متشابهة في المياه العذبة. ورغم أن فواقد N و P في الأنفاق متشابهة نسبياً، إلا أن مصير هذه الفواقد مختلف جداً حيث يفقد 75% من N على شكل غاز إلى الغلاف الجوي ( $N_2$  وبشكل أقل  $N_2O$ ) في حين أن كل فقد الفوسفور يكون عن طريق الدفن في الرواسب ومن ثم إعادة تحريره إلى عمود الماء وهذا ما فسّر سبب ارتفاعه ثانية في عينة النفق (شكل 6).



شكل (7) تغيرات تراكيز TP في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)

تعاني المواقع الثلاث المدروسة من حالة الإثراء الغذائي بسبب تجاوز تراكيز TP ( $< 0.03$  مغ ل<sup>-1</sup>)، بحسب دليل Carlson (1977).

### 5. نفق ري عين البيضا كموقع مثالي لبناء محطة تصفية لمياه الشرب

بناء على مقارنة الوارد من مياه النهر الطبيعية باتجاه السد والصادر منه باتجاه النفق لكل من C، N، P فإن مياه النفق تعالج جزء يؤخذ بالحسبان من المادة الواردة من السد، ولذلك فإن إنشاء محطة تصفية لمياه الشرب على موقع نفق ري عين البيضا والذي يبلغ طوله من السد حتى موقع المحطة حوالي 7.2 كم يعد مناسباً جداً حيث تخدم مياه

النفق الداخلية كشبكة بيوجيوكيميائية نشطة لهذه العناصر الثلاث. إحدى الطرائق المستخدمة للتعبير عن تأثيرات المياه العذبة على هذه الدورات البيوجيوكيميائية الثلاث هو عن طريق تقدير معدل فقد النسيبي. إن معدل إزالة C المختلف مقارنة بـ N و P يسلط الضوء على سبب اختلاف النسب المتفاعلة كيميائياً C: N والنسب C: P في المياه الواردة إلى السد والصادرة منه. لقد سجل النفق معدل إزالة للكربون كبير مقارنة بالآزوت والفسفور فلقد سجل النفق تراكيز NPOC أقل من 3 مغ ل<sup>-1</sup> وهو الحد المسموح به في مياه الشرب (المواصفة القياسية السورية، 2007) طوال مدة الدراسة تقريباً (شكل 2)، ومن الناحية التقنية هذا يتطلب تكاليف معالجة وتعقيم أقل للمياه.

## 6. العلاقات بين NPOC، TN، TP، الخصائص المورفولوجية وتغيرات الطقس

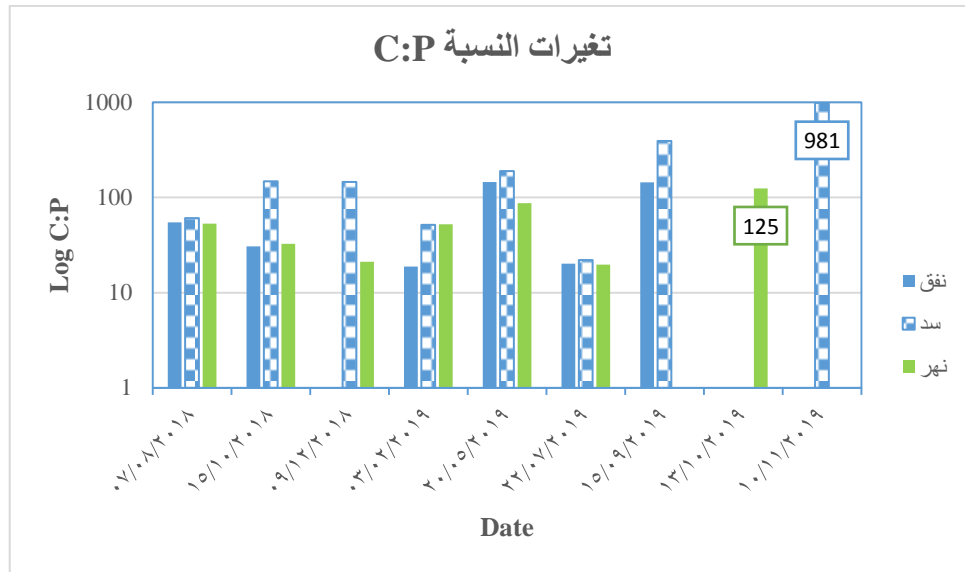
ارتبطت عوامل عديدة بتغيرات تراكيز NPOC، TN، TP منها الوضع الهيدرولوجي والمناخ والخصائص المورفولوجية، وتغيرات في استخدامات الأراضي، أصل المادة العضوية، والنشاطات البشرية، وجميعها تحدد نسب العناصر المتفاعلة C: N:P.

