مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (4) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (4) 2016

تطبيق مؤشر جودة المياه (NSFWQI) على بحيرة نهر السن

الدكتور رائد جعفر*

(تاريخ الإيداع 15 / 6 / 2016. قُبِل للنشر في 10/ 8 / 2016)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى تقييم جودة مياه بحيرة السن والتي تغذي بشكل أساسي مدينة اللاذقية وجزء من مدينة طرطوس لأغراض الشرب. قمنا في هذا البحث بدراسة مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية لمياه البحيرة خلال الأعوام التي توفرت فيها البيانات (1991–2004–2007–2011)، تم أخذ العينات من أربعة مواقع رصد مختلفة وفق البرنامج المعتمد من قبل المعنيين بمراقبة وحماية البحيرة وهي: (مأخذ اللاذقية، مأخذ طرطوس، مأخذ الري، مرصد النبع الجنوبي)، وقمنا بحساب مؤشر الجودة لأغراض الشرب باستعمال مؤشر المؤسسة الوطنية الأمريكية للصرف الصحي لجودة المياه (NSFWQI) National Sanitation Foundation Water Quality Index. تم اعتماد تسعة عوامل: (الأوكسجين المنحل Dissolved Oxygen، تعداد العصيات الغائطية Fecal Coliform، الأس الهيدروجيني pH، الـ BOD_5 Biochemical Oxygen Demand، درجة الحرارة Temperature، الفوسفات Phosphate، النترات Nitrates، العكارة Turbidity، المواد الصلبة الكلية Total Solids).

بينت نتائج الدراسة أن تصنيف جودة المياه كانت جيدة في كافة نقاط الرصد الأربعة خلال الأعوام 1991 و2004 مع ملاحظة تحسن ملموس للجودة في العام 2004، وتنخفض بشكل بسيط خلال الأعوام 2007 و2011 لنقطتي الرصد في مأخذ اللاذقية ومأخذ الري ولكن تبقى ضمن حدود التصنيف الجيد، في حين تنخفض جودة هذه المياه لتدخل ضمن عتبة التصنيف الوسط لنقطتي الرصد مأخذ طرطوس ومرصد النبع الجنوبي.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه، مؤشر جودة المياه، مؤشر NSFWQI، بارامترات جودة المياه، بحيرة السن، التلوث، مصادر المياه السطحية.

* مدرس قسم الهندسة البيئية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (4) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (4) 2016

Application of the Water Quality Index (NSFWQI) on the Al-Sain Lake

Dr. Raed Jafar*

(Received 15 / 6 / 2016. Accepted 10 / 8 / 2016)

□ ABSTRACT □

This research aims to evaluate the water quality of the Al-Sain lake which feeds mainly the Lattakia city and a part of the Tartous city of drinking water purpose.

In this paper, we study a group of physical and chemical factors for the water of the Al-Sain lake during the years of available data (1991-2004-2007-2011), samples were taken from four different locations according to the program approved by the concerned staff to monitor and protect the lake, namely: (Lattakia water supply point, Tartous water supply point, irrigation point, southern spring observatory), and we calculated the quality index for drinking purposes using US approved methodology of National Sanitation Foundation. Nine factors have been adopted: (dissolved oxygen, fecal coliforms, pH, BOD_5, temperature, phosphate, nitrates, turbidity, and total solids).

The research result showed that the classification of water quality was good in all four monitoring points during the years 1991 and 2004, noting a significant improvement of the quality in 2004, and decreases slightly during the years 2007 and 2011 for monitoring points in the Lattakia water supply and irrigation points, but water quality still keep maintain a good classification, while the quality of the water goes down within the threshold of middle classification for the Tartous and southern spring observatory monitoring point.

Keywords: Water quality, Water quality index, NSFWQI, Water quality parameters, Pollution, Al-Sain lake, Surface water resources.

*** Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعتبر الأنهار والبحيرات من أهم مصادر المياه السطحية، تتلوث هذه المصادر المائية من مصادر تلوث مختلفة كالتسربات الناجمة عن أعطال شبكات مياه الصرف الصحي والصناعي والإفراط في استخدام المبيدات والأسمدة الزراعية. تؤثر هذه الملوثات وفقاً للكم والنوع على صفات وخصائص المصادر المائية الفيزيائية والكيميائية وبالتالي تؤدي إلى تدهور وانخفاض جودة مياه هذه المصادر وعدم ملاءمتها لأغراض الشرب أو الري أو للأغراض الصناعية.

إن تدهور مصادر المياه السطحية والجوفية المتزايد كان وما يزال مثار قلق المجتمعات المتقدمة (برنامج الأمم المتحدة للبيئة) UNEP 1997، تعد الأنشطة البشرية المسبب الرئيس لتلوث مصادر المياه السطحية والجوفية والأحواض الصبابة [1]. حيث لا يمكن إغفال تأثير مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي على جودة المسطحات المائية. والتأثير يعود إلى تلوث هذه الموارد الحيوية والذي يبدو جلياً في تدمير الأنواع المختلفة من النباتات والحيوانات المائية. بالإضافة إلى ذلك، يصبح تقديم هذه الموارد غير صالح للشرب وحتى بالنسبة للأغراض الأخرى كالاستخدام الزراعي والصناعي.

وبذلك تصبح جودة المياه أداة مفيدة في التحقق من مدى تلوث المياه وبالتالي تنفيذ التدابير المناسبة للحد من مسألة تلوث مصادر المياه.

يتم تحديد جودة المياه من خلال مقارنة العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لعينات المياه المقطوفة مع الحدود المسموحة والمعتمدة من قبل المنظمات العالمية. تستند هذه الحدود الموجودة في الكود (الدليل) المعتمد إلى مستويات تلوث مسموحة علمياً وتتعلق بدرجة السمّية على صحة الإنسان أو على الحياة المائية [2].

أهمية البحث وأهدافه:

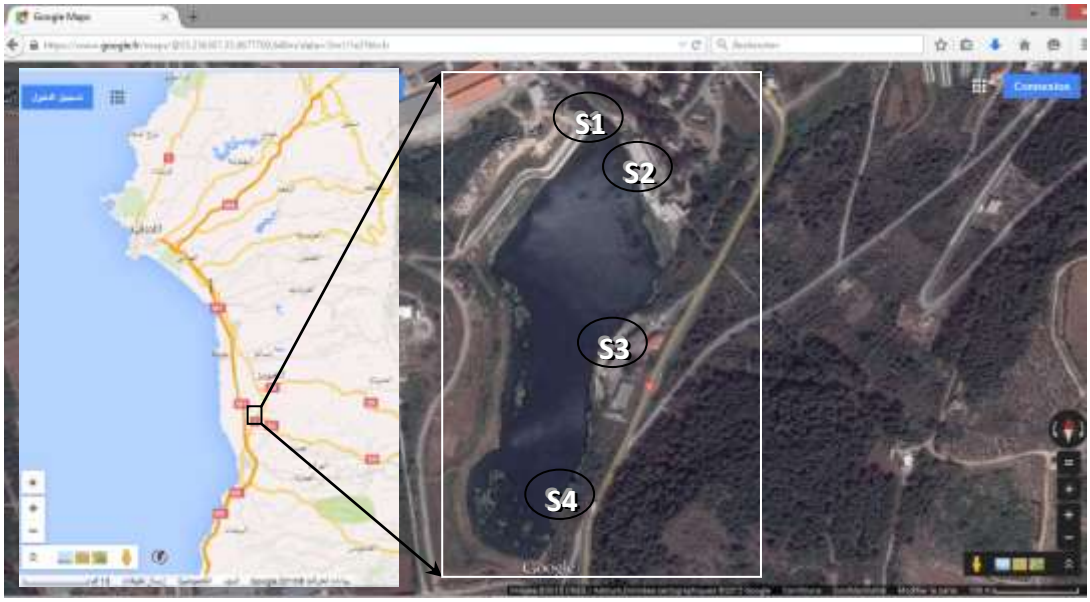
إن وجود كمية هائلة من القياسات والبيانات المتعلقة ببارامترات جودة المياه في المديريات والهيئات المختصة كمديرية البيئة ومديرية الموارد المائية دون التفسير الدقيق لها لا يمكن أن يساعد في إدارة جودة المياه بشكل صحيح. بالتالي، من الضروري تلخيص بيانات جودة المياه واختزالها إلى أرقام محددة تدل على درجة جودة المياه. لحل هذه المشكلة هناك تقنية وهي ما يسمى مؤشرات جودة المياه، وهي الطرق التي يمكن أن تساعد في إدارة وتحديد جودة المياه المدروسة.

يهدف البحث بشكل أساسي إلى تقييم جودة مياه بحيرة السن لأغراض الشرب باستخدام المؤشر NSFWQI (National Sanitation Foundation Water Quality Index) بالتالي مراقبة جودة مياه هذا المصدر المائي الهام وكشف مستويات تلوثه والتدخل في حال وجود أي تهديد لجودة المياه. الأمر الذي سينعكس إيجابا على تحسين الكفاءة في إدارة جودة المياه ووضع السياسات البيئية الملائمة من قبل صاحبي القرار.

