توزع المؤشرات المعدنية واللامعدنية في رسوبيات بحيرة قطينة

المهندسة خولة منصور* الدكتور محمد بشار المفتي**

الملخص

جرى في البحث الحالي، تعيين أهم مؤشرات التلوث رسوبيات بحيرة قطينة وربطها بمصادر التلوث المتمركزة على ضفاف البحيرة وعلى وجه الخصوص معمل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية. جمعت عينات رسوبية قاعية فضلاً عن عينات مائية سطحية وعميقة من مناطق مختلفة من البحيرة. حللت العينات كيميائيا باستخدام تقانات متعددة وعينت أهم المؤشرات اللامعدنية والمعدنية. دلت نتائج التحاليل أن تركيز المؤشرات اللامعدنية والمعدنية في المياه تزداد كلما اقتربنا من الجزء الشمالي من البحيرة وخاصة بالقرب من منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية، حيث وصل تركيز أيون الفلور إلى 0.77 ملغ/ل بالقرب من معمل الأسمدة الفوسفاتية، ولم يلاحظ وجود تباين في تركيز أيون الفلور في مياه البحيرة على طول بروفيلات العمق. وقد لوحظ أيضاً ازدياد في تراكيز أيونات الكبريتات والفوسفات والنترات، كلما اقتربنا من الجزء الشمالي للبحيرة إذ وصلت التراكيز إلى 50 ملغ/ل و3.66 ملغ/ل و16 ملغ/ل لكل من الكبريتات والفوسفات والنترات على الترتيب. أما تراكيز العوالق المائية والأملاح المنحلة في مياه البحيرة، فقد ازدادت ازدياداً كبيراً (بمقدار الضعف) في الجزء الشمالي منه في الجزء الجنوبي. دلت نتائج تحليل الرسوبيات أن تلوث رسوبيات البحيرة بالمؤشرات المعدنية منخفض نسبياً، ويعود ارتفاع التراكيز في بعض المواقع بشكل واضح إلى منصرفات المنشآت الصناعية المتمركزة على الجزء الشرقي للبحيرة. من جهة أخرى، يبقى جزء كبير من العوالق في المياه التي يمكن أن تحوي المؤشرات المعدنية فضلاً عن المغذيات كالفوسفور والنتروجين العامل الأشد تأثيراً في جودة مياه بحيرة قطينة التي يجب أن تدرس دراسة أكثر تفصيلاً.

* - أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندسة السيدة خولة منصور بإشراف الدكتور محمد بشار المفتي - كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة البيئية، جامعة دمشق

** قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

1.مقدمة:

يؤدي نهر العاصي وبحيرة قطينة دوراً مهماً في تطور الاقتصاد في الجمهورية العربية السورية، ففي حوض نهر العاصي يعيش أكثر من مليون نسمة ويتم إنتاج أكثر من (24%) من المنتجات الزراعية مع أن المساحة لا تتجاوز (8%) من مساحة القطر وتبلغ المساحة المروية أكثر من (125000) هكتار (أكساد، 1997).

توجد العديد من النشاطات البشرية والصناعية التي تمارس أو تستعمل مياه بحيرة قطينة لا تقوم هذه النشاطات بمعالجة مياه الصرف الناتجة عنها بشكل كامل، ويتم تحويلها مباشرة إلى البحيرة، مما أدى إلى تلوث مياه البحيرة بشكل واضح فضلاً عن أن رمي المياه الناتجة عن هذه الفعاليات أدى إلى التلوث الحراري لمياه البحيرة. كما تسبب مياه الصرف الصحي مصدراً مهماً من مصادر تلوث البحيرة، ذلك أن معظم مياه الصرف الصحي، لبعض التجمعات السكنية في حوض البحيرة، تصرف في البحيرة دون معالجة، وعلى الرغم من صغرها، فإنها تلوث المياه بالمركبات العضوية واللاعضوية، وترفع من الأكسجين الحيوي المستهلك BOD (Biological Oxygen Demand) والأكسجين الكيميائي المستهلك COD (Chemical Oxygen Demand)، مما يؤدي إلى خفض الاكسجين المنحل في الماء، ومن ثمَّ إلى ظاهرة التشبع الغذائي Eutrophication (العودات، 1998، محمد، 1999 1998، حمود،2002 جرجور،2001) التي تنعكس في خفض كمية الأكسجين المنحل في الماء، وما يتبع ذلك من خلل في السلسلة الغذائية، حيث تختفي الأنواع الحيوانية ولاسيَّما الأسماك التي تأتي في قمة السلسلة الغذائية. فضلاً عن ذلك، تستعمل كميات كبيرة من الأسمدة الكيميائية والمبيدات الحشرية في زراعة المناطق المحيطة بالبحيرة، وقد تصل كميات من الأسمدة الكيميائية والمبيدات إلى مياه البحيرة مع مياه الجريان السطحي، خاصة وأنَّ كمية الأمطار مرتفعة في منطقة البحيرة (عثمان والمصري، 2009، عثمان وآخرون، 1998، داود، 2000، بلوط، 2005).

ونذكر هنا أن العديد من المؤشرات اللاعضوية وخاصة عناصر الأثر (Cr As) المعدنية الناجمة عن النشاطات الصناعية (Aderiano, 1986, Brook, 1978)، أشد المؤشرات خطراً وتلوثياً للبيئة الطبيعية والمائية إذ يمتد تأثيرها إلى المنتجات الزراعية وكامل السلسلة الغذائية في الطبيعة إذ تعيق الملوثات المعدنية عملية التنقية الذاتية في المجاري والمسطحات المائية وكذلك عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي والصناعي، وتساعد على ظهور عمليات "انتقاء طبيعي" موجه غير مرغوب فيه للأنواع والكائنات المجهرية التي تؤدي دوراً كبيراً في تغيير التنوع الحيوي وتدني نوعيته في الأحواض الملوثة بها كلها تعدُّ الملوثات المعدنية من أشد المؤشرات خطراً على الزراعة والتربة والوسط البيوحيوي حيث تسمم الترب وتجعل عملية الزراعة فيها عملاً معقداً نظراً إلى الصعوبة في استصلاح الأراضي الحاوية على نسب كبيرة منها (جرجور، 2001، حمود، 2002، حياتي، 1996، محمد، 1998).

تقوم العديد من الجهات الحكومية بإجراء تحاليل دورية من مواقع محددة في المصادر المائية، ومقارنتها بالمستويات المسموح بها إذ، في معظم الحالات، لا يجري تقييم هذه النتائج بهدف تحديد مصادر التلوث ووضع الحلول العلمية لإزالة التلوث أو إيقافه وتقتصر التحاليل الكيميائية على نوعية المياه ولا تتطرق إلى رسوبيات البحيرة والتي تعد

المستقر النهائي للملوثات. ومن خلال البحث المكتبي تبين لنا عدم وجود أية دراسات حول توزع العناصر المعدنية واللامعدنية في رسوبيات بحيرة قطينة وعلاقتها بمصادر التلوث المختلفة التي تسهم في تلوث البحيرة.

