

تحديد تركيز الفوسفور العضوي واللاعضوي في رسوبيات مصبي نهر الكبير الشمالي ونهر الحصين

الدكتور حسام الدين لايقة*

الدكتور حازم كراوي**

رشا الحايك***

(تاريخ الإيداع 21 / 5 / 2015. قُبِلَ للنشر في 6 / 7 / 2015)

□ ملخص □

تتناول هذه الدراسة التوزيع المكاني والزمني للفوسفور العضوي واللاعضوي في العمود الرسوبي لمنطقة مصبي نهر الكبير الشمالي ونهر الحصين خلال الفترة الممتدة من آذار 2013 ولغاية شباط 2014. تراوح تركيز الفوسفور العضوي بين $2.0 - 207.6 \mu\text{g/g}$ في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي، وبين $1.7 - 130.9 \mu\text{g/g}$ في رسوبيات مصب نهر الحصين، بينما تراوح محتوى الرسوبيات من الفوسفور اللاعضوي بين $12.4 - 371.2 \mu\text{g/g}$ في مصب نهر الكبير الشمالي، وبين $2.0 - 242.6 \mu\text{g/g}$ في مصب نهر الحصين. لم يلعب التركيب الحبيبي للرسوبيات دوراً ملحوظاً في التوزيع الزمني والمكاني للفوسفور العضوي واللاعضوي. تدرج بشكل عام تركيز الفوسفور العضوي واللاعضوي في الانخفاض بدأ من الشتاء إلى الصيف من جهة، وبالانتقال في عمق العمود الرسوبي من جهة أخرى. ازدادت نسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي في الرسوبيات المدروسة بالانتقال من المياه النهرية إلى المياه البحرية، كما ازدادت هذه النسبة تدريجياً مع ازدياد عمق الرسوبيات. كانت هذه النسبة أيضاً مرتفعة في فصل الشتاء ومنخفضة في فصل الصيف.

الكلمات المفتاحية: الفوسفور العضوي، الفوسفور اللاعضوي في رسوبيات مصبات الأنهار .

* مدرس - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الكيمياء البحرية - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Determining Organic and Inorganic Phosphorus Concentration in Sediment Columns, in Al-Kabir Al-Shimali and Al-Hussain Estuaries

Dr. Hussam Eddin Laika^{*}

Dr. Hazem Krawi^{**}

Rasha Al-Hayek^{***}

(Received 30 / 8 / 2015. Accepted 8 / 11 / 2015)

□ ABSTRACT □

This study deals with spatial and temporal distributions of organic and inorganic phosphorus in sedimentary columns from Al-Kabir Al-Shimali and Al-Hussain estuaries, during the period March 2013- February 2014.

Organic phosphorus concentrations ranged between (2.0 - 207.6) $\mu\text{g/g}$ in sediments from Al-Kabir Al-Shimali estuary, and from (1.7 - 130.9) $\mu\text{g/g}$ in sediments from Al-Hussain estuary. Sediment content of inorganic phosphorus ranged between (12.4 - 371.2) $\mu\text{g/g}$ at sediments from Al-Kabir Al-Shimali estuary, and from (2.0 - 242.6) $\mu\text{g/g}$ at Al-Hussain estuary. Granular composition of sediments did not play a significant role in the temporal and spatial distributions of organic and inorganic phosphorus.

In general, organic and inorganic phosphorus concentrations decreased gradually from winter to summer, and from surface layers of the sedimentary column towards the deeper layers.

The ratio between inorganic and organic phosphorus increased from river into marine sediments. In addition, this ratio increased gradually as the sediment depth increased, and was high in winter and low in summer.

Key words: Organic Phosphorus, Inorganic Phosphorus, Estuaries Rivers Sediments.

* Assistant Professor, Marine Chemistry Department - High Institute of Marine Research - Latakia - Syria.

** Assistant Professor, Marine Chemistry Department - High Institute of Marine Research - Latakia - Syria.

*** Postgraduate student, Marine Chemistry Department - High Institute of Marine Research - Latakia - Syria.

مقدمة:

ساهم تزايد عدد السكان في الآونة الأخيرة على طول المنطقة الساحلية في تعزيز الإثراء الغذائي في المسطحات المائية العذبة والبحرية الواقعة على طول الواجهة البيئية بين البحر و اليابسة (Martin *et al.*, 2010). تعد النفايات السائلة والصلبة الناجمة عن الأنشطة البشرية المتنوعة (المنزلية والزراعية والصناعية) المصدر الرئيس للكربون والنيتروجين والفسفور والتي تلعب دوراً هاماً في عملية الإثراء الغذائي (Gireeshkumar *et al.*, 2012). تقود الأنشطة البشرية إلى تغيرات في الدورات الأساسية لهذه العناصر الحيوية و إلى زيادة الإنتاجية الأولية عبر ظاهرة الإثراء الغذائي ومن ثم استنفاد الأكسجين المنحل في الماء وبالتالي اختلال التنوع الحيوي وانخفاض إنتاجية الأسماك وتدهور نوعية المياه (Cotovicz *et al.* 2013).

تتميز منطقة مصبات الأنهار بإنتاجية عالية، تعود بشكل أساسي إلى ماتحملة مياهها من مغذيات إلى البحر (Denis and Grenz, 2003)، كما تلعب رسوبيات مصبات الأنهار والمناطق الشاطئية دوراً بيئياً هاماً نظراً لقدرتها على تخزين أو تحرير مختلف المركبات من وإلى العمود المائي (Van Beusekomet *et al.*, 2009; Brigolin *et al.*, 2011).

تحظى دراسة تغيرات الفوسفور العضوي واللاعضوي في الرسوبيات بأهمية خاصة كونها تقيم فكرة عن الحياة القاعية السائدة في النظام البيئي المدروس وترتبط تغيراته بالدورة البيولوجية والبيوكيميائية (Sanudo-Wilhelmy *et al.*, 2001; Ryba and Burgess, 2002)، حيث يعتبر الفوسفور أحد العناصر الضرورية للكائنات الحية المحددة لنمو وتكاثر العوالق النباتية ويدخل في تركيب المركبات الحيوية الهامة كالحموض النووية وعدد من المركبات الحيوية الأخرى ويقوم بتخزين ونقل الطاقة في خلايا الكائنات الحية (Faulet *et al.*, 2005; Brandes *et al.*, 2007).

يتواجد الفوسفور في الرسوبيات بالشكل العضوي كالفوسفوليبيدات والفوسفوروتينات وغيرها، ويتواجد أيضاً بالشكل اللاعضوي على شكل شوارد الأورتوفوسفات وبشكل متعدد الفوسفات (Krom *et al.*, 2004). يعد الحث القاري وانجراف الأتربة وتفكك المواد العضوية الحاوية على الفوسفور من المصادر الطبيعية الرئيسة للفوسفور (Ruttenberg, 2005; Aviles *et al.*, 2006).

يتأثر توزيع الفوسفور العضوي واللاعضوي في الرسوبيات السطحية بالبعد عن نقطة مصب النهر من جهة وبالجمم الحبيبي للرسوبيات وبملوحة المياه وعمق الرسوبيات من جهة أخرى، والتي بدورها تتأثر بحركة المد والجزر (Fisher *et al.* 2006; Bouwman *et al.* 2009)، وغالباً ما يكون الشكل اللاعضوي للفوسفور (الأباتيت) هو الأكثر وفرة، حيث يشكل أكثر من ثلثي الفوسفور الكلي (Aviles *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2004).

