

دراسة توزيع مركبات متعدد كلور ثنائي فينيل (PCBs) في رسوبيات شاطئ مدينة اللاذقية ومياها

الدكتور حازم كراوي*

منار صبرة**

(تاريخ الإيداع 3 / 4 / 2012. قُبِلَ للنشر في 21 / 5 / 2012)

□ ملخص □

تم في هذا البحث دراسة توزيع 15 مركباً من مركبات ثنائي فينيل متعدد الكلور (PCBs) في عينات مائية ورسوبية جمعت فصلياً من أربع مواقع مختلفة من شاطئ مدينة اللاذقية خلال الفترة الممتدة من تشرين الثاني 2009 حتى آب 2010 و درست بتقنية الكروماتوغرافيا الغازية. تراوحت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs في العينات المائية بين 2.84 ng/l و 13.48 ng/l. تأثر تركيز مركبات الـ PCBs في العينات المائية بطبيعة المناطق المدروسة والتغيرات الفصلية وبمصادر التلوث لكل موقع، حيث تميزت منطقة البحوث البحرية بتراكيز منخفضة بالمقارنة مع المناطق الأخرى خصوصاً في فصلي الخريف والشتاء.

تراوح التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في العينات الرسوبية بين 7.09 ng/l و 23.01 ng/l. أظهرت النتائج انخفاض تركيز لمركبات الـ PCBs في العينات الرسوبية في فترتي الخريف والشتاء بفعل الأمواج البحرية والحركة الدورانية من الأسفل إلى الأعلى والتي تعيد تعليق المواد الملوثة من الرسوبيات السطحية إلى العمود المائي. بينت الدراسة أيضاً أن المماكبات الثقيلة هي الأكثر توزعاً في الرسوبيات وبشكل خاص مركبات سداسي وسباعي كلور ثنائي فينيل كونها مقاومة لعمليات التحلل. كما أوضحت النتائج وجود علاقة ارتباط مباشرة بين Σ PCBs المتراكمة في الرسوبيات ومحتوى الرسوبيات من المادة العضوية.

الكلمات المفتاحية: مركبات ثنائي فينيل متعدد كلور في البيئة البحرية، الملوثات العضوية المقامة للتفكك، بيئة بحرية.

*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.

Distribution Study of the Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Water and Surface Sediments of Lattakia City Coast.

Dr. Hazem Krawi*
Manar Sabra**

(Received 3 / 4 / 2012. Accepted 21 / 5 / 2012)

□ ABSTRACT □

The distribution of 15 polychlorinated biphenyl compounds (PCBs) in water and sediment samples was studied. These samples were collected quarterly from four different coastal regions of Lattakia during period ranged from November 2009 until August 2010, and studied by using gas chromatography technique.

The total concentrations of PCBs in the water samples ranged between 2.84 ng/l and 13.48 ng/l. These concentrations were affected by the nature of the studied areas, seasonal changes and sources of pollution for each site. Marine Research region was characterized by lower concentrations in comparison with other regions, especially in the autumn and winter.

In the sediment samples, the total concentration of PCBs ranged between 7.09 ng/l and 23.01ng/l. The results showed low concentration of PCBs in the sediment samples during Autumn and Winter periods, due to sea waves and to the rotational movement from the bottom up to the top, which re-distribute contaminants from sediment surface to the water column. This study also showed that the heavy congeners of PCBs are the most widely distributed in the sediment especially heptachlor and hexachlor biphenyl. The results revealed direct correlation between \sum PCBs accumulated in the sediment, and sediment content of organic matter

Key words: Polychlorinated Biphenyls in marine environment, POPs, marine environment

*Assistant professor, Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

** Postgraduate Student , Marine Chemistry Department, High Institute of Marine Research, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

يعد تلوث البيئة البحرية من القضايا المثيرة للقلق خلال العقود الأربعة الفائتة في المجتمعات الدولية، يعود ذلك إلى النمو السريع للصناعة والزراعة والتوسع العمراني الذي أدى إلى زيادة نسبة الملوثات التي تشكل تهديداً على الاستقرار البيئي وعلى صحة الإنسان وبشكل خاص الملوثات الكيميائية المقاومة في البيئة ومنها مركبات متعدد الكلور ثنائي الفينيل (PCBs) المشمولة باتفاقية ستوكهولم حول الملوثات العضوية الثابتة.

إن خواص هذه المركبات المقاومة للحرارة وقابلية الاشتعال المنخفضة وثابت العزل الكهربائي المرتفع يجعلها مناسبة في تطبيقات صناعية متعددة مثل سوائل التبريد وسوائل العزل للمكثفات والمحولات الكهربائية. تستخدم أيضاً في صناعة أغلفة الـ PVC والمبيدات الحشرية وزيوت التقطيع وموانع الاشتعال وسوائل الهيدروليك وموانع التسرب والمواد اللاصقة والدهانات وأوراق الطباعة الخالية من الكربون (Brinkman and Kok, 1980; Moore and Ramamorthy, 1984).

تنتقل مركبات PCBs إلى البيئة من خلال الأوساط الطبيعية كالمياه العذبة والأنهار والينابيع وعبر الأمطار والتيارات الهوائية والبحرية وتميل للتراكم في مختلف المكونات البيئية كالهواء والماء والرسوبيات القاعية والتربة والأنسجة الحية (Percy, 2006)، حيث يعتبر الانتقال الطويل المدى عبر الغلاف الجوي آلية الانتقال الرئيسية لمركبات الـ PCBs من اليابسة إلى المحيطات (Schluz-Bull et al., 1998).

مركبات الـ PCBs مقاومة للتحلل لذلك تعتبر مركبات مستقرة ومقاومة في البيئة المائية (Watanabe and Sakai, 2003; Hakk and Letcher, 2003). ترتبط هذه المركبات بشكل قوي مع جزيئات التربة والرسوبيات البحرية وقد تبقى مستقرة فيها لعدة سنين و يختلف امتصاص هذه المركبات على الرسوبيات باختلاف درجة الكلورة للمتشاكلات فمع ازدياد درجة الكلورة للمتشاكلات تتناقص الانحلالية المائية وبالتالي يزداد الامتصاص على المواد الجزيئية العضوية الموجودة في الرسوبيات (Mackay et al., 1992) والتي تعد مصدراً لانتقال هذه الملوثات إلى الأحياء القاعية (Magnnsson et al., 2006 ; Parnell et al., 2008).

الدراسات التي تناولت مركبات الـ PCBs في البيئة البحرية السورية قليلة، حيث درست هذه الملوثات في عدة أنواع من العينات البحرية "رسوبيات، أسماك البوري ونوعين من الرخويات البحرية القاعية (قره علي، 2000)، كما درس أيضاً مستوى مركبات الـ PCBs وملوثات عضوية أخرى في أحد أنواع البلح البحري *Brachidonta variabilis* في محطات مختلفة من الشاطئ السوري (نور الدين وزملانه، 2011).

تبدى هذه المركبات مظاهر سلبية مهمة في البيئة البحرية بسبب استقرارها الكبير وتراكمها بالأنسجة الدهنية وتأثيراتها السمية على الأحياء البحرية والتي قد تصل إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية مما قد يكون سبباً لإحداث السرطانات والعديد من التأثيرات الصحية السلبية (Safe, 1994)، وبالتالي لا بد من الوقوف على واقع توزع مركبات الـ PCBs في عينات المياه والرسوبيات الشاطئية لمدينة اللاذقية ومحاولة تحديد مصادرها. درست في هذا البحث عينات مائية و رسوبية مأخوذة فصلياً من أربعة مواقع مختلفة على شاطئ مدينة اللاذقية حيث نفذ البحث في مخابر المعهد العالي للبحوث البحرية.