موقع حالة الدراسة:

تتشكل بحيرة السن من نبع السن الذي يعتبر من المصادر المائية الهامة والرئيسية في سورية، يغذي البحيرة 14 ينبوع، وتقع البحيرة بين دائرتي عرض (35° 15’ 31’’ N) – (35° 15’ 13’’N) وخطي طول (35° 58’ 09’’E) – (35° 57’ 59’’E) ، يبلغ محيط البحيرة وفق Google Earth Pro 1267m ومساحتها $64337m^2$، تبلغ سعة البحيرة $400,000m^3$، العمق الأعظمي لها 9m، الشكل (1) يبين موقع وحدود البحيرة. تغذي مدن الساحل

السوري (اللاذقية وطرطوس) وبعض قراه بمياه الشرب، والتي يشكل عدد سكانها حوالي 5 % من سكان سورية، كما تشكل مياه نبع السن حوالي 60 % من الموارد المائية المستخدمة للشرب في حوض الساحل، يبلغ معدل ضخ المياه إلى مناطق الاستهلاك حوالي 13500 m^3/h. هذا إلى جانب استخداماته الأخرى الهامة للري والصناعة، ومما يزيد من أهميته أيضاً هو الحاجة المتنامية لمياهه نتيجة التوسع السكاني والزراعي والصناعي في مدن وريف الساحل السوري، وتتطلع السلطات للاستفادة من مياهه في إمداد مدن أخرى بمياه الشرب، غير أن وجود المناطق السكنية القريبة من حرم بحيرة السن والمتناثرة في حوضه، وكذلك الأراضي الزراعية المجاورة يساهم في تدهور نوعية مياه البحيرة ومياه الآبار والينابيع في المناطق الريفية القريبة والموجودة في حوض السن.



الشكل (1) موقع نقاط الاعتيان المعتمدة على بحيرة السن.

طرائق البحث ومواده

العينات المدروسة:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على قياسات العينات المتوفرة والمأخوذة من قبل المعنيين بمراقبة وحماية البحيرة لعدة سنوات (1991, 2004, 2007, 2011) بمعدل عينة واحدة كل شهر، حيث أُخذت العينات من أربع نقاط رصد مختلفة وفق برنامج المراقبة المعتمد على محيط البحيرة كما هي موضحة في الشكل والجدول (1).

الجدول (1) نقاط الاعتيان المعتمدة.

نقطة الرصد	اسم النقطة	خط طول	دائرة عرض	الارتفاع (m)
Station_1	مأخذ اللاذقية	Lon : 035° 58’ 04’’ E	Lat : 35° 15’ 31’’ N	19
Station_2	مأخذ الري	Lon : 035° 58’ 07’’ E	Lat : 35° 15’ 29’’ N	19
Station_3	مأخذ مدينة طرطوس	Lon : 035° 58’ 06’’ E	Lat : 35° 15’ 22’’ N	20
Station_4	مرصد النبع الجنوبي	Lon : 035° 58’ 04’’ E	Lat : 35° 15’ 15’’ N	21

مؤشر جودة المياه:

أجريت العديد من الأبحاث من أجل دراسة وتحليل مسألة نوعية وجودة المياه، إن دراسة جودة المياه تشمل العديد من المقاربات والطرائق، واحدة من هذه الطرق هي تقييم جودة المياه water quality assessment (WQA) [3]. إن مفهوم WQA يساعد في تقييم طبيعة المياه الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية ولاسيما فيما يتعلق بصحة الإنسان والاستخدامات المستهدفة. في تقييم جودة المياه WQA يتم استخدام العديد من الطرق في تحليل وعرض بيانات جودة المياه. إحدى هذه الطرق هو مؤشر جودة المياه Water Quality Index (WQI).

المؤشر هو في الأساس وسيلة رياضية لحساب قيمة واحدة من نتائج اختبارات متعددة. وتمثل نتيجة هذا المؤشر مستوى جودة المياه في حوض ماء معيّن، مثل بحيرة أو نهر أو مجرى مائي أو خزانات المياه الجوفية والأقنية والسدود. وهو مهم جداً لمراقبي جودة المياه على مدى فترات معينة من الزمن من أجل الكشف عن التغيرات في النظام المائي والبيئي. مؤشر جودة المياه يمكن أن يعطي دلائل على الحالة الصحية لمستجمعات المياه في نقاط رصد مختلفة، ويمكن استخدامها لتتبع وتحليل التغيرات الحاصلة على مر الزمن. مؤشر جودة المياه يمكن أن يستخدم لرصد التغيرات في جودة مياه إمداد التجمعات السكنية مع مرور الزمن، كما يمكن أن تستخدم لمقارنة جودة مياه مصدر مائي مع مصادر إمداد أخرى في المنطقة أو في مناطق مختلفة من أنحاء العالم.

يُرمز لمؤشر جودة المياه اختصاراً بـ (WQI) وهو قيمة رقمية لا فيزيائية، مركبة تثقيلياً (هناك عوامل تثقيل لكل ملوث أو بارامتر من بارامترات الجودة تحدد بطرق مختلفة حسب كل بلد) لأهم المعايير الفيزيائية والكيميائية والحيوية الحاسمة في تقييم جودة المياه السطحية العامة، وهي تختصر المعلومات عن بارامترات الجودة المختلفة ضمن قيمة واحدة (تتراوح بين 0 و 100) يمكن استخدامها لمقارنة المعطيات من مواقع مختلفة. تحسب هذه القيمة سنوياً في كل نقطة اعتيان.

يعتبر WQI شرط أساسي لإدارة جودة المياه منذ عام 1978، وقد تم القيام بالكثير من الأبحاث لتقديم تقنيات من شأنها تلخيص بيانات بارامترات التلوث المتعددة لجودة المياه في أرقام محددة تصف درجة جودة المياه [4].

سنقوم باستعراض لمحة موجزة لأهم الأبحاث العالمية التي تناولت . مفهوم الـ WQI ، بعد ذلك سنتطرق إلى مؤشر جودة المياه (NSFWQI) طريقة المؤسسة الوطنية للصرف الصحي الأمريكية والذي اعتمدناه في دراستنا هذه.

أُجري في عام 1978 استطلاع حول أنواع ومدى إمكانية استخدام مؤشرات جودة المياه في الولايات المتحدة الأمريكية. يُذكر أن المقارنة بين مؤشرات مختلفة هو أمر مثير للجدل إلى حد ما، بسبب افتراضات كل مؤشر والهدف من تطبيقاته المختلفة والمتفاوتة [5].

قدّم Steinhart وآخرون (1982) مؤشر يساعد في تلخيص المعلومات الفنية عن حالة وميل نوعية مياه البحيرات .على الرغم من أنه تم تطوير المؤشر على المياه القريبة من الشاطئ من منطقة البحيرات العظمى في أمريكا الشمالية، وزعموا أن مفهوم المؤشر يمكن استخدامه وتطبيقه على البحيرات المعتدلة الأخرى والتي تتميز بجودة مياه عالية بصفة عامة [6].

درس Smith (1990) مؤشر WQI في نيوزيلندا، وارتبط تطور المؤشر في البلاد بتشريع معايير جودة المياه الموصى بها. كان الهدف من هذه المؤشرات المساعدة في نشر معلومات جودة المياه، ومراقبة مصادر المياه والحفاظ عليها من التلوث [7].

درس Jonnalagadda و Mhere (2001) جودة المياه في نهر Odzi، النهر الرئيسي المتدفق من المرتفعات الشرقية من زيمبابوي، وذلك باستخدام مؤشرات جودة المياه. وراقبوا البارامترات التالية: درجة الحرارة، الناقلية الكهربائية، المعلقات الصلبة الكلية، BOD_5، ومجموع الفوسفات والنترات الكلي في محطات قياس أخذت العينات منها خلال 9 أشهر. أشارت النتائج إلى أنه في حين كانت المياه متوسطة إلى جودة جيدة في مجرى النهر العلوي، وجودة سيئة في المصب، وربما يعود ذلك إلى التسرب من المناجم والمصانع المهجورة ومطامر النفايات والتصريف من الأراضي الزراعية وانتقال وهجرة الملوثات المتسربة إلى النهر [8].

طوّر Vollenweider وآخرون (1998) مؤشر جودة مياه جديد مرتبط بالمغذيات يرتكز على كمية الكلوروفيل، تشبع الأكسجين، المعلقات الصلبة، إجمالي النيتروجين (TN) والفوسفور (TP)، والذي يمكن تطبيقه على المياه البحرية الساحلية. تتراوح قيم المؤشر 10–0 تغطي مجموعة واسعة من أوساط المغذيات. يمكن باستخدام قرص Secchi للشفافية والمدمج مع الكلوروفيل تحديد مؤشر العكارة والذي يعد بمثابة مؤشر جودة المياه التكميلي. يتم الجمع بين المؤشرين في مؤشر جودة المياه العام (GWQI) [9].

درس Bordalo وآخرون (2001) جودة المياه في حوض نهر Bangpakong، وهو النهر الأكثر أهمية في تايلاند الشرقية، وذلك باستخدام مؤشرات جودة المياه الاسكتلندية. جمعوا عينات من حزيران 1998 حتى حزيران 1999 في 11 محطة رصد تغطي مجموع 227 كم من مسار النهر . وشملت بارامترات المراقبة درجة الحرارة، الأوكسجين المنحل DO، العكارة، المعلقات الصلبة، ودرجة الحموضة، والأمونيا، شكل العصيات القولونية البرازية، BOD_5، COD، والفوسفات، الناقلية الكهربائية وبعض المعادن الثقيلة. تم الحصول على متوسط WQI منخفض جدا بحدود 41% [10].