أ. المناخ: لوحظ انخفاض تركيز المادة العضوية في شهر تموز في مياه النهر إلى (2.05 مغ ل<sup>-1</sup>)، وكانت النسب C: N:P في نفس الوقت (4: 20: 5) حيث يكون جريان النهر الرئيسي ضعيف وقلة الجريان من الأراضي المجاورة، ولا يوجد تحلل للمادة العضوية ضمن المجرى المائي للنهر حيث الانفجار الأشني ونمو النباتات المائية المستهلكة للآزوت والفسفور، وهذا ما تم الإشارة إليه في دراسة سابقة على مجرى النهر الأدنى (حماد ومحمود، 2010). من جهة أخرى، ارتفعت النسب في مياه النهر في ظروف التصريف الضعيفة في نهاية الصيف والخريف (آب، أيلول، تشرين أول) إلى (23: 125: 5). وارتفعت في مياه البحيرة إلى قمتين عاليتين في أيلول (392: 23: 17) ثم إلى ارتفاع أكثر (77: 981: 13) في شهر تشرين الثاني (الشكل 8). تشير دراسة قام بها Hass وآخرون (2019) إلى أن ارتفاع النسب C:N (شكل 5) وهو الملاحظ في أشهر الخريف دليل على وجود مواد عضوية حديثة التحلل، حيث أن تدبّل المادة العضوية من أصول مختلفة هي العملية الأكثر شيوعاً، عندما تتشكل أحماض الدبال والفولفيك بيوكيميائياً ومن خلال المشاركة النشطة للبكتريا والفطريات والمتعضيات اللاقارية. فيصنف هذا الجزء المشتق من الكائنات الحية Biota التي تعيش ضمن الجسم المائي كمادة عضوية أصلية أو محلية (NOM) فيعود هذا المصدر للمادة العضوية إلى اطراح وتحلل الكائنات الحية متضمنة البكتريا والأشنيات والنباتات الوعائية. فتحدث زيادة في قيم NPOC في أوقات عمليات التمعدن الفعالة المتسببة باختلاف مستوى الماء في السد.

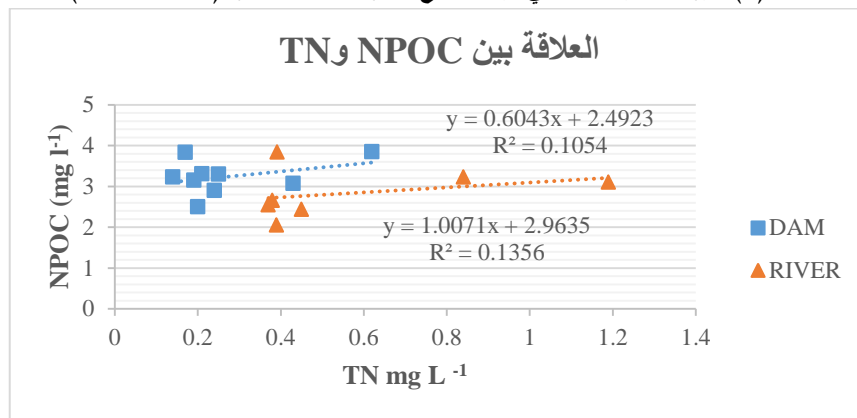
ب. تأثير النشاطات البشرية في تبدل التفاعلات الكيميائية وطرائق معالجتها: أدت النشاطات البشرية إلى طرح كميات ضخمة من الأسمدة من الأراضي الزراعية والتي تصل إلى المياه العذبة بسبب الجريان بطريقة غير مباشرة (MacDonald et al., 2013). وهكذا نفس انخفاض النسبة C:N في مياه النهر والسد في الشتاء والربيع بسبب انغسال الآزوت من الأراضي الزراعية المجاورة. فسجلت أعلى قيم للنترات مع أقل القيم للنسبة C:N فانخفضت في مياه النهر إلى 3، وانخفضت في مياه البحيرة إلى 6 (شكل 5). كما وتبين خريطة استعمالات الأراضي أن الأراضي من موقع جسر غمام باتجاه الشمال هي أراضي غابات بمساحة 435.9 كم<sup>2</sup> ومناطق مكشوفة بمساحة 136.6 كم<sup>2</sup>، بينما معظم الأراضي المحيطة بالبحيرة هي أراضي غابات يتخللها بساتين (العلي، 2018) وهذا سبب إضافي لتفسير سبب ارتفاع النسب في البحيرة عنها في مياه النهر حيث أن استخدامات الأراضي للزراعة تغيير النسب بشكل كبير حيث يبدّل استخدام الأسمدة الآزوتية والفسفورية النسبة N:P بشكل كبير.