أهمية البحث وأهدافه:

انطلاقاً من هذه الآثار البيئية والصحية الخطيرة لمركبات الـ PCBs قمنا بدراسة هذه المركبات لتسليط الضوء على واقع التلوث البيئي لمجموعة من أهم الملوثات العضوية المشمولة باتفاقية استوكهولم حول الملوثات العضوية المستقرة. يعد هذا البحث مكملاً للأبحاث التي تدرس واقع التلوث في النظام البيئي البحري على الشاطئ السوري. يهدف البحث إلى دراسة توزيع مركبات الـ PCBs في مياه ورسوبيات المناطق البحرية وتحديد العوامل المؤثرة على انتشارها وتراكمها في الرسوبيات.

طرائق البحث ومواده:

شملت هذه الدراسة أربعة مواقع مختلفة تم اختيارها على شاطئ مدينة اللاذقية وهي:

ST1: منطقة البحوث البحرية وهي منطقة مفتوحة متأثرة بمصادر سياحية

ST2: المدينة الرياضية وهي منطقة مفتوحة متأثرة بقنوات الصرف الصحي

ST3: الكورنيش الجنوبي وهو منطقة مفتوحة متأثرة بمصادر سياحية وقنوات صرف صحي

ST4: مقابل مصب نهر الكبير الشمالي منطقة مفتوحة متأثرة بمصادر زراعية وصناعية وصرف صحي .

جميع المواد الكيميائية المستخدمة في هذا البحث والتي تدخل في اتصال مباشر مع العينة أو بخلاصتها ينبغي أن تكون نقيّة تماماً وخالية من الشوائب قبل استخدامها، ولذلك تم استخدام كواشف ومذيبات (ن- هكسان و دي كلور الميثان وأسيتون) على درجة عالية من النقاوة (SHarlua)، كما تم استخدام كبريتات الصوديوم اللامائية و الفلوروسيل 60-100 mesh (Merck).

تم تجفيف وتنقية كبريتات الصوديوم اللامائية بتسخينها عند درجة حرارة 450°C لمدة تسع ساعات، أما المواد المستخدمة في تحضير الأعمدة الكروماتوغرافية (الفلوروسيل) فقد تم تنقيتها باستخدام المحلات العضوية في جهاز سكسوليه لمدة ثماني ساعات، ثم جففت بعد ذلك في الفرن بدرجة حرارة منخفضة من أجل طرد المذيب وحفظت في أوعية زجاجية محكمة الإغلاق. عند استخدام الفلوروسيل تم تنشيطه عند الدرجة 130°C ولمدة 12 ساعة في المرمدة، ثم خمدت بإضافة 0.5% من وزنها بالماء المقطر ومزجت جيداً لضمان توزيع الماء المضاف بصورة متجانسة، ثم تركت هذه المواد لتتوازن عبر الليل في أوعية محكمة الإغلاق (UNEP, 1996).

جمعت العينات المائية القاعية من مناطق الدراسة في الفترة الممتدة بين تشرين الثاني 2009 و آب 2010 باستخدام جهاز أعتيان مائي. تم تنقية العينات المائية عبر فلتر من الألياف الزجاجية (GF/F) $0.45\mu\text{m}$ ، المنظف مسبقاً بالتسخين، للتخلص من المادة العضوية الجزئية (POM). استخلصت العينات المائية مباشرةً بطريقة سائل-سائل، باستخدام قمع فصل وبواسطة نظامي الهكسان، أما العينات الرسوبية فجمعت باستخدام جهاز إعتيان العينات الرسوبية في نفس مكان و زمان جمع العينات المائية وحفظت برقائق ألمنيوم منظفة مسبقاً بالمحلات العضوية ثم وضعت في مجمدة بالدرجة (-18°C) لحين استخلاصها وتحليلها. استخلصت العينات الرسوبية بنظامي الهكسان في جهاز سوكسليه بعد أن أضيف إليها محلول عياري الداخلي (2,4,5 TCB). ركزت الخلاصة باستخدام المبخر الدوار عند الدرجة (30°C) ثم جففت بكبريتات الصوديوم اللامائية. تم إزالة الكبريت من الخلاصة الرسوبية بإضافة بضع قطرات من الزئبق ولعدة مرات.

تمت عملية فصل وتنقية الخلاصات باستخدام سحاحة سعتها 50 ml قطرها الداخلي 1cm، تم تعبئتها بالطريقة الرطبة (UNEP,1996) وفق الآتي: وضع في أسفل العمود قطعة من الصوف الزجاجي المنظفة مسبقاً بالمحلات العضوية ثم ملئ العمود بنظامي الهكسان. أضيف 17 gr من الفلوروسيل الممزوج بالهكسان إلى العمود على دفعات. وضع على سطح الطبقة العلوية للعمود 1ml من كبريتات الصوديوم اللامائية وذلك لمنع تشوه سطح العمود. مرر الفائض من الهكسان. ركزت العينة حتى 1ml ثم مررت ضمن العمود، استخدمنا 70 ml من ن-هكسان كطور متحرك وجمعنا القطعة الأولى (F1) التي تتضمن المركبات *HCB, Aldrin, Heptachlor, DDE* ومتشاكلات الـ *PCBs*

بحرت العينة الناتجة بالمبخر الدوار وباستخدام تيار لطيف من الآزوت حتى حجم 1ml. حلت العينات بتقانة الكروماتوغرافيا الغازية باستخدام جهاز كروماتوغرافي غازي مزود بكاشف التقاط الإلكترون (GC- ECD) نوع Shematzu، المزود بعمود شعري نوع 5-TRB طوله 30 m وقطره الداخلي 0.32 mm ، الغاز الحامل الآزوت بتدفق 0.8 ml/min، درجة حرارة الحاقن 250 °C، درجة حرارة الكاشف 300°C. جرت عملية الفصل بنظام برمجة حرارية ذي السرعة الثابتة وفق الآتي:



تم تحديد هوية مركبات العينة بالطريقة العيارية بمقارنة أزمنة احتفاظ مركبات العينة مع أزمنة احتفاظ المركبات العيارية وذلك باستخدام مزيج عياري من مركبات الـ *PCBs* محدد الهوية والتركيز (*AccuStandard* بنقاوة 99-100%). حدد تركيز المركبات وفق العلاقة التالية:

$$C(\text{pg}/l) = \frac{C1.Hsa.Vext(ml).1000}{Hst.Vinj(\mu l).V.R}$$

حيث: C1 : تركيز المركب العياري (pg/ μl) Hst : ارتفاع قمة المركب العياري

Hsa : ارتفاع قمة المركب في العينة Vinj : حجم العينة المحقونة

Vext : حجم الخلاصة V : حجم العينة (l) للعينات المائية

W : الوزن الجاف (g) للعينات الرسوبية R : مقدار استرداد المحلول العياري الداخلي

حدد محتوى المادة العضوية في العينات الرسوبية بوضع العينة الجافة في المرمدة لمدة أربع ساعات بالدرجة 550 °C حتى ثبات الوزن ثم وزنت العينة. حسب محتوى المادة العضوية والذي يمثل الفرق بين الوزن المتبقي من العينة ووزنها الأصلي وبالتالي حدد محتوى العينة من المادة العضوية بطريقة الحرق (Heiri et al., 1999).