درس Khan وآخرون (2003) جودة المياه في ثلاثة أحواض محددة من منطقة المحيط الأطلسي: نهر ميرسي Mersey River ، ونهر نقطة وولف Point Wolfe River ونهر دونك Dunk River ، وذلك باستخدام مؤشر جودة المياه الكندية ومؤشر جودة المياه لـ كولومبيا البريطانية . كما طبقوا أيضا النماذج الخطية والتربيعية لتحليل اتجاهات وميول جودة المياه. وأظهرت النتائج أن ميل جودة المياه للمياه الخام قبل المعالجة (المستخدمة للشرب) قد تحسنت إلى حد كبير على نهر نقطة وولف Point Wolfe River [11].

وصف سعيد وآخرون (2004) (محدودية) القيود المفروضة على تطبيق بعض مؤشرات جودة المياه مثل NSFWQI، مؤشر جودة المياه كولومبيا البريطانية (BCWQI)، ولاية أوريغون WQI، فلوريدا WQI وبرنامج مستجمعات المياه WQI، وبعد ذلك وضعوا مؤشر WQI جديد الذي يتضمن خطوتين:

الخطوة الأولى تصنيف وترتيب بارامترات جودة المياه وفقا لأهميتها وتشمل المعايير: DO، الفوسفات الكلي، العصيات القولونية البرازية، العكارة، والناقلية الكهربائية. والخطوة الثانية أعطاء رتبة أعلى ل معيار الـ DO أكثر من العصيات القولونية البرازية والفوسفات الكلي، بينما العكارة والناقلية، من ناحية أخرى، يتم إعطاءها تأثير أقل [12].

طبق Debels وآخرون (2005) مؤشر جودة المياه من خلال تسعة بارامترات فيزيائية، مقاسة بشكل دوري من شهر كانون الثاني 2000 إلى تشرين الثاني 2000 في محطات أخذ العينات على نهر شيلان Chillan River في وسط شيلي Central Chile. أظهرت نتائجهم أن النهر يتباهى بجودة مياه جيدة في الأجزاء العليا والوسطى من منطقة مستجمعات المياه، ولكن تتدهور جودة مياه المصب، وخصوصا خلال موسم الجفاف. ويعزى ذلك إلى تصريف مياه الصرف الصحي من المناطق الحضرية في النهر. كما قاموا بتطبيق التحليل الإحصائي Principal

Component Analysis لتعديل جودة المياه الموجودة. وأشارت الدراسة إلى أن تطبيق WQI المعدل يقلل من التكاليف المرتبطة بتنفيذه [13].

طبق Bordalo وآخرون (2006) تسعة بارامترات لمؤشر WQI الاسكتلندي المعدل لتقييم جودة المياه الشهرية لنهر Doura River ، وهو نهر مشترك دوليا، خلال فترة 10 سنوات (1992–2001). ينقسم النهر بين المنبع اسبانيا (80%) والبرتغال المصب (20%). كانت جودة مياه البرتغال الواردة من إسبانيا منخفضة بشكل كبير (WQI 47.3 ± 0.7 %). ومع ذلك، لوحظ زيادة مطردة في جودة المصب تصل إلى 61.7 ± 0.7، بشكل عام، إن جودة المياه في كل من محطات الرصد في أحسن الأحوال دون المتوسط، وغالباً سيئة [14].

طبّق Lumb وآخرون (2006) مؤشر جودة المياه الكندي الصادر عن المجلس الكندي لوزراء البيئة Canadian Council of Ministers of the Environment (CCMEWQI) لتحديد جودة المياه في الحوض الفرعي لنهر Mackenzie–Great Bear Sub–basin في كندا، أظهرت نتائج الدراسة أن جودة المياه في الحوض تتأثر بالعكارة العالية ومجموع المعادن النذرة بسبب حمولة الرواسب وكمية المواد العالقة العالية للغاية خلال موسم المياه المفتوحة والفيضانات [15].

استعرض Fernandez وآخرون (2004) 36 مؤشر لجودة المياه WQI ومؤشر تلوث المياه (WPI) Water Pollution Index ؛ وأظهرت نتائج أعمالهم أنه يوجد اختلافات ملموسة بين مؤشرات WQI المختلفة على عينة المياه نفسها . وخلصوا إلى أن مؤشر WPI المطور في كولومبيا من قبل الباحث Rmiirez وآخرون (1997) واستراتيجية العمل التي تم تطويرها من قبل De Zwart (1995) في هولندا تقدم مزايا كبيرة على المعادلات والصيغ التقليدية [16].

طبق Asadollahfardi (2009) طريقة مؤشر NSFWQIعلى جودة المياه السطحية في طهران وكانت نتائجه مرضية [17].

درس Juttner وآخرون (2010) النباتات المائية لتقييم جودة المياه في بحيرة أنشئت حديثا شكّلها الانحباس من المد والجزر سابقا في خليج Cardiff Bay (Wales, UK) في المملكة المتحدة وتأثير نهرين متدفقين يقومان بعملية تصرّيف مياه الحوض المكتظ بالسكان والصناعة [18].

اختاروا سبع محطات لأخذ العينات في خليج Cardiff Bay ومحطتين على النهر المتدفق، تم جمع العينات للطحالب النهرية وكيمياء الماء لمدة سنتين. استخدم الباحثون المؤشر البريطاني المعدل والخاص بالطحالب النهرية في الأوساط المغذية UK Trophic Diatom Index (TDI) وتقنية جديدة لحساب معدلات الجودة البيئية وتصنيف الحالات البيئية على النحو المطلوب في الإطار التوجيهي المعتمد من قبل نظام الاتحاد الأوروبي للمياه . في الخليج، عكست الطحالب النهرية الاختلافات في جودة النهر وربما ناجم عن التلوث المحلي في مناطق معينة من البحيرة. إن ارتفاع معدلات مؤشر TDI تشير إلى حالة جودة مخصبة إلى شديدة الإخصاب في كل من الأنهار والخليج والطحالب النهرية تشير إلى الوضع البيئي الفقير والسيئ [18].

طريقة مؤشر المؤسسة الوطنية الأمريكية للصرف الصحي لجودة المياه (NSFWQI):

يعتبر المؤشر NSFWQI واحداً من المؤشرات الأكثر استخداما في العالم وعلى نطاق واسع في جميع إجراءات حساب جودة المياه الحالية. يمكن استخدام النتائج الإجمالية لعدة اختبارات منفصلة لتحديد فيما إذا كانت مياه البحيرة أو امتداد معين من النهر هي مياه صحية وقابلة لأغراض الشرب أو للاستخدام الزراعي أو الصناعي.

بينما تمثل بارامترات جودة المياه قيم رقمية لا فيزيائية للمعايير الداخلة في تكوين مؤشر جودة المياه WQI، يستنبط كل منها بإسقاط القيمة الفيزيائية للمعيار المعني على سلم درجات مئوي ملائم، تمثل درجة الصفر فيه أسوأ قيمة ممكنة للمعيار وفق الإطار الناظم لجودة المياه السطحية العامة في البلد المدروس، والدرجة التامة 100 أفضل قيمة مفترضة للمعيار بحالة الجودة المثلى للمياه.

قدم Brown وآخرون (1970) وبدعم من شركة الصرف الصحي الوطني ة الأمريكية ، مؤشر لجودة المياه. يمكن تلخيص عملهم على النحو التالي:

حرروا استبياناً أولياً وقاموا بإرساله إلى لجنة تم اختيارها بعناية، حيث جاءت أعضاءها من مجموعة متنوعة من الخلفيات العلمية والوظيفية بما في ذلك المكاتب التنظيمية، وإدارة المرافق المحلية، المهندسين الاستشاريين والأكاديميين والمهندسين البيئيين المسؤولين عن إدارة المخلفات [19].

طُلب منهم النظر في مجموعة مؤلفة من 35 بارامتر لجودة المياه من أجل تحديد احتمال إدخالها في مؤشر جودة المياه. وطلب من أعضاء الفريق أيضا إعطاء تقييم أهمية لكل بارامتر على مقياس من 5–1، حيث 1 تتوافق مع أعلى أهمية في حين تقابل 5 أدنى أهمية. وللحصول على مزيد من التقارب في الآراء فيما يتعلق بأهمية كل بارامتر بالنسبة للمؤشر، كان الاستبيان الثاني قد تم تحضيره حيث طُلب من كل الأعضاء مراجعة تصنيفاتهم الأصلية مع مراعاة آراء زملائهم وتعديل خياراتهم، إذا كان مرغوبا بذلك ومع ذلك، لوحظت تغييرات وتعديلات صغيرة في الردود.

وأخيرا، قُدمت مجموعة البارامترات التي انبثقت عن الاستبيان الثاني بأنها الأكثر أهمية في تعيين تغاير واختلاف جودة المياه على شكل منحنيات تسمى منحنيات Q–value.