أهمية البحث وأهدافه:

تتبع أهمية البحث من أهمية الشاطئ السوري كمورد اقتصادي هام للسياحة والثروة السمكية وكموقع بيئي حساس يتعرض لمصادر مختلفة من الملوثات العضوية واللاعضوية.

يهدف البحث إلى:

1. تقدير تركيز الفوسفور العضوي واللاعضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي ومصب نهر الحصين
2. دراسة توزيعه الزمني والمكاني (أفقياً وعمودياً) في هذه الرسوبيات

3. تحديد العوامل المؤثرة على توزع أشكال الفوسفور في الرسوبيات المدروسة.

طرائق البحث ومواده:

مناطق جمع العينات:

تم جمع عينات فصلية من العمود الرسوبي (حتى عمق 10cm) بواسطة اسطوانة من البولي فينيل كلوريد (P.V.C) من مصبي نهر الكبير الشمالي و نهر الحصين خلال الفترة الممتدة من آذار 2013 ولغاية شباط 2014، حيث تم أخذ العينات الرسوبية من مواقع مختلفة من منطقة مصب نهر الكبير الشمالي (SK1: عينة رسوبية نهريّة ، SK2: نقطة المصب، SK3: يسار نقطة المصب، SK4: يمين نقطة المصب، SK5: بحرية على امتداد نقطة المصب)(الشكل 1) ومن منطقة مصب نهر الحصين (SH1 : عينة رسوبية نهريّة ، SH2: نقطة المصب، SH3: يسار نقطة المصب، SH4: يمين نقطة المصب، SH5: بحرية على امتداد نقطة المصب)(الشكل 2) .



الشكل (1) مواقع الاعتيان في مصب نهر الكبير الشمالي



الشكل (2) مواقع الاعتيان في مصب نهر الحصين

تم تقسيم العينة الرسوبية إلى شرائح بسماكة (2cm) باستخدام مكبس يدوي وسكين من الستانلسستيل وذلك لدراسة توزع أشكال الفوسفور في طبقات الرسوبيات. جففت العينات عند الدرجة (80 °C) لمدة أربع وعشرون ساعة بواسطة مجفف حراري ماركة Blue M (الداش، 1994). تم استبعاد الحصى الكبيرة الحجم نسبياً من العينات باستخدام

منخل قطر فتحاته 2mm و بذلك اقتصرت الدراسة على حبيبات الرسوبيات التي لا تتجاوز أبعادها هذا القطر. حفظت العينات في عبوات محكمة الإغلاق ووضعت في الظلام و في درجة حرارة الغرفة حتى لحظة إجراء التحاليل المطلوبة. **استخلاص العينات:**

تم استخلاص الفوسفور اللاعضوي من الرسوبيات بإضافة حمض كلور الماء I M إلى العينة الرسوبية، ثم وضعت على هزاز لمدة 16 ساعة و رشحت الخلاصة (Aspila et.al, 1976). تم استخلاص إجمالي الفوسفور (العضوي و اللاعضوي) بنفس الطريقة السابقة ولكن بعد حرق العينة الرسوبية لمدة ساعة واحدة عند الدرجة 450°C (Aspila et.al, 1976). تم اعتماد طريقة رايلي و مورفي (Grasshoff et al., 1999) لتحديد تركيز شوارد فوسفات في الخلاصات. تعتمد الطريقة المتبعة على تفاعل موليبدات الأمونيوم مع شوارد الفوسفات بوجود الانتومان الثلاثي كوسيط للحصول على حمض الفوسفوموليبدات، يرجع المعقد الناتج بواسطة حمض الاسكوريك لإعطاء أزرق الفوسفوموليبدن الذي يمتص الضوء عند طول موجة 885 nm. حدد تركيز الفوسفور العضوي من الفرق بين تركيز الفوسفور الاجمالي وتركيز الفوسفور اللاعضوي في العينة (Aspila et.al, 1976).

التوزيع الحجمي لمكونات الرسوبيات (التحليل الميكانيكي) بطريقة الهيدرومتر:

يؤخذ 40g من الرسوبيات الجافة في بيشر ساعة 600ml يضاف لها 60ml من المحلول المشتت (Dispersing Solution)، والذي يحضر بحل 40g من هيكسا ميثا فوسفات الصوديوم و 10g من كربونات الصوديوم في ليتر ماء مقطر). نقلتفي اليوم التالي محتويات البيشر إلى كأس الخلاط الميكانيكي عالي السرعة، ثم رج الخليط لمدة 3 دقائق. نقلت محتويات الكأس إلى اسطوانة هيدروميترية (Hydrometre jar)، حيث أكمل الحجم إلى 1 ليتر بإضافة الماء.

لتحضير عينة الشاهد، تم تخفيف 60ml من المحلول المفرق إلى ليتر في اسطوانة هيدروميترية بإضافة الماء، وتم مزج المعلق جيداً وأخذت القراءة للشاهد باستخدام هيدرومتربايكوس (ASTM رقم 152H).

تم تقدير نسبة السلت (الحبيبات التي يقل قطرها عن ال 1000/1 mm) و الطين بخلط المعلق من الأسطوانات الهيدرومترية بوضع الهيدرومتر في الأسطوانة وأخذت القراءة الأولى فوراً ، ثم أخذت القراءة الثانية للهيدرومتر بعد مرور أربع دقائق (الزمن اللازم لترسب الرمل). تم حساب النسبة المئوية للطين و السلت من العلاقة: النسبة المئوية للسلت و الطين = (القراءة الأولى - القراءة الثانية) * 100 / وزن الرسوبيات الجافة (g). تم تقدير نسبة الطين بتحريك المعلق من جديد ووضع الهيدرومتر في السائل وأخذت القراءة الأولى ومن ثم أخذت القراءة الثانية بعد مرور ساعتين (الزمن اللازم لترسب الرمل و السلت) .

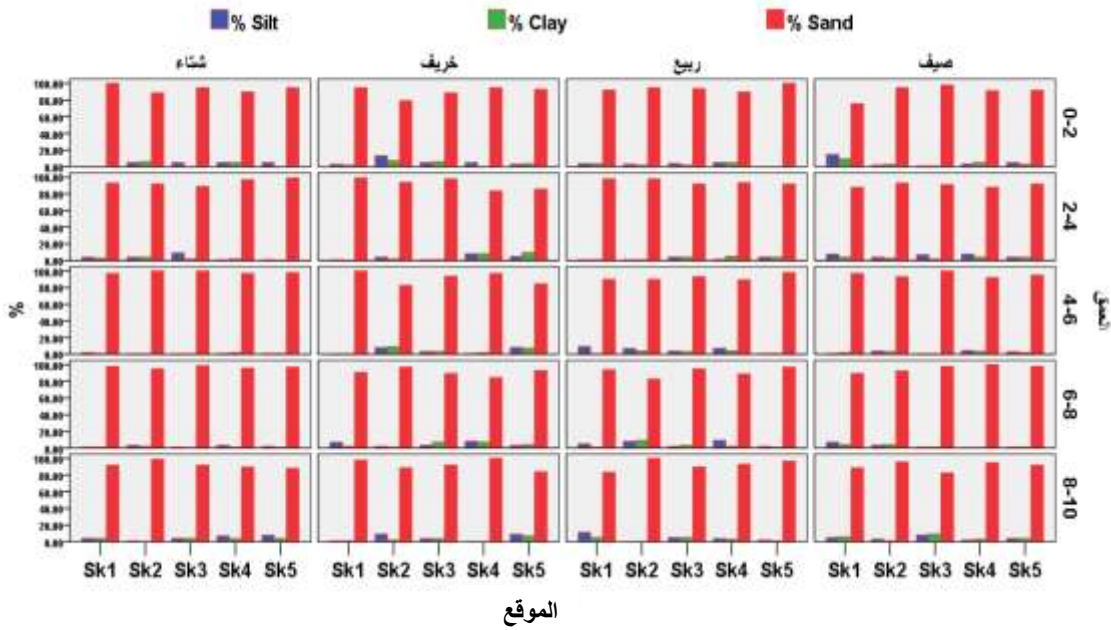
النسبة المئوية للطين = (القراءة الأولى مباشرة - القراءة الثانية) * 100 / وزن الرسوبيات الجافة (g) وتم تقدير نسبة المئوية للسلت من: السلت % = مجموع النسبة المئوية (السلت + الطين) - نسبة الطين المئوية وتقدير الرمل من: نسبة الرمل % = 100 - (الطين % + السلت %).

