Studying the Suitability of Al-Thawra Dam Lake Water for Drinking Purposesby using Quality Indicators (NSF- CCME)

Dr. Adel Awad*
Dr. Raed Jafar**
Madleen Hmaesha***

(Received 4 / 6 / 2024. Accepted 9 / 7 / 2024)

□ ABSTRACT □

The study aimed to determine the suitability of the water of Al-Thawra Dam Lake in Latakia Governorate for drinking purposes by using quality indicators (NSF-CCME) Physical, chemical and microbial analyzes of the lake's water were conducted during a complete hydrological cycle during the period from March (2022) to April (2023), Samples were taken from four locations:

1- Lake entrance (S1) -2- Spillway (S2) 3- Irrigation socket (S3) 4- Lake middle(S4)

The study concluded:

When applying the World Water Quality Index (NSF WQI), the lake's water quality fell under Class (C) and was therefore classified as Average quality at all monitoring points.

While the lake's water quality according to the Canadian Ministers of the Environment Index (CCME WQI) at all monitoring sites falls under the marginal classification, and thus the water quality is frequently threatened or poor and often deviates from normal levels.

Therefore, we found that, the lake's water, according to the two indicators (NSF-CCME), is not suitable for drinking purposes and needs treatment.

Keywords: water quality - NSF WQI index - CCME WQI index - physical and chemical standards

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **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 (Master), Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. madleenhmaesha@gmail.com**

دراسة صلاحية مياه بحيرة سد الثورة لأغراض الشرب باستخدام مؤشرات الجودة (NSF- CCME)

د. عادل عوض*

د. رائد جعفر**

مادلين نديم حميشه ***

(تاريخ الإيداع 4 / 6 / 2024. قُبِل للنشر في 9/ 7 / 2024)

□ ملخّص □

هدفت الدراسة إلى تحديد صلاحية مياه بحيرة سد الثورة في محافظة اللاذقية لأغراض الشرب، باستخدام مؤشرات الجودة (NSF- CCME)، حيث تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والجرثومية لمياه البحيرة خلال دورة هيدرولوجية كاملة وذلك خلال الفترة الواقعة من آذار (2022) الى نيسان (2023)، وتم أخذ العينات من أربعة مواقع وهي:

1-مدخل البحيرة (S1، 2- المفيض (S2) 3- مأخذ الري (S3) 4- منتصف البحيرة (S4)، وخلصت الدراسة إلى:

-عند تطبيق مؤشر جودة المياه العالمي (NSF WQI)، اندرجت جودة مياه البحيرة تحت الصنف (C)، وبالتالي صنفت بأنها ذات نوعية متوسطة في جميع نقاط الرصد.

- بينما اندرجت جودة مياه البحيرة وفق المؤشر الكندي لوزراء البيئة (CCME WQI) في جميع مواقع الرصد تحت التصنيف الهامشي، وبالتالي نوعية المياه مهددة أو ضعيفة بشكل متكرر، وغالباً ما تنحرف عن المستويات الطبيعية وبالتالي نجد أن مياه البحيرة وفق المؤشرين (NSF- CCME)غير صالحة للشرب وبحاجة الى معالجة.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه- مؤشر NSF WQI – مؤشر CCME WQI – المعايير الفيزيائية والكيمائية

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ - قسم الهندسة البيئية- كلية الهندسة المدنية -جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

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

*** طالبة ماجستير- كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين- اللاذقية- سورية. madleenhmaesha@gmail.com

مقدمة:

الماء هو العنصر الأساسي لحياة الإنسان والحيوان والنبات ،حيث ما كان متوفر تزدهر الحضارات وتعمر الأرض كما ذكر كل من (بدرو وأحمد، 2006).

تعد سورية غنية بمواردها المائية (السطحية والجوفية) إضافةً إلى مياه السماء (الغيث)، وبشكل خاص في المنطقة الساحلية ولكن بسبب الاستخدام غير المناسب للمياه الناتج عن زيادة الاستهلاك نتيجة النمو الصناعي والسكاني والاقتصادي والاجتماعي والزراعي وتدني الوسائل العلمية والفتنة المستخدمة ،فقد أصبحت مشكلة المياه تزداد وبشكل كبير في الوقت الحالي وتتجلى بنقص الكمية المتاحة ونوعيتها المتدنية .

يعتبر تلوث هذه المصادر من أخطر المشاكل التي يجب أن تشغل حيزاً كبيراً من قبل الباحثين والمهتمين للتقييم والمراقبة وجودة النوعية بسبب استخدام مياهها لأغراض مختلفة دون التطرق لتقييم مدى ملاءمتها لهذه الأغراض وحمايتها من كافة أشكال التلوث.