يتكون مؤشر جودة المياه NSFWQI من دمج تسعة اختبارات لبارامترات تلوث المياه وهي [20]:

- الأوكسجين المنحل Dissolved Oxygen (DO).
- تعداد العصيات الجرثومية الغائطية Fecal Coliform (F.C.).
- الرقم الهيدروجيني Power of Hydrogen (pH).
- الطلب الحيوي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD_5) .
- درجة الحرارة Temperature.
- إجمالي الفوسفات Total Phosphate (PO_4).
- النترات Nitrates (NO_3).
- العكارة Turbidity.
- مجموع المواد الصلبة Total Solids (TS).

بعد الانتهاء من إجراء الاختبارات التسعة، يتم تسجيل النتائج ونقلها إلى الرسم البياني لمنحنى الترجيح الموافق حيث يتم الحصول على قيمة عددية (Q–value) لكل اختبار، يتم ضرب هذه القيمة العددية بعامل الترجيح الموافق لبارامتر الاختبار. على سبيل المثال، بارامتر الأوكسجين المنحل لديه عامل الترجيح مرتفع نسبيا (0.17)، لأنه الأكثر أهمية في تحديد جودة المياه بالنسبة للاختبارات الأخر ى. ثم تضاف القيم التسعة الناتجة للتوصل إلى مؤشر جودة المياه بشكل عام (WQI). أعلى درجات جودة المياه تكون تلك الموافقة لقيمة المؤشر 100 وتتبع التصنيف في الجدول (2).

الجدول (2) حدود مجالات تصنيف جودة المياه وفق قيم NSFWQI [21].

تصنيف جودة المياه Water Quality Classification	حدود المجالات Index Ranges
سيئة جداً Very bad	0-25
سيئة Bad	26-50
وسط Medium	51-70
جيد Good	71-90
ممتاز Excellent	91-100

أجزاء مؤشر جودة المياه NSFWQI:

يشمل مؤشر جودة المياه NSFWQI جزأين أساسيين:

- عوامل الترجيح (التثقيل)

يحدد عامل الترجيح الأهمية النسبية لبارامتر التلوث ومقدار مساهمته (ثقله) في تحديد جودة المياه الجدول (3).

الجدول (3) عوامل ترجيح بارامترات جودة المياه [22].

عوامل التثقيل Weight Factors	البارامترات Parameters
0.17	الأوكسجين المنحل Dissolved Oxygen (DO)
0.16	تعداد العصيات الجرثومية الغائطية Fecal Coliform (F.C.)
0.11	الطلب الحيوي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand (BOD_5)
0.11	الرقم الهيدروجيني Power of Hydrogen (pH)
0.10	النترات Nitrates (NO_3^-)
0.10	إجمالي الفوسفات Total Phosphate (PO_4^{-3})
0.10	درجة الحرارة Temperature
0.08	العكارة Turbidity
0.07	مجموع المواد الصلبة Total Solids (TS)

- قيمة Q-value

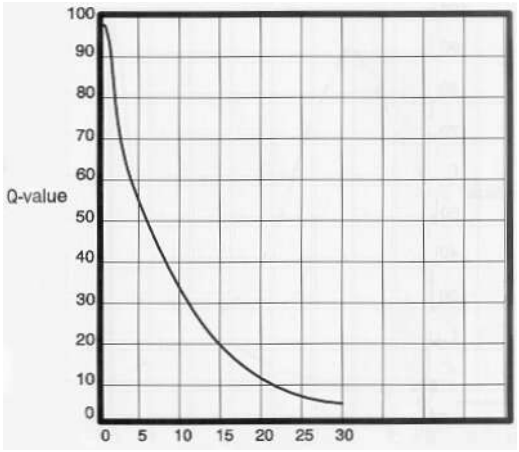
قيمة Q-value كما ذكرنا هي مؤشر على جودة المياه كنسبة مئوية من بارامتر واحد. حيث تعتبر قيمة Q-value مؤشراً لحالة جيدة أو سيئة لجودة المياه نسبةً إلى بارامتر واحد. (100 تدل على جودة جيدة جداً، بينما 1 تدل على جودة سيئة جداً).

بارامترات مؤشر جودة المياه NSFWQI:

1- الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD_5) (mg/l):

إن الطلب الحيوي للأكسجين BOD_5 من أكثر المؤشرات أهمية وشيوعاً لتحديد درجة تلوث المياه بالمواد العضوية، ويعبر عن مقياس لكمية من المواد الغذائية للبكتيريا التي يمكن أن توجد في المياه. تستخدم البكتيريا المواد

العضوية في التنفس وإزالة الأكسجين من المياه. يوفر اختبار BOD_5 فكرة تقريبية عن مقدار النفايات والمواد القابلة للتحلل الهوجودة في المياه . وعادة ما تتكون النفايات القابلة للتحلل من النفايات العضوية بما في ذلك الأوراق وقصاصات الأعشاب والسماد. القيمة المسموحة في مياه الشرب حسب المواصفة السورية هي (2 mg/l). [23].



الشكل (2) العلاقة بين الـ BOD_5 و Q-value

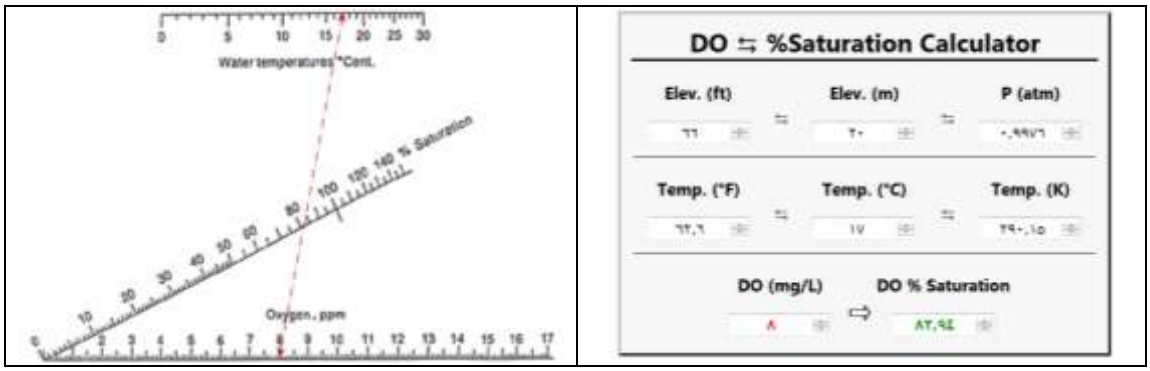
يوضح الشكل (2) العلاقة بين الطلب الحيوي للأكسجين BOD_5 في المحور الأفقي وقيمة Q (Q-value) على المحور الشاقولي. ويتضح من الرسم البياني أنه كلما ازدادت قيمة الطلب الحيوي للأكسجين تنخفض قيمة (Q-value)، مع ملاحظة أنه إذا تجاوزت قيمة الـ BOD_5 30ملغ/ لتر يتم أخذ قيمة 2.0 لـ (Q-value).

2- الأوكسجين المنحل (DO (mg/l:

إن اختبار الأوكسجين المنحل يقيس كمية الأوكسجين الذائبة واللازمة لدعم استمرارية وإدامة الحياة في البيئة المائية. إن انخفاض مستويات الأوكسجين المذاب في الماء هي علامة على تلوث محتمل. وهذا يعني إذا كانت نتيجة هذا الاختبار قيمة عالية من الأوكسجين المنحل تعتبر المياه جيدة والعكس صحيح.

العينات المدروسة هي عينات سطحية، يتعلق تركيز الأوكسجين المنحل في الماء بعدة عوامل، منها ارتفاع موقع العينة عن سطح البحر، وهو يتناسب عكساً مع ارتفاع درجة حرارة المياه وتركيز الأملاح المنحلة وارتفاع نسبة الملوثات العضوية، وطرداً مع شدة التركيب الضوئي الذي تقوم به النباتات المائية خاصة الطحالب وأيضاً مع حركة المياه السطحية. يعتبر الأكسجين المنحل عاملاً هاماً جداً لحياة الكائنات المائية، إذا انخفض تركيزه عن 2.0 mg/l تُصنف المياه بالفقيرة ويصعب استمرار الحياة المائية فيها.

تدخل قيمة الأوكسجين المنحل في حساب مؤشر جودة المياه كنسبة إشباع، حيث يتم تحويل قيمة الـ DO mg/l إلى قيمة DO % Saturation وفق ارتفاع نقطة أخذ العينة ودرجة حرارة المياه. (مثال حساب DO % Saturation لمأخذ طرطوس لعام 1991) الشكل (3).