ولهذا **هدف البحث** إلى دراسة توزع العناصر المعدنية ولاسيّما عناصر الأثر والعناصر اللامعدنية (وعلى وجه الخصوص مؤشرات الفلور والفوسفور والنتروجين) في رسوبيات ومياه بحيرة قطينة وربطها بالمنصرفات السائلة التي تصب في البحيرة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية والبشرية المحيطة بالبحيرة وهي معامل الشركة العامة للأسمدة وورشات وزارة الدفاع ومحطة التوليد الحراري والصرف الزراعي.

2.منطقة الدراسة:

تقع بحيرة قطينة إلى الغرب من مدينة حمص، ويبلغ طول البحيرة نحو (12) كم عند المنسوب الأعظمي للمياه في البحيرة ويبلغ عرضها في بعض المناطق (5) كم كما يبلغ ارتفاعها عن سطح البحر (500) م. تشكلت بحيرة قطينة على شكلها الحالي بعد بناء جدار سد قطينة بين عامي 1935 1938 وقبل ذلك كانت توجد بحيرة إلا أن مقاييسها تعادل الحجم الميت للبحيرة الحالية. ويبين الشكل 1 موقع بحيرة قطينة والمناطق المحيطة بها.

3. مواد البحث وطرائقه:

1.3 الاعتيان والعمل الحقلي:

وضعتْ خطة لقطف العينات المائية من أماكن مختلفة من البحيرة وفقاً لمساحة البحيرة وحجمها وأماكن المنصرفات الصناعية والزراعية ومنطقة رفد البحيرة بالمياه العذبة وتمثل هذه الأماكن مدخل نهر العاصي ومخرجه إلى البحيرة وقبل الرحبة وبعدها ومنطقة قبل معمل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية وبعده ومقابل قرية المشاهدة والجهة الغربية للبحيرة وعدد من نقاط الاعتيان داخل البحيرة. يبين الشكل 2 مصادر التلوث ومواقع العينات المائية والرسوبيات في البحيرة إذ بلغ عددها 19 موقعاً. بلغت عدد العينات المائية 19 عينة سطحية وعميقة ومتوسطة و8 عينات رسوبية جمعت من 8 نقاط من قاع البحيرة (تراوح عمق المياه في أماكن جمع عينات الرسوبيات بين 1.5 م - 2.5 م). هذا وتجمع بشكل دوري عينات من منصرفات الرحبة العسكرية ومعمل الأسمدة الآزوتية والفوسفاتية المصدرين الرئيسين للتلوث في منطقة البحيرة حيث تلقى منصرفاتها فيها.

جرى جمع العينات في شهر نيسان 2009 خلال مرة واحدة، وباستخدام أدوات جمع العينات المتوافرة في الشركة العامة للصرف الصحي بحمص. تم قياس حقليا كل من درجة الحرارة والناقلية الكهربائية والرقم الهيدروجيني (pH) بواسطة جهاز حقلي من نوع WtW ألماني الصنع.

2.3. التحاليل الكيميائية:

أجريت التحاليل الكيميائية في مخابر هيئة الطاقة الذرية بدمشق وفقاً للإجراءات الآتية:

2.3. 1 . تعيين الأيونات في المياه:

استخدمت تقانة الكروموتغرافيا الأيونية في تعيين الايونات في عينات المياه

2.3 .2 تعيين العناصر المعدنية في العينات المائية بواسطة تقنية الامتصاص الذري:

استخدمت تقانة اللهب في جهاز الامتصاص الذري من نوع Perkin Elmer 2380 لقياس كل من المنغنيز

والكروم والتوتياء والرصاص والزرنيخ والكالسيوم والسيلينيوم.

3.2.3 تعيين العناصر المعدنية واللامعدنية في الرسوبيات:

استخدمت تقانة التنشيط النتروني في تعيين تراكيز عناصر الأثر (Ni Co Cr As) والعناصر الأساسية (Ca Mg K Fe Sr Ba Al Na I Br Cl) في العينات كلها، وجرى التحليل باستخدام مفاعل (MNSR) السوري على الشكل الآتي: جففت العينات كلها في الفرن مدة 24 ساعة عند الدرجة 45 مئوية. طحنت ونخلت العينات الجافة في منخل قياس 300 ميش مصنوع من الحديد غير قابل للصدأ. أغلقت عينات بوزن يتراوح بين 150 -250 ملغ بالنايلون الشفاف وضغطت باستخدام مكبس يدوي ووضعت في كبسولات مصنوعة من متعدد الايتيلين للتشعيع. شععت كل عينة العينة مرتين بتدفق نتروني حراري قيمته 5×10^{11} $nCm^{-2}.S^{-1}$ مدة ثلاثين ثانية و5 ساعات بقصد دراسة النكليدات ذات عمر النصف القصير وذات عمر النصف الطويل على التوالي. أجريت القياسات بمطيافية غاما بعد أزمنة تبريد قدرها 300 ثانية و2 و30 يوماً باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة ذي قدرة فصل مرتفعة (1.85 كيلو إلكترون فولت عند الطاقة 1.33 ميغا إلكترون فولت) وكفاءة تعداد نسبية مرتفعة (25%) وخلفية طبيعية منخفضة. أما مجال الارتياب في التحليل فهو نحو 5%.

4.2.3 تعيين أيون الفلور في الرسوبيات:

قيست القوة المحركة الكهربائية للمحلول بطريقة اللاكترود الانتقائي، ومن ثم حسب تركيز الفلور فيها بمقارنة بالمنحنى العياري.

5.2.3 تعيين الفوسفور الكلي:

بسبب إمكانية وجود الفوسفور في المركبات العضوية تم أكسدة المواد العضوية لتحويل الفوسفور إلى أورتوفوسفات.

6.2.3 تعيين النتروجين:

استخدمت طريقة كلدال لتعيين النتروجين في العينات المائية والرسوبيات. وتعتمد الطريقة على تحويه الآزوت العضوي إلى أملاح أمونيوم لا عضوية بعملية تهضيم حمضية.

4. النتائج والمناقشة:

تركيز العناصر اللامعدنية في مياه بحيرة قطينة

أعطت نتائج تحاليل العينات التي ذكرت في الورقة الحالية مؤشراً واضحاً على تلوث مياه البحيرة. يوضح الجدو 1 تراكيز الأيونات السالبة في مياه البحيرة فضلاً عن بعض مؤشرات التلوث. تراوح تركيز أيون الفلور الأكثر خطورة من بين المؤشرات اللامعدنية والناجمة عن الصناعة الفوسفاتية، بين 0.33 ملغ/ل في عينات الجزء الجنوبي للبحيرة (مدخل نهر العاصي) البعيد عن منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية و0.77 ملغ/ل بالقرب من معمل الأسمدة الفوسفاتية وهي قيمة أقل من تلك المسجلة في دراسة أخرى إذ وصل تركيز أيون الفلور إلى 1.85 ملغ/ل (المرعي والعودات، 2005) ويعود ذلك إلى ارتفاع منسوب المياه في شهر نيسان وتمديد تراكيز الفلور في المياه. قورنت هذه القيم بتراكيز أيون الفلور في منصرفات معمل الأسمدة حيث وصلت إلى 11.7 ملغ/ في تلك المدة. وعلاوة على ذلك، يبين الجدول 1 وجود تباين طفيف في تركيز أيون الفلور في مياه البحيرة على طول بروفيل العمق في كل من المواقع الثلاثة (4، 7، 19) ويعود ذلك

إلى اختلاط مياه البحيرة بفعل الرياح وكذلك عمق مياه البحيرة الذي لم يتجاوز 2.5 متراً أثناء إجراء الاعتيان.

