مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

تحديد مستويات جودة بحيرة سد بلوران لأغراض الشرب

د .عادل عوض*
د. هيثم جناد**
عبلة مجبور***

(تاريخ الإيداع 16 / 6 / 2011. قُبِل للنشر في 8 / 9 / 2011)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى تقييم مياه بحيرة سد بلوران وتحديد مستويات الجودة بهدف الاستخدام (الشرب)، وفق مؤشر جودة عالمي(NSFWQI: National Sanitation Foundation Water Quality Index)، وهو معتمد من قبل المؤسسة العالمية للدراسات العلمية(NSF:National Science Foudation Studies)، ووكالة حماية البيئة (EPA: Environmental Protection Agency). ولذلك تضمن البحث إجراء تحاليل دورية فيزيائية–كيميائية وجرثومية، لمعرفة تغيرات تركيز الباراميترات التسعة المعتمدة في حساب هذا المؤشر. تم قطف العينات في أربعة مواقع على البحيرة، بالإضافة إلى عينتين إضافيتين على نهري قره جالية ورافد نهر قنديل، لمدة عام كامل ابتداءً من نيسان 2010 وحتى آذار 2011.

وقد تم قياس (درجة حرارة الماء، درجة الحموضة، الأوكسجن المنحل، العكارة، المواد الصلبة المعلقة)، كما تم تحديد تركيز كل من النترات (NO_3) والفوسفور الكلي (TP) واختبار تعداد العصيات الجرثومية الغائطية (F.C)، بالإضافة إلى تحديد الطلب الحيوي للأوكسجن (BOD_5). التجارب أجريت وفق الطرق القياسية الأمريكية المعتمدة عالمياً لتحليل مياه الشرب(APHA.1992).

تم تمثيل النتائج بيانياً، ثم صنفت البحيرة وفق مؤشر الجودة العالمي بهدف الاستخدام، (NSFWQI)، وكانت من الدرجة الرابعة (D) و الوصف (سيء)، وبالتالي مياه البحيرة غير صالحة للشرب وتحتاج إلى معالجة، بسبب ارتفاع قيم المؤشرات (BOD_5، F.C، العكارة، المواد الصلبة المعلقةTSS) عن الحدود المسموحة، ووجد أن تراجع جودة مياه البحيرة ناتج عن النشاط السياحي والزراعي قرب البحيرة.

بعد مناقشة النتائج توصلنا لمجموعة استنتاجات وتوصيات بهدف حماية البحيرة والوصول بها إلى مستويات جودة مقبولة.

الكلمات المفتاحيه: بحيرة سد بلوران، مؤشر جودة المياه العالمي NSF، الأوكسجين المنحل، الطلب الحيوي للأوكسجين، العصيات الجرثومية الغائطية.

* أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.
** مدرس – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.
*** طالبة ماجستير – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

Assessment of Water Quality Index of Ballouran Lake for Drinking Purposes

Dr. Adel Awad[*]
Dr. Haitham Jnad[**]
Abla Majbour[***]

(Received 16 / 6 / 2011. Accepted 8 / 9 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research includes carrying out periodical physio-chemical and bacterial water tests of the lake of Ballouran Dam at four sites along the lake in addition to two extra samples of the rivers Kara-Jalia and the tributary of Kandil river for a period of an entire year commencing from April 2010 to March 2011. The following indicators were measured: (Temperature, PH, DO, Turbidity, and Total suspended solids). The concentrations of the following ions: (NO_3^-,TP) and the count test of Fecal Coliform bacteria (F.C) in addition to determining the Biological Oxygen Demand BOD_5 were also examined. According to the Syrian Specifications Standard, the results obtained were represented diagrammatically, and then the resulting values were compared with the allowable values of potable water. Then the lake was classed according to the international quality index (NSFWQI: National Sanitation Foundation Water Quality Index) and was at the fourth grade (D) and the description was (bad). Consequently, the water of the lake was not good for drinking and needs treatment due to the indicators (BOD_5, F.C, Turbidity, and TSS) rising above the allowable limits. Our finding highlighted the deterioration of water quality in the lake due to human activities. Having discussed the results, we drew a series of conclusions and recommendations for the protecting the lake in order to make it meet acceptable quality levels.

Keywords: Balluran Lake, NSF Water Quality Index, Dissolved Oxygen, biochemical Oxygen Demand, Fecal Coliform.

[*] **Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Assistant Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[***] **Postgraduate Student, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

مع تنامي وتيرة الحديث عن احتمال تعرض مناطق ودول من العالم خلال السنوات المقبلة، لما يعرف بالفقر المائي، أصبح من الواجب الاهتمام بوضع خطط وطنية لتصنيف نوعية المياه، خاصة مسطحات المياه العذبة، نظراً لدورها الهام في التوازن البيئي [1]. ومن الأفضل بمكان لو توحدت تقنيات التصنيف تلك في مؤشر تصنيف شامل.

عموماً المؤشرات التي تقيم المياه (Water Quality Index) WQI، عادة تلخص نتائج قياسات البارامترات الأكثر تأثيراً وخطورة على المصدر المائي، في معادلة رياضية (Mathematical Equation)، تُقيم صحة المصدر المائي بعدد وحيد، هذا العدد يقارن بميزان نسبي، يحدد معايير تصنيف نظامية (Classification Criteria Standards)، لتقيم جودة المياه ضمن مجال يتراوح من السيئ جداً (very bad) إلى الممتاز (excellent) [2]، تلك البارامترات طبعاً تُختار بعد دراسات طويلة ويحكم عليها بأنها الأهم، ثم يتم توحيد قيمها المُعبر عنها ب mg/l، إلى قيم نسبية بدون واحدات، عن طريق منحني يسمى منحني التقييم الخاص بكل بارامتر [3]، الذي يربط بين مستوى جودة المياه الممثل بالمحور الشاقولي والمدرج من (1– ملوث جداً←100– نظيف جداً) مع تركيز البارامتر الذي يتراوح ضمن مجال معين خاص به والممثل بالمحور الأفقي الذي يشمل جميع القيم التي يمكن للبارامتر أن يصل إليها بما فيها الحدود المسموحة و المعطاة وفق إصدارات الدولة لكل بارامتر [3-4]. ثم تطبق المعادلة الرياضية لنحصل على قيمة WQI، والتي تقارن كما أوردنا بجدول المعايير النظامية، فنحصل على الدرجة والوصف المناسبين.تصنيفات مختلفة طبقت في كافة أنحاء العالم وتطورات عديدة طرأت على تلك المعايير والتصنيفات.

ففي عام 2004، قام عدة باحثين في الولايات الأمريكية، بوصف مؤشرات لجودة المياه[5]، موجودة منذ عام 1972 عندما أُصدر قانون الماء النظيف، الذي اشترط وجود هيئة تشريعية لتحديد معايير لجودة المياه، وكذلك تحديد الحمولة اليومية الأعظمية للملوثات، التي يستطيع المصدر المائي أن يتلقاها ويبقى ملائماً للمعايير النظامية. وقد تبنت عدة منظمات عالمية، فكرة وضع مقاييس لضبط جودة المياه للاستخدام، وبالتالي أصدرت كل منها مؤشر لتقييم نوعية المياه في البلاد، واعتمدت تلك المؤشرات على تسعة بارامترات أو أكثر. مع الأخذ بعين الاعتبار حاجة الاستخدام لهذا المصدر (شرب، زراعة، تربية أسماك، صناعة)، منها على سبيل المثال:BCWQI (British Columbia Water Quality Index) الذي طور في وزارة البيئة في كندا والذي يعتمد على تحديد نوعية المياه حسب هدف الإستخدام [6].