النتائج والمناقشة:

توزيع مركبات الـ PCBs في العينات المائية:

تراوح التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في مياه منطقة البحوث البحرية بين 3.38 ng/l المسجلة في فصل الخريف و 6.25 ng/l والتي رصدت في فصل الصيف. يعود انخفاض التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في فصلي الخريف والشتاء إلى تضائل النشاط السياحي في تلك المنطقة خلال هذين الفصلين حيث يؤثر النشاط السياحي سلباً على جودة المياه. سجل المركب PCB-141 أعلى التراكيز وبلغ 2.46 ng/l في فصل الشتاء، بينما سجل المركب PCB-196 تركيزاً منخفضاً في فصل الخريف 0.16 ng/l ولم يرصد في بقية الفصول (جدول 1). عند دراسة النسب المئوية لتواجد مراكبات الـ PCBs في مياه هذه المنطقة وجدنا أن مراكبات سداسي وسباعي كلورو ثنائي فينيل أكثر وجوداً في مياه هذه المنطقة حيث بلغت نسبتهم 25%، 29% على التوالي، في حين كانت أخفض نسبة للمراكب ديكا كلورو ثنائي فينيل وبلغت 6%.

تراوحت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs المدروسة في منطقة المدينة الرياضية بين 2.84 ng/l المسجلة في فصل الشتاء و 13.48 ng/l المسجلة في فصل الربيع. نلاحظ من خلال النتائج انخفاض التركيز الإجمالي Σ PCBs في فترتي الخريف والشتاء، قد يعزى ذلك إلى انخفاض درجة حرارة المياه حيث تميل هذه المركبات المحبة للدهون للامتصاص بصورة أكبر على المواد العضوية العالقة في العمود المائي (Swackhamer and Skoglund, 1993). سجل المركب PCB-196 أعلى التراكيز من بين المركبات المدروسة وبلغ تركيزه 2.94 ng/l في فصل الصيف، بينما سجلت القيمة الدنيا للمركب PCB-209 وبلغت 0.01 ng/l (جدول 2). المراكبات الأكثر وجوداً في مياه هذه المنطقة هي ثماني وسداسي وسباعي كلورو ثنائي فينيل وبلغت نسبتهم على التوالي 37%، 21%، 21% في حين كانت أخفض نسبة للمراكب ديكا كلورو ثنائي فينيل حيث بلغت 2%.

بمقارنة التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في مياه منطقة الكورنيش الجنوبي خلال فصول الدراسة نجد أن أخفض قيمة سجلت في فصل الشتاء وبلغت 5.39 ng/l، بينما سجلت أعلاها في فصل الصيف وبلغت 9.50 ng/l. تقاربت التراكيز الإجمالية لـ PCBs في فصلي الخريف والربيع وبلغتا على التوالي 8.71 ng/l ، 8.58 ng/l (جدول 3). يعزى ارتفاع التركيز الإجمالي لـ PCBs في فصل الصيف إلى زيادة النشاطات البشرية والسياحية في هذه المنطقة.

الجدول (1) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/l) في مياه منطقة البحوث البحرية

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	1.10	0.79	0.41	0.99	0.82
PCB-101	5	0.69	0.03	0.03	0.53	0.32
PCB-118	5	0.31	0.16	0.05	0.24	0.19
PCB-138	6	0.02	0.01	0.13	nd	0.04
PCB-141	6	0.59	0.09	2.46	1.31	1.11
PCB-151	6	0.01	nd	0.21	nd	0.06
PCB-153	6	0.04	nd	0.05	nd	0.02
PCB-170	7	0.71	0.55	0.03	0.64	0.48
PCB-180	7	0.74	0.41	0.46	0.61	0.56
PCB-187	7	0.97	nd	0.01	0.57	0.39

0.00	nd	nd	nd	nd	8	PCB-194
0.18	0.28	0.03	0.02	0.38	8	PCB-195
0.04	nd	nd	0.158	nd	8	PCB-196
0.45	0.50	0.10	0.56	0.62	8	PCB-199
0.29	0.54	0.06	0.57	nd	10	PCB-209
4.98	6.24	4.07	3.38	6.25		∑PCBs

الجدول (2) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/l) في مياه منطقة المدينة الرياضية

القيمة المتوسطة	الربيع	الشتاء	الخريف	الصيف	عدد ذرات الكلور	اسم المتشاكل
1.04	1.24	0.15	1.78	1.007	2	PCB-15
0.64	0.12	nd	0.93	1.52	5	PCB-101
0.29	0.52	0.12	0.06	0.44	5	PCB-118
0.15	0.35	0.19	0.04	nd	6	PCB-138
0.47	1.72	0.09	0.01	0.06	6	PCB-141
0.80	0.93	0.51	1.05	0.72	6	PCB-151
0.84	0.8	nd	0.91	0.80	6	PCB-153
0.37	0.04	nd	1.04	0.02	7	PCB-170
0.88	1.07	0.19	0.42	1.85	7	PCB-180
0.97	1.67	nd	0.18	1.06	7	PCB-187
0.33	0.63	0.03	nd	nd	8	PCB-194
1.85	1.51	nd	nd	2.19	8	PCB-195
1.49	1.99	0.14	0.88	2.94	8	PCB-196
0.27	0.54	0.05	0.012	0.48	8	PCB-199
0.19	0.35	0.08	0.011	0.31	10	PCB-209
9.27	13.48	2.84	7.35	13.42		∑PCBs

سجل المركب PCB-141 أعلى التراكيز وبلغ 3.02 ng/l، بينما كان أخفها 0.01 ng/l للمركب PCB-209. سجل المركب PCB-196 تركيزاً منخفضاً في فصل الصيف 0.43 ng/l، على حين لم يرصد في بقية الفصول. حددت الماكبات الأكثر وجوداً في مياه هذه المنطقة وكانت سداسي وسباعي و خماسي كلورو ثنائي فينيل وبلغت نسبتهم على التوالي 36%، 25%، 20%، في حين كانت أخفض نسبة للماكب ديكا كلورو ثنائي فينيل 5%.

الجدول (3) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/l) في مياه منطقة الكورنيش الجنوبي

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	1.79	0.08	0.07	0.56	0.63
PCB-101	5	1.72	1.45	1.7	0.02	1.22
PCB-118	5	0.2	0.39	0.54	0.55	0.42
PCB-138	6	2.33	nd	nd	0.67	0.75
PCB-141	6	0.42	3.02	0.62	1.72	1.45
PCB-151	6	0.61	0.54	nd	1.39	0.64
PCB-153	6	0.32	nd	nd	0.02	0.09
PCB-170	7	0.39	0.22	0.64	0.15	0.35
PCB-180	7	0.47	0.21	0.23	0.36	0.32
PCB-187	7	0.55	2.47	0.27	2.05	1.34
PCB-194	8	0.08	nd	nd	0.38	0.12
PCB-195	8	0.12	0.08	0.52	nd	0.18
PCB-196	8	0.43	nd	nd	nd	0.11
PCB-199	8	0.06	0.08	nd	0.03	0.04
PCB-209	10	0.01	0.04	0.81	0.79	0.41
ΣPCBs		9.50	8.58	5.39	8.71	8.05

رصدت في منطقة مصب نهر الكبير الشمالي قيمتان متقاربتان للتركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في فصلي الخريف والشتاء وبلغت 7.35 ng/l و 6.08 ng/l على التوالي. بلغت أعلى قيمة لـ ΣPCBs 10.96 ng/l المسجلة في فصل الصيف و تسايرت مع القيمة المسجلة في فصل الربيع 9.79 ng/l . يبين (جدول 4) أن تركيز المركبات كانت متفاوتة خلال فترة الدراسة، حيث كان أعلى تركيز للمركب PCB-151 في فصل الصيف وبلغ 3.58 ng/l ، وأخفضه للمركب PCB-151 في فصل الشتاء 0.01 ng/l . بالنسبة للمركبات الأكثر تواجداً في مياه هذه المنطقة فقد كانت سداسي و خماسي كلورو ثنائي فينيل وبلغت نسبتهم على التوالي 37%، 20%، بينما كان الممكب ديكا كلورو ثنائي فينيل الأقل تواجداً بنسبة 5%.