أما مؤشرات أيونات الكبريتات والفوسفات فقد ازدادت قيمهما مقارنة بالجزء الجنوبي كلما اقتربنا من الجزء الشمالي للبحيرة، إذ وصلت التراكيز إلى 50 ملغ/ و3.61 ملغ/ل لكل من أيونات الكبريتات والفوسفات على الترتيب ولم تتجاوز تراكيز أيونات الكبريتات والفوسفات في مياه الجزء الجنوبي من البحيرة المقدار 24.38 ملغ/ و0.29 ملغ/ ، على الترتيب. وتعود هذه التراكيز بشكل واضح إلى منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية، هذا ولم يلاحظ وجود تباين بين التراكيز على طول بروفيلات العمق في المواقع الثلاثة (4، 7، 19) بسبب عمق البحيرة الصغير وحركة المياه واختلاطها بشكل دائم. ومن جهة أخرى، لوحظ توزع مماثل لأيون النترات الذي يعود وجوده في المياه إما لمنصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية أو للصرف الزراعي في المنطقة، فتراوح تركيز ايون النترات بين 1 ملغ/ في الجزء الجنوبي 16 ملغ/ل في عينات الجزء الشمالي للبحيرة وهي قيم أعلى من القيم المسجلة في دراسات أخرى (العودات وآخرون، 2003، عثمان وآخرون، 1998) على مياه نهر العاصي إذ وصلت إلى 3.1 ملغ/ . أما تراكيز أيون الكلور فكانت ضمن القيم المسجلة في دراسات عديدة، ولم تتجاوز القيمة 12 ملغ/ .

أمَّا تراكيز الأملاح المنحلة الكلية في مياه البحيرة، فقد ازدادت ازدياداً كبيراً (بمقدار الضعف) في الجزء الشمالي منه في الجزء الجنوبي، إذ كانت 155 ملغ/ في الجزء الجنوبي ووصلت إلى 304 ملغ/ل في أقصى الجزء الشمالي من البحيرة ويعود ارتفاع نسبة الأملاح الكلية في الجزء الشمالي للبحيرة إلى حركة مياه البحيرة بفعل الرياح وقرب منصرفات المعامل والمحطة الحرارية في الجزء الشمالي للبحيرة. وقد رافق ارتفاع تركيز الأملاح الكلية في مياه البحيرة في الجزء الشمالي ارتفاع في تركيز العوالق المائية ومن ثمَّ ارتفاع المغذيات ونسبة الطحالب في الجزء الشمالي (وصلت تراكيز العوالق المائية إلى 92 ملغ/) وربما يعود ارتفاع نسبة العوالق المائية إلى حركة مياه البحيرة بفعل الرياح وقرب منصرفات المعامل والمحطة الحرارية في الجزء الشمالي للبحيرة. على أية حال، تقع تراكيز العوالق ضمن المستويات الطبيعية في مياه الأنهار والبحيرات في المناطق الجافة وشبه الجافة وهي (260 ملغ/) (العودات وآخرون، 2003). حلل أيضاً النتروجين في المياه كأحد المغذيات الأساسية والذي يعود مصدره إلى منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية والصرف الزراعي الناجم عن المناطق الزراعية. تراوح تركيز النتروجين الكلي بين 0.22 ملغ/ و0.82 ملغ/ وهي تراكيز تساعد على ظاهرة الإثراء الغذائي. وعلاوة على ذلك، تراوح تركيز الأكسجين الكيميائي المستهلك، وهو مؤشر للتلوث الصناعي للمياه، بين 33 ملغ/ ل في الموقع 17 و50 ملغ/ل في الموقع 19 (الجدول 1) حيث شوهدت أعلى القيم في الجزء الشمالي من البحيرة وبالقرب من مصبات معامل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية، وهذا يدل على ارتفاع نسبة التلوث الصناعي في مياه البحيرة وخاصة في المناطق القريبة من منصرفات معمل الأسمدة. وعلى الرغم من قلة العينات المائية التي جمعت فإنها يمكن أن تكون مؤشراً لمستويات

التلوث في البحيرة التي تستدعي المراقبة الفصلية لها، في حين تعبر الرسوبيات القاعية، وهي الملاذ الأخير لملوثات المائية، عن تلوث البحيرة، ليس فقط الحالية وإنما السابقة أيضا.

ندرج في الجدول 2 تصنيف المياه وفق تقرير وزارة الري حول بحيرة قطينة للعام 1986 (وزارة الري، 1986). وبمقارنة القيم المسجلة في الجدول 1 والجدول 2، يلاحظ أن بحيرة قطينة شديدة التلوث جداً لارتفاع تراكيز معظم المؤشرات عن القيم المذكورة في الصنف 6 من التصنيف المذكور، ولعل السبب الرئيس لارتفاع تركيز هذه المؤشرات معامل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية والصرف الصحي والزراعي.

تركيز المؤشرات المعدنية في مياه بحيرة قطينة:

جرى في الدراسة الحالية تعيين الجزء المنحل من المؤشرات المعدنية فقط، إذ جرى ترشيح العينات لفصل العوالق المائية قبل رفع حموضة العينة بإضافة حمض الآزوت. يبين الجدول 3 تراكيز بعض المؤشرات المعدنية المنحلة في مياه بحيرة قطينة. يستدل من الجدول أن معظم عناصر الأثر كانت أقل من حد كشف الطريقة المستخدمة في التحليل.

وهي تراكيز منخفضة مما يدل على أن معظم **المؤشرات** المعدنية تكون مرتبطة بالعوالق المائية وليست منحلة في المياه وهذا يعزى إلى ارتفاع قيمة PHمياه البحيرة التي تقارب المياه القلوية (8) فتترسب أو تمتز على العوالق المائية معظم عناصر الأثر كالرصاص (أقل من 0.2 ملغ/) والزرنيخ (أقل من 0.002 ملغ/) والكروم (أقل من 0.1 ملغ/) والزنك (أقل من 0.025 ملغ/). أما تركيز أيون المغنيزيوم والكالسيوم فقد كان توزعها في مياه البحيرة بشكل متجانس تقريباً وتقع ضمن المستويات الطبيعية في مياه الأنهار والبحيرات التي تصل إلى 28 ملغ/ و40 ملغ/ ل لكل من أيون المغنيزيوم والكالسيوم على الترتيب (العودات وآخرون، 2003). وأخيراً، يمكن القول: إن معظم المؤشرات المعدنية وخاصة عناصر الأثر التي ترد البحيرة تترسب أو تمتز على العوالق المائية ولا تكون ذائبة في المياه.