أما قسم أوريغون للبيئة (ODEQ) فقد أصدر عام 1980 المؤشر (OWQI) وهو يحسب بدمج قياسات ثمان بارامترات (DO-BOD_5-pH-NH_4-NO_3-TP-TSS-F.C–بالإضافة إلى تغيرات الحرارة) [7].

وفي عام 1995 طورت وكالة البيئة في فلوريدا (SAFE) مؤشر FWQI الذي يحسب بالاعتماد على البارامترات التالية (TOC-COD-BOD_5-DO-TSS-Turbidity-F.C-Nutrients)، والقيم الناتجة تقارن بالميزان التالي (Good(5→>45)-Fair(45→>60)-Boor (60→90)) [8].

أما في عام 1996 طور مؤشر (WEPWQI) ضمن برنامج (WEP) في دايتون وأوهايو وقد عبر عنه بميزان تصنيف (ممتاز–جيد–معتدل–فقير)[9].

معظم تلك المؤشرات اعتمدت على مؤشر طُور في الولايات المتحدة، بدعم من المؤسسة العالمية للدراسات العلمية (NSF:National Scienc Foundation Studies)، ووكالة حماية البيئة :EPA Environmental

(Protection Ageacy)، وسمي (NSFWQI:National Sanitation Foundation Water Quality Index)، حيث تعاون عدد من العلماء لتحديد البارامترات الأهم، لتكون معيار للقياس في هذا المؤشر، وقد اعتمدوا البارامترات التالية: (الأوكسجن المنحل DO– الطلب الحيوي للأوكسجن BOD_5– تعداد العصيات الغائطية F.C – pH– تغيرات الحرارة– الفوسفور الكلي TP– النترات NO_3– العكارة Turbidity– المواد الصلبة المعلقة Total TSS: Suspended Solids) [10].

إن مؤشر NSFWQI هو أكثرها انتشاراً و هو خطوة ممتازة وأداة إدارية عامة لمعرفة نوعية المياه، وقد طبق على نطاق واسع في عدة مناطق في العالم منها الهند في عام 2009، إيران في عام 2009.

أهمية البحث وأهدافه:

إن المصادر المائية الموجودة في سورية، يجب أن تخضع لمراقبة كمية ونوعية، وذلك للحد ولو جزئياً من خطر التلوث بكافة أشكاله، ويتم ذلك بإجراء فحص دوري للمياه ومعرفة مدى صلاحيتها لكافة الاستخدامات، بهدف حمايتها ليس فقط بالمراقبة ولكن بإنشاء مناطق حماية لهذه المصادر على أسس متطورة بالإضافة للحاجة الماسة إلى وجود إدارة سليمة لموارد المياه العذبة من أجل حُسن استثمارها.

وبحيرة سد بلوران هي مصدر من مصادر المياه العذبة في مدينة اللاذقية، وهي محاطة ببعض الأراضي الزراعية إضافة للمنشآت السياحية التي يمكن أن تسبب التلوث لمياهها، ناهيك عن الملوثات التي تحملها مياه الأمطار. لذلك يهدف البحث إلى إجراء التحاليل الدورية الفيزيائية والكيميائية والجرثومية للبارامترات المعتمدة في حساب مؤشر الجودة العالمي NSFWQI ومعرفة تغير تركيز هذه البارامترات خلال العام، وبالتالي تحديد مصادر التلوث الواصل إلى البحيرة ومحاولة الحد منه. ومن ثم تحديد مستويات جودة مياه البحيرة بتطبيق هذا المؤشر على أساس الملوثات التالية: (الأوكسجن المنحل DO –الطلب الحيوي للأوكسجن BOD_5 –تعداد العصيات الغائطية F.C –pH –تغيرات الحرارة–الفوسفور الكلي TP – النترات NO_3– العكارة Turbidity – المواد الصلبة المعلقة (Total TSS: Suspended Solids).

طرائق البحث ومواده:

أجريت الدراسة على بحيرة سد بلوران الواقع بين اختناق جبلين صغيرين تميزهما غابات كثيفة، ويبعد حوالي 35 كم شمالاً، عن مركز مدينة اللاذقية، ويعمل على توفير مياه الشرب والري والثروة السمكية للمناطق المحيطة، وهو يلعب دوراً مهما جدا كمصدر للمياه ببحيرته الكبيرة، حيث يعتبر ثالث أكبر سدود اللاذقية التجميعية كسعة تخزينية.

بُدأ بناء السد في عام 1977 وتم البدء باستثماره عام 1982، السد يرتفع 32م عن سطح الأرض، ويبلغ طول جسم السد 330م، وعرض قاعدته 155م من الأسفل، و6م من الأعلى، مياه السد تجميعية من مواسم الأمطار وبعض روافد الأنهار الصغيرة والينابيع التي تنبع من التلال المجاورة لتتحول إلى مجرى واحد يستقر ضمن بحيرة مساحة سطحها 112.5 هكتار، طولها 1.3 كيلومتر، تتسع لحوالي 15 مليون متر مكعب من المياه، تنقسم حسب الاستفادة، إلى ثلاثة أقسام، الأول وهو الأهم لمياه الشرب، والثاني لمياه الري، حيث تروي حوالي 2150 هكتار، والثالث للثروة السمكية، وكل قسم يقدر بخمسة ملايين متر مكعب من المياه، حيث تصل مياه السد عبر أقنية مكشوفة إلى قرى تبعد حوالي 30 كم، يتم سنوياً تأمين مياه الشرب لمنطقة كسب والقرى الممتدة من السد وحتى مصيف كسب، ويبلغ عددها

حوالي 34 قرية ومزرعة، أي لتعداد سكاني يقارب 50000 نسمة، نذكر منها (السرسكية، الغسانية، المزرعة، قسطل معاف، النبعين، رأس البسيط، بلوران، أم الطيور، السرايا، النملة، وادي الأزهار، الربوة، بالإضافة إلى كسب والسياح والمصطافين). الشكل (1) يظهر البحيرة مع المناطق المحيطة بها.

يمكن حصر الملوثات التي تصل إلى البحيرة بما يلي:

1- تلوث ناتج عن التسرب من الحفر الفنية المقامة عشوائياً في التجمعات السكنية حول البحيرة.

2- تلوث ناتج عن المنشآت السياحية المحلية والموسمية الملاصقة لحرم البحيرة.

3- تلوث ناتج عن النشاط السكاني والحيواني عند أطراف البحيرة.

4- تلوث ناتج عن مياه الأمطار وما تحمله معها من ملوثات أثناء مرورها على الأرض قبل أن تصب في البحيرة خاصة الأراضي الزراعية.