الجدول (4) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/l) في مياه منطقة مصب نهر الكبير الشمالي

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	2.22	1.58	0.07	0.52	1.10
PCB-101	5	0.55	0.95	1.44	0.39	0.83
PCB-118	5	0.69	1.93	0.59	0.52	0.93
PCB-138	6	0.22	nd	nd	nd	0.06
PCB-141	6	0.70	1.24	1.66	0.68	1.07
PCB-151	6	3.58	nd	0.01	2.4	1.50
PCB-153	6	2.27	0.05	nd	0.25	0.64
PCB-170	7	0.25	nd	0.06	0.15	0.12
PCB-180	7	nd	nd	nd	nd	0.00

0.99	1.98	1.06	0.86	0.06	7	PCB-187
0.11	0.45	nd	nd	nd	8	PCB-194
0.02	0.06	0.01	0.01	nd	8	PCB-195
0.40	0.38	nd	nd	0.41	8	PCB-196
0.52	1.03	0.66	0.38	nd	8	PCB-199
0.47	0.99	0.52	0.35	nd	10	PCB-209
8.54	9.79	6.08	7.35	10.96		∑PCBs

توضح النتائج أن توزع مركبات الـ PCBs في المياه البحرية لشاطئ مدينة اللاذقية يظهر بشكل واضح وذلك من خلال المناطق المدروسة، الأمر الذي يدل على الوصول المستمر لهذه الملوثات إلى البيئة البحرية سواءً عن طريق قنوات الصرف الصحي أم النشاطات السياحية كما في منطقة المدينة الرياضية والكورنيش الجنوبي أم عبر مياه الأنهار كمصب نهر الكبير الشمالي وما تحمله من ملوثات ناتجة عن الأنشطة الزراعية والصناعية وقنوات الصرف الصحي. نلاحظ أيضاً أن التركيز مركبات الـ PCBs كانت منخفضة نسبياً في منطقة البحوث البحرية بالمقارنة مع المناطق الأخرى وخصوصاً في فصلي الخريف و الشتاء يعزى ذلك إلى تضاؤل النشاطات السياحية في هذين الفصلين وقلة مصادر التلوث الخارجية بشكل عام.

يتأثر سلوك الملوثات في المياه البحرية بشكل رئيس بطبيعة المناطق الشاطئية حيث نلاحظ أن المناطق المدروسة هي مناطق مفتوحة ومياهها ضحلة وبالتالي تتأثر بالتيارات البحرية القوية وهذا الأمر يفسر انخفاض تركيز الملوثات في فترتي الخريف والشتاء في جميع مناطق الدراسة، إضافة إلى انخفاض درجة الحرارة والذي يعزز انتقال مثل هذه الملوثات المحبة للدهون للالتصاق على المواد العضوية المعلقة في الطور المائي (Swackhamer and Skoglund, 1993).

لوحظ أيضاً أن تركيز الـ PCBs في كل من المدينة الرياضية والكورنيش الجنوبي ومصب نهر الكبير الشمالي كانت أعلى مما هي عليه في منطقة البحوث البحرية ويفسر ذلك أن منطقة المدينة الرياضية قريبة من المرفأ وبالتالي تتأثر بملوثات السفن وما ترميه في البحر من مخلفات صناعية بالإضافة إلى وجود قناة صرف صحي في هذه المنطقة، كما تتأثر منطقة الكورنيش الجنوبي بالمصادر السياحية وقنوات الصرف الصحي إضافة إلى النشاطات البشرية. أما منطقة المصب فتصلها الملوثات التي يحملها نهر الكبير الشمالي من المناطق الزراعية والتي تسهم في رفع تركيز هذه الملوثات، إضافة لدور قنوات الصرف الصحي في تلك المنطقة. نلاحظ من خلال النتائج اختلافاً في توزع متساكلات الـ PCBs في المياه البحرية، حيث نجد أن المماكبات الثقيلة أكثر المتساكلات توزعاً وبشكل خاص سداسي وسباعي كلورو ثنائي فينيل. إن هذه المماكبات الثقيلة أقل تأثراً بفعل التحلل أو التطاير مما هو عليه للمماكبات الخفيفة كما نجد بشكل عام توزعاً لمماكبات ثنائي كلورو ثنائي فينيل.

أظهرت دراسات عالمية تفاوت تركيز مركبات الـ PCBs في العينات المائية البحرية التي أخذت من مواقع مختلفة من العالم باختلاف الموقع، يعود ذلك إلى اختلاف طبيعة هذه المواقع و اختلاف مصادر التلوث التي تتأثر فيها هذه المواقع. يبين (الجدول 5) مقارنة بين تراكيز مركبات الـ PCBs في مياه المناطق المدروسة في هذا البحث وتركيزها في مياه بحرية لبعض المواقع في العالم.

الجدول (5) تركيز مركبات الـ PCBs في مياه المناطق المدروسة و مواقع مختلفة من العالم

الموقع	التركيز ng/l	المرجع
البحوث البحرية	4.98	هذه الدراسة
المدينة الرياضية	9.27	هذه الدراسة
الكورنيش الجنوبي	8.05	هذه الدراسة
المحيط الأطلسي	0.3 - 8	(Harry and Steinhauer, 1976)
البحيرات الكبرى/كندا	1-20	(Strachan and Eisenreich, 1990)
شاطئ البحر المتوسط	13	(Elder, 1976)

توزيع مركبات الـ PCBs في العينات الرسوبية:

تراوحت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs في رسوبيات منطقة البحوث البحرية خلال فصول الدراسة بين 9.13 ng/g و 12.22 ng/g سجلت أخفض قيمة في فصل الشتاء وأعلىها في فصل الصيف، بينما تقاربت قيم Σ PCBs في فصلي الصيف والربيع (الجدول 6).

تفاوتت تراكيز مركبات الـ PCBs بشكل واضح خلال فترة الدراسة، حيث سجل أعلى التراكيز للمركب PCB-187 في فصل الربيع 4.24 ng/g وسجل أدناها للمركب PCB-153 في فصل الشتاء وبلغت 0.01 ng/g. كان تركيز المركب PCB-180 مرتفعاً في فصل الشتاء 3.33 ng/g بالمقارنة مع بقية الفصول (الجدول 6). عند دراسة النسب المئوية لتواجد مراكبات الـ PCBs في رسوبيات هذه المنطقة لاحظنا بأن مراكبات سباعي وسداسي كلورو ثنائي فينيل الأكثر وجوداً في رسوبيات هذه المنطقة وبلغت نسبتهم على التوالي 37% و 29%، على حين كانت نسبة للمراكب ديكا كلورو ثنائي فينيل الأقل تواجداً 1%.

تراوح التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في رسوبيات المدينة الرياضية خلال فصول الدراسة بين 7.09 ng/g و 20.44 ng/g. رصدت أخفض قيمة في فصل الشتاء و أعلىها في فصل الصيف. يعود انخفاض Σ PCBs في فصلي الشتاء والخريف إلى تأثير الأمواج البحرية وازدياد حركة دورانية للمياه من الأسفل إلى الأعلى والذي يساهم في ارتداد الملوثات إلى العمود المائي.

يبين (جدول 7) تراكيز مركبات الـ PCBs خلال فترة الدراسة، حيث سجل المركب PCB-187 أعلى التراكيز في فصل الربيع وبلغت 4.97 ng/g، بينما سجل المركب PCB-15 أدناها في فصل الشتاء. سجل المركبان PCB-170 و 101 تراكيز مرتفعة في فصل الصيف بالمقارنة مع بقية الفصول. حددت النسب المئوية لمراكبات الـ PCBs في رسوبيات هذه المنطقة، حيث كانت المراكبات سباعي وسداسي كلورو ثنائي فينيل الأكثر وجوداً وبلغت نسبتهم 39% و 26% على التوالي، على حين سجلت أخفض نسبة للمراكبين ثنائي و ديكا كلورو ثنائي فينيل وبلغت 3%.