تركيز العناصر اللامعدنية في رسوبيات بحيرة قطينة

تراوح تركيز **أيون الفلور** في رسوبيات بحيرة قطينة بين 131 ملغ/كغ في الجزء الجنوبي من البحيرة و195 ملغ/كغ في المنطقة المقابلة لمعمل الأسمدة الفوسفاتية و188 ملغ/كغ بعد مصب منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية (الجدول 4) (الشكل 3)، مما يشير بشكل واضح أن سبب هذا الارتفاع هو منصرفات معمل الأسمدة الفوسفاتية. ونشير هنا أنه لا تجرى مراقبة مستويات الفلور في منصرفات معمل الأسمدة وفقا لسجلات مراقبة المياه في منصرفات معامل الأسمدة الفوسفاتية.

تقع السويات المسجلة للفلور ضمن السويات الطبيعية والمسجلة في دول العالم والتي تتراوح بين **150 ملغ/كغ و320 ملغ/كغ** (Kabahta-Perdias, 1985). وهذا ما دلت عليه أيضا دراسات سابقة (مرعي وعودات، 2005) إذ لم تتجاوز تراكيز الفلور في الرسوبيات هذه السويات الطبيعية. على أية حال، يمكن أن تزداد هذه التراكيز مع مرور الزمن فيما لو استمر تصريف المياه العادمة من معمل الأسمدة الفوسفاتية لمدة أطول حيث لوحظت أعلى القيم بالقرب من معمل الأسمدة الفوسفاتية. فضلاً عن ذلك، جرى تعيين كل من النتروجين والفوسفور الكليين في الرسوبيات كمعاملات مسببة للإثراء الغذائي في بحيرة قطينة، ويلاحظ ارتفاع تركيز الفوسفور والنتروجين في رسوبيات البحيرة إذ تراوحت التراكيز بين 200

ملغ/كغ و600 ملغ/كغ وبين 2100 ملغ/كغ و2900 ملغ/كغ لكل من النتروجين الكلي والفوسفور الكلي على الترتيب. شوهدت أعلى التراكيز في الموقع القريب من معمل الأسمدة الفوسفاتية الموقع (14) والموقع القريب من منطقة الصرف الزراعي على الجهة الغربية (الموقع رقم 8) (الشكلان 4 و5). تعدُّ القيم المسجلة في رسوبيات البحيرة مرتفعة نسبيا مقارنة بالدراسات المنشورة (حياتي، 1996، داوود، 2000، Carpenter, 1998)، حيث تسهم التراكيز المرتفعة والمنحلة من النتروجين والفوسفور في الرسوبيات -وفي الظروف اللاهوائية - في زيادة نمو الطحالب وتحفيز ظاهرة الإثراء الغذائي.

تركيز المؤشرات المعدنية في رسوبيات بحيرة قطينة:

جرى تعيين عناصر الأثر المعدنية وخاصة الكروم والنحاس والزئبق والرصاص والزرنيخ حيث يعزى وجود هذه العناصر إلى منصرفات منشآت صيانة المركبات الواقعة على الجهة الشرقية للبحيرة وقبل معمل الأسمدة الفوسفاتية، ويلاحظ من (الجدول 5) أن تركيز الكروم قد تراوح بين 29 ملغ/كغ و38 ملغ/كغ في الموقع رقم 12 وبشكل عام كانت التراكيز أعلى في رسوبيات الجزء الشمالي من البحيرة منه في الجزء الجنوبي في حين وصل تركيز الزرنيخ القيمة 3.2 ملغ/كغ (الشكلان 6 و7) وهذا متوقع حيث يؤثر جريان الماء في البحيرة من الجزء الجنوبي إلى الجزء الشمالي (مخرج نهر العاصي) في توزع العناصر المعدنية في الرسوبيات. وعلاوة على ذلك، شوهد التوزع نفسه لكل من الرصاص والنحاس. على أية حال، تقع كافة القيم المسجلة للعناصر المعدنية ضمن المستويات الطبيعية المسجلة لرسوبيات بحيرات وأنهار العالم (Kabahta-Perdias, 1985). **حيث تتراوح التراكيز الطبيعية بين 3 -38 ملغ/كغ، 1 -3 ملغ/كغ و0.04 -0.8 ملغ/كغ و29 -38 ملغ/كغ و8- 27 ملغ/كغ لكل من الرصاص والزرنيخ والزئبق والكروم والنحاس على الترتيب**. وتعزى هذه التراكيز المنخفضة إلى عدم ترسب العوالق في المنصرفات في قاع البحيرة بسبب تبدل مياه البحيرة بشكل كبير ولاسيَّما الطبقة السطحية نظراً إلى الاستهلاك المستمر للمياه. وقد لوحظت في دراسة سابقة (العودات وآخرون، 2003) أن مياه مخرج نهر العاصي من بحيرة قطينة، قد احتوت على أعلى التركيز مما يشير إلى أن الملوثات المنصرفة في مياه البحيرة تغادر البحيرة ويترسب جزء بسيط منها.

وأخيراً، يمكن القول إنَّ تلوث رسوبيات البحيرة بالعناصر المعدنية منخفض نسبيا، مع ملاحظة التراكيز المرتفعة نسبياً في الجزء الشمالي لوجود تأثير واضح لمنصرفات المنشآت الصناعية المتمركزة على الجزء الشرقي للبحيرة. وعلاوة على ذلك، يبقى جزء كبير في المياه من العوالق المائية التي يمكن أن تحوي العناصر المعدنية فضلاً عن المغذيات كالفوسفات والنتروجين العامل الأشد تأثيراً على جودة مياه بحيرة قطينة والتي يجب أن تدرس دراسة أكثر تفصيلا. إن المغذيات الناجمة وخاصة النتروجين والفوسفور عن الصرف الصحي والصناعي والزراعي في منطقة بحيرة قطينة والتي تؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي وتعكر مياهها، أكثر مؤشرات التلوث التي يجب أن تؤخذ بالحسبان في الدراسات اللاحقة.

5. الاستنتاجات والتوصيات

دلت الدراسة الحالية على **رسوبيات** بحيرة قطينة ومياهها على ما يأتي:

1. تقع مستويات مؤشرات التلوث المدروسة المعدنية الكروم والنحاس والزئبق والرصاص والزرنيخ في رسوبيات بحيرة قطينة ضمن السويات الطبيعية المسجلة في بلدان عديدة في العالم ولكن يوجد أثر واضح على ارتفاع هذه السويات في الجزء الشمالي للبحيرة سببه منصرفات المنشآت الصناعية.
2. كانت مستويات مؤشرات التلوث اللامعدنية (F, TN,TP) في رسوبيات البحيرة أعلى من المستويات الطبيعية.
3. يختلف توزع أيون الفلور وهو أكثر العناصر اللامعدنية وجوداً في الفوسفات والناجم عن صناعة الأسمدة الفوسفاتية في رسوبيات البحيرة من موقع إلى آخر ويزداد بالقرب من منصرفات معمل الأسمدة. ويمكن اعتماده كمؤشر للتلوث الناجم عن معامل الأسمدة الفوسفاتية.
4. كانت معظم الملوثات المعدنية غير ذائبة في مياه البحيرة بسبب ارتفاع الرقم الهيدروجيني في مياه البحيرة (PH حوالي 8).
5. لا يوجد تباين في توزع مؤشرات التلوث في بحيرة قطينة على طول بروفيلات العمق نظراً إلى عمق البحيرة الصغير وحركة المياه بفعل الرياح.
6. تنحصر مشكلة البحيرة بارتفاع نسبة العوالق المائية فضلاً عن وجود عوامل مساعدة لظاهرة الإثراء الغذائي التي لا بد من التحري عن أسبابها ووضع الحلول لها.
7. على الرغم من مراقبة منصرفات معامل الأسمدة بشكل دوري من قبل مديرية البيئة ومديرية الموارد المائية ومعامل الأسمدة بحمص تبين أنها تحقق المواصفات الوطنية السورية 2008/2580 والمتعلقة بالمخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة نوصي بمتابعة قياس تراكيز مؤشرات التلوث بما في ذلك أيون الفلور في هذه المنصرفات من قبل مخابر معمل الأسمدة ومخابر حيادية (طرف ثالث) للتأكد من التقيّد بالمعايير الوطنية.

6. المراجع:

1. عثمان، إبراهيم، المصري، محمد سعيد، 2009. الصناعة الفوسفاتية والبيئية، منشورات هيئة الطاقة الذرية بدمشق.
2. عثمان، إبراهيم؛ المصري، محمد سعيد؛ العودات، محمد. 1998. النشاط الإشعاعي في بيئة نهر العاصي. هـ ط ذ س-و/ ت ن ب ع - 171.
3. أكساد (المركز العربي لدراسة المناطق الجافة). 1997. مصادر المياه واستخداماتها في الوطن العربي. وثائق الندوة العربية الثانية. الكويت.
4. الصطوف، عبد الله، 1995: التلوث البيئي، مصادره، آثاره، طرق الحماية، ليبيا، جامعة سبها.
5. جرجور، سمير، 2001: دراسة التنوع الحيوي للعوالق النباتية في نهر الحصين، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، المجلد (23) ص. 185-196.
6. حمود، نديم، 2002: دراسة توزع العوالق النباتية تحت تأثير بعض العوامل البيئية في المياه الشاطئية شمال مدينة اللاذقية خلال عام 1999 مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، المجلد (24)، ص. 95-106.
7. حياتي، الطيب أحمد، 1996: النظم البيئية المائية، مقدمة في علم البيئة، الخرطوم السودان، رقم 321، ص. 155-174.
8. محمد، المنتصر أحمد، 1998: التوازن البيئي في مياه الأنهار لحماية الطبيعة من التلوث، مجلة الجمعية الكيميائية الكويتية، العدد /32/، ص 20-22.
9. محمد، المنتصر أحمد، 1999: إثراء مياه البحيرات بالمغذيات، العامل الرئيسي لتواصل الحياة في البيئة المائية، مجلة الجمعية الكيميائية الكويتية، العدد /37/، ص. 23-25.
10. العودات، محمد. 1998. التلوث وحماية البيئة، الطبعة الثالثة، الأهالي للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، سورية.
11. داود، معن دانيال، عثمان، عدنان، 2000. مكافحة التلوث البيولوجي في مياه البحيرات والسدود، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق.
12. بلوط، ديما بدر، 2005. دراسة تلوث المياه الجوفية في محيط بحيرة قطينة، حوض العاصي، أطروحة ماجستير، كلية العلوم، جامعة دمشق.
13. المواصفة القياسية السورية للمخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة رقم 2008/2580
14. العودات محمد، المصري محمد سعيد، النعمة محمد، الصمد عمر، سعد زينب، سليم كمال، دراسة بيئة نهر العاصي في سورية ولبنان، ه هـ ط ذ س/ت ن ب ع 278، شباط 2003.
15. المرعي، رفعت ، العودات، محمد، 2005 تعيين مستويات الفلوريد المنطلق من معمل السماد

الفسفاتي في مكونات النظام البيئي (ماء وهواء ونبات وتربة)، هيئة الطاقة الذرية السورية، ت ن ب ع 326 .

16.وزارة الري،1986، دراسة تلوث بحيرة قطينة والرستن، وزارة الري، مديرية الري العامة لحوض العاصي، مديرية مكافحة تلوث المياه العامة.

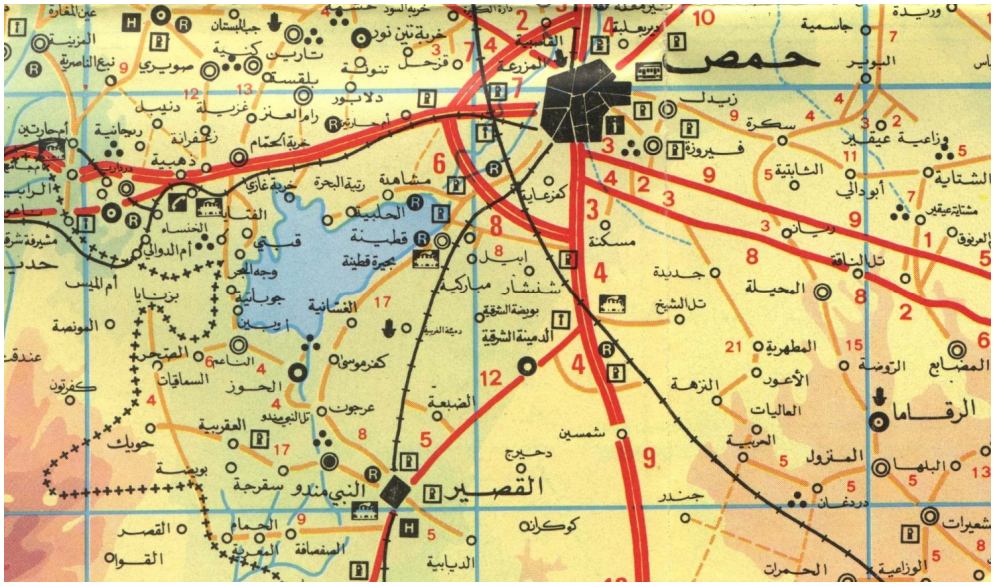
17. Aderiano D. C. (1986). Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag. New York.

18. Brook ,R. R. 1978 . Pollution Through Trace Elements .In: Bockrit J. M. ed. Environmental Chemistry . New York , Pleum Press . pp. 429-476.