النتائج والمناقشة:

التركيب الحبيبي للرسوبيات:

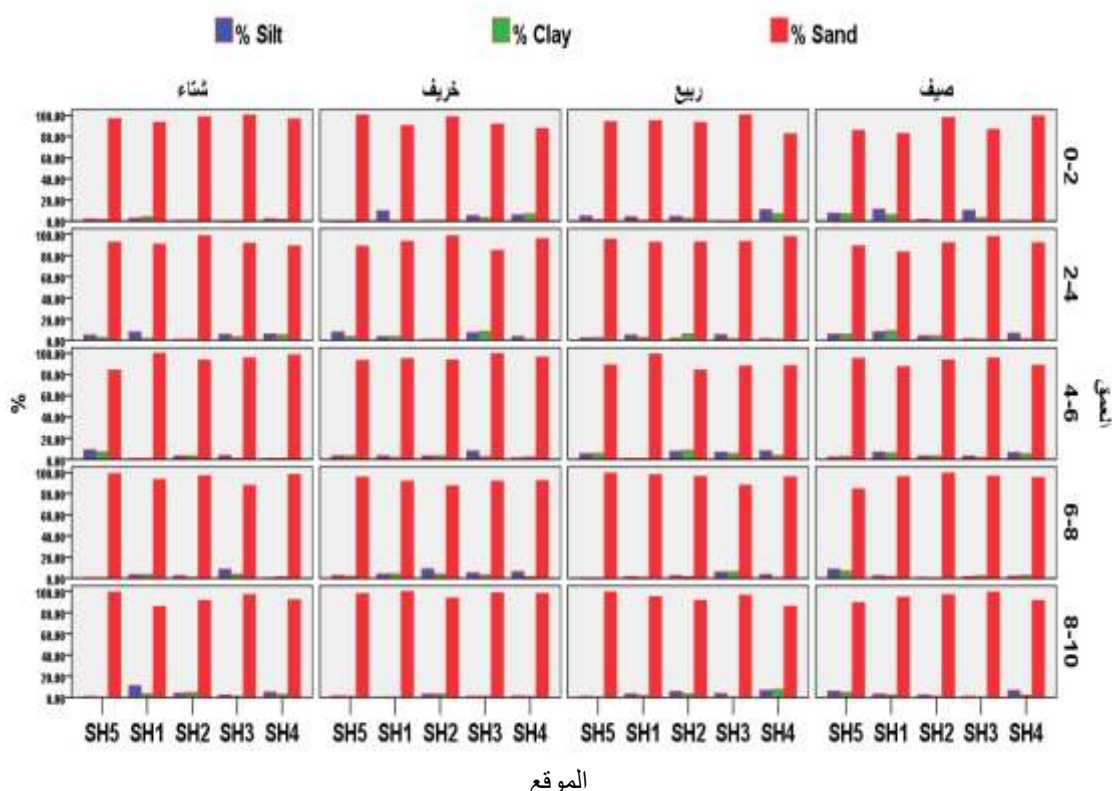
يظهر (الشكل 3) توزعاً متجانساً إلى حد ما للتركيب الحبيبي لرسوبيات نهر الكبير الشمالي، حيث تميزت الرسوبيات بنسبة عالية من الرمل ونسبة ضئيلة من الطين والسلت ، ففي فصل الشتاء سجلت الحبيبات ذات الحجم

الأكبر (الرمل) أعلى نسبة لها (100 %) في الموقع SK1 (العينة النهرية) في العمق 0-2cm، و انخفضت نسبة الرمل إلى أدنى قيمة لها 75.6% في العينة المأخوذة من نقطة المصب (SK1) في فصل الصيف. ترتبط هذه التغيرات بالقوى الهيدروديناميكية الناجمة عن سرعة جريان مياه النهر وحركات الأمواج بين الصيف والشتاء إذ أن الأمواج تأخذ الرمال في الشتاء وتعيدها في الصيف. سجلت أعلى نسب للطين في الموقع SK1 (9.5%) في فصل الصيف في العمق 0-2cm، وأدنى قيمة 0.0 في الموقع SK1 في فصل الشتاء على عمق 0-2cm. رصدت أعلى نسبة للسلت 14.8 % في الموقع SK1 في العمق 0-2cm في فصل الصيف، بينما كانت معدومة في الربيع عند العمق 8-10cm في الموقع SK2.



(الشكل 3) التركيب الحبيبي لرسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي

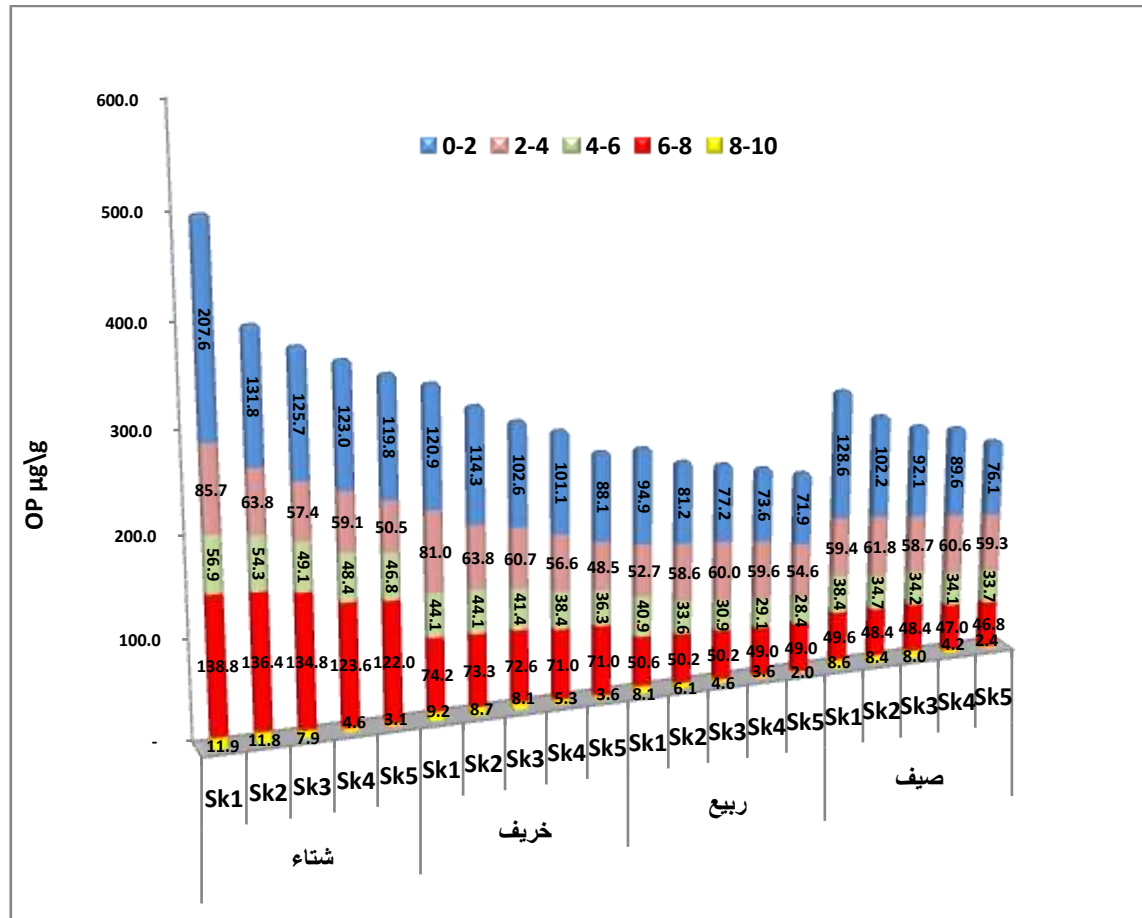
تشابه التركيب الحبيبي لرسوبيات منطقة مصب نهر الحصين مع التركيب الحبيبي لرسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي، إذ يبين (الشكل 4) توزيعاً شبه متجانس للتركيب الحبيبي في رسوبيات نهر الحصين، حيث سجلت الحبيبات ذات الحجم الكبير (الرمل) أعلى نسبة (100 %) في الموقع SH3 في فصل الشتاء في العمق 0-2cm وأدنى نسبة للرمل في الموقع SH4 في فصل الربيع وقدرها 82.29% في العمق 0-2cm. ظهرت أكبر نسبة من السلت في فصل الصيف في الموقع SH1 وبلغت 11.35 % في العمق 0-2cm، بينما كانت معدومة في فصل الشتاء في الموقع SH1. بلغت نسبة الطين أعلى قيمة في الموقع SH1 وبلغت 8.89 % في فصل الصيف على العمق 2-4cm، و كانت معدومة في فصل الشتاء في الموقع SH1 على العمق 4-6cm. لم تظهر النتائج تدرجاً واضحاً في الحجم الحبيبي لمكونات الرسوبيات تبعاً للموقع أو لفصول السنة نظراً لسيادة الرمل على السلت والطين وهي مرتبطة بالطبيعة الرملية للامتدادات الشاطئية. تتفق هذه النتيجة مع نتائج التقرير النهائي للمعهد العالي للبحوث البحرية (إبراهيم، 2011)، وبالتالي يمكن القول بأن صغر مساحة الادمصاص للسطوح الرملية بالمقارنة مع السلت والطين سوف تساهم في انتقال المغذيات من الرسوبيات إلى العمود المائي (Zhu et al., 2012).



الشكل (4) التركيب الحبيبي لرسوبيات مصب نهر الحصين

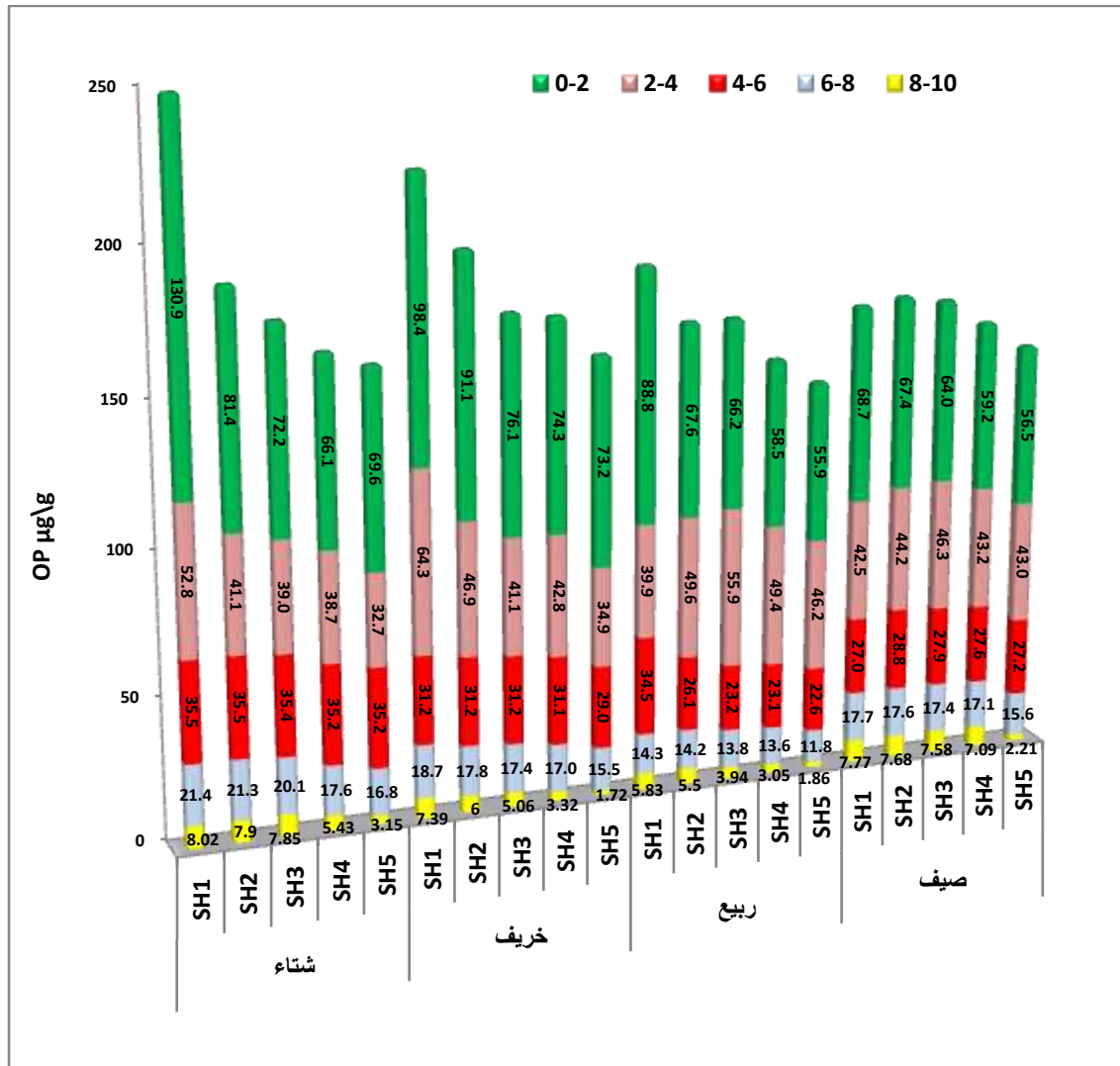
- التوزيع للفوسفور العضوي (OP) في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي ومصب نهر الحصين:

تتراوح محتوى رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي من الفوسفور العضوي خلال فترة البحث بين 2.0 $\mu\text{g/g}$ و 207.6 $\mu\text{g/g}$. سجلت أدنى قيمة على العمق 8-10cm خلال فصل الربيع في الموقع SK5، بينما كانت أعلى قيمة في فصل الشتاء على العمق 0-2cm في الموقع SK1 (الشكل 5). تتراوح محتوى رسوبيات مصب نهر الحصين خلال فترة البحث ما بين 107 $\mu\text{g/g}$ و 130.9 $\mu\text{g/g}$ ، حيث سجلت أدنى قيمة في العمق 8-10cm خلال فصل الخريف في الموقع SH5، بينما رصدت أعلى قيمة في فصل الشتاء على عمق 0-2cm في الموقع SH1 (الشكل 6). تدرج شكل عام تركيز الفوسفور العضوي في الانخفاض بدءاً من الشتاء إلى الخريف من جهة، كما انخفض التركيز بالانتقال في عمق العمود الرسوبي بدءاً من الطبقة السطحية 0-2cm وحتى العمق 8-10cm في جميع فصول السنة، وهي نتائج متوافقة مع نتائج (Liu *et al.*, 2004)، الذي لاحظ تناقصاً متدرجاً لمحتوى الرسوبيات من الفوسفور العضوي في مصبات الأنهار في بحر بوهاي تبعاً لزيادة عمق الطبقة الرسوبية. لوحظ في فصل الصيف أن تركيز الفوسفور العضوي كانت أعلى مما هي عليه في الربيع بسبب انخفاض تصريف مياه النهر وارتفاع تركيز حمولة النهر من الصرف الصحي والمياه العادمة، ولكنها حافظت على التدرج ما بين المواقع من النهر إلى البحر ومن الطبقات السطحية وحتى العميقة.



(الشكل 5) التوزيع الفصلي للفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي

تعود التغيرات الفصلية لمحتوى الرسوبيات من الفوسفور العضوي إلى اختلاف غزارة مياه النهر تبعاً لتغير الفصول، حيث تكون الغزارة منخفضة في فصل الصيف وعالية في فصل الشتاء بسبب الهطولات المطرية والتي تنقل معها الأسمدة الفوسفاتية من الأراضي الزراعية وكذلك بقايا النباتات إضافة إلى ما تنقله مياه الأنهار من مخلفات القرى والمنشآت الصناعية ومياه الصرف الصحي. اختلفت تراكيز الفوسفور العضوي تبعاً للعمق وعمر الرسوبيات، حيث كانت القيمة أعلى في الرسوبيات الحديثة (السطحية) نظراً لانخفاض القسم المتمعدن من الفوسفور، وكانت أقل في الرسوبيات القديمة نظراً لارتفاع درجة تمعدنه. تتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه (Cotoviczet al., 2013) حول توزيع الفوسفور في الرسوبيات السطحية لمصب نهر غواراتوبا (Guaratuba) في البرازيل، حيث انخفض محتوى الرسوبيات من الفوسفور بشكل عام بازدياد عمق الرسوبيات حتى العمق 15cm.



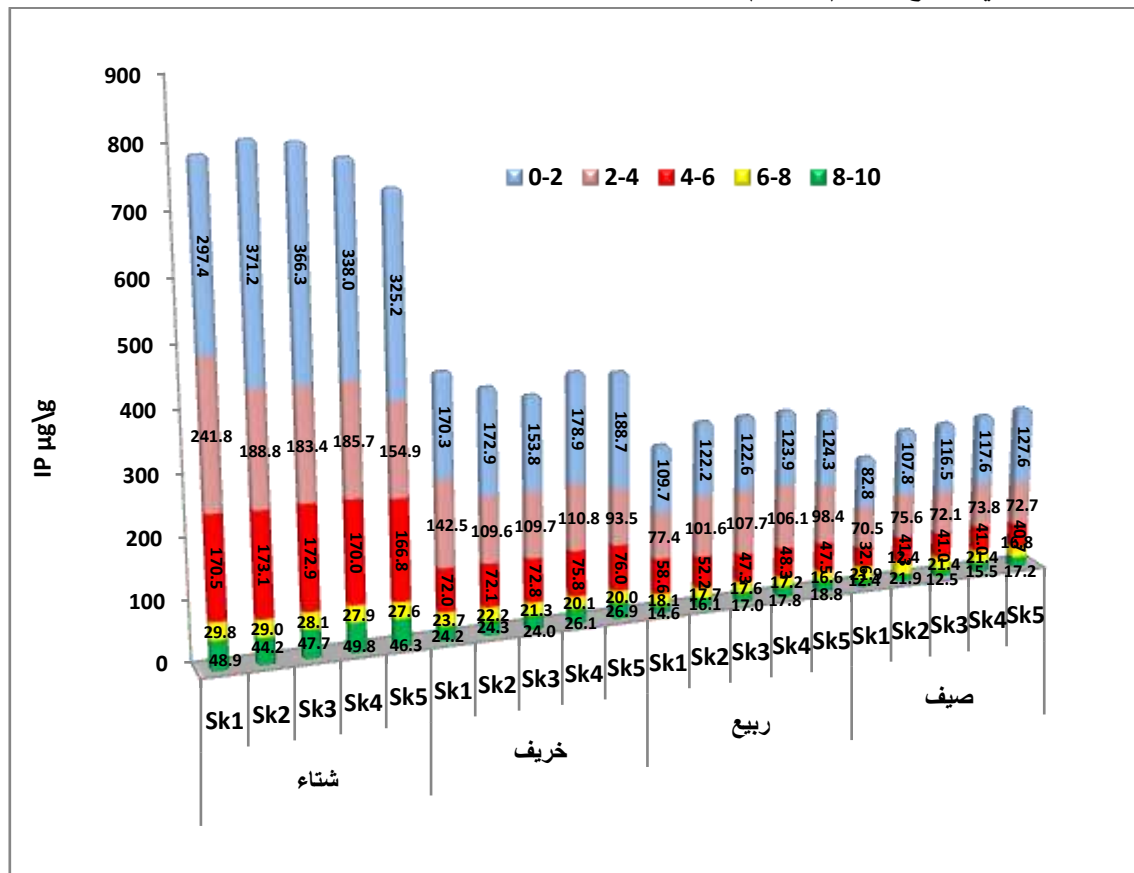
(الشكل 6) التوزيع الفصلي للفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الحصين

لدى مقارنة التوزيع الزمني والمكاني للفوسفور العضوي العمود الرسوبي لمصبي نهر الكبير الشمالي ونهر الحصين خلال فصول السنة، تبين أن تركيز الفوسفور العضوي كان بشكل عاماً على في مصب نهر الكبير الشمالي مقارنة مع مصب نهر الحصين. يمكن أن يعزى ذلك إلى الاختلاف في غزارة المياه المتدفقة من المصبين من جهة وإلى اختلاف وغزارة الأنشطة البشرية من جهة أخرى، حيث يبلغ طول نهر الكبير الشمالي ضمن الأراضي السورية حوالي 60 Km ويصل تدفقه الأعظمي $40 \text{ m}^3/\text{S}$ ، ويبلغ تصريفه السنوي حوالي 183 مليون متر مكعب في السنويتميز حوض النهر بكثافة الغطاء النباتي وخصوبة الأراضي الزراعية وكثرة القرى والبلدات التي يمر بجوارها، وانخفاض مجراه عن المناطق المحيطة على جانبيه مما يجعل جريان الملوثات من الأطراف إليه أسهل، الأمر الذي جعل من سرير النهر مجماً متاحاً لتوريد الملوثات. يبلغ حجم التصريف السنوي لنهر الحصين حوالي 98 مليون متر مكعب في السنة أي حوالي نصف تصريف نهر الكبير الشمالي. يتشكل هذا النهر من عدة ينابيع صغيرة تبدأ من قرية السديانة في مصيف ثم ينابيع عين البيضة وعين السعد وغيرها ويكون ضعيف الغزارة إلى أن يصل إلى منطقة وادي العيون فيغذيه النبع الرئيسي الأقوى وهو نبع رأس النبع مما يجعله يتميز بغزارة في فصل الشتاء بسبب كثرة

الروافد التي تصب فيه، وفي فصل الصيف يستمر بغزارة جيدة تسمح للناس باستعماله في العديد من النشاطات كالسقاية والسباحة.