الجدول (6) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/g) في رسوبيات منطقة البحوث البحرية

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	1.23	1.19	0.45	1.79	1.17
PCB-101	5	2.25	0.52	0.76	0.28	0.95
PCB-118	5	1.21	1.05	0.53	0.23	0.76
PCB-138	6	0.92	1.49	0.59	1.02	1.01
PCB-141	6	1.44	0.89	1.5	1.08	1.23
PCB-151	6	0.89	0.5	0.02	0.54	0.49
PCB-153	6	0.93	0.36	0.012	0.55	0.46
PCB-170	7	0.38	0.1	0.98	0.34	0.45
PCB-180	7	0.43	0.54	3.33	0.3	1.15
PCB-187	7	1.59	3.45	0.56	4.24	2.46
PCB-194	8	0.06	nd	nd	0.24	0.08
PCB-195	8	0.47	nd	0.04	0.39	0.22
PCB-196	8	0.27	0.44	0.03	0.33	0.27
PCB-199	8	0.1	0.2	0.27	0.42	0.25
PCB-209	10	0.05	0.14	0.09	0.27	0.14
∑PCBs		12.22	10.87	9.13	12.02	11.06

رصدت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs في رسوبيات منطقة الكورنيش الجنوبي خلال فصول الدراسة حيث تراوحت بين 8.23 ng/g و 23.01 ng/g. لوحظت أخفض قيمة في فصل الشتاء وأعلىها في فصل الربيع (جدول 8). بالنسبة لتوزيع المركبات فقد سجل المركب PCB-153 أعلى التراكيز تبعه المركب PCB-187 وبلغت تراكيزهم 6.22 ng/g و 4.53 ng/g على التوالي ورصدت كلا القيمتين في فصل الربيع، بينما رصد أدنى تركيز للمركب PCB-196 وبلغ 0.02 ng/g .

تقاربت تراكيز المركب PCB-151 في فصلي الخريف والربيع بينما سجل تركيزاً منخفضاً في فصل الصيف. لدى دراسة النسب المئوية للمركبات الـ PCBs في رسوبيات هذه المنطقة لوحظ بأن المراكبات الأكثر وجوداً في رسوبيات هذه المنطقة هي سداسي وسباعي كلورو ثنائي فينيل وبلغت نسبتهم على التوالي 41 % و 31 %، على حين كانت أخفض نسبة للمركب ديكا كلورو ثنائي فينيل 3%.

الجدول (7) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/g) في رسوبيات منطقة المدينة الرياضية

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	0.76	0.77	0.01	0.01	0.39
PCB-101	5	3.02	nd	0.25	0.17	0.86
PCB-118	5	0.27	0.19	0.24	2.26	0.74
PCB-138	6	nd	0.36	0.26	4.14	1.19
PCB-141	6	0.90	0.199	0.36	1.83	0.82
PCB-151	6	0.28	0.32	1.33	2.15	1.02
PCB-153	6	0.35	0.07	0.02	0.99	0.36
PCB-170	7	4.18	0.015	0.33	0.011	1.13

0.55	0.21	0.4	0.38	1.21	7	PCB-180
3.48	4.97	3.46	4.23	1.24	7	PCB-187
0.59	0.015	nd	1.63	0.72	8	PCB-194
1.03	0.04	nd	nd	4.06	8	PCB-195
0.60	0.77	0.41	0.03	1.2	8	PCB-196
0.55	0.94	nd	0.15	1.11	8	PCB-199
0.33	0.05	0.01	0.12	1.13	10	PCB-209
13.64	18.54	7.09	8.47	20.44		∑PCBs

تراوحت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs في رسوبيات منطقة مصب نهر الكبير الشمالي خلال فصول الدراسة بين 8.6 ng/g و 16.9 ng/g. لوحظت أخفض قيمة في فصل الشتاء وأعلىها في فصل الصيف (الجدول 9). تفاوتت تراكيز مركبات الـ PCBs خلال فترة الدراسة، حيث سجل لمركب PCB-187 أعلى التراكيز والذي كان تركيزه أعلى من تركيز المركبات الأخرى في كافة الفصول باستثناء فصل الصيف، بينما سجل المركب PCB-101 أدنى التراكيز وبلغ 0.03 ng/g (الجدول 9). عند دراسة النسب المئوية لمركبات الـ PCBs وجدنا أن المماكبات الأكثر وجوداً في رسوبيات هذه المنطقة هي سداسي وسباعي كلورو ثنائي فينيل وبلغت نسبتهم على التوالي 38 %، 37 %، في حين كانت أخفض نسبة للمماكب ديكا كلورو ثنائي فينيل حيث بلغت 1 %.

الجدول (8) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/g) في رسوبيات منطقة الكورنيش الجنوبي

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	1.21	0.03	0.051	1.23	0.63
PCB-101	5	1.6	0.73	0.25	0.76	0.84
PCB-118	5	1.81	0.02	1.33	0.44	0.90
PCB-138	6	1.31	0.05	0.02	0.14	0.38
PCB-141	6	2.94	2.02	0.41	2.88	2.06
PCB-151	6	0.06	3.39	1.66	3.56	2.17
PCB-153	6	0.16	nd	0.01	6.22	1.60
PCB-170	7	1.55	0.06	nd	1.1	0.68
PCB-180	7	2.89	1.94	0.89	0.52	1.56
PCB-187	7	0.66	2.78	2.18	4.53	2.54
PCB-194	8	0.43	0.27	0.16	0.02	0.22
PCB-195	8	0.97	0.02	0.08	0.35	0.36
PCB-196	8	1.21	0.03	nd	0.02	0.32
PCB-199	8	1.38	0.11	1.11	nd	0.65
PCB-209	10	0.08	0.38	0.078	1.21	0.44
∑PCBs		18.24	11.82	8.23	23.01	15.33

الجدول (9) تراكيز متشاكلات الـ PCBs (ng/g) في رسوبيات منطقة مصب نهر الكبير الشمالي

اسم المتشاكل	عدد ذرات الكلور	الصيف	الخريف	الشتاء	الربيع	القيمة المتوسطة
PCB-15	2	1.47	0.51	0.76	1.08	0.96
PCB-101	5	0.35	0.03	0.04	nd	0.11
PCB-118	5	0.26	0.13	0.05	0.26	0.18
PCB-138	6	1.26	0.81	0.15	nd	0.56
PCB-141	6	1.26	1.24	1.89	0.53	1.23
PCB-151	6	1.98	1.69	0.99	1.74	1.60
PCB-153	6	2.29	2.23	0.17	1.56	1.56
PCB-170	7	1.18	nd	1.11	nd	0.57
PCB-180	7	1.14	1.87	nd	1.45	1.49
PCB-187	7	0.94	2.66	2.46	4.97	2.76
PCB-194	8	0.92	0.163	0.11	0.43	0.41
PCB-195	8	0.07	nd	0.03	0.32	0.11
PCB-196	8	2.21	nd	nd	nd	0.55
PCB-199	8	1.52	0.14	0.77	1.3	0.93
PCB-209	10	0.05	0.08	0.069	0.41	0.15
∑PCBs		16.90	11.56	8.60	14.05	12.78

نلاحظ من خلال هذه النتائج أن تواجد مركبات الـ PCBs في الرسوبيات البحرية تتأثر بطبيعة المناطق المدروسة ولكونها مناطق ضحلة ومفتوحة تتأثر رسوبياتها السطحية بالأمواج البحرية القوية التي تقود إلى ارتداد هذه الرسوبيات السطحية إلى العمود المائي بفعل الحركة الدورانية للمياه البحرية القادمة من الأعلى نحو الأسفل ومن ثم إلى الأعلى جاريةً معها الرسوبيات السطحية مع الملوثات نحو العمود المائي الأمر الذي يفسر انخفاض تركيز الملوثات في فترتي الخريف والشتاء. تتوزع متشاكلات الـ PCBs بشكل متباين في الرسوبيات البحرية فالمركبات الثقيلة هي الأكثر توزعاً وخصوصاً مراكبات سباعي وسداسي كلورو ثنائي فينيل بسبب طبيعتها المقاومة والمستقرة في البيئة كونها قليلة التطاير وصعبة التحلل بالمقارنة مع المراكبات الخفيفة (Briqt et al., 1995).