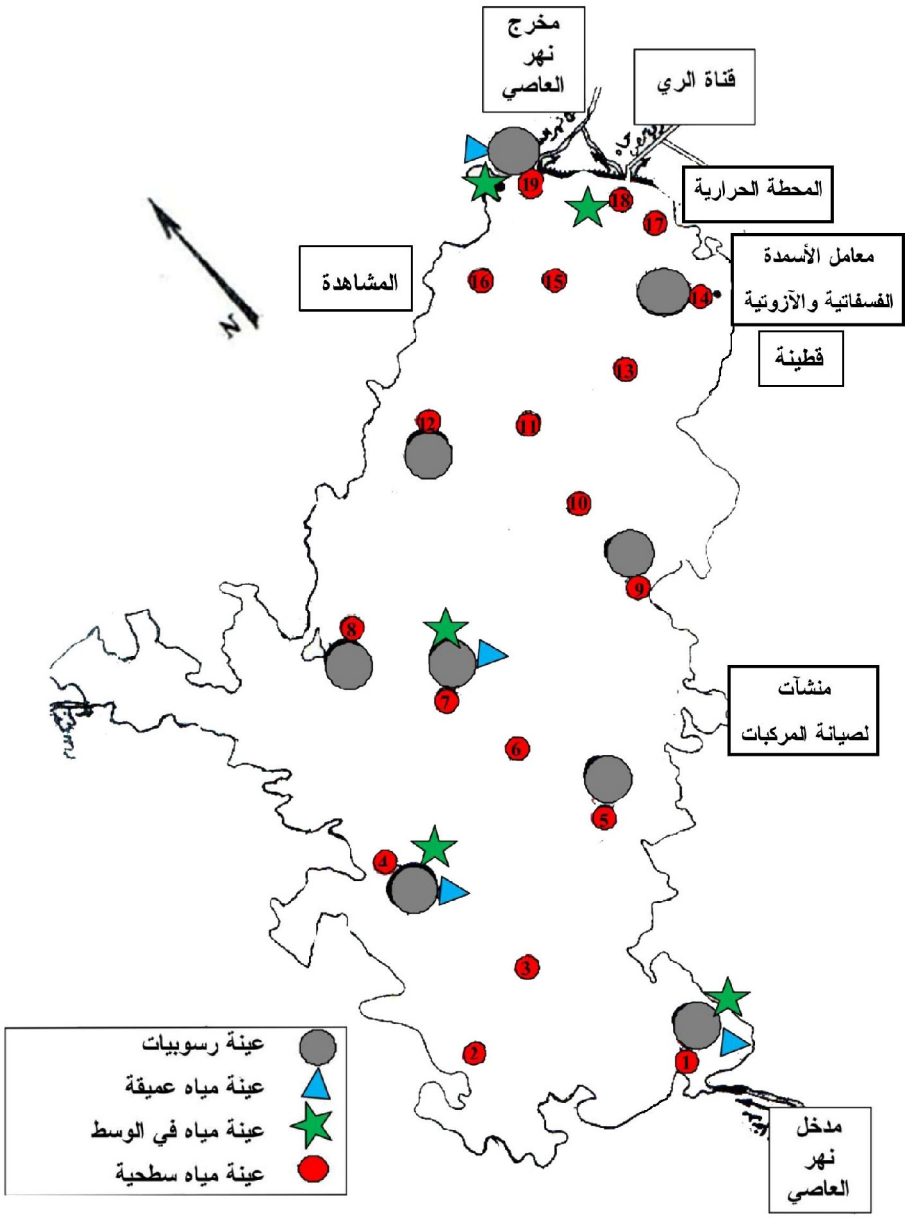
19. Carpenter, S.R., N.F. Caraco, and V.H. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications 8:559-568.

20. Klumpp, A., Domingos, M., Klumpp, G. (1996). Assessment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertilizer industries at Cubatao, Barzil. Sci. Total Environ. 192, 219-228.