تم وضع برنامج مراقبة، لأخذ العينات من البحيرة دورياً بمعدل مرة واحدة في الشهر، اعتباراً من نيسان للعام 2010 وحتى آذار 2011، وذلك في الفترة ما بين الساعة الثامنة والتاسعة صباحاً، جمعت العينات في عبوات بلاستيكية مغسولة لهذه الغاية، إلا عينات التحليل الجرثومي فجمعت في عبوات زجاجية مغسولة ومعقمة بالحرارة، ثم نقلت سريعاً إلى مخبر التحليل، وقد تم قياس الأوكسجن المنحل ودرجة حرارة الماء بجهاز مخبري من النموذج Oxi 315i/SET لشركة WTW. أما العكارة فقيست بجهاز مخبري من النموذج 2100P لشركة Hach. ودرجة الحموضة قيست على جهاز مخبري من النموذج PH 315i/SET لشركة WTW. واستخدم جهاز Spectrophotometr من ماركة JASCO-V-630 لقياس كل من النترات والفوسفات، أما قيمة الBOD_5 فحددت آلياً باستخدام الجهاز (WTW- TS606-G/4i) والحاضنة (WTW-). وتم الكشف عن الكوليفورم البرازي بطريقة الترشيح بالأغشية. والتجارب أجريت وفق الطرق الأمريكية المعتمدة عالمياً لتحليل مياه الشرب (APHA.1992)

حددت مواقع العينات السطحية، في مناطق مختلفة من البحيرة، وذلك لتغطية كامل طول البحيرة، وأماكن توضع المنشآت عليها. وهي موضحة في الشكل (2)

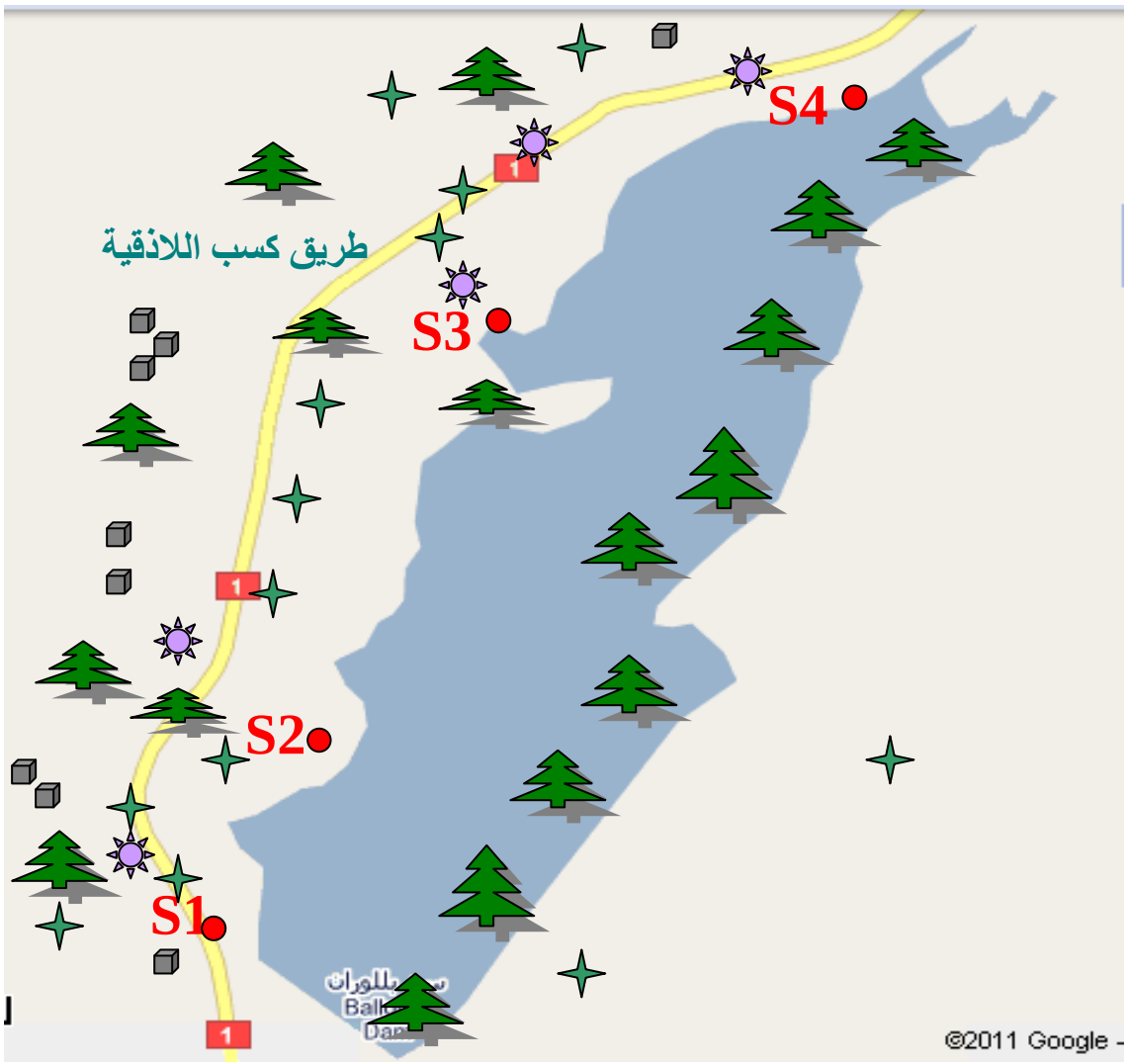
فكانت كالتالي :

- العينة الأولى S1 عند جسم السد.
- العينة الثانية S2 بالقرب من تجمع سكني وأرض زراعية.
- العينة الثالثة S3 بالقرب من منشأة سياحية.
- العينة الرابعة S4 عند مدخل البحيرة حيث نهر (قره جالية) الذي يغذي البحيرة شتاءً فقط.
- R1 عينة إضافية بعد خروج المياه من السد أي على رافد لنهر وادي قنديل.
- R2 عينة نهر قره جالية الذي يجري في الشتاء.

مع ملاحظة أن الخط البياني الممثل للعينة الرابعة، فيه انقطاع ناتج عن جفاف الماء في موقع رصد العينة، نتيجة ازدياد البخر الناتج عن ارتفاع درجة حرارة الجو، إضافة إلى استهلاك الماء من البحيرة لاستخدامات الشرب والري، وتوقف التغذية القادمة من نهر قره جالية، وكذلك توقف الهطولات المطرية، وذلك من شهر تموز عام 2010 وحتى شهر شباط 2011 مع العلم أن أول هطول مطري كان في شهر كانون الأول.

وأيضاً حصل انقطاع في الخط البياني للعينة الثالثة للأسباب نفسها وذلك في شهر تشرين الأول. ونستطيع أن نرى ذلك في الأشكال (3-4-5-6-7-8-9-10-11).

الشكل(1) مصور يوضح البحيرة والمناطق المحيطة بها بمقياس (1:150000 سم)

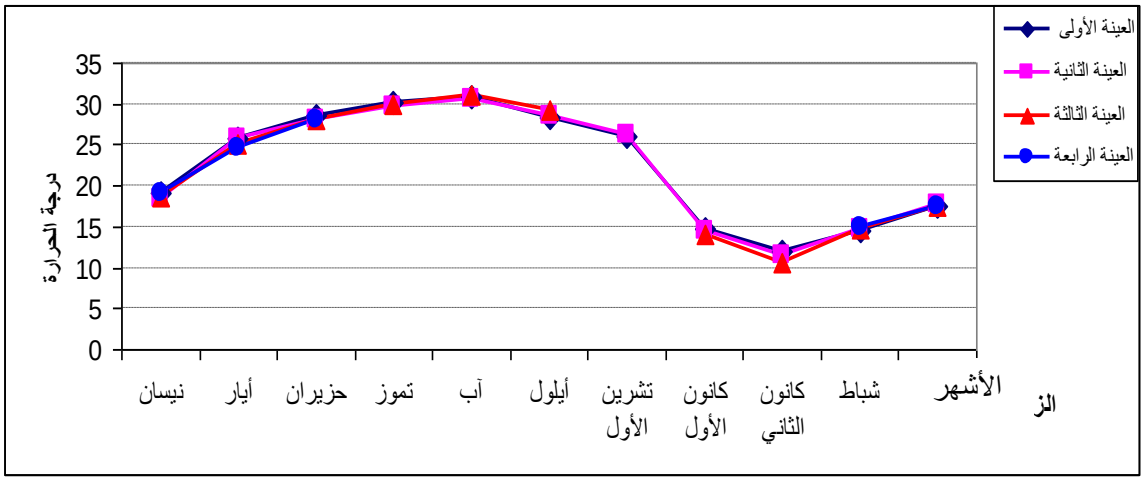


الشكل (2) مصور للبحيرة يوضح مواقع العينات بالإضافة إلى توضع الأراضي الزراعية والمنشآت السياحية والتجمعات السكنية والغابات الطبيعية حول حرم البحيرة