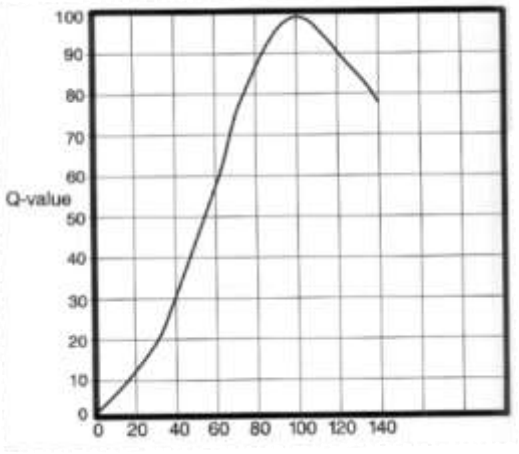
الشكل (3) حساب قيمة DO % Saturation

ويمكن حسابه أيضاً من خلال الصيغة الحسابية في ورقة عمل إكسل Excel على الشكل التالي:

Cp=((**C3***EXP(7.7117−1.31403*LN(**B7**+45.93)))*(1−EXP(11.8571−(3840.7/(**B7**+273.15))−(216961/((**B7**+273.15)^2))))/**C3**)*(1−(0.000975−(0.00001426***B7**)+(0.00000006436*(**B7**^2)))***C3**))/(1−EXP(11.8571−(3840.7/(**B7**+273.15))−(216961/((**B7**+273.15)^2))))/(1−(0.000975−(0.00001426***B7**)+(0.00000006436*(**B7**^2))))

حيث: تمثل الخلية **B7** قيمة الضغط الجوي P(atm) لارتفاع نقطة أخذ العينة. والخلية **C3** قيمة درجة الحرارة (درجة مئوية). الناتج **Cp** يمثل تركيز الأكسجين المتوازن في الضغط غير القياسي، يتم تعويضه في المعادلة (1) للحصول على قيمة تشبع الأوكسجين المنحل كنسبة مئوية.

$$\% \text{ saturation} = \frac{(100 * \text{DO mg/l})}{Cp} \qquad (1)$$



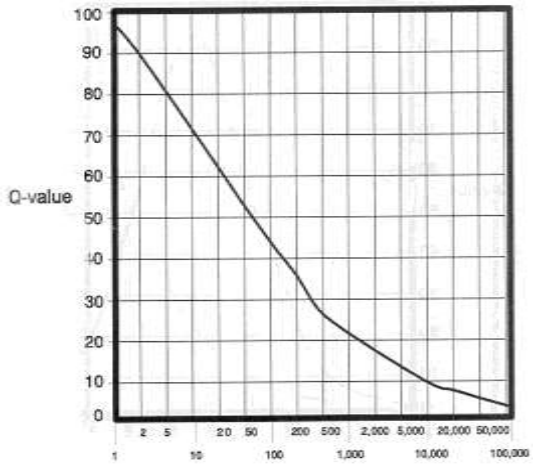
الشكل (4) العلاقة بين الـ DO و Q-value

يوضح الشكل (4) العلاقة بين النسبة المئوية % لتشبع الأكسجين المنحل في المحور الأفقي وقيمة (Q-value) على المحور الشاقولي. نلاحظ من الرسم البياني أنه إذا زادت قيمة الأكسجين المنحل تزيد قيمة (Q-value)

حتى تصل قيمة الإشباع 100 %، بعد هذه القيمة تنخفض قيمة (Q-value) مع الزيادة في قيمة الأكسجين المنحل. إذا تجاوز الأكسجين المنحل كقيمة % تشبع للقيمة 140 عندئذ تؤخذ (Q-value) القيمة 50.

3- تعداد العصيات الجرثومية الغائطية Fecal Coliform:

العصيات الجرثومية القولونية الغائطية والبرازية هي شكل من أشكال البكتيريا الموجودة في المخلفات البشرية والحيوانية. تنجم عن تسرب مياه الحفر الفنية وعن الفضلات الناتجة عن النشاط البشري والحيواني الملاصق لحرم المصدر المائي (براز، بقايا طعام). يعتبر الإشعاع الشمسي وارتفاع درجة الحرارة من العوامل المجهدة للجراثيم وبالتالي تخفض من تعدادها. حددت وكالة البيئة العالمية بالنسبة لأغراض الشرب معيار صفر عصية كوليفورم لكل 100 ml، كما حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA المعيار أقل أو يساوي (200 F.C.) لكل 100 ml.

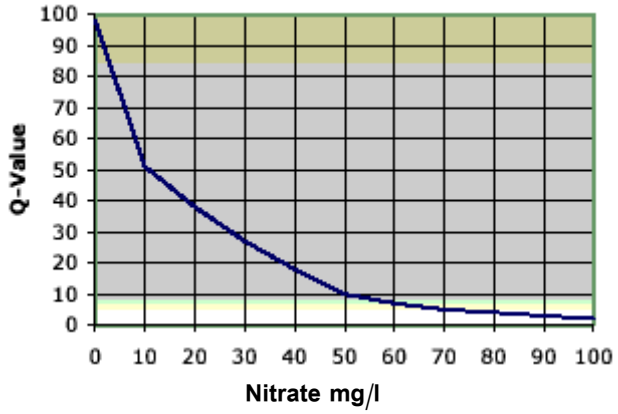


الشكل (5) العلاقة بين الـ F.C. و Q-value

يوضح الشكل (5) العلاقة بين عدد البكتيريا لكل 100 ml من المياه في المحور الأفقي وقيمة Q-value في المحور الشاقولي. حيث نجد مع زيادة عدد المستعمرات من البكتيريا في عينة المياه، فإن قيمة Q-value تنخفض بالتالي إن الزيادة في عدد البكتريا يؤدي لجودة مياه سيئة. تقاس العصيات الجرثومية القولونية الغائطية والبرازية كعدد من البكتيريا في كل 100 ml من المياه. عندما يتجاوز عدد البكتيريا 100000 تؤخذ قيمة Q-value مساوية 2.0.

4- النترات (NO_3^-) (mg/l):

النترات هي قياس أكسدة النيتروجين ، وتُعتبر من المغذيات الأساسية التي تسبب النمو الزائد للنباتات أو الطحالب في البيئات المائية. تكون النترات ضارة بالصحة العامة فهي مادة محرضة على السرطان، لأن الأمعاء لدى البشر يمكنها أن تقوم بكسر النترات وتحويلها إلى النتريت NO_2^- التي تؤثر بدورها على قدرة خلايا الدم الحمراء على حمل الأكسجين. النتريت يمكن أيضا أن يسبب أمراض خطيرة للثروة السمكية . يرتفع تركيز النترات شتاءً بعد هطول المطر بسبب غسل التربة وخاصة الأراضي الزراعية المجاورة، حيث أن الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية تزيد من تركيز النترات، كما أن التسريبات المحتملة من شبكات الصرف الصحي ومن الجور الفنية، ومخلفات الحيوانات والطيور والأسماك من شأنها أيضاً زيادة تركيز النترات. الحد المسموح حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب (45 mg/l) [23].

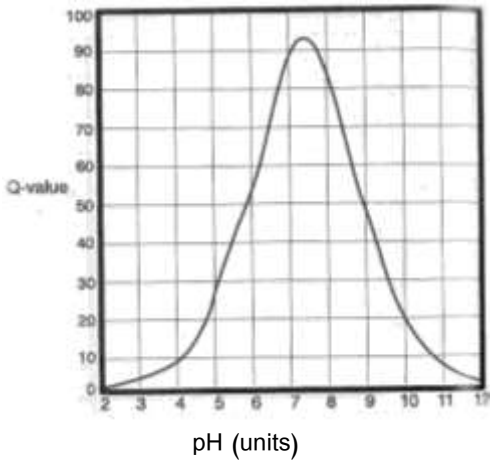


الشكل (6) العلاقة بين الـ النترات و Q-value

يوضح الشكل (6) العلاقة بين محتوى النترات في المياه على المحور الأفقي وقيمة Q-value على المحور الشاقولي، تنخفض قيمة Q-value بشكل مفاجئ مع زيادة تركيز النترات حتى تصل إلى (10 mg/l)، يلي ذلك انخفاض لقيمة Q-value بمعدل أقل نسبيا مع ارتفاع تركيز النترات حتى تصل إلى (50 mg/l). ويصبح معدل التغير في قيمة Q-value بطيئا جداً بارتفاع تركيز النترات أكبر من (50 mg/l). إذا كانت قيمة النترات أكبر من (100 mg/l) عندئذ تؤخذ قيمة Q-value مساوية لـ 1.

5- الرقم الهيدروجيني pH:

مستوى الرقم الهيدروجيني هو تركيز شوارد الهيدروجين في المياه. تميل معظم أشكال الحياة المائية إلى أن تكون حساسة جدا لدرجة الحموضة. والمياه التي تحتوي على قدر كبير من التلوث العضوي تميل عادة إلى أن تكون حمضية بعض الشيء pH<7. إن ارتفاع درجة الـ pH يدل على نمو الطحالب والنباتات التي تقوم بعملية التركيب الضوئي واستهلاكها لـ CO_2 المنحل في الماء. لا تشكل المياه القلوية خطراً على الصحة العامة وإنما لها مشاكل جمالية في الطعم وفي الحصول على الرغوة، المجال المسموح به في مياه الشرب هو (6.5-8.5)=pH [23].