أظهرت النتائج أيضاً أن بعض المركبات من بين هذه المتشاكلات كانت الأكثر توزعاً في كافة المواقع أهمها PCB-187، PCB-151، PCB-141، PCB-15، حيث كانت نسبتها مرتفعة بالمقارنة مع بقية المركبات ويعزى ذلك إلى البنية الجزيئية الخاصة بها فهي مركبات ثقيلة من جهة وتوزع ذرات الكلور على المواقع 2,4,5 في حلقة واحدة من جزيء الفينيل أو في كلتا الحلقتين من جهة أخرى، إضافة إلى توزع ذرات الكلور في المواقع بارا من حلقتي الفينيل وعدم وجود الكلور في المواقع ميتا حيث إن هذه الخواص في البنية الجزيئية للمركبات يجعل منها معاندة للتحلل أو التحطم أو الاستقلاب في الأحياء البحرية، وهي تتميز بقابليتها للتراكم في الرسوبيات البحرية والنسيج الدهني للأحياء البحرية (Briqt et al., 1995).

لدى مقارنة النتائج التي حصلنا عليها في هذا البحث مع دراسات وأبحاث محلية وعالمية لاحظنا أن التراكيز الإجمالية لـ PCBs في هذا البحث كانت منخفضة بالمقارنة مع أبحاث سابقة تمت على نفس المواقع ولنفس النوع من العينات (قره علي، 2000). يعزى ذلك إلى اختلاف عدد المتشاكلات المدروسة فالدراسة المذكورة تناولت 31 مركباً من مركبات الـ PCBs، بينما اقتصرنا على 15 مركباً وهذا ما جعل التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs أعلى من التراكيز التي حصلنا عليها في هذه الدراسة، إضافة إلى اختلاف فترة البحث (الجدول 10). نلاحظ أيضاً أن

التركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs في الرسوبيات الشاطئية للفيتنام والرسوبيات النهرية لتايوان كانت أخفض من التراكيز الإجمالية التي حصلنا عليها في هذه الدراسة، بينما كانت Σ PCBs في الرسوبيات الشاطئية لسنغافورة أعلى بشكل ملحوظ من Σ PCBs في رسوبياتنا الشاطئية (الجدول 10)

عند تحديد محتوى المادة العضوية في الرسوبيات البحرية للمواقع المدروسة لاحظنا تفاوتاً في كمية المادة العضوية في الرسوبيات وذلك تبعاً لطبيعة الرسوبيات و وجود عوامل خارجية ترفد المناطق المدروسة بالملوثات. تميزت رسوبيات منطقة البحوث البحرية بأنها ذات طبيعة رملية خشنة مع بعض الأصداف الصغيرة وتأثرها محدود نسبياً بمصادر تلوث خارجية وبشكل خاص في فترتي الشتاء والخريف حيث النشاط السياحي أقل مما هو عليه في فصل الصيف والربيع. أما رسوبيات المدينة الرياضية فكانت ذات طبيعة رملية ناعمة وتتأثر مباشرة بقنوات الصرف الصحي، على حين كانت رسوبيات منطقة الكورنيش الجنوبي رملية طينية وتتأثر مباشرة بقنوات الصرف الصحي وكذلك بمصادر سياحية وبشكل خاص في فصل الصيف. تميزت رسوبيات مصب النهر الكبير الشمالي بطبيعة رملية وتتأثر بمصادر زراعية وصناعية وصرف صحي تصل عبر مياه نهر الكبير الشمالي (الجدول 11).

الجدول (10) تركيز Σ PCBs (g/ng) في الرسوبيات البحرية للمواقع المدروسة ومواقع محلية وعالمية أخرى

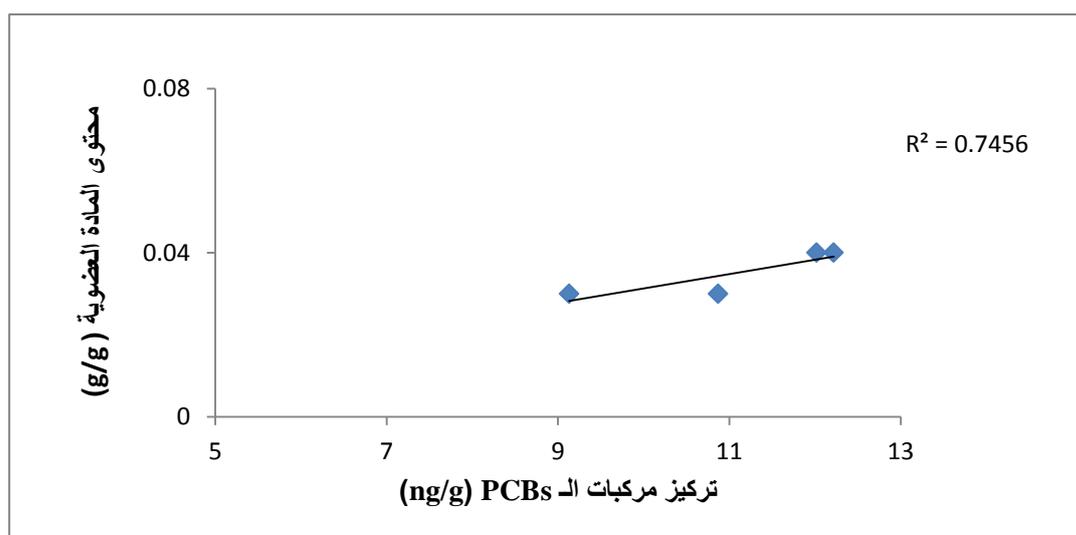
الموقع	Σ PCBs (g/ng)	المرجع
مصب نهر الكبير الشمالي	24.93 - 13.45	(قره علي، 2000)
مصب نهر الكبير الشمالي	16.92 - 8.54	هذه الدراسة
مرفأ اللاذقية	23.97 - 15.27	(قره علي، 2000)
المعهد العالي للبحوث البحرية	18.04 - 11.61	(قره علي، 2000)
المعهد العالي للبحوث البحرية	12.22 - 9.13	هذه الدراسة
رسوبيات شاطئية (فيتنام)	1.7	(Nhan et al., 1998)
رسوبيات شاطئية (سنغافورة)	73.9	(Wurl and Obbard, 2005)
رسوبيات نهريّة (تايوان)	1.43	(Doong et al., 2008)

درست معاملات الارتباط بين التركيز الكلي لمركبات الـ PCBs المتراكمة في الرسوبيات ومحتواها من المادة العضوية لمعرفة دور المادة العضوية في نقل هذه المركبات إلى الرسوبيات البحرية. أوضحت النتائج وجود علاقة ارتباط مباشرة بين Σ PCB المتراكمة في الرسوبيات ومحتوى الرسوبيات من المادة العضوية واختلفت هذه العلاقة باختلاف المواقع حيث كان معامل الارتباط بين تركيز Σ PCBs ومحتوى المادة العضوية في منطقتي الكورنيش الجنوبي والبحوث البحرية متقارباً وبلغت قيمته على التوالي 0.73 و 0.75 ، بينما كانت علاقة الارتباط أقوى في منطقة المدينة الرياضية حيث بلغ معامل الارتباط 0.96.