التوزيع للفوسفور اللاعضوي (IP) في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي ومصب نهر الحصين:

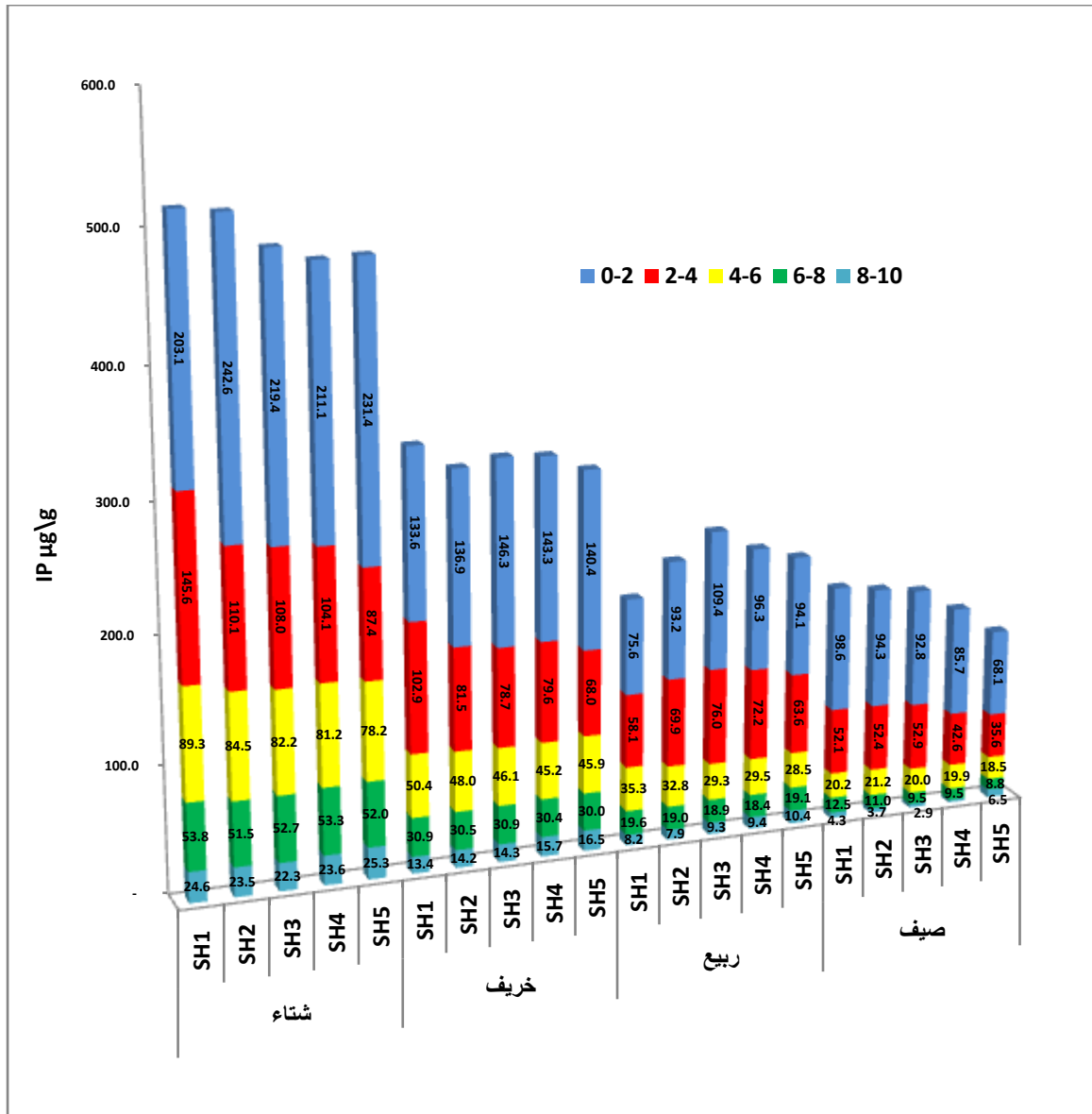
تراوح محتوى الرسوبيات من الفوسفور اللاعضوي في مصب نهر الكبير الشمالي خلال فترة البحث بين $12.4\mu\text{g/g}$ و $371.2\mu\text{g/g}$ ، حيث سجلت أدنى قيمة في العمق $8-10\text{cm}$ خلال فصل الصيف في الموقع SK1 والموقع SK2، بينما كانت أعلى قيمة في فصل الشتاء في العمق $0-2\text{cm}$ في الموقع SK2 (الشكل 7). تراوحت تراكيز الفوسفور اللاعضوي في رسوبيات مصب نهر الحصين خلال فترة البحث بين $2.0\mu\text{g/g}$ و $242.6\mu\text{g/g}$ ، حيث سجلت أدنى قيمة في العمق $8-10\text{cm}$ خلال فصل الصيف في الموقع SH4، بينما كانت أعلى قيمة في فصل الشتاء في العمق $0-2\text{cm}$ في الموقع SH2 (الشكل 8).



(الشكل 7) التوزيع الفصلي للفوسفور اللاعضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي

بشكل عام تدرج محتوى الفوسفور اللاعضوي بالانخفاض بدءاً من الشتاء باتجاه الصيف، كما انخفض من الرسوبيات السطحية $0-2\text{cm}$ وحتى العمق $8-10\text{cm}$ في جميع فصول السنة، هذا بالإضافة إلى انخفاض محتوى الرسوبيات من الفوسفور اللاعضوي بالانتقال من المياه النهرية إلى المياه البحرية نظراً لاختلاط مياه النهر الحاملة للفوسفور مع مياه البحر المالحة، مما يؤدي لارتفاع متدرج في درجة ملوحة هذا المزيج المائي كلما ابتعدنا عن المصب، إضافة للتغير في درجات الحرارة (Martin *et al.*, 2010). تعود التغيرات الفصلية في محتوى الرسوبيات من IP إلى اختلاف غزارة مياه النهر، ففي فصل الشتاء تحمل مياه الأمطار الأسمدة الفوسفاتية من الأراضي الزراعية

بشكلها اللاعضوي وكذلك بقايا النباتات إضافة إلى ما تنقله مياه الأنهار من مخلفات القرى والمنشآت الصناعية ومياه الصرف الصحي.