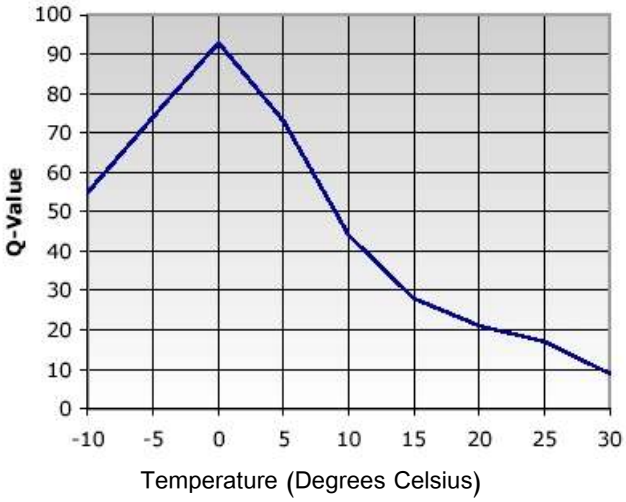
الشكل (7) العلاقة بين الـ pH و Q-value

يوضح الشكل (7) العلاقة بين درجة الرقم الهيدروجيني وقيمة Q-value ، تبلغ قيمة Q-value الحد الأقصى عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني 7. وتنخفض قيمتها بزيادة أو نقصان قيمة الرقم الهيدروجيني. نلاحظ من

الشكل (7) أن جودة المياه تكون أفضل عندما تكون قيمة الرقم الهيدروجيني معتدلة 7. في حال كان الرقم الهيدروجيني أقل من 2 أو أكبر من 12 فإنه يتم أخذ Q-value مساوية للصفر.

6- درجة الحرارة (C^o) Temperature:

تعد درجة حرارة المصدر المائي متغيراً هاماً جداً بالنسبة لجودة المياه، حيث أن العديد من الخصائص الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية لمياه المصدر تتأثر مباشرة بدرجات الحرارة. تستطيع معظم الحيوانات والنباتات في البيئة المائية الحياة في نطاق معين من درجة حرارة المياه، وقليل من هذه الكائنات يمكن أن يبقى على قيد الحياة مع تغيرات حادة في هذا البارامتر. إن ارتفاع درجة حرارة المياه يخفض من تركيز الأوكسجين المنحل في المصدر المائي.

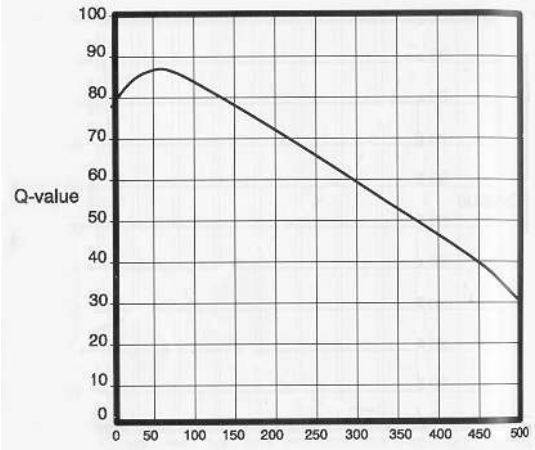


الشكل (8) العلاقة بين درجة الحرارة و Q-value

يوضح الشكل (8) العلاقة بين درجة حرارة المياه وقيمة Q-value . في درجة الصفر مئوية تكون قيمة Q-value في الحد الأقصى، ونلاحظ مع ارتفاع درجة حرارة المياه، تنخفض قيمة Q-value ، كذلك الأمر بانخفاض درجة حرارة المياه تحت درجة التجمد أيضا تنخفض قيمة Q-value.

7- مجموع المواد الصلبة (mg/l) TS:

وهي عبارة عن قياس المواد الصلبة الكلية في مياه المصدر المائي. وهذا يشمل الأملاح وبعض المواد العضوية، ومجموعة واسعة من المواد الأخرى التي تتحول من المواد الغذائية إلى مواد سامة. وتعطي فكرة مباشرة عن الأحمال الملوثة والشوائب الموجودة في العينة. إن مستوى ثابت من المعادن في الماء يعتبر ضروري للحياة المائية. تراكيز المواد الصلبة المنحلة التي تكون عالية جدا أو منخفضة جدا قد تحد من نمو الأحياء المائية وتؤدي إلى وفاة العديد منها.

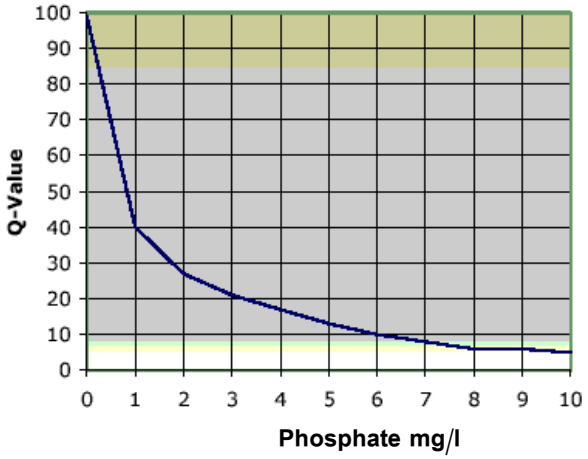


الشكل (9) العلاقة بين المواد الصلبة الكلية و Q-value

يوضح الشكل (9) العلاقة بين المواد الصلبة الكلية وقيمة Q-value .عندما تصل قيمة لمواد الصلبة المنحلة إلى (50 mg/l)، تزداد قيمة Q-value مع الزيادة في قيمة الـ TS ، ولكن بعد (50 mg/l)، تنخفض قيمة Q-value ، وعندما تتجاوز قيمة الـ TS (500 mg/l) يتم أخذ قيمة Q-value مساوية 20 .

8- الفوسفات (PO_4^{-3}) (mg/l):

الفوسفات هي مركبات كيميائية ناتجة من العناصر الفوسفورية والأكسجين. وهي ضرورية لنمو النبات والحيوان، ولا تعتبر سامة إلا إذا وجدت بكميات كبيرة. يمكن أن يتواجد الفوسفات في المياه بأشكال كثيرة، ناجمة عن غسل الأراضي الزراعية التي تحوي على الأسمدة والمبيدات القريبة من المصدر المائي، بالإضافة إلى أن الفوسفور يدخل في تركيب المنظفات التي تتسرب مع مياه الصرف الصحي والحفر الفنية. الحد المسموح لشوارد الفوسفات لأغراض الشرب وفق المواصفة القياسية السورية (0.5 mg/l) [23].

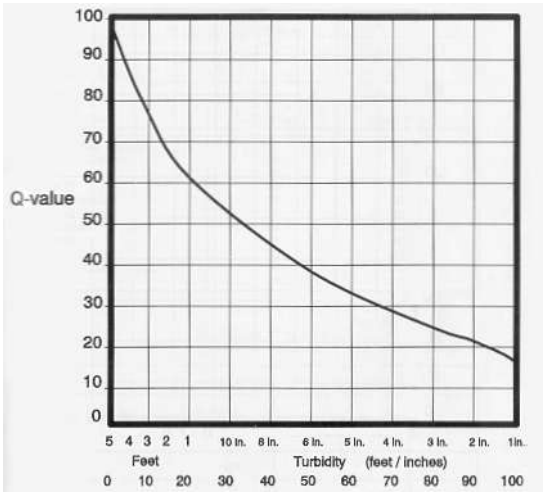


الشكل (10) العلاقة بين تركيز الفوسفات و Q-value

يوضح الشكل (10) العلاقة بين تراكيز الفوسفات وقيمة Q-value . نلاحظ انخفاض مفاجئ في قيمة Q-value عند تغيير تركيز الفوسفات من 0 إلى (1 mg/l) وبعد ذلك تتناقص قيمة Q-value ببطء مع الزيادة في تركيز الفوسفات. لجميع تراكيز الفوسفات أكبر من (10 mg/l)، يتم أخذ قيمة Q-value مساوية 2.

9- العكارة (Turbidity (NTU:

هي مقياس لتشتت الضوء في عمود الماء بسبب وجود المواد العالقة، حيث تدل على كمية الذرات المعلقة في المياه، بارتفاع درجة العكارة تقل شفافية الماء. عندما تصبح المياه عكرة جداً ولا سيما بعد أول هطول مطري، فإنها تفقد القدرة على دعم مجموعة واسعة من النباتات والكائنات المائية الأخرى، بسبب حجب ضوء الشمس عنها والمساهمة في رفع درجة حرارة المياه نتيجة امتصاص المواد المعلقة لأشعة الشمس كما تقلل من تركيز الأوكسجين المنحل الأمر الذي يؤدي إلى الضرر أو موت بعض الكائنات المائية . الحد المسموح بحسب منظمة الصحة العالمية (WHO) وبحسب المواصفة القياسية السورية هو (5 NTU) [23].



الشكل (11) العلاقة بين قيم العكارة و Q-value

يوضح الشكل (11) العلاقة بين العكارة وقيمة Q-value. تنخفض قيمة Q-value مع زيادة العكارة. جميع قيم العكارة التي تحقق أكبر من 100 NTU، يتم أخذ قيمة Q-value المقابلة لها مساوية لـ 5.

حساب مؤشر جودة المياه NSFWQI:

يتلخص حساب مؤشر جودة المياه NSFWQI بالخطوات التالية:

- اختيار البارامترات التي ستدخل في الحساب (تراعى عند اختيارها النواحي الصحية واستخدامات المياه).
- إيجاد منحنيات دلائل الجودة الفرعية لكل بارامتر على حدة.
- تثقيل البارامترات وفق أوزان محددة.
- تجميعها وفق علاقة رياضية معينة.
- مقارنة قيمة المؤشر بجدول تقييم خاص من أجل الحكم عليها وتصنيفها.