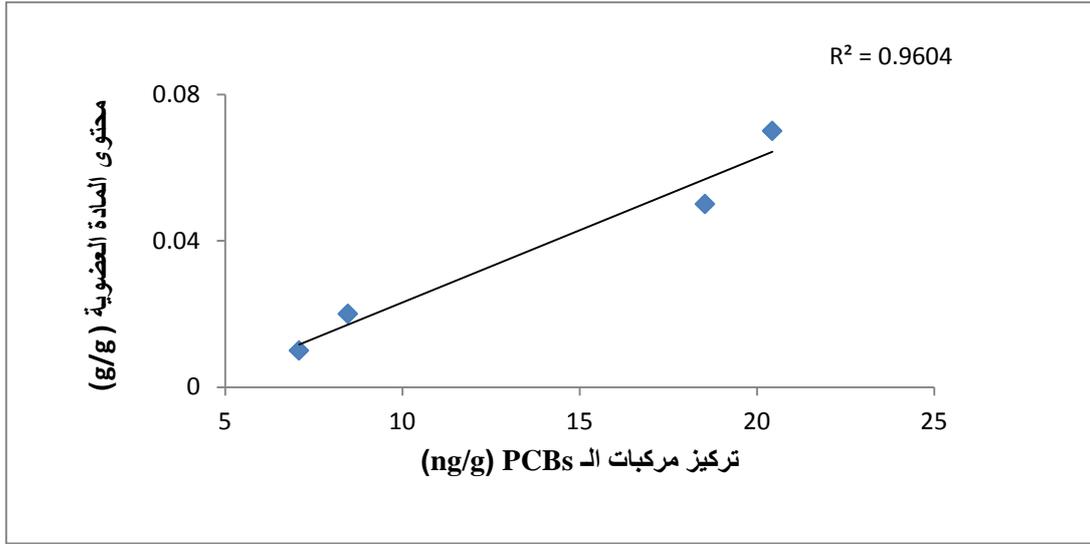
الجدول (11) محتوى المادة العضوية (g/g) في المواقع المدروسة

محتوى المادة العضوية من الوزن الجاف (الريبع)	محتوى المادة العضوية من الوزن الجاف (الشتاء)	محتوى المادة العضوية من الوزن الجاف (الخريف)	محتوى المادة العضوية من الوزن الجاف (الصيف)	المواقع المدروسة
0.04	0.03	0.03	0.04	البحوث البحرية
0.05	0.01	0.02	0.07	المدينة الرياضية
0.06	0.04	0.03	0.05	الكورنيش الجنوبي
0.03	0.01	0.03	0.04	مصب نهر الكبير الشمالي

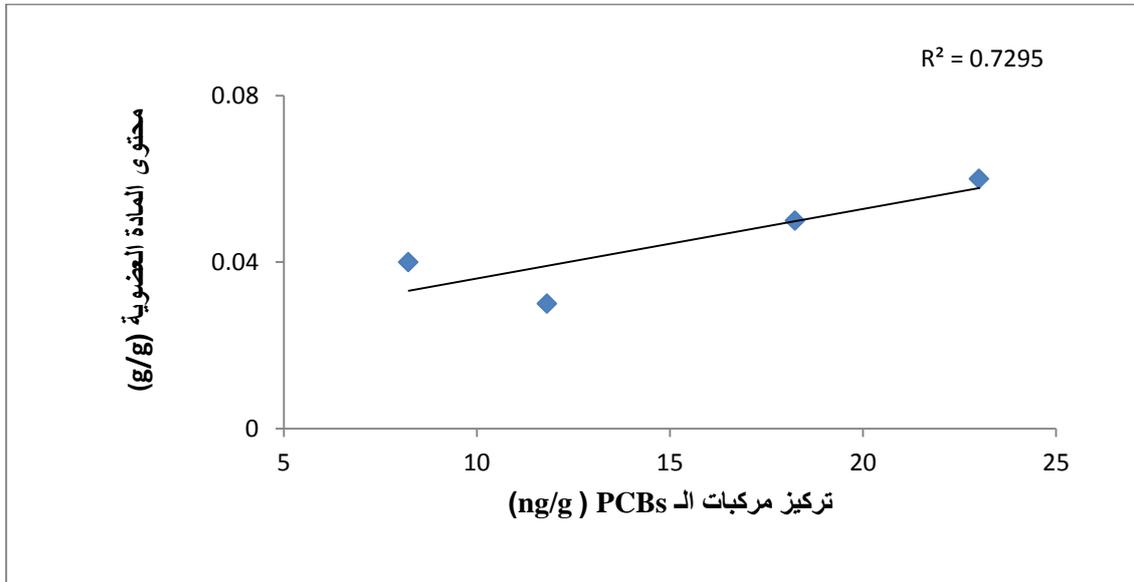
تشير علاقات الارتباط الجيدة بين محتوى الرسوبيات من المادة العضوية والتركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs المتراكمة في الرسوبيات البحرية إلى دور المادة العضوية في نقل هذه المركبات إلى الرسوبيات (Lambert et al., 1965) (الأشكال 1,2,3,4). تلعب أيضاً عوامل أخرى دوراً في ترسيب مركبات الـ PCB منها طبيعة المادة العضوية وطبيعة الرسوبيات وبالتالي فإن عملية الترسيب تخضع لمجموعة من العوامل المتداخلة وهذا ما يفسر عدم الانسجام في علاقات الارتباط.



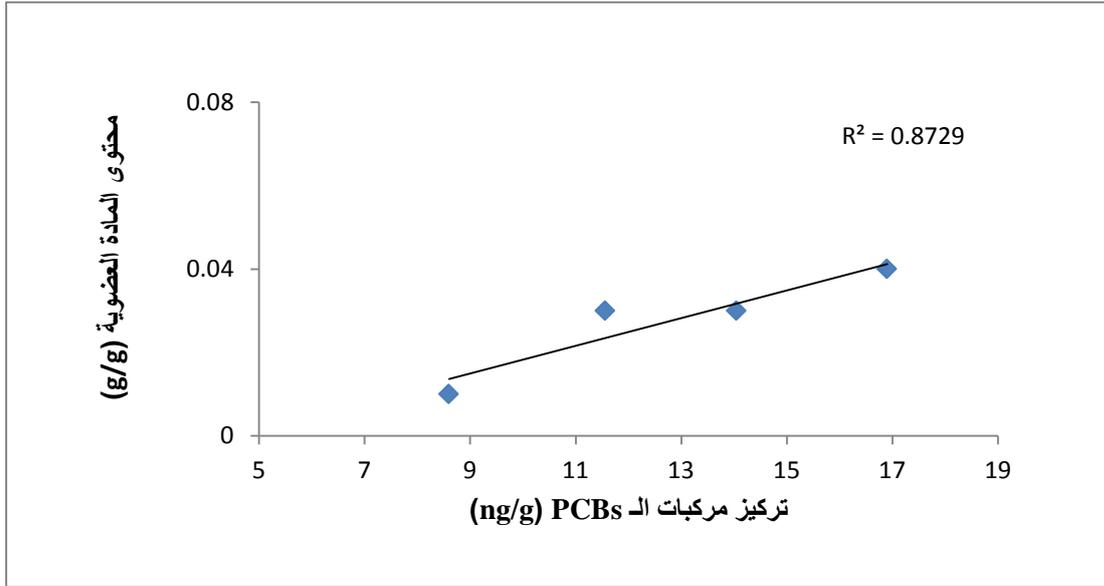
شكل (1) علاقات الارتباط بين محتوى المادة العضوية و تركيز مركبات الـ PCBs في رسوبيات منطقة البحوث البحرية