حيث يعتبر سد الثورة، في محافظة اللاذقية ،من المشاريع الحيوية ومنجزاً مهماً للمناطق المحيطة به، حيث ساهم في إحياء هذه الأراضي والتوسع في المساحات الزراعية وتنوع المحاصيل وزيادة مردوها ، ويبلغ حجمه التخزيني (98) مليون متر مكعب والمنسوب الأعظمي للتخزين (162.55) متر ، ويعتبر سد الثورة سد ركامي بنواة غضارية وثلاث طبقات من الفلاتر الانتقالية ودخل في الاستثمار عام (1996) م وتم انشاء منظومة للري خلال فترة (1989– 1995) ونظراً لطبيعة المنطقة الجبلية القابلة للإرواء فإن (62%) منها يروى بالضخ والباقي بالإسالة الطبيعية .

ينتج تلوث سد الثورة من مصادر عديدة ومختلفة، منها الناتج عن النشاط السكاني والحيواني والمخلفات الصلبة عند محيط البحيرة، ومنها ينتج عن المنشآت السياحية ومعاصر الزيتون، التي تنقل ملوثاتها عبر المسيلات المائية، بالإضافة الى التلوث الناتج عن الصرف الصحي والحفر الفنية المقامة بشكل عشوائي في القرى القريبة من البحيرة، ومنها ينتج عن مياه الأمطار وما تحمله معها من المبيدات الحشرية والأسمدة نتيجة تحلل التربة بفعل الجريان السطحي .

حيث تم استخدام مؤشرات جودة المياه لتقييم نوعية المياه ومدى صلاحيتها للاستخدام البشري ومن هنا ذكر Uddin & (et all.2017) بأن مؤشر جودة المياه أحد أقوى الأدوات وأكثرها فاعلية لتحليل الخصائص العامة لجودة المياه في وقت وزمان محددين ومعرفة مدى قابليتها للاستخدام ، وقام بتعريف مؤشر جودة المياه بأنه رقم مفرد وبدون أبعاد وتم الحصول عليه بحل معادلة رياضية وهو يعبر عن مستوى جودة المياه بشكل بسيط وذلك من خلال تجميع قياسات البارامترات المختارة وقد تم صياغة مؤشرات جودة المياه من قبل المؤسسات والسلطات الحكومية والوطنية والدولية التي تم الاعتماد عليها في تقييم صلاحية جودة مياه لأغراض مختلفة ومن هذه المؤشرات التي تم اعتمادها في دراستنا .

مؤشر جودة المياه العالمي NSFWQI: National Sanitation Foundation Water Quality Index

مؤشر جودة المياه الكندي CCME WQI: Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index

حيث تم استخدام هذه المؤشرات في العديد من الدراسات لتقييم جودة المسطحات المائية في سورية وفي الدول العربية والأجنبية.

قدم كل من (جعفر، صبوح و فطامة، 2022) دراسة لتقييم جودة المياه نهر العاصي في محافظة حماه – سورية باستخدام الموديل الكندي CWQI، حيث تمت دراسة (9) بارامترات وهي (العكارة – الناقلية – القساوة الكلية – NH4 –PH– BOD5) وأخذت العينات من (9) مواقع على طول النهر ، وخلصت الدراسة الى أن جودة المياه صنفت

حسب الموديل الكندي في ثمانية مواقع على أنها فقيرة وفي الموقع التاسع كانت قيمة المؤشر هامشي وبالتالي صنفت جودة مياه نهر العاصي على أنها فقيرة وفير صالحة للاستخدام البشري كمياه للشرب.

ودرس جعفر ،2016 تطبيق مؤشر جودة المياه (NSF WQI) على بحيرة نهر السن حيث استخدم الباحث مؤشر جودة المياه العالمي (NSF WQI) على بحيرة سد السن لتقييم مياهها لأغراض الشرب ،و أخذت العينات من (4) مواقع وتم اجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية خلال الأعوام (2011- 2007- 2004- 1991) وتوصل الباحث الى أن جودة المياه كانت جيدة في كافة نقاط الرصد خلال الأعوام (1991- 2004) وانخفضت جودة المياه بشكل بسيط خلال الأعوام (2007-2011) لنقطتي الرصد في مأخذ اللاذقية ومأخذ الري وتنخفض أيضاً جودة هذه المياه لتدخل عتبة الوسط في نقطتي الرصد في مأخذ طرطوس ومرصد النبع الجنوبي .

ودرس **Benouara وأخرون (2016)** تقييم جودة المياه الجوفية في منطقة سيرا يدي (شمال شرق الجزائر)لأغراض الشرب والري والاستخدامات البشرية الأخرى باستخدام المؤشر (NSFWQI) وتم جمع العينات من (10) مواقع للمياه الجوفية في موسم الجفاف لعام (2015) م من مناطق مختلفة من منطقة سيرايدى وتم تحليل أهم البارامترات التالية : (الرقم الهيدروجيني – درجة الحرارة – الأوكسجين المنحل – الفوسفات – النترات – العكارة – القولونيات البرازية) وتوصل الباحثون الى أن جودة المياه في جميع العينات متوسطة الى جيدة ولا يمكن استخدامها للشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى إلا بعد المعالجة المناسبة .