ج. أثر الانسان أيضاً على النسب C: N:P من خلال إقامة السدود وأقنية وأنفاق الري، تختلف البحيرات الطبيعية عن خزانات السدود كثيراً من الناحيتين الجيومورفومترية والهيدروليكية (Hayes *et al.*, 2017). تمتلك السدود التخزينية نسب تصريف أعلى بكثير مقارنة بالبحيرات الطبيعية (مساحة مستجمع المياه إلى مساحة السطح) وبالتالي فهي تتلقى مواد أكثر من المستجمعات على أساس المساحة. علاوةً على ذلك، تتميز السدود بسرعات ترسيب عالية ولكن إنتاجية أعلى بسبب أزمنة احتجاز الماء القصيرة نسبياً ومعالجة مواد أكثر مقارنة بوحدة المساحة من مياه البحيرات الطبيعية. بالتالي، فإن هذا التغير سيؤدي إلى تبدل التفاعلات البيوجيوكيميائية لكل من C، N، P بالإضافة إلى تفاعلاتها الكيميائية المتداخلة. إن المغزى الأهم من هكذا نشاطات هو زيادة النسب C:P و N:P كلما ازداد زمن احتجاز الماء في السدود (شكل 8). مقارنة بأنواع المياه السطحية الأخرى فإن مياه السدود تعد مستقر غير متكافئ بشكل كبير للحوض الصباب ولكل أنواع العناصر. إنها تحتجز كميات ضخمة من الرواسب. ازدادت النسبة C:P مع زيادة زمن احتجاز الماء أمام السد ووصلت حتى (391) في شهر أيلول وإلى (981) في شهر تشرين الثاني وهذا متوافق مع (They *et al.*, 2017). وأيضاً سجلت أعلى قيمة لها في النهر 124 في شهر تشرين الأول حيث أقل منسوب للنهر.

يُشير معامل التحديد بين NPOC و TN في مياه النهر ( $R^2 = 0.14$ ) والسد ( $R^2 = 0.11$ ) إلى أنّ أي زيادة في الكربون الكلي العضوي تكون مترافقة بنفس الوقت مع زيادة في الآزوت الكلي (شكل 9). ورغم أن الآزوت والفسفور ليسا جزءاً مباشراً من عملية تثبيت الكربون البيوكيميائية، إلا أنّ هذان المغذيان الرئيسيان ضروريان من أجل المنتجين الأوليين لإنتاج جزيئات حيوية مثل النيوكليوتيدات، والبروتينات، والليبيدات. وخصوصاً في السد حيث النباتات المائية والأشنيات وهذا ما ذكر في بعض الدراسات السابقة (Ahlgren, 2018; Elser *et al.*, 2007). تُشير دراسة (Thurman and Von Wachenfeldt, 2009) إلى أنّ وجود تراكيز عالية من المادة الدبالية في المياه يؤثر في دورتي النترجين والفسفور، لأنّ كلا العنصرين يرتبطان بشكل طبيعي بالمادة العضوية. في الظروف الطبيعية، ترتبط زيادة تركيز الكربون العضوي الكلي في المياه بزيادة مصادر الآزوت والفسفور وبشكل أساسي بالجزيئات في الأنهار. إنّ هذا الارتباط الموجب يدل على أنّ غالبية C، N، P متواجدة على شكل عضوي، حيث يتم إطلاق المواد المغذية المرتبطة عضوياً من خلال التحلل الحيوي أو التحلل الضوئي الذي يؤثر في نوعية المياه، والإثراء الغذائي. إنّ دراسة علاقات الارتباط بين المصدر من النهر من NPOC، TN، P وتركيز البحيرة بنفس الزمن ومن خلال الدراسة الاحصائية تشير إلى نسبة كبيرة من الاختلافات. بالتالي لا يمكن التنبؤ بين المصدر والبحيرة ولكن يمكن التنبؤ داخل الموقع الواحد. كما لوحظ عدم تطابق بين التراكيز المتوقعة والملاحظة. ومع ذلك، فإن هذا النهج العملي البسيط مفيد في تصنيف المواقع الثلاث وفقاً لنوعية مياهها.