شكل (2) علاقات الارتباط بين محتوى المادة العضوية و تركيز مركبات الـ PCBs في رسوبيات منطقة المدينة الرياضية



شكل (3) علاقات الارتباط بين محتوى المادة العضوية و تركيز مركبات الـ PCBs في رسوبيات الكورنيش الجنوبي



شكل (4) علاقات الارتباط بين محتوى المادة العضوية و تركيز مركبات الـ PCBs في رسوبيات مصب النهر الكبير الشمالي

الاستنتاجات والتوصيات

1. تتوزع مركبات الـ PCBs بشكل ملحوظ في المياه البحرية لشاطئ مدينة اللاذقية مما يشير إلى استمرار وصول هذه المركبات إلى البيئة البحرية إضافة لمقاومتها لعمليات التحلل.
2. تفاوتت التراكيز الإجمالية لمركبات الـ PCBs في الموقع الواحد بسبب التغيرات الفصلية وبين المواقع المدروسة بسبب اختلاف مصادر التلوث وطبيعة الموقع.
3. امتازت مياه منطقة البحوث البحرية بتراكيز منخفضة بالمقارنة مع التراكيز في المناطق الأخرى المدروسة.
4. تأثرت مركبات الـ PCBs المتراكمة في الرسوبيات بالتغيرات الفصلية وبالأمواج البحرية وبالحركة الدورانية للمياه البحرية.
5. توزعت مركبات الـ PCBs بشكل متباين في الرسوبيات، حيث شكلت المركبات الثقيلة الجزء الأكبر من الكمية المتراكمة بسبب طبيعتها المقاومة والمستقرة.
6. تفاوت محتوى الرسوبيات من المادة العضوية تبعاً لطبيعة الرسوبيات وعوامل الرصد خارجية للمناطق المدروسة.
7. علاقة ارتباط مباشرة بين كمية المادة العضوية في الرسوبيات والتركيز الإجمالي لمركبات الـ PCBs المتراكمة في الرسوبيات.
8. ضرورة اتخاذ التدابير التي تكفل التقليل من وصول الملوثات إلى البيئة البحرية وبشكل خاص مركبات ثنائي فينيل متعدد الكلور.
9. ضرورة الاستمرار بعمليات البحث والمراقبة البيئية للوقوف بشكل حقيقي على واقع جودة المياه ومصادر الغذاء.

المراجع:

- 1- قره علي، أحمد. دراسة تحليلية للملوثات العضوية والمبيدات في المنطقة الساحلية. أطروحة دكتوراه، جامعة تشرين، 2000، 201 صفحة.
- 2- نور الدين، سيف الدين ; بكر، محمد ; عمار، ازدهار; قره علي، أحمد ; عباس، غياث ; عبدو، أسامة ; عريبة، عزت. استخدام شبكة دولية لرصد المركبات الهيدروكربونية الكلورية في المياه البحرية السورية. مجلة جامعة تشرين، سلسلة العلوم الأساسية. قبلت للنشر بتاريخ 16/2/2011 .
- 3- BRIGT, D. ; GRUNDY, A.S. and REMER, K.J. *Differential Bioaccumulation of non-ortho-substituted and other PCB congeners in Coastal Arctic invertebrates and fish.* Environmental Science and Technology 29, 1995, 2504- 2512.
- 4- BRINKMAN, U.A. and de KOK, A. *Halogenated Biphenyls, Terphenyls, Naphthalenes, Dibenzodioxins and Related Products.* Chemosphere, Vol. 21, No. 8, 1980, 1007–1016
- 5- DOONG, R. ; LEE, S ; LEE, C. ; SUN, Y. and WU, S. *Characterization and composition of heavy metals and persistent organic pollutants in water and estuarine sediments from Gao-ping River, Taiwan.* Marine Pollution Bulletin, 57, 2008, 846–857.
- 6- ELDER, D. “PCBs in N.W. Mediterranean Coastal Waters,” Mar. Pollut. Bull vol,7,(4)1967, 63-64.
- 7- HAKK, H. and LETCHER, R.J. *Metabolism in the toxicokinetics and fate of brominated flame retardants.* Environ. Int. ,29, 2003,801–28.
- 8- HARRY, G.R. and STEINHAUER,W.G. *Transport Pathways of Polychlorinated Biphenyls in Atlantic Water.* J. Moor. Res, 34, 1976, 561-575.
- 9- HEIRI, O. ; LOTTER, A. F. and LEMCKE, G. *Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of result.* Journal of Paleolimnology, 25, 1999, 101–110.
- 10- LAMBERT, S. M. ; PORTER, P. E. and SCHIEFERSTEIN, H. *Movement and sorption of chemicals applied to the soil.* Weeds, Vol. 13, 1965,185-190.
- 11- MACKAY, D. ; SHIU, W. Y. and MA, K. C. *Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals.* Lewis Publishers. Boca Raton, 1992.
- 12- MAGNUSSON, K. ; EKELUND, R. ; GRABIC, R. and BERGQVIST, P.A. *Bioaccumulation of PCB congeners in marine benthic infauna.* Mar. Environ. Res. 61,2006, 379–395.
- 13- MOORE, J. W. and RAMAMORTHY, S. *Organic Chemicals in Natural Waters,* Springer, New York , Ch. 9,1984, p. 168.
- 14- NHAN, D. D. ; AM, N. M. ; HOI, N.C. ; DIEU, L.V. ; CARVALHO, F.P. ; VILLENEUVE, J. P. and CATTINI, C. *Organochlorine pesticides and PCBs in the Red River Delta, North Vietnam.* Mar. Pollut. Bull, 36, 1998, 742-749.
- 15- PARNELL, P. E. ; GROCE, A.K; STEBBINS, T. D. and DAYTON, P. K. *Discriminating sources of PCB contamination in fish on the coastal shelf off San Diego, California (USA).* Mar. Pollut. Bull. 56, 2008, P. 1992–2002.
- 16- PERCY, J. A. *Persistent Organic Pollutants in the Bay of Fundy,* 2006, Accessed October, 2011. <<http://www.bofep.org/pops.htm>>

- 17- SAFE, S. H. *Polychlorinated biphenyls (PCBs): environmental impact, biochemical and toxic responses, and implications for risk assessment*. Crit. Rev. Toxicol. Vol. 24, 1994, 87–149.
- 18- Schulz-Bull, D.E. ; Petrick, G. ; Bruhn, R. ; Duinker, J.C. *Chlorobiphenyls (PCB) and PAHs in water masses of the northern North Atlantic*. Marine Chemistry, 61, 1998, 101-114.
- 19- STRACHAN, W. M. and EISENREICH, S. J. “*Balance Accounting of Chemicals in the Great Lakes,*” Chapter 19 in *Long Range Transport of Pesticides*. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1990, 291-301.
- 20- SWACKHAMER, D. L. and SKOGLUND, R. S. *Bioaccumulation of PCBs by algae: Kinetics versus equilibrium*. Environ. Toxicol. Chem., Vol. 12,1993, 831-838.
- 21- UNEP *for the analysis of selected chlorinated hydrocarbons in the marine Environment*, reference method for marine pollution studies, 1996.
- 22- WATANABE, I. and SAKAI, S. *Environmental release and behavior of brominated flame retardants*. Environ. Int, Vol. 29 ,2003,665–682.
- 23- WURL, O. and OBBARD, J. P. *Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Singapore’s coastal marine sediments*. Chemosphere Vol. 58 (7) , 2005, 925–933.