وقدم كل من **Sukmawati و Rusni (2019) دراسة لتقييم مؤشر جودة المياه لبحير براتان في أندونيسيا باستخدام مؤشر (NSFWQI)** ، وتم أخذ العينات من (5) مواقع وتم قياس (9) بارامترات وهي (درجة الحرارة- درجة الحموضة – المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS – الأوكسجين المنحل DO- الطلب للأوكسجين الكيميائي الحيوي BOD5- الفوسفات – النترات – العكارة – العصيات القولونية) وكانت نتائج الدراسة بأن نوعية مياه البحيرة ذات نوعية جيدة .

وقدم كل من **Uddin وآخرون (2017) دراسة لتقييم جودة المياه الجوفية باستخدام مؤشر جودة المياه (CCME WQI) في منطقة محطة روبور للطاقة النووية في بنغلادش**، وتم أخذ العينات من (17) موقع خلال فصل الشتاء وتم التركيز على (22) معياراً لجودة المياه بالإضافة الى أن الدراسة حددت الملوثات الحرجة (القلوية – الموصلية الكهربائية – BOD5- DO- الحديد – الزرنيخ- الرصاص – النتريت – القوليفورم البرازي -) وبينت نتائج الدراسة إلى أن جودة المياه تتراوح من فئة فقيرة إلى هامشية في جميع المواقع.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث في تسليط الضوء على موضوع علمي حديث مهم جداً في الهندسة البيئية نظراً لتزايد الحاجة الماسة للمياه يوماً بعد يوم، وذلك من خلال تقييم مياه بحيرة سد الثورة لأغراض الشرب بواسطة مؤشرات جودة المياه (NSF- CCME)، وذلك للتأكد من صلاحيتها للشرب وفق أسس مرجعية عالمية بالإضافة الى تحديد مستويات جودتها وفق مواصفات قياسية وشروط معايير موضوعة لتحديد مستويات جودة مياه البحيرات والمسطحات المائية .اما الهدف الأساسي من هذه الدراسة فهو تحديد مستوى نوعية مياه بحيرة سد الثورة لأغراض الشرب وفق مؤشرات الجودة (NSF WQI- CCME WQI)

طرائق البحث ومواده:

منطقة الدراسة:

إن منطقة الدراسة المختارة هي بحيرة سد الثورة في محافظة اللاذقية وأقيم هذا السد على نهر الصنوبر في نهاية مجراه الأوسط قبل التقائه برافده الرئيسي نهر ديفة كما هو موضح على الشكل (1) .

الشكل (1) : صورة جوية توضح موقع بحيرة سد الثورة

حسب ما جاء في تقارير مديرية الموارد المائية بأن سد الثورة يبعد عن مدينة اللاذقية مسافة (25 km) عند قرية طرجانو ويرتفع عن سطح البحر (90 m) وتبلغ مساحة سطح البحيرة (365 ha) وطولها (2.7 km) ويبلغ ارتفاع السد (76.50 m) ويبلغ طول السد عند القمة (1100m) وعرض قاعدة السد (450m) ومساحة الحوض الصباب (2266km) وهو سد ركامي بنواة غضارية وتبلغ مساحة الأراضي المروية من شبكة السد (7961 ha) كما هو موضح في الجدول (1) وتنتقل المياه لري المناطق المحيطة بالسد عبر أقنية مطمورة ومضغوطة تسمح باستخدام أساليب الري الحديثة ويتغذى من الأنهار (ديفة – كيمين – رسيون) إضافة الى الروافد الطبيعية في فصل الشتاء .

الجدول (1) : توزع الأراضي المروية من شبكة سد الثورة

مساحات الارواء حسب المناطق (ha)		
اللاذقية	الحفة	القرداحة
2178	2776	3007

البارامترات التي تمت دراستها:

أجريت القياسات الحقلية والمخبرية للبارامترات التالية : تغيرات درجة الحرارة (TC) – الرقم الهيدروجيني (PH) – العكارة (Turb) – الأوكسجين المنحل (DO)– الطلب الحيوي للأوكسجين (BOD5)– الناقلية الكهربائية (EC) – المواد الصلبة المعلقة الكلية (TSS) – القساوة الكلية (TH) – القلوية العامة (TA) – تعداد جراثيم الكوليفورم البرازي (F.C) – الأملاح المنحلة الكلية (TDS) – النترات ($NO3^-$) – النتريت ($NO2^-$) – الفوسفات ($PO4^-3$) –

الكبريتات ($SO4^{-2}$) – الأمونيا ($NH4^{+}$)– الكالسيوم (Ca^{+2}) – المغنيزيوم (Mg^{+2}) – البوتاسيوم (K^{+}) – الصوديوم (Na^{+}) – الكلورايد (CL^{-}) .

اختيار شبكة الاعتيان:

تم تحديد مواقع نقاط أخذ العينات في مناطق مختلفة من البحيرة كما هو موضح في الشكل (2)، كما و تمت مراعاة كافة مناسيب المياه على طول البحيرة، بحيث كان توزيع نقاط الاعتيان على كامل سطح البحيرة كما يلي:

a. S1: عند مدخل البحيرة (جسر حبيت) ، b. S2: المفيض ، c. S3: قرب جسم السد (مأخذ الري) ، d. S4: في منتصف البحيرة.