(الشكل 8) التوزيع الفصلي للفوسفور اللاعضوي في الرسوبيات من مصب نهر الحصين

توافقت نتائج التوزيع الأفقي للفوسفور اللاعضوي في رسوبيات مصبي نهري الكبير الشمالي والحصين مع الدراسات العالمية، حيث كانت أعلى القيم لمحتوى الرسوبيات السطحية من IP تقع في المواقع القريبة من فوهة مصب نهر "داليايو" - الصين- وفي المنطقة الانتقالية بين المواقع القريبة والمتوسطة البعد عن فوهة المصب وتتميز جميع هذه المواقع بوجود الرسوبيات الرملية-الصلتية، وانخفاض درجات الملوحة (Wang *et al.*, 2009)، كما أشارت الدراسة التي أجريت على رسوبيات مصب نهر غوادالفيو (Guadafeo) في البحر الأبيض المتوسط إلى أن الرسوبيات السطحية تعمل بمثابة خزان لتراكم الفوسفور بأشكاله المختلفة (Aviles *et al.*, 2006).

تبين لدى مقارنة التوزع الفصلي للفوسفور اللاعضوي فيرسوبيات مصبي نهر الكبير الشمالي ونهر الحصين خلال فصول الدراسة إلى أن تركيز الفوسفور اللاعضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي بوجه عام كانت أعلى مما هو عليه في مصب نهر الحصين. يمكن أن يعزى ذلك إلى ارتفاع التصريف السنوي لنهر الكبير الشمالي الذي يعادل حوالي ضعف ما هو عليه في نهر الحصين من جهة ولاختلاف حمولة هذه المياه من الفوسفور اللاعضوي الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة بين الموقعين من جهة أخرى. رصد أيضاً ارتفاع تركيز الفوسفور اللاعضوي في الطبقة السطحية للرسوبيات 2cm-10 لكل من مصبي نهر الكبير الشمالي والحصين خلال كافة فصول الدراسة مع ارتفاع ملحوظ في فصل الشتاء مقارنة مع بقية الفصول.

أظهرت النتائج تشابه التوزع الزمني والمكاني لمحتوى الرسوبيات من الفوسفور اللاعضوي بين مصبي النهرين من حيث الانخفاض المتدرج ابتداءً من فصل الشتاء وحتى الخريف وهذا ما توافق مع دراسات أخرى أجريت على الفوسفور اللاعضوي في أنهار مختلفة في إسبانيا (Camacho *et al.*, 2014) و التي بينت أن سبب الاختلافات في محتوى الرسوبيات من الفوسفور اللاعضوي تعود بشكل أساسي لاختلاف تدفقات الأنهار وماتحملة من الملوثات التي يمكن أن تساهم في زيادة تركيز الفوسفور .

وبمقارنة نسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي (الجدول 1) ومصب نهر الحصين (الجدول 2) نجد أن هذه النسبة تزداد بالانتقال من المياه النهرية إلى المياه البحرية، كما تزداد هذه النسبة تدريجياً مع ازدياد عمق الرسوبيات نظراً لارتفاع درجة تمعدن الفوسفور العضوي مع ازدياد عمق الرسوبيات (Cotoviczet *al.*, 2013). نلاحظ أيضاً أن هذه النسبة كانت مرتفعة في فصل الشتاء ومنخفضة في فصل الصيف، يمكن أن يعزى ذلك إلى ارتفاع كفاءة النشاط البكتيري الذي يحول الفوسفور العضوي إلى اللاعضوي مع ارتفاع درجة حرارة الوسط (Cotoviczet *al.*, 2013).

الجدول (1) نسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي

8-10 Cm	6-8 Cm	4-6 Cm	2-4 Cm	0-2 Cm	العمق	الفصل
4.11	3.66	3.00	2.82	1.43	Sk1	شتاء
3.76	3.71	3.19	2.96	2.82	Sk2	
6.07	3.80	3.52	3.19	2.92	Sk3	
10.93	3.43	3.52	3.14	2.75	Sk4	
14.78	3.42	3.56	3.07	2.71	Sk5	
2.63	2.13	1.63	1.76	1.41	Sk1	خريف
2.81	2.30	1.64	1.72	1.51	Sk2	
2.96	2.41	1.76	1.81	1.50	Sk3	
4.94	2.53	1.97	1.96	1.77	Sk4	
7.44	2.56	2.09	1.93	2.14	Sk5	
1.81	1.80	1.43	1.47	1.16	Sk1	ربيع
2.64	1.83	1.56	1.73	1.51	Sk2	
3.71	1.86	1.53	1.79	1.59	Sk3	
4.93	1.85	1.66	1.78	1.68	Sk4	
9.54	1.94	1.67	1.80	1.73	Sk5	
1.45	1.27	0.85	1.19	0.64	Sk1	صيف
1.47	1.22	1.19	1.22	1.05	Sk2	
1.56	1.26	1.20	1.23	1.26	Sk3	
3.70	1.20	1.20	1.22	1.31	Sk4	
6.96	1.72	1.21	1.23	1.68	Sk5	

الجدول (2) النسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الحصين

الفصل	العمق	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
شتاء	SH1	1.55	2.76	2.51	2.51	3.06
	SH2	2.98	2.68	2.38	2.42	2.97
	SH3	3.04	2.77	2.33	2.63	2.85
	SH4	3.20	2.69	2.31	3.03	4.34
	SH5	3.32	2.67	2.22	3.11	8.02
خريف	SH1	1.36	1.60	1.61	1.65	1.81
	SH2	1.50	1.74	1.54	1.71	2.36
	SH3	1.92	1.91	1.48	1.78	2.83
	SH4	1.93	1.86	1.45	1.78	4.73
	SH5	1.92	1.95	1.58	1.94	9.60
ربيع	SH1	0.85	1.46	1.02	1.37	1.41
	SH2	1.38	1.41	1.25	1.34	1.44
	SH3	1.65	1.36	1.26	1.37	2.35
	SH4	1.65	1.46	1.28	1.36	3.09
	SH5	1.68	1.38	1.26	1.62	5.58
صيف	SH1	1.44	1.23	0.75	0.71	0.55
	SH2	1.40	1.19	0.74	0.62	0.48
	SH3	1.45	1.14	0.71	0.55	0.39
	SH4	1.45	0.99	0.72	0.56	0.28
	SH5	1.21	0.83	0.68	0.57	2.93

الاستنتاجات والتوصيات:

- تدرج بشكل عام تركيز الفوسفور العضوي واللاعضوي في الانخفاض بدأ من الشتاء إلى الصيف من جهة، وبالانتقال في عمق العمود الرسوبي من جهة أخرى.
- تتناقص تراكيز أشكال الفوسفور بالانتقال من المياه النهرية إلى المياه البحرية.
- كان محتوى الرسوبيات من أشكال الفوسفور في مصب نهر الكبير الشمالي أعلى مما هو عليه في مصب نهر الحصين.
- تزداد نسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي ومصب نهر الحصين بالانتقال من المياه النهرية إلى المياه البحرية كما تزداد هذه النسبة تدريجياً مع ازدياد عمق الرسوبيات.

- نسبة الفوسفور اللاعضوي إلى الفوسفور العضوي مرتفعة في فصل الشتاء ومنخفضة في فصل الصيف.
- لم يلعب التركيب الحبيبي للرسوبيات دوراً ملحوظاً في التوزيع الفصلي والمكاني للفوسفور العضوي واللاعضوي.