النتائج والمناقشة:

- **درجة حرارة الماء:**

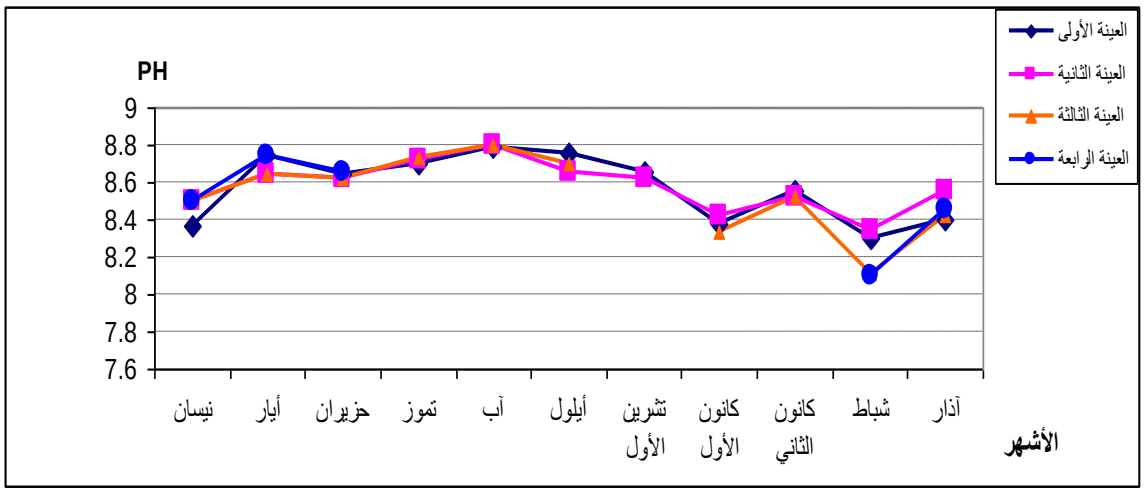
إن التغيرات الموسمية في درجة حرارة الماء، مرتبط بالشروط المناخية الخارجية (درجة حرارة الجو– أشعة الشمس)، لذلك نراها أكثر ارتفاعاً في فصل الصيف. نرى في الشكل (3)، بأن تغيرات قيم الحرارة المسجلة خلال فترة الدراسة، متشابهة في نقاط الرصد الأربعة، وأعلى قيمة مسجلة كانت في شهر آب (31) درجة مئوية، بينما أخفض قيمة لها (11) درجة مئوية في شهر كانون الثاني.



الشكل (3) تغير درجة الحرارة مع الزمن في مياه بحيرة سد بلوران

- **الرقم الهيدروجيني:**

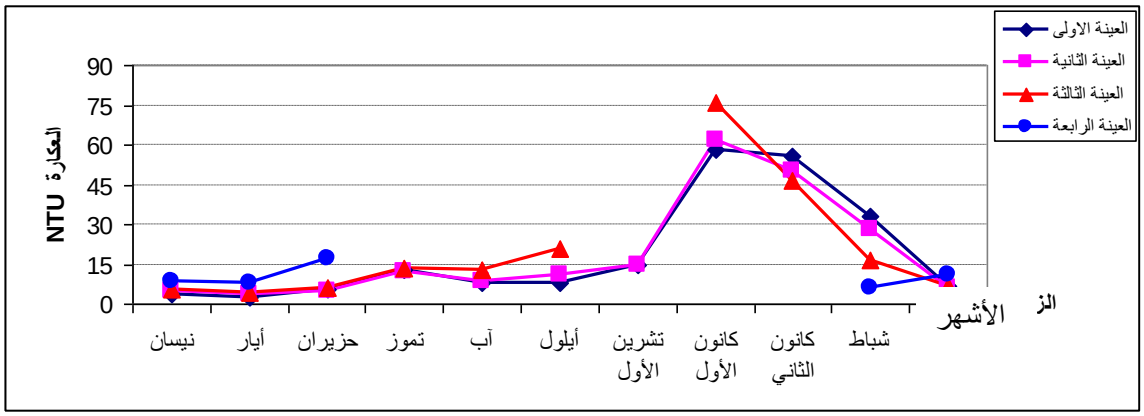
تراوحت القيم ضمن المجال (8-8.8)، يبدو ذلك واضحاً في الشكل (4)، وبالتالي المياه قلوية، هي لا تشكل خطراً على الصحة إنما فقط مشاكل جمالية (كطعم قلوي وهدر في المنظفات وتكوين رواسب على الملابس)



الشكل (4) تغير PH مع الزمن في مياه بحيرة سد بلوران

- **العكارة:**

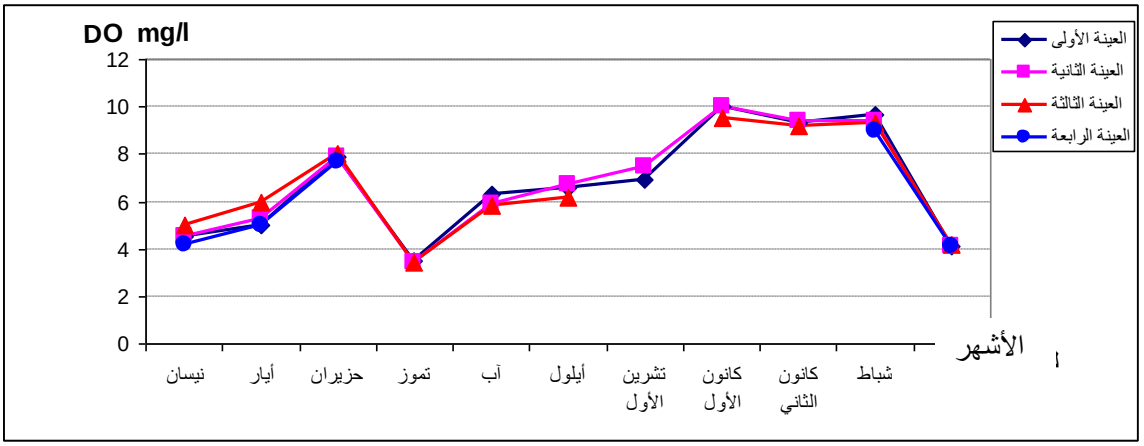
نجد في الشكل(5) بأن تغيرات العكارة متشابهة في المواقع الأربعة، وقد ازدادت العكارة بعد أول هطول مطري، في شهر كانون الأول ووصلت لأعلى قيمة (76 NTU) في موقع العينة الثالثة، بينما انخفضت القيم في أشهر الصيف، وكذلك توقفت التغذية عن طريق نهر قره جالية، ووصلت إلى ما دون (3 NTU)



الشكل (5) تغير تركيز العكارة في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **الأوكسجن المنحل:**