الشكل (2) : صورة جوية توضح مواقع نقاط الاعتيان في بحيرة سد الثورة

قطف وجمع العينات:

تم قطف العينات، لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والجرثومية ، بمعدل مرة واحدة في الشهر، لمدة دورة هيدرولوجية كاملة ،ابتداءً من شهر آذار عام (2022)، وحتى شهر نيسان عام (2023) في الفترة الزمنية الواقعة بين الساعة العاشرة صباحاً حتى الساعة الواحدة بعد الظهر، بمساعدة الكادر الفني التابع لمديرية الموارد المائية في محافظة اللاذقية ، وتم اجراء القياسات الحقلية والمخبرية في مخبر الموارد المائية بالإضافة الى مخبر البيئة في جامعة تشرين. لقد تم غسل العبوات البلاستكية بشكل جيد قبل وضع عينة الدراسة فيها أما عينات التحليل الجرثومي فوضعت في عبوات زجاجية عقمت بالفرن بدرجة حرارة (160 درجة مئوية). تم أخذ العينات على عمق (15–20) سم تحت سطح الماء ،حيث تتوقف قيمة النتائج المخبرية أساساً على سلامة العينات المختبرة والعينة الصحيحة يجب أن تكون حجمها كافياً لإجراء الاختبار وأن تمثل تمثيلاً كاملاً للمصدر المائي المأخوذة منه وأن تحفظ بحالتها أثناء الجمع ويراعى عدم تعرضها لأية مؤثرات تؤدي إلى تغيير خصائصها .

مؤشر جودة المياه لمؤسسة الصرف الصحي الوطنية في أمريكا (NSF WQI) :

تم تطوير هذا المؤشر من قبل ((Brown) في عام (1965) ، وقد طورته الولايات المتحدة الأمريكية عام (1970) وتم استخدامه لتقييم جودة المياه السطحية في مختلف المجالات ويحتوي على أربعة مكونات أساسية لمؤشر (WQI) وفق (Nash & et al, 2021)، وهي:

- **اختيار المعيار:** اقترح مؤشر (NSF) أحد عشر معياراً لنوعية المياه مقسمة الى (5) مجموعات، وهي:

1) **المعايير الفيزيائية:** التي تشتمل على:
   - تغيرات درجة الحرارة (TC: Temperature changes).
   - العكارة (Turb: Turbidity, NTU).
   - المواد الصلبة المعلقة الكلية (TSS: Total Suspended Solid, mg/l).

2) المعايير الكيميائية: وتشتمل على ما يلي:
   - الأس الهيدروجيني (PH).
   - الأوكسجين المذاب (DO Dissolved Oxygen : %)

3) **المعايير الميكروبيولوجية:**
   - تعداد العصيات الجرثومية الغائطية (F.C Fecal Coliform :) مقدرة ب (عصية في 100 ML).
   - الطلب الكيميائي للأوكسجين (BOD Biochemical Oxygen Demand, mg/l :5).

4) **معايير المغذيات:** والتي تتضمن:
   - الفوسفات الكلي (mg/l و $po4^{-}$).
   - النترات (NO mg/l , 3).

5) **البارامترات السامة :(مبيدات الآفات – المركبات السامة).**

وقد عقب الباحثون (Nash & et al, 2021)، بأن معظم نماذج جودة المياه أغفلت عن المركبات السامة ومبيدات الآفات، وقاموا باستكمال بقية المراحل.

- **توليد مؤشر فرعي:** تم تطوير مؤشر فرعي بناءً على لجنة خبراء وتتراوح قيمته بين (0-100).
- **ترجيح المعيار:**

حدد مؤشر جودة المياه (NSF) الأصلي قيم أوزان لبعض البارامترات والجدول (2–1) التالي يوضح ذلك :

الجدول (2) : قيم أوزان البارامترات الداخلة في حساب المؤشر العالمي (NSF WQI)

Water Quality Factors and Weights (أوزان وعوامل نوعية المياه)	
العامل (Factor)	**الوزن (Weight)**
الفوسفور الكلي (TP)	**0.10**
تغيرات درجة الحرارة (TC)	**0.10**
النترات ($NO3^{-}$)	**0.10**
العكارة (Turb)	**0.08**
العصيات الجرثومية الغائطية (F.C)	**0.16**

الطلب الحيوي للأوكسجين (BOD)	**0.11**
الأوكسجين المنحل (DO)	**0.17**
الرقم الهيدروجيني (PH)	**0.11**
المواد الصلبة المعلقة الكلية (TSS)	**0.07**

➢ **التجميع:** كما اقترح براون بحسب (Nash & et al, 2021) في عام (1973) وظيفة تجميع بديلة تعتمد على دالة الضرب، ويعبر عن مؤشر جودة المياه لمؤسسة الصرف الصحي الوطنية بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\textbf{NSF WQI} \sum_{I=1}^{p} \boldsymbol{Qi} * \boldsymbol{Wi}$$

حيث أن:

(Qi): مؤشر فرعي يؤخذ من المخططات التقييم الخاصة بكل بارامتر (تبعاً للقيمة الفصلية الحرجة).