21. Kabata-Pendias A., Pendias H. (1985). Trace elements in soil and plants. CRC Press, Inc. Florida. p. 315.

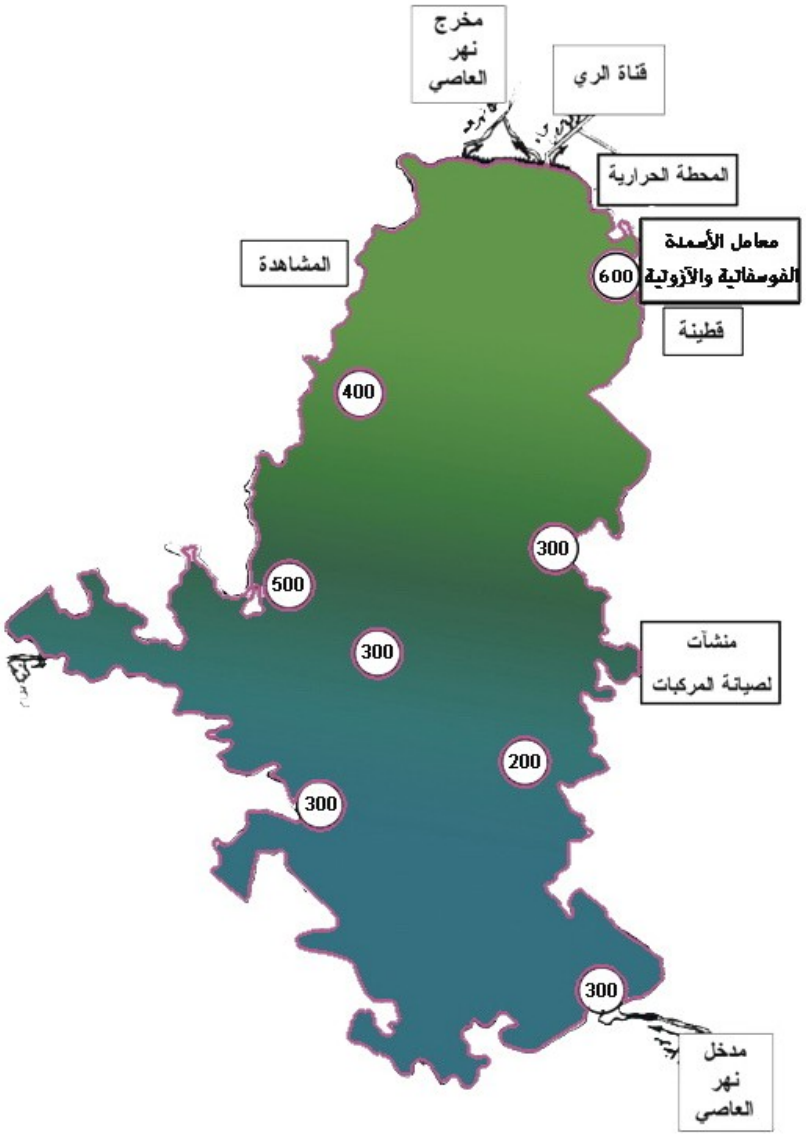


الشكل 1. خريطة بحيرة قطينة والأماكن المحيطة

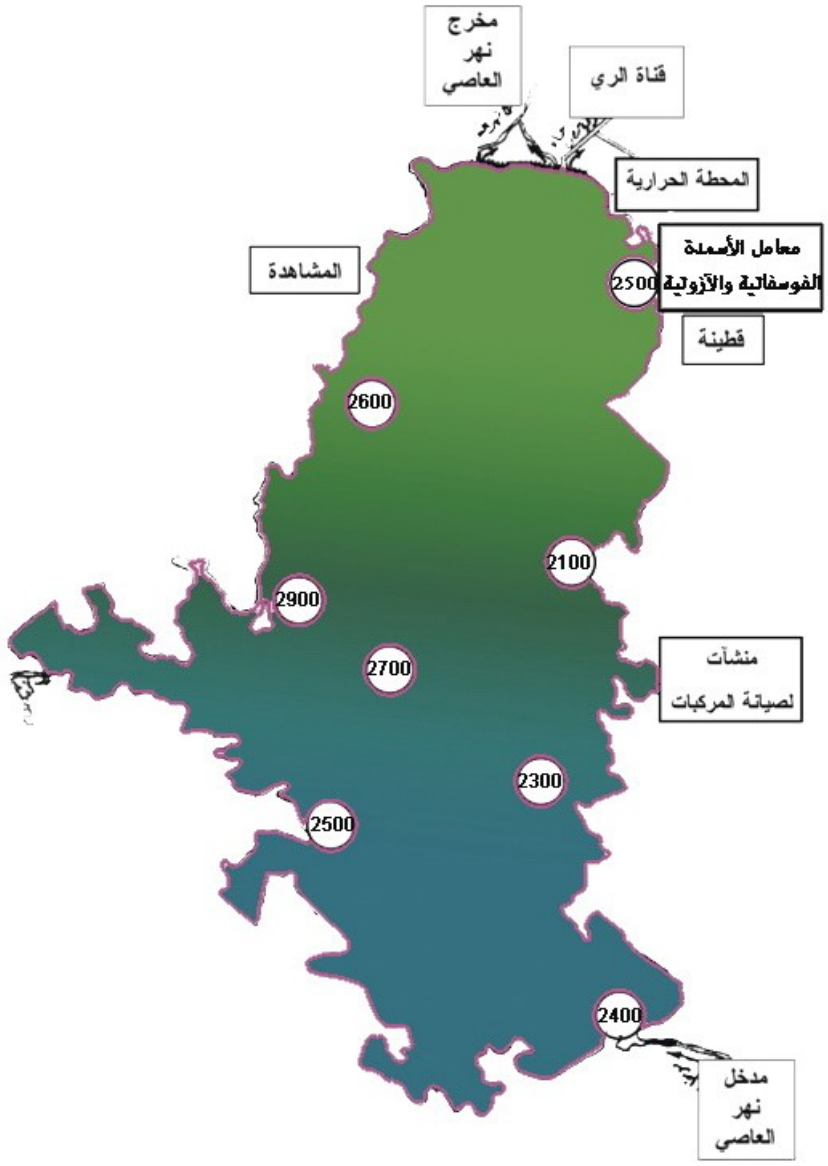


الشكل 2. مواقع الاعتيان في بحيرة قطينة ومصادر التلوث

الشكل 3. مخطط توزع الفلور (F) في الرسوبيات (مع/كغ)

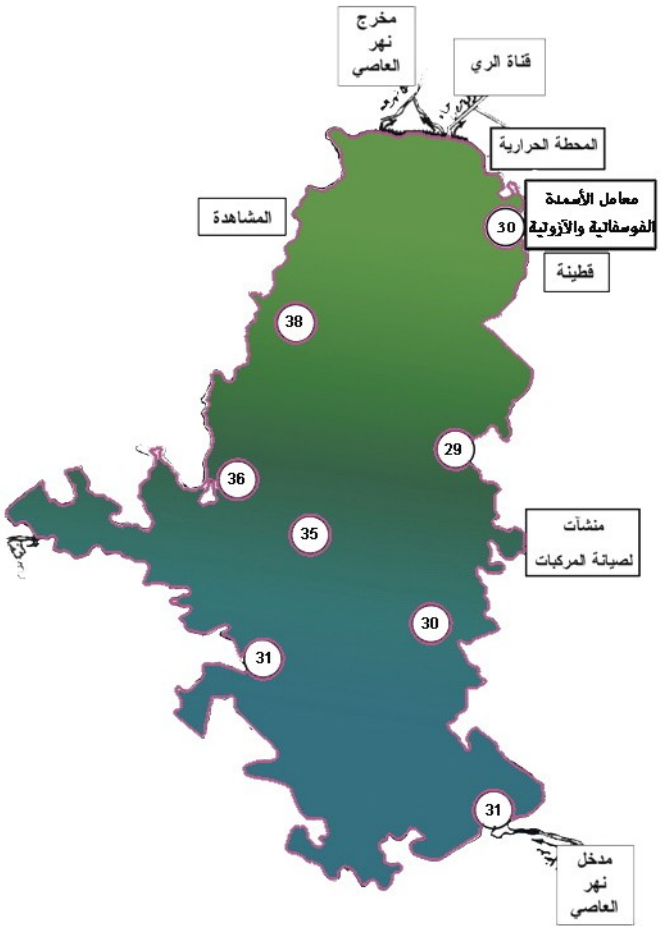


الشكل 4. مخطط توزع النتروجين الكلي (TN) في الرسوبيات(مع/كغ)



الشكل 5. مخطط توزع الفوسفور الكلي (TP) في الرسوبيات(مغ/كغ)

الشكل 6. مخطط توزع الزرنيخ (As) في الرسوبيات(مغ/كغ)



الشكل 7. مخطط توزع الكروم (Cr) في الرسوبيات (مع/كغ)