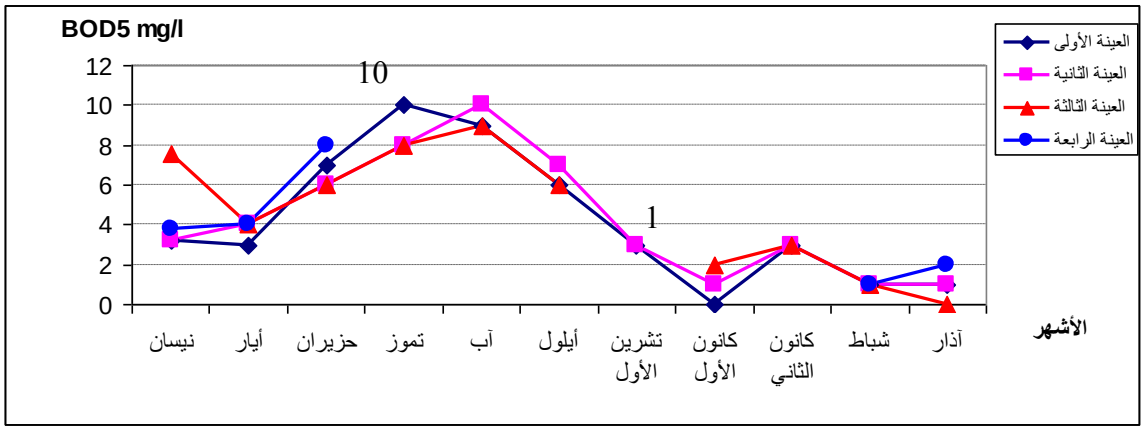
نرى في الشكل (6) بأن التغيرات في قيم DO خلال فترة الدراسة متشابهة في مواقع الرصد الأربعة، وقد تراوحت القيم ضمن المجال (4-10 mg/l)، وصلت إلى أعلى قيمة لها عندما هطل المطر في شهر كانون الأول (10 mg/l) وأخفض قيمة كانت في فصل الصيف (3.4 mg/l) حيث يُستهلك الأوكسجن في عمليات تفكك وأكسدة المواد العضوية من قبل الأحياء الدقيقة وعمليات التنفس للأحياء الحيوانية المائية، أما الارتفاع الذي نراه في حزيران عن شهري أيار ونيسان فيعود لنشاط النباتات وقيامها بعملية التركيب الضوئي.



الشكل (6) تغير تركيز الأوكسجن المنحل في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **الطلب الحيوي للأوكسجين BOD_5:**

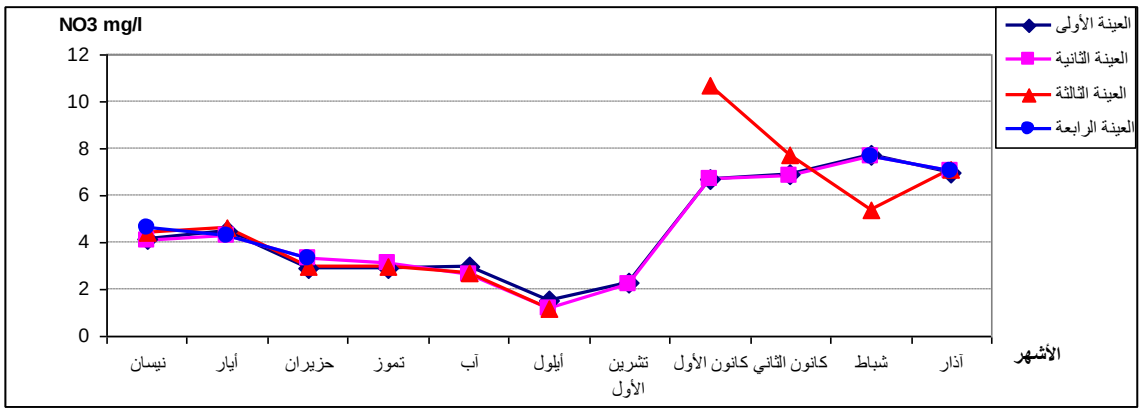
وهو من أكثر المؤشرات أهمية وشيوعاً لتحديد درجة تلوث المياه بالمواد العضوية، إذ تزداد قيمته بازدياد تركيزها وبالعكس، يبين الشكل(7) إن التغير في تركيز الBOD_5 خلال عام الدراسة متقارب في مواقع الرصد، ونرى بأن القيم بدأت بالارتفاع في الأشهر حزيران وتموز وآب ووصلت للقيمة(10 mg/l)، وهذا عائد إلى تسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية المتواجدة في منطقة البحيرة، حيث تنشط السياحة في تلك الأشهر بالإضافة إلى الفضلات الصلبة والسائلة الناتجة عن البشر والحيوانات، ثم انخفضت في بداية موسم الأمطار إلى القيمة (1mg/l).



الشكل (7) تغير قيم الطلب الحيوي للأوكسجن في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **النترات NO_3:**

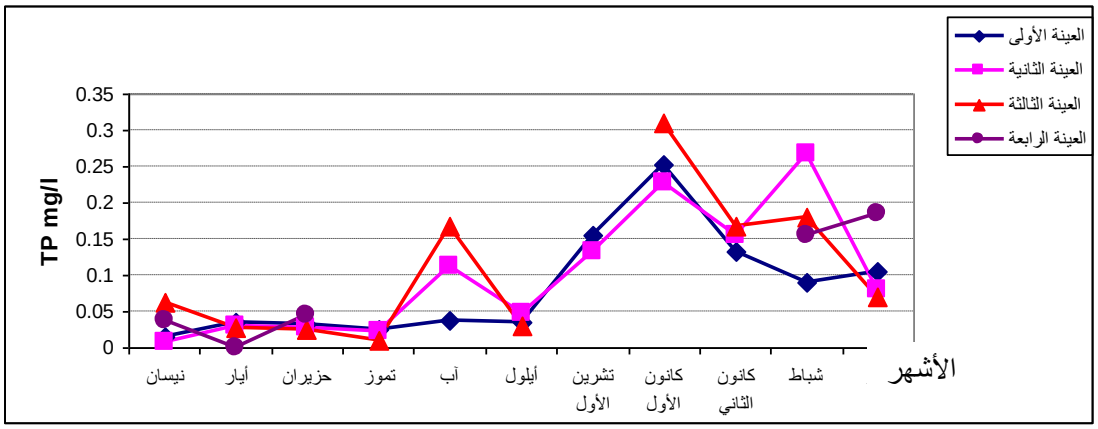
إن ارتفاع تركيز النترات كان شتاءً بعد هطول المطر، والسبب هو غسل التربة، خاصة الأراضي الزراعية، حيث أن الأسمدة و المبيدات الحشرية و العشبية تزيد من تركيز النترات، كما تجدر الإشارة إلى أن تسريبات الصرف الصحي من الحفر الفنية، ومخلفات الحيوانات بما فيها الطيور والأسماك أيضا تزيد من تركيز النترات، في الشكل (8) نرى بأن التغيرات في القيم خلال فترة الدراسة كانت واحدة في مواقع الرصد الأربعة، وسُجلت أكبر قيمة في شهر كانون الأول (10.7 mg/l)، وأصغر قيمة في أيلول (1.2 mg/l).