(Wi): وزن كل بارامتر حسب أهميته وتأثيره على نوعية المياه

(P): عدد البارامترات الداخلة في حساب المؤشر وهي تسعة بارامترات.

كم تم تصنيف جودة مياه الدراسة وتقييمها بالمقارنة مع المعايير النظامية للتصنيف وفق الجدول رقم (3):

الجدول (3): المعايير النظامية لتصنيف جودة المياه وفق مؤشر (NSFWQI)

الدرجة	حدود مجالات التقييم Index Ranges	تصنيف جودة المياه Water Quality Classification
A	90-100	ممتاز (Excellent)
B	70-89	جيد (Good)
C	50-69	متوسط (Medium)
D	25-49	سيئ (Bad)
E	0-24	جودة رديئة جداً (Very bad)

مؤشر جودة المياه لمجلس الوزراء الكندي (CCMEWQI):

وبحسب (Nash&etal,2021) فقد تم إنشاء مؤشر جودة المياه من قبل مجلس الكندي لوزراء البيئة (CCME) عام (1997) ، وتم تطويره عام (2001)، حيث يمكن أن تتراوح قيمته بين (0-100) وتمثل القيمة (0) أسوأ جودة للمياه أما القيمة (100) تمثل أفضل جودة للمياه، وقد تم تطبيقه على مجموعة واسعة من المسطحات المائية نظراً لسهولة استخدامه، كما يوفر المرونة في اختيار معايير جودة المياه التي سيتم تضمينها ضمن هذا النموذج، وبحيث يتضمن الخطوات التالية:

a. اختيار المعيار: يتطلب هذا النموذج اختيار مالا يقل عن أربعة معايير جودة المياه، دون تحديد أي منها.

b. حساب المؤشر الفرعي: لا يتضمن هذا النموذج حساب المؤشر الفرعي لأنه يعد عيباً كبيراً.

c. أوزان المعايير: قيم الأوزان للمعايير غير مطلوب للحصول على (WQI) النهائي.

d. التجميع: تختلف طريقة التجميع التي يستخدمها هذا النموذج عن النماذج الأخرى.

ويتم التعبير عنها على النحو التالي:

$$\textbf{CCME WQI}= 100- \frac{\sqrt{F1^2+F2^2+F3^2}}{1.732}$$

حيث يتم استخدام المقسوم عليه (1.732) للتأكد من أن قيمة (WQI) الناتجة تقع ضمن المجال (0-100)، كما أن

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 1.732$$

حيث يتم حساب (F1) و(F2) و(F3) وفق المعادلات التالية:

i. (F1) / النطاق أو المجال: وهو النسبة المئوية لعدد البارامترات الكلية التي لا تتوافق مع الأهداف المحددة، أي أن:

$$\text{F1}= (\frac{Number\ of failed\ variabels}{Total\ number\ of\ variabels}) * 100$$

ii. (F2) / التواتر أو التكرار: وهو النسبة المئوية لقيم الاختبارات الفردية، التي لا تتوافق مع قيم الأهداف، أي (الاختبارات الفاشلة)، أي أن:

$$100*(\frac{Number\ of\ failed\ tests}{Total\ number\ of tests}) =\text{F2}$$

i. (F3) / المدى: وهو مقياس لمقدار فشل الاختبار في تحقيق أهدافه، ويتم حسابه وفق ثلاث خطوات:

الخطوة الأولى: حساب عدد مرات الانحراف عن المواصفات excursion لكل متحول بالعلاقة:

$$\text{Excursion} = (\frac{failed\ tests\ valuei}{Objectivej})-1$$

وفي حال كون قيمة الاختبار المتجاوز أكبر من القيمة القياسية، تحسب بقلب النسبة

الخطوة الثانية: حساب مجموع الانحرافات (NSE: Normalized Sum of Excursions):

$$(\frac{\sum_{i=1}^{n} excursionsi}{\textbf{Total Number of tests}}) \textbf{=nse}$$

1) الخطوة الثالثة: حساب (F3):

$$\text{F3}= (\frac{nes}{0.01nse+0.01})$$

يعطي هذا المؤشر قيم لتصنيف نوعية المياه المدروسة محصورة ضمن المجال (0-100)، كما يقسم الى خمس فئات لتقييم نوعية المياه مبينة في الجدول رقم (4):

الجدول (4): تصنيف نوعية المياه وفق مؤشر جودة الكياه الكندي (CCMEWQI)

التصنيف	القيمة	الوصف
ممتاز	95-100	جودة المياه طبيعية
جيد	80-94	جودة المياه تختلف عن المستويات الطبيعية او المرغوبة
عادل أو مقبول	65-79	تختلف حالة جودة المياه عن المستويات الطبيعية أو المرغوبة
هامشي	45-64	نوعية المياه مهددة أو ضعيفة بشكل متكرر وغالباً ما تنحرف الظروف عن المستويات الطبيعية أو المرغوبة
رديء	0-44	جودة المياه غير مناسبة للاستخدام في أي مستوى