الجدول 1. تركيز المؤشرات اللامعدنية في مياه بحيرة قطينة

رقم الموقع	ماهية العينة	F^- mg/l	Cl^- mg/l	NO_3^- mg/l	PO_4^{---} mg/l	SO_4^{--} mg/l	Total N mg/l	EC µS /cm	pH	TSS mg/l	TDS mg/l	COD mg/l
3	سطحية	0.330±0.003	11.68±0.03	1.180±0.007	0.29±0.03	24.38±0.30	0.33	279.33±1.53	7.34±0.02	42.00±0.08	155±16	41.05±4.29
6+5	سطحية	0.350±0.003	9.57±0.02	1.270±0.007	0.29±0.03	24.76±0.31	0.27	345.5±0.7	7.750±0.007	32.00±0.06	180±2	34.73±3.63
7	سطحية	0.340±0.003	9.29±0.02	1.050±0.007	0.35±0.04	23.83±0.30	0.36	320.5±0.7	7.80±0.01	44.00±0.09	152±2	34.73±3.63
9	سطحية	0.360±0.003	9.46±0.02	1.440±0.007	0.39±0.04	24.88±0.31	0.35	351±1	7.800±0.007	32.00±0.06	194±2	37.89±3.69
11+10	سطحية	0.360±0.003	9.55±0.02	1.190±0.007	0.38±0.04	25.11±0.31	0.22	346±1	7.930±0.007	28.00±0.05	218±2	39.47±4.12
13	سطحية	0.680±0.003	9.91±0.03	4.69±0.01	0.70±0.07	30.23±0.38	0.27	377±1	7.46±0.01	92.00±0.18	242±2	56.84±5.94
14	سطحية	0.700±0.006	9.86±0.03	4.05±0.01	0.64±0.06	29.93±0.37	0.39	380.25±1.25	7.210±0.007	64.00±0.12	242±2	39.47±3.69
16+15	سطحية	0.770±0.007	11.06±0.03	16.09±0.01	3.61±0.47	50.39±0.63	0.57	424.5±0.7	7.50±0.01	28.00±0.05	270±3	45.79±4.79
17	سطحية	0.710±0.006	10.12±0.03	2.110±0.007	0.64±0.06	31.97±0.40	0.50	358±1	8.43±0.02	24.00±0.04	244±2	33.15±3.46
18	سطحية	0.745±0.007	10.86±0.03	15.76±0.01	3.68±0.48	48.62±0.61	0.39	432±1	7.140±0.07	32.00±0.06	272±3	42.63±4.46
19	سطحية	0.750±0.007	11.08±0.03	16.27±0.01	3.46±0.45	48.26±0.60	0.76	422.5±0.7	7.530±0.007	28.00±0.05	270±3	42.63±4.46
4	سطحية	0.680±0.006	9.09±0.02	1.730±0.007	0.42±0.04	22.86±0.28	0.57	350±1	7.45±0.01	58.00±0.11	182±2	45.79±4.79
4	عميقة	0.650±0.006	9.77±0.03	1.970±0.007	0.41±0.04	24.55±0.30	0.79	356.5±0.7	7.640±0.007	26.00±0.05	226±3	42.63±4.46
7	عميقة	0.660±0.006	10.01±0.03	0.710±0.007	0.37±0.03	25.59±0.32	0.82	367±1	7.27±0.01	36.00±0.07	260±3	42.63±4.46
4	عمق متوسط	0.670±0.006	9.71±0.03	2.470±0.008	0.49±0.04	25.38±0.31	0.41	360.5±0.7	7.56±0.01	48.00±0.09	210±2	50.52±5.28
7	عمق متوسط	0.480±0.004	9.46±0.02	1.500±0.007	0.36±0.03	24.75±0.31	0.44	348±1	7.860±0.007	34.00±0.06	210±2	50.52±5.28
19	عمق متوسط	0.730±0.007	11.02±0.03	15.14±0.01	3.38±0.04	47.85±0.60	0.74	429±1	7.150±0.007	24.00±0.04	304±3	50.52±5.28

الجدول 2. تصنيف تلوث المياه (وزارة الري، 1986)

مؤشر التلوث	الوحدة	1	2	3	4	5	6
pH	-	8-6.5	8-6.5	8-6.5	8-6.5	9-6	9-6
T	درجة سيليسوس	20>	25>	25>	30>	30>	30<
DO	ملغ/	8<	6<	5<	4<	2<	2<
EC	ميكرو سيمينز/سم	400<	700<	1100<	1300>	1600<	1600>
N (NH_4)	ملغ/	0.1<	0.2<	0.5<	2<	5<	5>
NO_3	ملغ/	1<	3<	5<	10<	20<	20>
PO_4	ملغ/	0.025<	0.2<	0.5<	1<	2<	2>
BOD	ملغ/	2<	4<	8<	15<	20<	20>
COD	ملغ/	5<	10<	20<	30<	40<	40>

1: مياه نظيفة جدا، 2: مياه نظيفة، 3: مياه درجة تلوثها قليلة جدا، 4: مياه قليلة التلوث، 5 : مياه شديدة التلوث، 6: مياه شديدة التلوث جدا

الجدول 3. تراكيز العناصر المعدنية في مياه بحيرة قطينة

رقم الموقع	ماهية العينة	Mg mg/l	Pb mg/l	As mg/l	Cr mg/l	Zn mg/l	Ca mg/l	Se mg/l
3	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	34±1.0	0.0004±0.00004
6+5	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	36±1.0	0.001±0.0001
7	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	35±1.0	0.001±0.0001
9	سطحية	27.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	38±2.0	0.007±0.001
11+10	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	37±2.0	0.0007±0.0001
13	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	47±2.0	0.0006±0.00006
14	سطحية	29.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	46±2.0	0.004±0.0004
16+15	سطحية	30.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	44±2.0	0.0007±0.0001
17	سطحية	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	41±2.0	0.001±0.0001
18	سطحية	29.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	46±2.0	0.0005±0.00005
19	سطحية	29.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	43±2.0	0.0004±0.00004
4	سطحية	27.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	0.04±0.004	38±2.0	0.0007±0.0001
4	عميقة	27.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	0.06±0.01	38±2.0	0.0008±0.0001
7	عميقة	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	39±2.0	0.0008±0.0001
4	عمق متوسط	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	0.04±0.004	41±2.0	0.0006±0.0001
7	عمق متوسط	28.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	0.05±0.01	39±2.0	0.003±0.0003
19	عمق متوسط	30.0±3.0	≤0.2	≤0.002	≤0.1	≤0.025	43±2.0	0.0007±0.0001

الجدول 4. تراكيز الفلور والنتروجين الكلي والفوسفور الكلي في رسوبيات بحيرة قطينة

F ملغ/كغ	TN ملغ/كغ	TP ملغ/كغ	موقع جمع العينة
145±6.50	300	2400	1
131±5.88	300	2500	4
140±6.80	200	2300	5
167±7.55	300	2100	9
159±7.16	300	2700	7
195±8.78	500	2900	8
188±8.46	600	2500	14
140±6.30	400	2600	12

الجدول 5. تراكيز العناصر المعدنية في رسوبيات بحيرة قطينة

Cu ملغ/كغ	Fe ملغ/كغ	Se ملغ/كغ	Ca ملغ/كغ	Zn ملغ/كغ	K ملغ/كغ	Cr ملغ/كغ	Hg ملغ/كغ	As ملغ/كغ	Pb ملغ/كغ	Mg ملغ/كغ	موقع جمع العينة
14±0.7	17070±854	0.05±0.01	156500±6260	54±5.0	4208±337	31±3.0	≤0.042	0.3±0.04	≤30	6941±700	1
8.0±0.4	20030±1002	0.5±0.05	155600±6224	62±6.0	3517±281	31±3.0	0.1±0.01	1.6±0.2	≤30	6540±575	4
8.0±0.4	18040±902	0.05±0.01	152300±6092	61±6.0	3574±286	30±3.0	0.06±0.004	0.4±0.04	≤30	4797±500	5
12±0.6	17480±874	0.1±0.01	177900±7116	49±5.0	3871±310	29±3.0	≤0.042	3.2±0.4	≤30	8857±900	9
15±0.8	20650±1033	0.1±0.01	177200±7088	61±6.0	4611±369	35±4.0	0.8±0.05	1.0±0.1	38.0±4.0	7405±750	7
9.0±0.5	18510±925	0.2±0.02	171800±6872	76±8.0	3909±313	36±4.0	≤0.042	0.5±0.05	≤30	10490±1050	8
10±0.5	16120±806	0.07±0.01	191200±7648	61±6.0	3237±259	30±3.0	0.1±0.01	0.4±0.04	≤30	11690±1170	14
27±2.0	21000±1052	0.1±0.01	177200±7088	62±6.0	3941±315	38±4.0	0.06±0.004	0.4±0.04	≤30	7234±725	12

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2010/1/14.