المعادلة العامة (2) لحساب المؤشر NSFWQI: [24, 25, 26]

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^{n} Q_i W_i \qquad (2)$$

حيث:

Q_i = المؤشر الفرعي لجودة المياه للبارامتر i .

W_i = الوزن المُسند لبارامتر جودة المياه i .

n = عدد بارامترات جودة المياه .

بالتالي الصيغة القياسية لحساب مؤشر جودة المياه NSFWQI تكون على الشكل التالي [20]:

$$WQI = \Sigma W_X Q_X = W_{BOD5}Q_{BOD5} + W_{DO}Q_{DO} + W_{pH}Q_{pH} + W_{PHOSPHATE}Q_{PHOSPHATE} + W_{NITRATE}Q_{NITRATE} + W_{F.C.}Q_{F.C.} + W_{TS}Q_{TS} + W_{TEMP.}Q_{TEMP.} + W_{TURBIDITY}Q_{TURBIDITY}$$

حيث:

W_X : وزن بارامترات جودة المياه.

Q_X : قيمة Q–value لبارامترات جودة المياه.

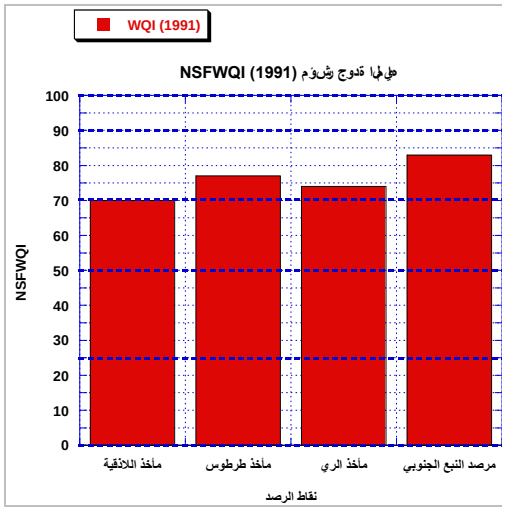
x : بارامتر جودة المياه.

النتائج والمناقشة:

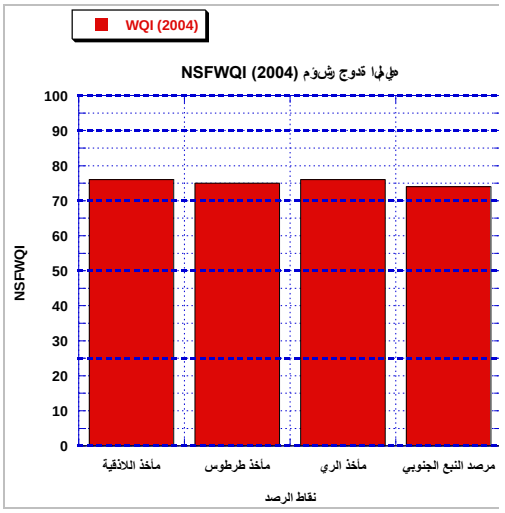
في حالة الدراسة هذه، من أجل حساب مؤشر المؤسسة الوطنية الأمريكية للصرف الصحي NSFWQI وفقاً للمنهجية المذكورة أعلاه وتطبيقه على بحيرة السن تم اعتماد البارامترات التسعة لجودة المياه وهي: DO، BOD_5، NO_3^-، PO_4^{-3}، إجمالي المواد الصلبة (TS)، pH، درجة الحرارة، العكارة والعصيات القولونية الغائطية والبرازية ، للأعوام (1991, 2004, 2007, 2011) في مواقع الرصد المعتمدة من قبل ا لمعنيين بمراقبة وحماية البحيرة وهي: (مأخذ اللاذقية، مأخذ طرطوس، مأخذ الري، مرصد النبع الجنوبي) ، تمت جدولة جميع النتائج، نعرض هنا للاختصار في الجداول فقط قيم مؤشرات جودة المياه الفرعية والنهائية لمياه بحيرة السن للعام 1991 في الجدول (4)، وتمثيل كافة القيم النهائية للمؤشر NSFWQI بيانياً وفق الأشكال رقم (12) و (13) و (14) و (15) بواقع شكل ممثّل لكل سنة قياس في مواقع الرصد الأربعة المدروسة، وأخيراً قمنا بمقارنة قيم مؤشر جودة المياه لأعوام الدراسة الأربعة في الشكل (16).

الجدول (4) قيم مؤشر جودة مياه البحيرة لعام 1991.

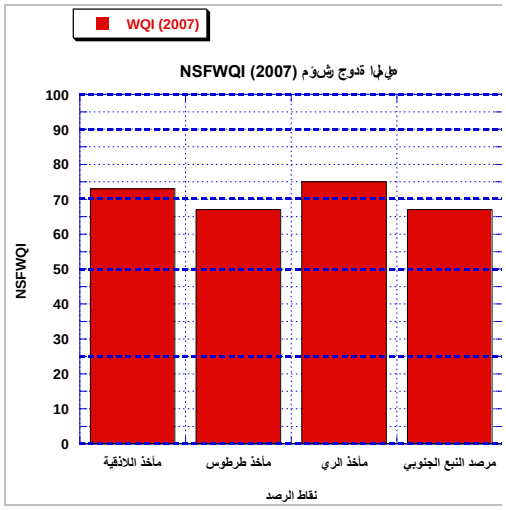
Factor	Weight	S1-Quality Index	S2-Quality Index	S3-Quality Index	S4-Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	89	92	89	79
Fecal Coliform	0.16	36	58	55	86
pH	0.11	93	92	93	92
BOD_5	0.11	66	74	68	96
Temperature	0.1	27	24	27	29
Total Phosphate	0.1	98	95	100	98
Nitrates	0.1	58	58	92	92
Turbidity	0.08	89	95	92	94
Total Solids	0.07	82	82	82	80
NSFWQI		70 (Good)	74 (Good)	77 (Good)	83 (Good)



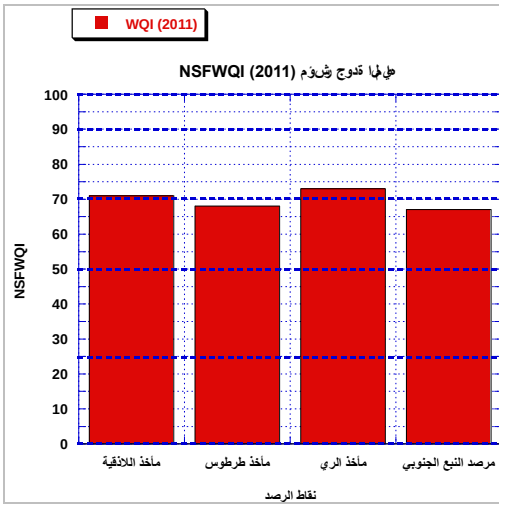
الشكل (12) قيم NSFWQI لمياه البحيرة 1991.



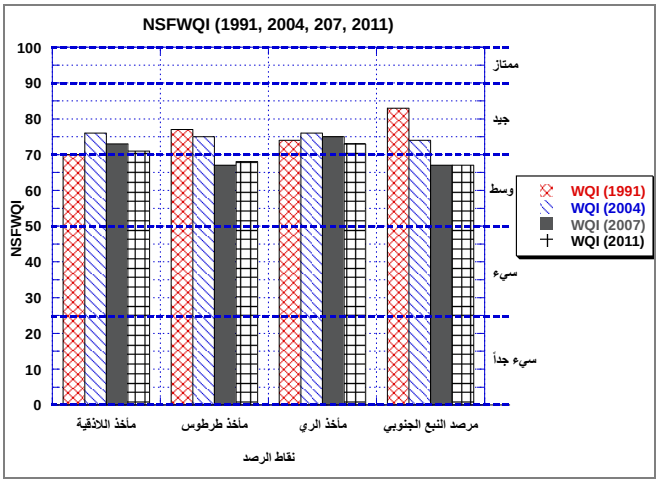
الشكل (13) قيم NSFWQI لمياه البحيرة 2004.



الشكل (14) قيم NSFWQI لمياه البحيرة 2007.



الشكل (15) قيم NSFWQI لمياه البحيرة 2011.



الشكل (16) مقارنة قيم NSFWQI لمياه البحيرة للأعوام (1991، 2004، 2007، 2011).