النتائج والمناقشة:

تطبيق مؤشر جودة المياه العالمي (NSF WQI):

قيم المعدلات الفصلية للبارامترات الداخلة في حساب مؤشر الجودة (WQINSF) فقد أوضحناها وفق الجدول (5) التالي:

الجدول (5) : قيم المعدلات الفصلية لبارامترات الداخلة في حساب مؤشر الجودة NSFWQI

مواقع العينات		الفصول	درجة الحرارة	PH	العكارة (NTU)	BOD_5 (mg/l)	NO_{3^-} (mg/l)	TP (mg/l)	TSS (mg/l)	DO (mg/l)	DO_{Sat} (mg/l)	DO %	F.C عصية في 100ml
العينة الأولى	S1	ربيع	20.5	7.69	11.39	8.46	4.24	**0.05**	6.60	7.1	9.1	78	57
		صيف	30.83	8.61	3.65	10.81	1.8	0.032	4.6	5.66	7.7	73	24
		خريف	24.06	8.48	7.44	9.39	1.68	0.026	9.09	7.46	8.6	86	57
		شتاء	15.03	7.71	14.76	6.50	4.04	0.037	13.07	11.3	10.2	110	153
العينة الثانية	S2	ربيع	20.26	7.9	12.24	9.07	2.16	0.024	9.12	4.63	9.2	50	43
		صيف	31	8.86	5.12	10.98	1.06	0.035	7.43	5.53	7.6	72	14
		خريف	24.5	8.58	8.92	9.05	1.12	0.0087	8.19	5	8.3	60	66
		شتاء	14.61	8.07	16.84	5.37	2.41	**0.051**	15.28	9.61	10.3	93	177
العينة الثالثة	S3	ربيع	19.93	7.80	12.76	9.31	2.83	0.058	9.08	4.86	9.3	52	52
		صيف	31.3	8.78	5.06	12.17	1.38	**0.096**	7.06	3.79	7.6	49	21
		خريف	24.26	8.48	9.73	8.36	1.3	0,0175	10.13	5.44	8.6	63	101
		شتاء	14.23	7.93	16.99	5.60	2.76	0.07	15.23	9.5	10.4	91	210
العينة الرابعة	S4	ربيع	20.46	7.48	14.11	9.36	1.73	0.042	8.66	5.13	9.1	56	43
		صيف	31.06	8.51	5.36	10.91	0.32	0	10.17	4.1	7.6	53	11
		خريف	24.83	8.37	10.37	8.53	0.72	0.023	17.26	6	8.5	70	30
		شتاء	14.83	7.86	19.73	5.7	0.80	**0.053**	18.91	10.16	10.3	98	113

عند كل نقطة يمكن تحديد قيم البارامترات الحرجة الداخلة في حساب مؤشر الجودة والتي توضح في الجدول (6) التالي :

(6) : القيم الحرجة للبارامترات الداخلة في حساب مؤشر جودة المياه العالمي (NSF WQI)

F.C	TSS	TP	No_3^-	BOD_5	DO	DO_{SAT}	DO	Turb	PH	T	البارامترات / مواقع العينات
عصية في 100ml	mg/l				%	mg/l		NTU	---	C°	
153	13.07	0.05	4.24	10.81	73	7.7	5.66	14.76	8.61	30.83	**S1**
177	15.28	0.051	2.41	10.98	50	7.6	4.63	16.84	8.86	31	**S2**
210	15.23	0.096	2.83	12.17	49	7.6	3.79	16.99	8.78	31	**S3**
113	18.91	0.053	1.73	10.91	53	7.6	4.1	19.73	8.51	31.06	**S4**

تم تحديد قيم المؤشر الفرعي (Q–Value) للبارامترات التسعة حسب القيم الحرجة لكل بارامتر كما هو موضح بالجدول التالي (7):

الجدول (7): قيم المؤشر الفرعي (Q–Value) للبارامترات الداخلة في حساب المؤشر(NSFWQI) مع وزن كل بارامتر(Wi)