التوصيات :

- إجراء المزيد من الدراسات لرصد التغيرات المكانية والزمانية لمحتوى الرسوبيات من أشكال الفوسفور في مصبات الأنهار ولفترات أطول.
- هناك إمكانية للاستفادة من ارتفاع تراكيز الفوسفور في نمو بعض الطحالب التي تعد مكوناً أساسياً للكتلة الحيوية.
- التحسين أو توجيه وزارة الإدارة المحلية لتسريع وتوسيع خططها الرامية إلى إنشاء محطات لمعالجة الصرف الصحي والتفقد بنسب الملوثات التي ترمى في النهر.
- توجيه وزارة الزراعة لتوعية الفلاحين لإرشادهم في استخدام الأسمدة وفق نسب محددة وتبيان الأخطار الناجمة عن الاستخدام المفرط لها في الزراعة، على التربة وعلى جودة المياه.

المراجع:

- 1 إبراهيم، أ. جوني، م. لطح، م. دراسة ميدانية لحساسية الموائل والأحياء الفقارية البحرية و الشاطئية السورية والتكيفات المطلوبة تجاه تغيرات المناخ. التقرير النهائي عن البحث العلمي الذي يجرى تنفيذه في المعهد العالي للبحوث البحرية بجامعة تشرين في إطار الدعم المالي المقدم من الهيئة العليا للبحث العلمي ، 2011، ص 73.
- 2 الداش، هشام. مساهمة في دراسة سلوك المواد العضوية الموجودة في الرسوبيات القاعية لمصب نهر الكبير الشمالي، أطروحة ماجستير، كلية العلوم، (1994)، ص 100.
- 3- Aspila, K.L.; Haig Agemian and Chau, A.S.y.; *A Semi – automated Method for the Determination of Inorganic, Organic and Total phosphate in Sediment.* Analyst, March, 1976, Vol. 101, PP.187-197
- 4- AVILES, A.; RODERO, J.; AMORES, V.; RODRIGUEZ, M.I.; and NIELL, F.; *Factors controlling phosphorus speciation in a Mediterranean basin (River Guadalfeo, Spain).* Journal of Hydrol. 2006, 331(3-4), 396-408.
- 5- BOUWMAN, A.F.; BEUSEN, A.W.; and BILLEN, G... *Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050.* Journal of Global Biogeochemical Cycles, 2009, Vol.23, GB0A04, 256-322.
- 6- BRANDES, J.A.; DEVOL, A.H.; and DEUTCH, C.;. *New developments in the marine nitrogen cycle.* Journal of Chem. Rev., 2007, 107, 577–589.
- 7- BRIGOLIN, D.; LOVATO, T.; RUBINO, A.; *Coupling Early-Diagenesis and Pelagic Biogeochemical Models for Estimating the Seasonal Variability of N and P Fluxes at the Sediment-Water Interface: Application to the Northwestern Adriatic Coastal Zone.* Journal of Marine Systems, 2011, 87(3-4):239–255.
- 8- CAMACHO, S.; DELMINDA, M.; TOMASZ, B.; GOMES, A.. *Geochemical characteristics of sediments along the margins of an atlantic-mediterranean estuary (the Guadiana, Southeast Portugal): spatial and seasonal variations.* Journal of Integrated Coastal Zone Management, 2014, 14(1):129-148.

- 9- COTOVICZ JUNIOR, L.; BRANDINI, N.; KNOPPERS, B.; OVALLE, A.; MEDEIROS, P.; *Assessment of the trophic status of four coastal lagoons and one estuarine delta, eastern Brazil*. Journal of Environ Monit Assess, 2013, 185:3279–3311.
- 10- DENIS, L. and GRENZ, C., *Spatial Variability in Oxygen and Nutrient Fluxes at the Sediment-Water Interface on the Continental Shelf in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)*. Journal of Oceanologica Acta, 2003, 26(4): 373–389.
- 11- FAUL, K.L.; PAYTAN, A.; DELANEY, M.; *Phosphorus distribution in sinking oceanic particulate matter*. Journal of Mar. Chem. 2005, 97(3–4):307–333.
- 12- FISHER, T. R.; HAGY J. D.; BOYTON, W. R. WILLIAMS, M. R. *Cultural eutrophication in the Choptank and Patuxent estuaries of Chesapeake Bay*. Journal of Limnol. Oceanogr, 2006, 51:435–447.
- 13- GIRREESHKUMAR, TR.; DEEPULAL, PM.; CHANDRAMOHANAKUMAR, N.; *Phosphorous speciation in surface sediments of the Cochin estuary*. Journal of Environ Monit. Assess, 2012, doi:10.1007/s10661-012-2729-3.
- 14- GRASSHOFF, K.; KREMLING, K., EHRHARDT, M. *Methods of Seawater Analysis*. 3rd. ed., Wiley-VCH, New York, 1999, 634.
- 15- KROM, M. D.; HERUT, B.; and MANTOURA, R. F. C. *Nutrient budget for the Eastern Mediterranean: Implications for phosphorus limitation*. Journal of Limnol. Oceanogr., 49(5), 2004, 1582–1592.
- 16- LIU, S.M.; ZHANG, J.; LI, D.J.; *Phosphorus cycling in sediments of the Bohai and Yellow Seas*. Journal of Estuar Coast Shelf Sci, 2004, 59(2):209–218.
- 17- MARTIN, G.D.; MURALEEDHARAN, K.; VIJAY, J.G.; REJOMON, G.; MADHU, N.V.; SHIVAPRASAD, A.; et al. *Formation of anoxia and denitrification in the bottom waters of a tropical estuary, southwest coast of India*. Journal of Biogeosciences, 2010, 7:1751–1782.
- 18- RUTTENBERG, K. C, *The global phosphorus cycle*. In Biogeochemistry, ed. by Schlesinger, Holland, Turekian, Elsevier. Journal of Sci. and Technol., Amsterdam, 2005, pp.585–593.
- 19- RYBA, S.A. and BURGESS, R.M.; *Effects of sample preparation on the measurement of organic carbon, H, N, S and O concentration in marine sediments*. Journal of Chemosphere, 2002, 48, 139–147.
- 20- SANUDO-WILHELMY, S.A.; KUSTKA, A.; GOBLER, C.; LWIZA, K.. *Phosphorus limitation of nitrogen fixation by Trichodesmium in the central Atlantic Ocean*. Journal of Nature, 2001, 41:66–69.
- 21- VAN BEUSEKOM, J.; LOEBL, MARTENS P., *Distant Riverine Nutrient Supply and Local Temperature Drive the Long-Term Phytoplankton Development in A Temperate Coastal Basin*. Journal of Sea Research, 2009, 61(1–2): 26–33.
- 22- WANG, P.; HE, M.; LIN, C.; MEN, B.; LIU, R.; QUAN, X.; ZHIFENG Y.Z. *Phosphorus distribution in the estuarine sediments of the Daliao River, China*. Journal of Est Coast Shelf Sci., 2009, 84:246–252.
- 23- ZHU, Y.; ZHANG, R.; WU, F.; QU, X.; XIE, F.; FU, Z. *Phosphorus fractions and bioavailability in relation to particle size characteristics in sediments from Lake Hongfeng, Southwest China*. Journal of Environ Earth, 2012, Sci.doi:10.1007/s12665-012-1806-9.