شكل (8) تغيرات النسبة C:P في مياه المواقع المدروسة خلال الفترة (2018-2019)



شكل (9) يبين معامل التحديد بين تراكيز الكربون والأزوت في مياه النهر والسد

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- 1) بيّنت الدراسة وجود فروق معنوية ( $P < 0.05$ ) لمتوسطات تراكيز الكربون العضوي الكلي في نقاط الاعتيان المحددة.
- 2) أيدت الدراسة الفرضية القائلة بأنّ محتوى الكربون العضوي الكلي في مياه السدود المائية الصافية يرتبط بمحتوى كل من الفوسفور والأزوت الكلي.
- 3) يمكننا استخدام الكربون العضوي الكلي كمؤشر في التحليلات المقارنة للحالة التغذوية في مصادر المياه المختلفة وهو مؤشر أقوى بكثير من الأزوت والفوسفور للمياه الحديثة الاغتناء الغذائي.
- 4) حسب معايير البحث الخاصة بالكربون والنيتروجين والفوسفور، يُعد إنشاء محطة تنقية مياه للشرب على نفق ري عين البيضا اختيار صحيح ومثالي.



**التوصيات:**

- (1) توجيه الجهود لتقليل المحتوى العضوي في بحيرات السدود لتحسين كفاءة معالجة المياه عند بناء محطات التنقية. الأمر الذي سيؤدي إلى تحسين طويل الأجل لجودة المياه، وخفض محتوى DBP<sub>s</sub>، واستقرار أفضل لمواد التعقيم، وسيقلل من شكاوى المستهلكين حول الطعم والرائحة، وسيقلل من نمو البكتيريا في شبكات توزيع مياه الشرب.
- (2) توجيه جميع الدراسات البيوجيوكيميائية ومراكز أخذ القرار المتعلقة بحماية البيئة لدراسة نسب العناصر المتفاعلة C:N:P ودوراتها مع بعضها البعض، وعدم دراسة كل مؤشر بمفرده في مصادر المياه وخصوصاً عند دراسة السدود والشبكات لأن هذه النسب هي سمة أساسية مرتبطة بالدورة البيوجيوكيميائية.

**Reference:**

1. (APHA) American Public Health Association Standard methods for examination of water and wastewater. Eaton, A.D., Clesceri, L.S., and Greenberg, A.E. 20th Edition, American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation, Washington, DC. U.S.A, 1998.
2. ABBAS, J. *The criteria used in the future expectations of the Arab water reality*. Research Journal of Aleppo University - Agricultural Science Series, 2003.
3. ADJEMIAN, J. *Geological map of Syria explanatory notes of Lattakia sheet N 136-X- 4- B, Scale 1:50.000*. Ministry of petroleum and mineral resources Syria. General establishment of geology and mineral resources, Damascus, 1997, pp 181.
4. AHLGREN, M. *Organic nitrogen and carbon in Swedish rivers: Increasing trends from 1987-2017*. Bachelor degree thesis, Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University, Sweden, 2018, Student thesis series INES nr 452.
5. AL ALI, MARINA ASEF. A. *Using Hydrological modeling techniques in integrated management of Al-Kabir Al-Shamali Basin*. Syria, Doctoral thesis, Tishreen University, faculty of agriculture, 2018, pp 134.
6. ANJUM, R; GAO, J; TANG, Q; HE, X; ZHANG, X; LONG, Y; SHI, Z and WANG, M. *Linking sedimentary total organic carbon to <sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub> chronology from Changshou Lake in the Three Gorges Reservoir Region, China*. Chemosphere, 2017 May;174: 243-252.
7. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st edn. Total organic carbon (NPOC): high temperature combustion method (5310 A and 5310 B), 2005.
8. CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22, 1977, 361–369.
9. CHEN, M; ZENG, G; ZHANG, J; XU, P; CHEN, A and LU, L. *Global Landscape of Total Organic Carbon, Nitrogen and Phosphorus in Lake Water*. Scientific Reports, 2015; 5: 15043.
10. CUDOWSKI, A; GÓRNIK, A.S and WIEĆKO, A. *Hydrochemical diversity of semi-natural water system on the background of environmental conditions*. *Environ Monit Assess.* 2015, 187(6):327.
11. DICKSON, A.G; SABINE, C.L; CHRISTIAN, J.R; (EDS.). *Guide to Best practices for ocean CO2 measurements*. PICES Science Report 2007, No. 34.
12. DUNALSKA, J. A. *Total organic carbon as a new index for monitoring trophic states in lakes*. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, Vol 40, 2011, 112–115.