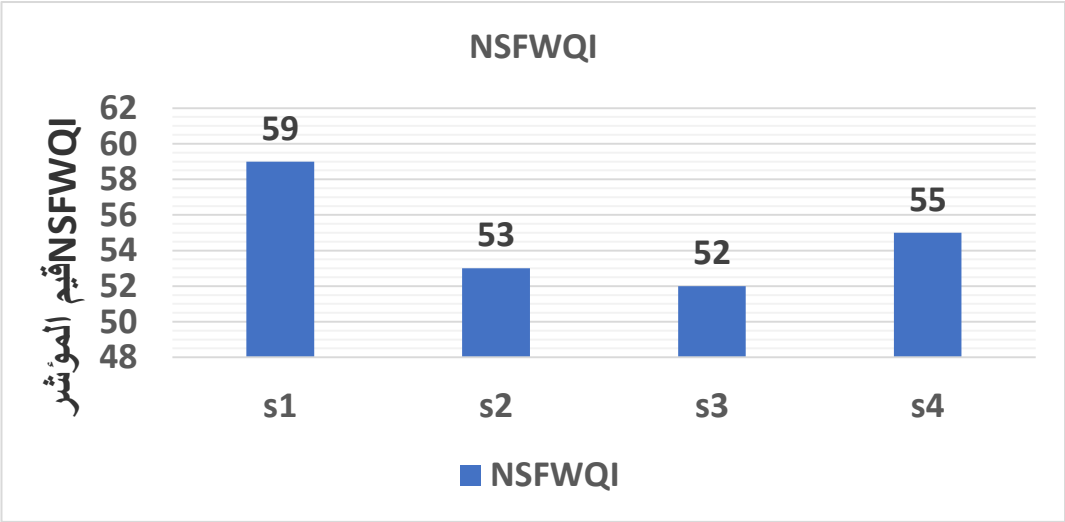
F.C عصية في 100 ml	BOD_5 (mg/l)	DO (%)	$NO3^-$ (mg/l)	TP (mg/l)	TSS (mg/l)	العكارة (NTU)	PH	درجة الحرارة (C°)	Q–Value / مواقع العينات
41	**30.9**	**77**	**78**	**97.3**	**85**	**67**	**62**	**10**	**S1**
38	**30.7**	**43**	**86**	**97.1**	**84**	**65**	**58**	**10**	**S2**
37	**25**	**42**	**84**	**95**	**84**	**64.9**	**60**	**10**	**S3**
42.5	**30.7**	**45**	**91**	**97**	**82**	**61**	**66**	**10**	**S4**
0.16	**0.11**	**0.17**	**0.10**	**0.10**	**0.07**	**0.08**	**0.11**	**0.10**	**Wi(وزن كل بارامتر)**

وبناءً عليه تم حساب قيم المؤشر (NSF WQI) في كل موقع مع الوصف والدرجة المناسبين، بالمقارنة مع المعايير النظامية للتصنيف وفق مؤشر الجودة (NSF WQI) والموضحة في الجدول (8):

الجدول(8): قيم مؤشر جودة المياه (NSFWQI) مع التوصيف والدرجة المناسبين

مواقع العينات	NSFWQI	الوصف	الدرجة
S1	**59**	**متوسط**	**C**
S2	**53**	**متوسط**	**C**
S3	**52**	**متوسط**	**C**
S4	**55**	**متوسط**	**C**

كما تم تمثيل قيم المؤشر (NSFWQI) وفق المخطط المبين في الشكل التالي:



الشكل (3) : المخطط البياني لنتائج حساب المؤشر NSFWQI لكافة نقاط الاعتيان في بحيرة سد الثورة

من المخطط أعلاه (الشكل 3) نلاحظ أن قيم مؤشر جودة المياه NSFWQI المحسوبة في كافة نقاط الاعتيان للعام (2022–2023) قد تراوحت ما بين (52–59) وهي تندرج ضمن مجال التصنيف (50–70) وبالتالي فإن نوعية المياه متوسطة الجودة لجميع نقاط الاعتيان المختارة في البحيرة المدروسة.

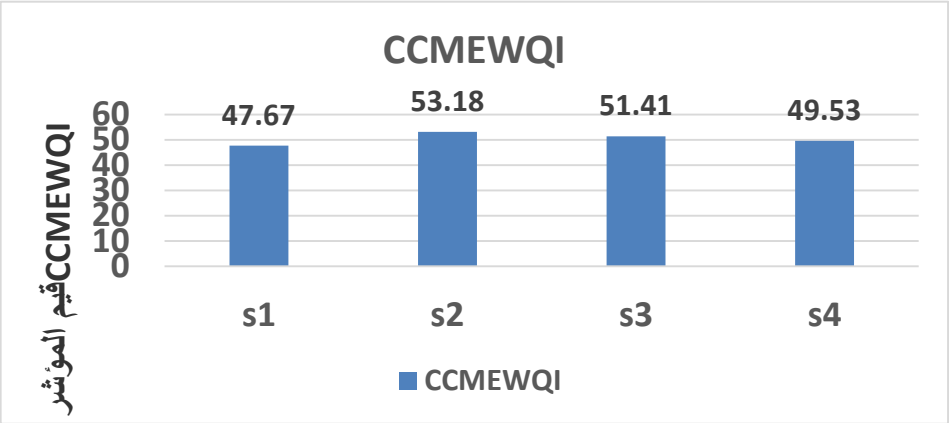
تطبيق مؤشر الجودة (CCME WQI) :

تم تطبيق المؤشر الكندي على كافة البارامترات المقاسة وعددها (21) بارامتر، وذلك لجميع نقاط الاعتيان المعتمدة والجدول التالي يوضح نتائج حساب مؤشر (CCME WQI):

الجدول (9): نتائج تطبيق مؤشر جودة المياه الكندي (CCMEWQI)لبحيرة سد الثورة مع الوصف المناسب لها

مواقع العينات	F1	F2	∑excursion	nse	F3	CCMEWQI	التصنيف
S1	28.57	23	1219.99	4.84	82.87	47.67	هامشي
S2	28.57	21.82	670.34	2.66	72.67	53.18	هامشي
S3	80.2	85.17	934.57	3.70	78.72	51.41	هامشي
S4	28.57	23	968.22	3.84	79.33	49.53	هامشي