من خلال الجداول والأشكال السابقة نجد أنه وفق قيم مؤشر جودة مياه البحيرة المحسوبة NSFWQI كان تصنيف جودة المياه جيد في كافة نقاط الرصد الأربعة المعتمدة على البحيرة خلال الأعوام 1991 و 2004 مع ملاحظة تحسن ملموس للجودة في العام 2004 ، وتنخفض بشكل بسيط خلال الأعوام 2007 و 2011 لنقطتي الرصد في مأخذ اللاذقية ومأخذ الري ولكن تبقى جودة المياه محافظة على التصنيف الجيد، في حين تنخفض جودة هذه المياه بشكل واضح لتدخل ضمن عتبة التصنيف الوسط لنقطتي الرصد الأكثر تلوثاً مأخذ طرطوس ومرصد النبع الجنوبي.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

بعد دراسة بارامترات جودة المياه المختلفة لمياه بحيرة نهر السن بناءً على بيانات القياسات المتوفرة لدى مديرية الموارد المائية، فإنه يمكن الاستدلال على أن الهدف من مؤشر NSFWQI هو إعطاء قيمة واحدة لجودة المياه بعدد محدود من البارامترات البيولوجية والفيزيائية والكيميائية (تسعة بارامترات) في تعبير بسيط يؤدي إلى تفسير البيانات بسهولة ورصد جودة ودرجة جودة مياه البحيرة خلال أعوام الدراسة. هذا البحث هو محاولة لوضع منهجية علمية تخدم في تقييم جودة مصادر المياه المحلية بطريقة سهلة وبسيطة، يمكن الاعتماد عليها، حيث أنه حتى الآن لا يتوفر في سورية أي نظام قياسي أو منهجية أو طريقة محددة تفيد في تقييم جودة المياه في مصدر أو مجرى مائي، إن الهدف من هذه المنهجية هو دعم نظام المراقبة البيئية للمصادر المائية وبالتالي حمايتها والحد من تلوثها. حيث تبين من خلال حساب مؤشر NSFWQI بأن جودة مياه البحيرة تحافظ على مستوى جيد في الأجزاء الشمالية منها خلال سنوات الدراسة أي قيم المؤشر تبقى ضمن المجال (89-70)، في حين نلاحظ تدهور في جودة مياه البحيرة في القسم الجنوبي منها ولا سيما محطتي الرصد المعتمدتين مأخذ طرطوس ومرصد النبع الجنوبي حيث حققت في السنوات الأخيرة مستوى جودة وسط ضمن المجال (69-50)، مما يعكس وجود تسرب ملوثات في هذا الجزء الجنوبي من البحيرة، الأمر الذي يتطلب التقصي وإجراء التحريات اللازمة للكشف عن مصدر التلوث والعمل على تخفيضه.

التوصيات :

- ضرورة متابعة برنامج المراقبة الدورية وعدم الانقطاع في قياس أهم بارامترات التلوث (الأكسجين المنحل) كما في السنوات الأخيرة (منذ نهاية عام 2011 حتى الآن لا يُقاس)، والعمل على زيادة عدد نقاط محطات الرصد والمراقبة لتشمل مساحة أكبر من سطح هذا المصدر المائي الهام جداً.
- ضرورة إنشاء قواعد بيانات تعنى بتسجيل نتائج التجارب المخبرية لبارامترات التلوث المختلفة وفق البرنامج المعتمد من قبل القائمين على مراقبة وحماية البحيرة، من أجل الاستفادة منها في الأبحاث العلمية المستقبلية.
- تطبيق مؤشرات جودة أخرى على مياه البحيرة مثل: مؤشر جودة المياه الكندي Canadian Council of Ministers of the Environment (CCMEWQI) أو Oregon water quality index (OWQI) أو British Colombia Water Quality Index (BCWQI).
- إجراء أبحاث حول موضوع هجرة الملوثات من مصادر تلوث محتملة قريبة من البحيرة باستخدام التقانات والبرمجيات الحديثة مثل Modflow و MT3D .

- التأكيد على معالجة نواتج الصرف الصحي وعدم صرف مخلفات معاصر الزيتون في الجوار ومعالجة وضع مكبات القمامة ضمن نطاق الحماية من الدرجتين الثانية والثالثة، لمنع وصول الملوثات إلى الوسط المحيط.
- الحد من استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات في الأراضي الواقعة ضمن نطاق الحماية من الدرجة الأولى لما تشكله من خطورة على الينابيع والمياه الجوفية وترشيدها في نطاق الحماية من الدرجة الثانية والثالثة.
- إمكانية اعتماد منهجية هذه الدراسة وتعميمها على المصادر المائية الأخرى.

المراجع:

[1]. Danquah, L.; Abass, K.; & Nikoi, A. A. *Antropogenic pollution of inland waters: the case of the Aboabo River in Kumasi, Ghana*. Journal of Sustainable Development, Vol. 4, No. 6, 2011, 103 – 115.

[2]. Al-Janabi, Z. Z.; Rahman-Al-Kubaisi, A.; & Al-Obaidy, A. *Assessment of Water Quality of Tigris River by Using Water Quality Index (CCME WQI)*. Journal of Al-Nahrain University, Vol. 15, No. 1, 2012,119-126.

[3]. Abbasi, T.; &Abbasi, S.A. *Water quality indices*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, ISBN: 978-0-444-54304-2, 2012, 84.

[4]. Asadollahfardi, G. *Water Quality Management Assessment and interpretation*, Springer Briefs in Water Science and Technology, Heidelberg, New York, Dordrecht & London, ISBN: 978-3-662-44724-6, 2015, 21.

[5]. Canter, L.W., *River water quality monitoring*. University of Oklahoma, Norman, 1985.

[6]. Steinhart, C. E.; Schierow, L.J.; & Sonzogni W. C. *An environmental quality index for the great Lakes*. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, Vol. 18, No.6,1982,1025–1031.

[7]. Smith D. G. *A better water quality indexing system for rivers and streams*. Water Research, Vol. 24, No. 10, 1990,1237–1244.

[8]. Jonnalagadda, S.; Mhere, G. *Water quality of the Odzi River in the eastern highlands of Zimbabwe*. Water Research, Vol. 35, No. 10, 2001,2371–2376.

[9]. Vollenweider,R. A.; Giovanardi, F.; Montanari, G.;& Rinaldi, A. *Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index*. Environmetrics, Vol. 9. No. 3, 1998, 329–357.

[10]. Bordalo, A.; Nilsumranchit, W.;& Chalermwat, K. *Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand)*. Water Research, Vol. 35, No. 15, 2001, 3635–3642.

[11]. Khan, F.; Husain, T.;& Lumb, A. *Water quality evaluation and trend analysis in selected watersheds of the Atlantic region of Canada*. Environment Monitoring and Assessment, Vol. 88, No. 1, 2003, 221–248.

[12]. Said, A.; Stevens, D. K.;& Sehlke, G. *An innovative index for evaluating water quality in streams*. Environmental Management, Vol. 34, No. 3, 2004,406–414.

[13]. Debels, P.; Figueroa, R.; Urrutia, R.; Barra, R.;& Niell, X. E*valuation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index*. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 110, No. 1, 2005, 301–322.

[14]. Bordalo, A. A.; Teixeira, R.;& Wiebe, W. J. *A water quality index applied to an international shared river basin: the case of the Douro River*. Environmental Management, Vol. 38, No. 6, 2006, 910–920

[15]. Lumb, A.; Halliwell, D.;& Sharma, T. *Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: a case study of the Mackenzie River basin, Canada*. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 113. No. 1, 2006, 411–429.

[16]. Fernández, N.; Ramírez, A;& Solano, F. *Physico-chemical water quality indices-a comparative review*. BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas., Vol. 2, No. 1, 2004, 19–30.

[17]. Asadollahfardi, G. *Application of water quality indices to define surface water quality in Tehran*. International Journal of Water (IJW), Vol. 5, No. 1, 2009, 51–69.

[18]. Jüttner, I.; Chimonides, P.J.;& Ormerod, S.J. *Using diatoms as quality indicators for a newly formed urban lake and its catchment*. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 162, No. 1, 2010, 47–65.

[19]. Brown, R. M.; McLelland, N. I.; Deininger, R. A.;& Tozer, R. G. *A water quality index Do We Dare?* Water and Sewage Works, 2000, 339–343.

[20]. Srivastava, G.;& Kumar, P. *Water Quality Index with Missing Parameters.* International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET), Vol. 2, No. 4, 2013, 609-614.

[21]. Wills, M.;& Irvine, K. N. *Application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index in the Cazenovia Creek, NY, Pilot Watershed Management Project.* Middle States Geographer, 1996, 95-104.

[22]. Tania, M.; Radu, M.; Dan, V.; Rodica, V.;& Mihnea, M. *Water Quality Assessment of the Nadas River (Romania) in Terms of NSF Water Quality Index*. Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Protecţia Mediului, 2013, 649-654.

[23]. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، المواصفة القياسية السورية رقم (45) لمياه الشرب. وزارة الصناعة، دمشق، 2007.

[24]. Jafari Salim, B.; Nabi Bidhendi, G.; Salemi, A.; Taheryioun, M.;& Ardestani, M. *Water Quality Assessment of Gheshlagh River Using Water Quality Indices.* Environmental Sciences, Vol. 6, No. 4, 2009, 19-28.

[25]. Tyagi, S.; Sharma, B.; Singh, P.;& Dobhal, R. *Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index.* American Journal of Water Resources, Vol. 1, No. 3, 2013, 34-38.

[26]. Darvishi, G.; Noorbakhsh, J.; Dadashpour, M.; Rokni, M.;& Golbabaei Kootenaei, F. *Investigation of Qualitative Condition of Nekarud River and Tajan River by NSFWQI Index.* European Online Journal of Natural and Social Sciences, Vol. 4, No. 1, 2015, 85-90.