13. DUNALSKA, J. *Variability of organic carbon forms in lake ecosystems of varying trophic state*. Wyd. UWM Olsztyn, 2009, pp. 115.
14. ELSER, J. J., And OTHERS. *Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems*. Ecol. Lett. 10, 2007, 1135– 1142.
15. HAAS, M; BAUMANN, F; CASTELLA, D; HAGHIPOUR, N; REUSCH, A; STRASSER, M; T. EGLINTON; and N. DUBOIS. *Roman-driven cultural eutrophication of Lake Murten, Switzerland*. Earth and Planetary Science Letters 505, 2019, 110–117.
16. HAMMAD, Y. A 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. Syrian Arab Republic, Vol.32, No.1, 2010, pp. 135- 154.
17. HAYES, N. M.; B. R. DEEMER; J. R. CORMAN; R. RAZAVI and K. E. STROCK. *Key differences between lakes and reservoirs modify climate signals: A case for a new conceptual model*. Limnol. Oceanogr. Lett. 2, 2017, 47–62.
18. LAL, R. *Soil erosion and the global carbon budget*. Environ Int 29, 2003, 437–450.
19. MAAVARA T, LAUERWALD R, REGNIER P and VAN CAPPELLEN P. *Global perturbation of organic carbon cycling by river damming*. Nature Communications, May 2017. 8:15347.
20. MARANGER, R; E. STUART; S.E. JONES; J. B. COTNER; *Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus through the freshwater pipe*. Limnology and Oceanography Letters 3, 2018, 89–101.
21. MCDONALD, C. P.; E. G. STETS; R. G. STRIEGL; and D. BUTMAN. *Inorganic carbon loading as a primary driver of dissolved carbon dioxide concentrations in the lakes and reservoirs of the contiguous United States*. Global Biogeochem. Cycles 27, 2013, 285–295.
22. MENDONCA, R., R. A. MEÜLLER, D; CLOW, C; VERPOORTER, P; RAYMOND, L. J; TRANVIK, and S. SOBEK.. *Organic carbon burial in global lakes and reservoirs*. Nat. Commun. 2017, 8: 1694.
23. OKI, T; and KANAE, S. *Global Hydrological Cycles and World Water Resources*. Science, 2006, vol 313.
24. PAERL, H. W. *It takes two to tango: When and where dual nutrient (N & P) reductions are needed to protect lakes and downstream ecosystems*. Environ. Sci. Technol. 50, 2016,10805–10813.
25. PALVIAINEN, M; LAURÉN, A; LAUNIAINEN, S and SIRPA PIIRAINEN, S. *Predicting the export and concentrations of organic carbon, nitrogen and phosphorus in boreal lakes by catchment characteristics and land use: A practical approach*. Ambio. Dec; 45(8), 2016, 933–945.
26. SCHLESINGER, W. H., and E. S. BERNHARDT. 2013. *Biogeochemistry: An analysis of global change*. Elsevier/Academic Press.
27. SHIKLOMANOV, I. A; RODDA, J. C. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, 2004, pp (435).
28. SOUED, C., P. A. DEL GIORGIO, and R. MARANGER. *Patterns in N<sub>2</sub>O fluxes across boreal aquatic networks challenge global emission models*. Nat. Geosci. 9, 2016, 116–120.
29. The Syrian Arab Organization for Standardization & Metrology. *Drinking Water - Second Review S.N.S: 45 / 2007*. Ministry of industry.

30. THEY, N.H; AMADO, A. M; and COTNER, J. B. *Redfield Ratios in Inland Waters: Higher Biological Control of C:N:P Ratios in Tropical Semi-arid High Water Residence Time Lakes*. Front Microbiol, 2017; 8: 1505.
31. THURMAN LJ and VON WACHENFELDT, E. *Interactions of dissolved organic matter and humic substances*. In: Likens GE (ed) *Biogeochemistry of inland waters*. Academic/Elsevier, Oxford, 2009, pp 464–470.
32. TRANVIK, L. J., and OTHERS. *Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate*. Limnol. Oceanogr. 54, 2009, 2298–2314.
33. WANG, L; YEN, H; XINHUI E; CHEN, L; and WANG,Y. *Dissolved organic carbon driven by rainfall events from a semi-arid catchment during concentrated rainfall season in the Loess Plateau, China*. Hydrol. Earth Syst. Sci. Vol ( 23) No(7) 2019, 3141–3153.
34. WETZEL, R.G. *Limnology lake and reservoir ecosystems*. Academic Press, 2001, San Diego.
35. World Health Organization *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed.; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2011.
36. ZEHR, J. P; and B. B. WARD. *Nitrogen cycling in the ocean: New perspectives on processes and paradigms*. Appl. Environ. Microbiol. 68, 2002, 1015–1024.