كما تم تمثيل قيم مؤشر جودة المياه (CCME WQI) على المخطط أدناه:



الشكل (4): التمثيل البياني لنتائج حساب المؤشر الكندي (CCMEWQI) لبحيرة سد الثورة

نلاحظ من المخطط البياني أعلاه أن القيم المحسوبة قد تراوحت بين (53.18 –47.67) وهي تقع ضمن مجال التصنيف (6445 –)، أي أن نوعية المياه، في جميع نقاط الدراسة، هامشية أو ضعيفة بشكل متكرر، وغالباً ما تنحرف الظروف عن المستويات الطبيعية أو المرغوبة .

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1–عند تطبيق مؤشر جودة المياه العالمي (NSF WQI)، تم تصنيف نوعية مياه البحيرة، بأنها ذات نوعية متوسطة في جميع نقاط الرصد، واندرجت تحت الدرجة (C)،

2–عند تطبيق المؤشر الكندي لوزراء البيئة (CCME WQI)، اندرجت جودة مياه البحيرة، في جميع نقاط الرصد، تحت التصنيف الهامشي، وبالتالي نوعية المياه مهددة أو ضعيفة بشكل متكرر، وغالباً ما تنحرف عن المستويات الطبيعية أو المرغوبة، وبالتالي مياه البحيرة وفق المؤشرين غير صالحة للشرب وتحتاج الى معالجة.

3–أظهرت نتائج القياسات تجاوز العديد من البارامترات وهي (درجة الحرارة–Do– BOD– – العكارة–FC) الحدود المسموحة بها، عن المواصفة القياسية السورية رقم (45)، بينما بقيت بقية البارامترات ضمن الحدود المسموحة.

التوصيات:

- توفير التثقيف والتوعية المتعلقة بتلوث المياه وإيجاد طرق لحمايتها من كافة أنواع التلوث وتوعية الناس بأهمية الموارد الطبيعية.
- دراسة الشوارد (F.C– TSS– DO– BOD– العكارة)، والتي تجاوزت الحدود المسموحة لها لمياه الشرب بشكل معمق ومجدي لمعرفة مدى تأثيرها على صحة الإنسان، وإيجاد طريقة مثلى لتخفيف أثرها مع الزمن .
- ترشيد وتخفيف استخدام الأسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية وإيجاد طريقة متطورة لترشيد استخدام المياه في الزراعة
- تطوير تكنولوجيا متقدمة لمعالجة الاملاح والمواد الكيميائية والنفايات الصلبة قبل إخراجها الى الأنهار والبحيرات
- اعداد تقارير دورية وخلال فترات قصيرة عن الوضع البيئي للبحيرة وجودة المياه فيها سواء للشرب أو للري حفاظاً على حياة الكائنات الحية.

- العمل على إنشاء منظومات صرف صحي لكافة التجمعات السكانية القريبة من بحيرة السد مع دراسة إمكانية الاستفادة من المنشآت القائمة القريبة منها.
- العمل عمى حماية مجاري السيول والأنهار من انجراف التربة، خاصةً في المناطق المجاورة للبحيرة، وبالتالي الإقلال من وصول الملوثات إليها ،عبر عمليات الجريان السطحي بفعل مياه الأمطار بما تحمله من الترب الزراعية المليئة بالأسمدة الملوثة.

References:

1- Baddour and Ahmed. (2006). Scientific papers on environmental engineering. Scientific Papers Series No. (2). Sudan Academy of Science and Publishing, first edition 2006.

2- Raed, Sabouh and Fatama. (2022). Water quality assessment using the Canadian model CWQI, a case study of the Orontes River in Hama Governorate - Syria. Journal of Engineering Science and Information Technology, 6(3), 1-24

3- Syrian Arab Standards and Metrology Authority for Drinking Water, Syrian Standard Specifications No. (45), Second Revision, Ministry of Industry, Damascus, p. 22, 2007.

4- Jafar. (2016). Application of the Water Quality Index (NSF WQI) on Lake Al-Sin, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies. Engineering Science Series. Volume (38), Issue (4).

5- Water Resources Directorate - Lattakia Branch

6-Uddin & et all, M. (2017). Evaluation of groundwater quality using CCME water quality index in the Rooppur Nuclear Power Plant Area, Ishwardi, Pabna, Bangladesh. American Journal of Environmental Protection, 5(2), 33-43.

7-Benouara & et al, N. (n.d.). Organization (WARPO), Ministry of Water Resources. 2008,229-235 , Assessment of groundwater quality in the Seraidi region (north-east of Algeria) using NSF-WQI.Water Science and Technology:Water Supply. 2016.

8-Sukmawati & Rusni, N. (2019). Assessment of Water Quality Index of Beratan Lake Using NSF WQI Indicator. WMJ Warmadewa Medical Journal, 2(4), 39-43.

9- Nash & et al, S. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. Ecological Indicator, 122.