الشكل (8) تغير تركيز النترات في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **الفوسفور الكلي TP:**

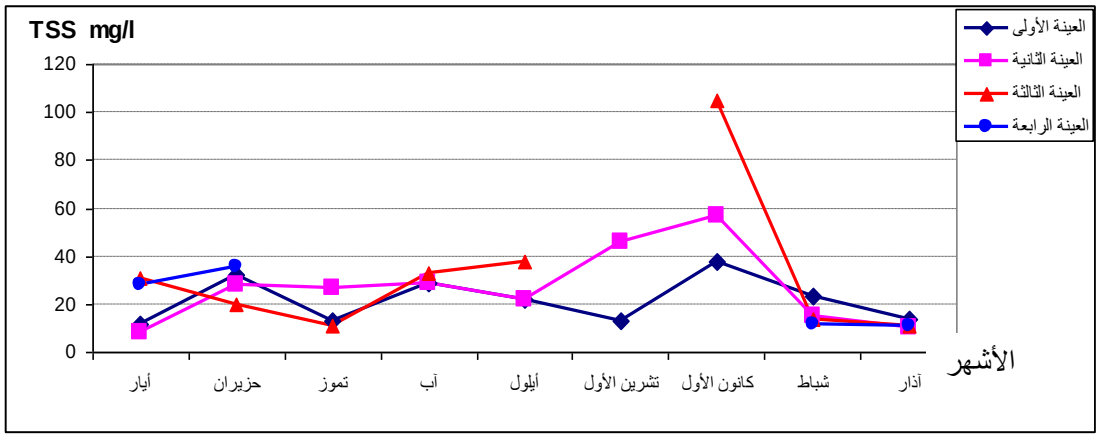
تزداد تراكيز الفوسفات بسبب مياه الأمطار بعد غسل تربة الأراضي الزراعية الحاوية على الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية، القريبة من المصدر المائي، بالإضافة إلى أن الفوسفور يدخل في تركيب المنظفات التي تأتي من تسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية، نرى من الشكل (9) بأن قيم الفوسفور قد ازدادت بعد هطول الأمطار.



الشكل (9) تغير تركيز الفوسفور الكلي في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **المواد الصلبة المعلقة TSS:**

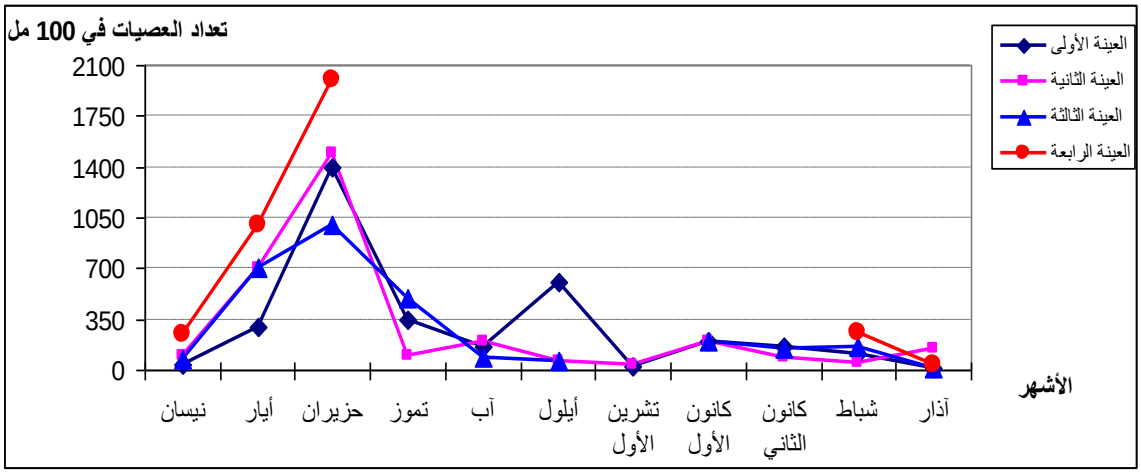
تراوحت القيم ضمن المجال (10-46 mg/l)، حيث سجلت أعلى قيمة عند موقع العينة الثانية في شهر تشرين الأول، حيث آلت إليها البقايا النباتية والحيوانية والغبار ومخلفات النشاط البشري والسياحي، وقد لوحظ في موقع رصد العينة الثالثة ارتفاع واضح على قيمة TSS، والسبب يعود إلى الهطولات المطرية الكثيرة التي حصلت في شهر كانون الأول، حيث بدأت المياه تأتي إلى البحيرة من نهر قره جالية على شكل مسيلات حاملة معها الكثير من الأتربة والرمال فوصلت إلى 105 mg/l، الشكل(10).



الشكل(10) تغير تركيز المواد الصلبة المعلقة في بحيرة سد بلوران مع الزمن

- **التحاليل الجرثومية:**

نرى في الشكل (11)، بأن هناك اختلاف واضح في قيم العصيات القولونية الغائطية، إذ وصلت إلى أعلى قيم لها في شهر حزيران (2000)عصية في 100 ml في موقع رصد العينة الرابعة، وهذا ناتج عن تسرب مياه الحفر الفنية في بداية الموسم السياحي، والفضلات الناتجة عن النشاط الإنساني والحيواني الملاصق لحرم البحيرة (براز، بقايا طعام)، ثم نلاحظ أن قيم تعداد الجراثيم انخفضت في شهري أيلول وتشرين الأول بسبب العوامل المجهدة للجراثيم كالأشعة الشمسية ودرجة الحرارة المرتفعة. ثم ازدادت قليلاً بعد هطول الأمطار في شهر كانون الأول، نستنتج بأن التغيرات الشهرية لتعداد الجراثيم البرازية تتعلق بتناوب الفصول وترتبط بمصدر التلوث.



الشكل(11) تغير تعداد العصيات الجرثومية الغائطية مع الزمن في مياه بحيرة سد بلوران

تحديد مستويات الجودة لمياه البحيرة:

من التحاليل والقياسات التي أجريت على مياه بحيرة سد بلوران، وكذلك مياه نهر قره جالية الذي يغذي البحيرة في فصل الشتاء، وجدنا أن تركيز بعض المتغيرات التي تم قياسها قد تعدى القيم المسموحة [11]، إذاً لابد من تحديد لمستويات أو درجات جودة مياه البحيرة، ومعرفة المصادر المؤثرة على تغير تلك المستويات، وذلك بغاية الضبط والتحكم الشامل بمياه البحيرة على المدى البعيد، ومن ثم التمكن من وضع السياسات والخطط المناسبة لتحقيق درجة جودة مقبولة بيئيا، وفقاً للشروط المحلية، وبما يتناسب مع المعايير العالمية الموضوعة لمستويات أو درجات الجودة لمياه البحيرات والمسطحات المائية.

تطبيق مؤشر الجودة NSFWQI:

نظرا للانتشار الواسع في تطبيق هذا المؤشر عالمياً، بهدف تقييم نوعية المياه في المجمعات المائية، ولأنه يعطي أفضل النتائج إذا كان المصدر المائي ضمن ظروف طبيعية، أي لا يتعرض بشكل مباشر إلى حمولات تلوث كبيرة مثلاً (مصب صرف صحي)، وهذا حال بحيرة سد بلوران، الحالة المدروسة، لذلك سنعتمد هذا المؤشر لتقييم مياه البحيرة. ومن ناحية أخرى العينات يجب أن لا تقطف من مواقع توجد فيها كمية كبيرة من نفايات حيوانية أو إنسانية غير معالجة، وقد تم أخذ ذلك بعين الاعتبار [5]. إن القياسات التي طبقت على البحيرة كانت شهرية ولمدة عام كامل، وقد كان هناك تباين واضح في قيم البارامترات المسجلة شهرياً، خاصة بين فصلي الصيف والشتاء، هذا بالإضافة إلى الجفاف التام الذي أصاب العينة الرابعة من شهر حزيران وحتى شباط،والعينة الثالثة خلال شهر تشرين الأول، والذي

يؤثر على قيمة المعدل السنوي للقياسات، لذلك وجدنا أنه من الأفضل حساب معدلات فصلية بدلاً من معدل كلي لا يعطي صورة دقيقة عن القيم، ثم اختيار القيمة الأكثر حرجاً، لكل باراميتر من الباراميترات الداخلة في حساب المؤشر NSFWQI. والذي عبر عنه بالموديل الرياضي التالي:

$$\mathbf{NSFWQI} = \sum_{i=1}^{p} \mathbf{W_i Q_i}$$

P عدد الباراميترات الداخلة في الحساب، وعددها تسعة.

Q_i مؤشر فرعي و يؤخذ من مخططات التقييم الخاصة بكل باراميتر[4].

W_i وزن كل باراميتر بحسب أهميته و تأثيره على نوعية المياه [4]، وهو يؤخذ من الجدول (1)، أما المعايير النظامية للتصنيف حسب NSFWQI فتبدو في الجدول (2).

جدول(1)أوزان الباراميترات الأهم[4]

Water Quality Factors and Weights	
العامل	**الثقل**
الأوكسجن المنحل %	0.17
العصيات الغائطية	0.16
pH	0.11
الطلب الحيوي للأوكسجن	0.11
تغيرات الحرارة	0.10
الفوسفور الكلي	0.10
النترات	0.10
العكارة	0.08
المواد الصلبة المعلقة	0.07

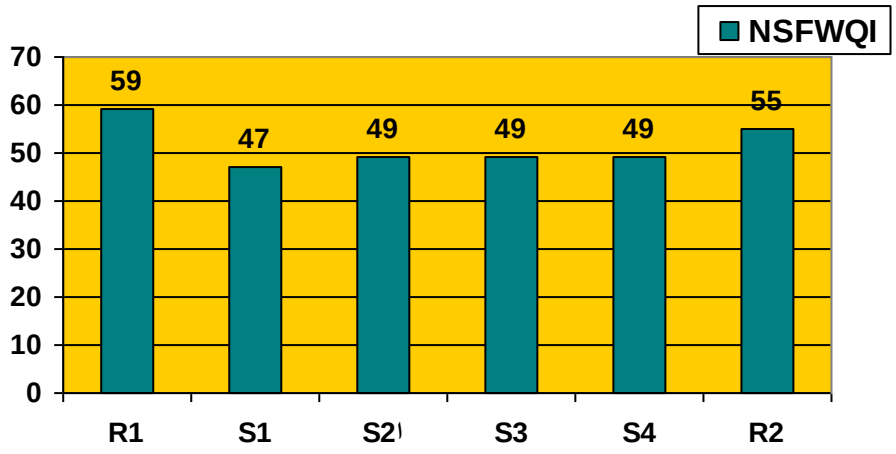
جدول(2) المعايير النظامية للتصنيف حسب NSFWQI

الدرجة	الوصف	NSFWQI
A	ممتاز	100→91
B	جيد	90→71
C	متوسط	70→51
D	سيء	50→26
E	سيء جداً	25→0

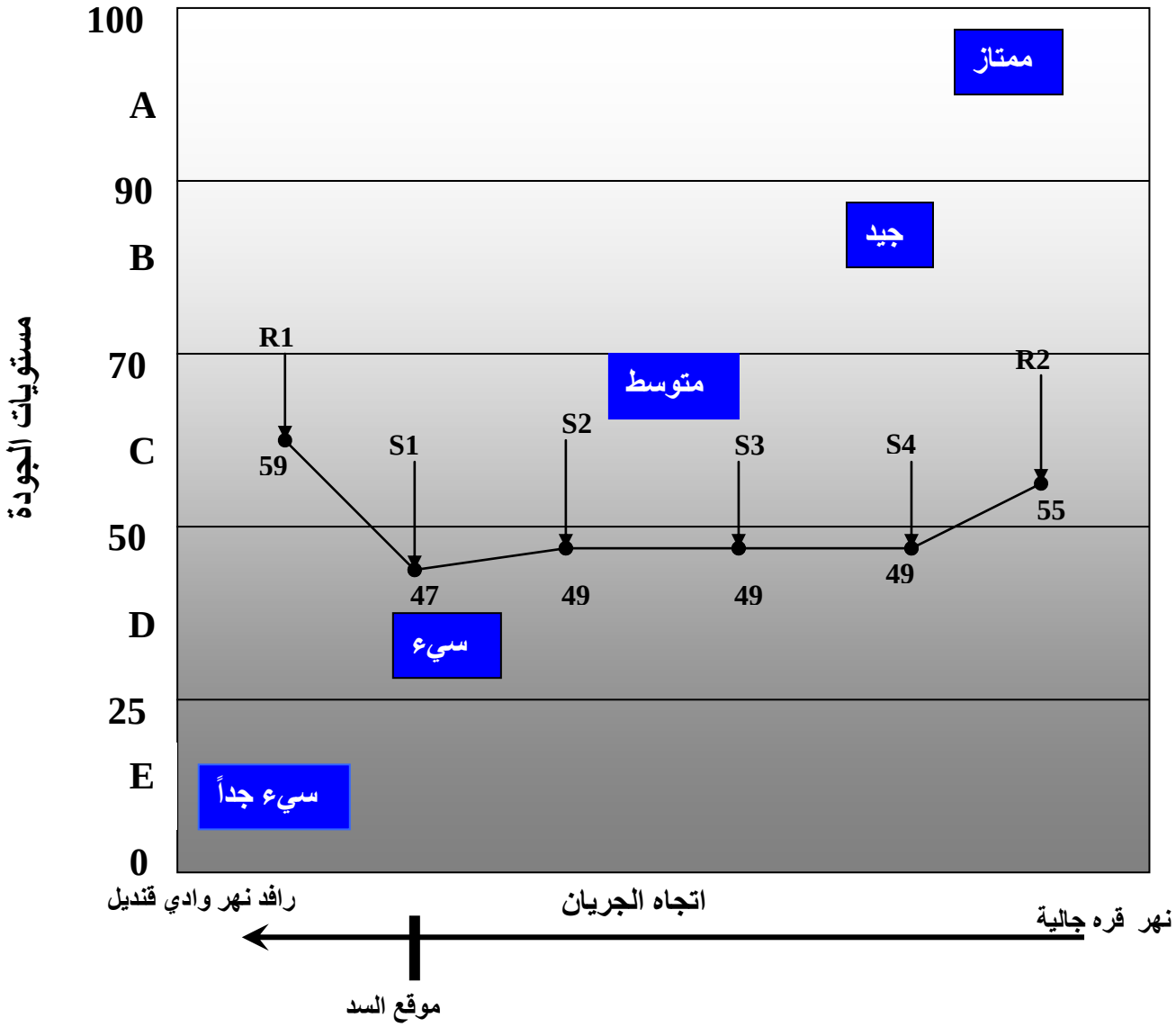
والجدول (3) يظهر قيم المعدلات الفصلية الحرجة للباراميترات الداخلة في حساب هذا المؤشر بالإضافة إلى قيم NSFWQI المحسوبة في كل موقع مع الوصف والدرجة المناسبين، ويحددان بالاعتماد على الجدول(2).

جدول(3) قيم مؤشر الجودة NSFWQI مع التوصيف والدرجة المناسبين

موقع العينات	درجة الحرارة	PH	العكارة ntu	DO%	BOD5 mg/l	NO3 mg/l	TP mg/l	TSS mg/l	F.C	NSFWQI	الوصف	الدرجة
S1	30	8.7	49	49	8.7	7.11	0.199	30.5	637	47	سيء	D
S2	30	8.7	46	51	6.7	7.1	0.217	36	600	49	سيء	D
S3	30	8.7	46	55	7.7	7.9	0.22	60	530	49	سيء	D
S4	28	8.7	17	50	8	7.7	0.125	36	2000	49	سيء	D
R1	26	8.3	6	60	6	4.1	0.039	10	425	59	متوسط	C
R2	14	8.4	85	72	2	10	0.66	120	813	55	متوسط	C



الشكل(12) مخطط يبين قيم مؤشر الجودة NSFQWI في مختلف المواقع



الشكل(13) مخطط الجودة لبحيرة سد بلوران وفق مؤشر الجودة للاستخدام NSFWQI لعام (2010–2011)

الشكل (12) يظهر قيم مؤشر الجودة NSFWQI في مختلف المواقع، وفي الشكل (13) نرى مخطط الجودة للبحيرة وفق المؤشر NSFWQI حيث تحدد مستويات الجودة الخاصة به من الجدول(2)، وعليه مواقع الرصد الأربعة في البحيرة (S1-S2-S3-S4)، وكذلك موقعي الرصد على نهري قره جالية ورافد قنديل (R1-R2)، الشكل يظهر أن البحيرة بمواقعها الأربعة اندرجت تحت الدرجة D والوصف سيء (Bad)، أما نهري قره جالية ورافد قنديل فكانا تحت الدرجة C والوصف متوسط الجودة (Medium)، وبالتالي مياه البحيرة لا تستخدم للشرب وتحتاج إلى معالجة لتخفيض قيم ($F.C-BOD_5$) خاصة لأنها تؤثر سلباً على الصحة، وقيمها متجاوزة للقيم المسموحة في كل المواقع وكذلك لتخفيض العكارة والمواد الصلبة المعلقة التي قيمها أيضاً تتجاوز الحد المسموح، أو تحتاج لاستخدام إستراتيجية تحديد الحمولة اليومية الأعظمية للملوثات الواجب وصولها إلى البحيرة، خاصة حمولة الفوسفور القادمة من نهر قره جالية إذ أنها متجاوزة للحد المسموح.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- إن التلوث الواصل إلى بحيرة سد بلوران، ناتج عن تسريبات الصرف الصحي العشوائية، الناجم عن الحفر الفنية غير الكتيمة، للمنشآت السياحية والمطاعم والتجمعات السكنية القريبة من منطقة البحيرة، وعن الفضلات الصلبة والسائلة الناتجة عن البشر والحيوانات والاستراحات الموسمية، إضافة إلى ما تجلبه مياه الأمطار من ملوثات أثناء مرورها على الأراضي الزراعية(أسمدة، مبيدات حشرية) قبل أن تصب في البحيرة.

2- نتائج التحاليل أوضحت بأن قيم العكارة ارتفعت فوق الحد المسموح للشرب (5 NTU) بحسب المواصفات القياسية السورية، خاصة في الشتاء عند ازدياد الهطول المطري، ووصلت قيمة المعدل الشتوي إلى 50 NTU.

3- قيم BOD_5 الذي يعتبر مؤشر على تلوث المياه بالمواد العضوية، قد تجاوزت الحدود المسموحة للشرب(2 mg/l) بحسب المواصفات القياسية السورية، في المواقع الأربعة في غالبية الأشهر وهذا يعود إلى تسرب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنية الملاصقة للبحيرة إضافة إلى الفضلات السائلة والصلبة الناتجة عن المواطنين والحيوانات.

4- التحاليل الجرثومية أوضحت بأن المواقع الأربعة وخلال كل فترة الدراسة ملوثة وأن تعداد الجراثيم البرازية قد تجاوز الحد المسموح به محلياً وعالمياً،(صفر عصية كوليفورم لكل 100 mg/l) وهذا دليل وصول الصرف الصحي والمخلفات البشرية إلى مياه البحيرة.

5- تم تصنيف البحيرة وفق مؤشر الجودة العالمي NSFWQI فكانت من الدرجة الرابعة(D) والوصف سئ (Bad)، وبالتالي مياه البحيرة غير صالحة للشرب وتحتاج إلى معالجة نظراً لارتفاع قيم البارامترات(BOD_5، FC، العكارة، المواد الصلبة المعلقة TSS) عن الحدود المسموحة.

التوصيات:

1- العمل على إنشاء شبكات صرف صحي للقرى والتجمعات السكنية، التي تعتمد على الحفر الفنية، خاصة في المناطق القريبة من البحيرة.

2- حماية حرم البحيرة من عبث المواطنين والمواشي، عن طريق سور حماية، وفرض عقوبات مالية على كل من يلوث قرب حافة البحيرة.

3- التنظيف المستمر لحرم البحيرة، من الملوثات خاصة البلاستيكية منها.

4- ترشيد استخدام الأسمدة الكيمائية الحاوية على الآزوت والفوسفور لأن القسم الزائد عن حاجة النبات يبقى في التربة، ثم ينحل مع مياه الأمطار والري ويصل إلى البحيرة.

5- متابعة البحث ببحوث أخرى مكملة وإيجاد نماذج رياضية لجودة مياه البحيرات بهدف الاستخدام في الساحل السوري.

المراجع :

1- SEAGER, J. *Developments In Water Quality Standards And Classification Schemes In England And Wales.* Water Science and Technology, Vol.30, No.10, (1994), pp.11-19.

2- IOWA Department Of Natural Resources, Geological survey. *Iowa's Water Ambient Monitoring Program*. Iowa's Water, February 2006, 4.

3- DOILIDO.J, RANISZEWSKI.J, WOYCIECHOWSKA. *Water Quality Index Application for River in Vistula River Basin in Poland*. Water Science and Technology, Vol.30, NO.10, (1994), pp.57-64.

4- BRIAN ORAM, PG, B.F. Environmental Consultants Inc. *the Water Quality Index, Monitoring the Quality of Surface waters*, 2010, 10 Sept http://www.csgnetwork.com/h2oqualindexcvttemponlycalc.html.

5- AHMED SAID, DAVID K. STEVENS, GERALD SEHLKE. *ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams.* Environmental Management. Vol. 34, No.3, (2004), pp. 406–414.

6- ZANDBERGEN, P. A., and K. J. Hall. 1998. *Analysis of the British Columbia water quality index for watershed managers: A case study of two small watersheds*. Water Quality Research Journal of Canada 33,519–549.

7- CUDE, C. 2001. Oregon water quality index: A *tool for evaluating water quality management effectiveness.* Journal of American Water Resources Association 37, 125–137.

8- SAFE. 1995. Strategic assessment of Florida's environment, *Florida stream water quality index*, statewide summary, 2010, 15 Sept. http://www.pepps.fsu.edu/safe/environ/swq1.html.

9- WEP. 1996. Lower Great Miami watershed enhancement program (WEP), Miami valley river index.

10- MITCHELL, M. K., and W. B. STAPP. 1996. Field *manual for water quality monitoring: An environmental education program for schools*. Thomson-Shore, Inc, Dexter, Michigan, 277.

11- المواصفة القياسية السورية رقم 45 لمياه الشرب، (1995): هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية.