Assessment of Water Quality of Al-Sain Lake using the Iranian Water Quality Index ($IRWQI_{sc}$)

Dr. Hana Salman*
Dr. Raed Jafar**
Zaina Mayea***

(Received 18 / 3 / 2024. Accepted 19 / 5 /2024)

□ ABSTRACT □

Water Quality Indicators are considered as reliable tools to judge water demand and supply and an important criterion for any monitoring program of the aquatic environment to manage and monitor water to ensure it remains within the required quality limits. This research aims to assess the water quality of Al-Sain Lake, which primarily supplies the city of Latakia and part of Tartous. In this study, we investigated a range of physical and chemical factors of the lake water during the years 2021, 2022, and 2023. Samples were taken from three different monitoring sites following an approved program by those responsible for monitoring and protecting the lake. The Iranian Water Quality Index for Surface Water Resources ($IRWQI_{sc}$) was utilized to calculate the water quality, considering indicators such as: pH, ammonium (NH_4^+), nitrate (NO_3^-), phosphate (PO_4^{-3}), turbidity (TUR), electrical conductivity (EC), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), total hardness (TH) and fecal coliforms (FC). The study results indicated that the water quality in the lake was within the good category at all designated monitoring points during the years 2021, 2022, and 2023, with a slight improvement in quality in 2021 and 2022 and a slight decrease in 2023 while still remaining within the good classification range.

Keywords: water quality, water quality index, $IRWQI_{sc}$, Al-Sain lake, water quality parameters.

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

*Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Professor, , Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
***Postgraduate student(Master), Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria. Zainamayea@gmail.com

تقييم جودة مياه بحيرة السن باستخدام مؤشر جودة المياه الإيراني $(IRWQI_{sc})$

د. هناء سلمان*

د. رائد جعفر**

زينه ميا***

(تاريخ الإيداع 18 / 3 / 2024. قُبِل للنشر في 19 / 5 /2024)

□ ملخّص □

تعتبر مؤشرات جودة المياه بمثابة أدوات موثوقة للحكم على العرض والطلب على المياه ومعيار هام لأي برنامج رصد للبيئة المائية لإدارتها ومراقبتها لتبقى ضمن حدود الجودة المطلوبة. يهدف البحث إلى تقييم جودة مياه بحيرة السن والتي تغذي بشكل أساسي مدينة اللاذقية وجزء من مدينة طرطوس. قمنا في هذا البحث بدراسة مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية لمياه البحيرة خلال الأعوام (2021– 2023– 2022)، تم أخذ العينات من ثلاثة مواقع رصد مختلفة وفق البرنامج المعتمد من قبل المعنيين بمراقبة وحماية البحيرة. وتم حساب مؤشر الجودة باستخدام مؤشر جودة المياه الإيراني للمياه السطحية Iranian Water Quality Index for Surface Water Resources $(IRWQI_{sc})$. شملت تحديد قيم العديد من المؤشرات الدالة على نوعية المياه والتي تمثلت ب: الأس الهيدروجيني (pH)، الأمونيوم (NH_4^+)، النترات (NO_3^-)، الفوسفات (PO_4^{-3})، العكارة(TUR)، الناقلية الكهربائية(EC)، الطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)، الأوكسجين المنحل (DO)، القساوة الكلية(TH) والعصيات القولونية البرازية (FC). بينت نتائج الدراسة أن جودة المياه في البحيرة كانت ضمن التصنيف الجيد في كافة نقاط الرصد المعتمدة خلال السنوات 2023–2022–2021، مع ملاحظة تحسن طفيف في الجودة للعامين 2022,2021 وانخفاض بسيط خلال عام 2023 مع بقائها ضمن مجال التصنيف الجيد.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه، مؤشر جودة المياه، مؤشر $(IRWQI_{sc})$، بحيرة السن، بارامترات جودة المياه

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

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

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

*** **طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم هندسة النظم البيئية، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

Zainamayea@gmail.com

مقدمة:

تعتبر المياه المورد الحيوي والأساسي لوجود الحياة والعنصر الحاسم في البيئة. وعلى الرغم من أن الماء هو أحد المركبات الأكثر وفرة في الطبيعة إلى أن جزء صغير من الموارد بما في ذلك السطحية والجوفية يمكن استغلالها من قبل الإنسان[1][2]. تعتبر الأنهار والبحيرات من أهم المصادر السطحية، تتلوث هذه المصادر المائية بسبب الأنشطة البشرية والصناعية والطبيعية مما يؤثر على خصائص الموارد المائية الفيزيائية والكيميائية وهذا ما يزيد المخاوف ويثير القلق بشأن تدهور جودة المياه، لذا لا بد من دراسة نوعية المياه السطحية والجوفية لتوفير المياه بالجودة المناسبة لمختلف الاستخدامات[3]. وبذلك تصبح جودة المياه أداة مفيدة للتحقق من مدى تلوث المياه وبالتالي اتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من مسألة التلوث ووضع برامج مراقبة للحفاظ على المصادر المائية[4]. إذ يتم تحديد جودة المياه من خلال تحليل العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية لعينات المياه ومقارنتها مع الحدود المسموحة والمعتمدة من قبل المنظمات العالمية.

تتطلب إدارة الجودة جمع وتحليل مجموعة كبيرة من البيانات المرتبطة بنوعية المياه والتي قد يكون من الصعب تقييمها، فقد تم تطوير مجموعة من الأدوات لتقييم نوعية المياه. يعد مؤشر جودة المياه أحد هذه الأدوات، إذ تعتمد نماذج مؤشرات الجودة على وظائف تجميعية تسمح بتحليل مجموعة كبيرة من بيانات جودة المياه المتغيرة زمانيا ومكانيا لإنتاج قيمة واحدة تدل على جودة المسطح المائي[5].

في تعريف مؤشرات جودة المياه يمكننا القول أن مؤشرات جودة المياه (WQI: Water Quality Index) هي التي تقوم بتقييم صحة المصدر المائي بعدد وحيد تم الحصول عليه نتيجة لحل معادلة رياضية، ومتغيرات هذه المعادلة هي نتائج قياسات البارامترات الأكثر تأثيراً وخطورة على المصدر المائي، حيث تم اختيار هذه البارامترات بعد دراسات طويلة والتوصل بأنها الأهم، ومن ثم تمت مقارنة هذا العدد بمعايير تصنيف نظامية (Classification Criteria Standards) حسب كل مؤشر[6].

تم صياغة أول مؤشر من خلال المعادلات الرياضية لتحديد حالة جودة المياه بوساطة Horton.بعد ذلك تم تطوير عدة طرق لحساب مؤشرات الجودة لأغراض مختلفة من قبل العديد من البيئات والمنظمات في جميع أنحاء العالم [7]. في العام (1980) أصدر مختبر الجودة البيئية في ولاية أوريغون في أميركا مؤشر جودة ولاية أوريغون OWQIوالذي يتم حسابه بدمج قياسات ثمان بارامترات: (DO، BOD5 ، PH ، +NH4 ، −NO3 ، TP ، TSS ، F.C) بالإضافة الى تغيرات درجة الحرارة[8]. وطورت وكالة البيئة في فلوريدا مؤشر الجودةFWQI حيث تقارن قيمة المؤشر بالميزان التالي (45−5) جيد، (60−45) معتدل، (90−60) فقير[9].

معظم تلك المؤشرات اعتمدت على مؤشر طور في الولايات المتحدة، بدعم من المؤسسة العالمية للدراسات العلمية ووكالة حماية البيئة (EPA) وسمي:National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) [10].أصدر مجلس الوزراء الكندي مؤشر جودة المياه الكندي (CCMEWQI)، والذي يحسب بالاعتماد على البارامترات التالية: (PH−NO3−DO−BOD−SO4−F.C−PO4−TSS−EC)[11].

ارتأى الباحثون ضرورة تطوير مؤشر جودة لتقييم نوعية المياه في المسطحات المائية بحيث يكون بسيطا" وسهل التطبيق والفهم فقاموا بإصدار مؤشر جودة المياه المعدل(NEWWQI) والبارامترات الداخلة في حسابه هي (−Turb EC−DO −TP − F.C).[12]

تم تطبيق العديد من هذه المؤشرات على المصادر المائية في سوريا، حيث أجريت دراسة على سد بلوران في أربعة مواقع بالإضافة الى عينتين اضافيتين على نهري قره جالة ورافد نهر وادي قنديل لمدة عام كامل يبدأ من نيسان (2010) وحتى آذار (2011) ، وتم تحديد مستويات الجودة لأغراض مياه الشرب وفق المؤشرين (NSFWQI) و(NEWWQI) وقد تمت المقارنة بينهما وجاءت النتائج متشابهة حيث تبين ان البحيرة بعيناتها الأربعة قد اندرجت تحت الدرجة (D) والوصف سيئ (Bad)،[13].كما تم تقييم نوعية مياه بحيرة سد المزينة لأغراض الشرب باستخدام مؤشر جودة المياه العالمي (NSFWQI) وتبين أن مياه البحيرة غير صالحة للشرب وتحتاج إلى معالجة[6].

أجريت دراسة على بحيرة السن وفق مؤشر (NSFWQI) لعينات مأخوذة من أربع نقاط رصد للأعوام (1991–2004–2007–2011)، وأظهرت النتائج أن جودة التقييم تتراوح بين المجال الجيد والوسط وفقا لنقاط الرصد المعتمدة[14].

تم إعداد مؤشر جودة المياه في إيران (Iranian Water Quality Index($IRWQI$) ، حيث يعتمد مطورو هذا المؤشر أن بإمكانه توفير منظور مناسب وفهم جيد لنوعية المياه. إذ تم تطوير هذا المؤشر بالاعتماد على مؤشر (NSFWQI) من أجل تحسين حالة نوعية المياه إذ تم اختيار البارامترات بالاعتماد على رأي الخبراء وبما يتناسب مع الاعتبارات البيئية الإيرانية حيث تم إضافة بارامترات أخرى تساهم في تقييم جودة المياه بشكل أمثل [15].تمت دراسة مؤشر جودة المياه $IRWQI_{sc}$ ومؤشر NSFWQI في مدينة مشهد على نقاط رصد مأخوذة من سد كردية حيث بينت النتائج أن مؤشر الجودة الإيراني أكثر صرامة في الحكم على نوعية المياه[3].

سيتم في هذه الدراسة تطبيق مؤشر جودة المياه الإيراني على مجموعة نقاط رصد مأخوذة من بحيرة السن، حيث تم جمع مجموعة بيانات مأخوذة من عدة مواقع رصد للسنوات (2021–2022–2023) من خلال برنامج رصد وحماية بحيرة السن، وقد تم حساب قيمة المؤشر بالاعتماد على البارامترات الأساسية الداخلة في الحساب لتقييم نوعية المياه في البحيرة.

أهمية البحث وأهدافه:

انطلاقاً من أهمية المصادر المائية ولا سيما حوض السن المسؤول عن تغذية مدينتي طرطوس واللاذقية والذي يجب أن يخضع إلى مراقبة دائمة للحد من خطر تلوثه، بالإضافة إلى وجود كمية كبيرة من القياسات والبيانات المتعلقة ببارامترات جودة المياه في المديريات والمؤسسات دون تفسير دقيق لها، من هنا أتت ضرورة تلخيص هذه البيانات وإيجاد مرجعية علمية لها واختزالها إلى صيغة محددة تدل على درجة جودة المياه حيث تعد مؤشرات الجودة أحد أكثر الأدوات فعالية في تحديد جودة المياه وإدارتها.

يهدف البحث إلى تقييم جودة مياه بحيرة السن لأغراض الشرب باستخدام المؤشر $IRWQI_{sc}$ وبالتالي مراقبة جودة مياه هذا المصدر المائي والكشف عن مستويات تلوثه. مما ينعكس إيجاباً على تحسين الإدارة الفعالة لأنظمة مراقبة الجودة ووضع السياسات البيئية المناسبة من قبل صانعي القرار.

طرائق البحث ومواده:

1. منطقة الدراسة Study Area

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)–(E 35° 57′ 59′′)، يبلغ محيط البحيرة 1267m ومساحتها 64337m²، تبلغ سعة البحيرة 400000 m³، العمق الأعظمي لها 9m، يبين الشكل (1) موقع وحدود البحيرة. تغذي مدن الساحل (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 m³/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، غير أن وجود المناطق السكنية القريبة من حرم البحيرة بالإضافة إلى الأراضي الزراعية المجاورة تساهم في تدهور نوعية مياه البحيرة ومياه الينابيع والآبار في المناطق القريبة من حوض البحيرة.

الشكل(1) موقع نقاط الاعتيان المعتمدة على بحيرة السن

2. جمع العينات وتحليلها Sample collection and analysis

تم الاعتماد في هذه الدراسة على قياسات العينات المأخوذة من قبل المعنيين بمراقبة وحماية البحيرة للأعوام (2021–2022–2023) بمعدل عينة واحدة أسبوعياً، حيث أخذت العينات من ثلاث مواقع رصد بشكل أسبوعي وفق برنامج المراقبة المعتمد كما هو موضح في الشكل (1).

تضمن العمل المخبري والحقلي إجراء عدد من التحاليل على العينات المأخوذة من نقاط الاعتيان، وشملت تحديد قيم العديد من المؤشرات الدالة على نوعية المياه والتي تمثلت ب: الأس الهيدروجيني (pH)، الأمونيوم (NH_4^+)، النترات (NO_3^-)، الفوسفات (PO_4^{-3})، العكارة(TUR)، الناقلية الكهربائية(EC)، الطلب الكيميائي للأوكسجين(COD)، الأوكسجين المنحل(DO)، القساوة الكلية(TH) والعصيات القولونية البرازية(FC).

3. مؤشر جودة المياه الإيراني:

طوّرت مؤسسة حماية البيئة الإيرانية مؤشر لجودة المياه يعتمد على دراسة الظروف الطبيعية المحلية للموارد المائية والمشاكل البيئية الأساسية التي تعاني منها مختلف مصادر المياه السطحية والجوفية. تعتبر التجربة الإيرانية تجربة تستحق الانتباه حيث طورت أربع مؤشرات للجودة، الأول مؤشر جودة المياه السطحية للبارامترات المتداولة$IRWQI_{sc}$

يتم تقسيم جودة المياه بالنسبة Iranian Water Quality Index for Surface Water Resources. للبارامترات المتداولة وهي ($NH4^+$, $NO3^-$, EC, PH, F.C, DO, BOD_5,فوسفات العكارة, القساوة الكلية) ضمن سبعة مجالات حيث تتزايد الجودة بازدياد قيمة المؤشر النهائي (100−0).

المؤشر الثاني يعطي تقييم جودة المياه السطحية بالنسبة للبارامترات السامة (11بارامتر) منها زرنيخ –فضة– زئبق– رصاص–كادميوم– فينول– سيانيد– حديد.

المؤشر الثالث يعطي تقييم لجودة المياه الجوفية بالنسبة للبارامترات المتداولة (10بارامترات) والمؤشر الرابع يعطي تقييم لجودة المياه الجوفية بالنسبة للبارامترات السامة (11 بارامتر)[15].

يتميز هذا المؤشر بإمكانية تطبيقه لتصنيف جودة المياه السطحية حتى لو كان عدد البارامترات المقاسة أقل من 11 بارامتر.

خطوات حساب المؤشر:

a) **تحديد البارامترات الداخلة في حساب المؤشر وفق الجدول التالي:**

الجدول (1) بارامترات مؤشر الجودة الإيراني

رقم	البارامتر	الواحدة
1	Fecal Coliform	عصية في 100 ml
2	BOD_5	mg/l
3	NO_3^-	mg/l
4	DO	mg/l
5	EC	µs/cm
6	COD	mg/l
7	NH_4^+	mg/l
8	PO_4^{-3}	mg/l
9	Turbidity	NTU
10	Total Hardness	mg/l
11	pH	/

b) تحويل تركيز الأكسجين المذاب إلى درجة التشبع وفق المعادلة التالية:

$$DO\% \text{ sat} = (DO / DO_{sat}) * 100$$

$$DO_{sat} = 14.407 - 0.3369T + 0.0035T^2$$

c) تحديد وزن كل بارامتر وفق الجدول التالي:

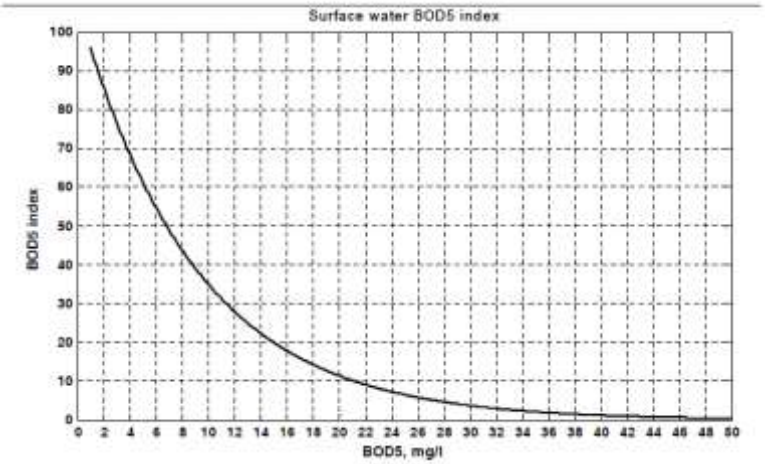
الجدول (2) أوزان بارامترات جودة المياه

Parameter	weight
Fecal Coliform	0.140
BOD_5	0.117
NO_3^-	0.108
DO	0.097
EC	0.096
COD	0.093
NH_4^+	0.09
PO_4^{-3}	0.087
Turbidity	0.062
Total Hardness	0.059
pH	0.051

4 – تعيين المؤشرات الفرعية لبارامترات المؤشر باستخدام منحنيات التصنيف التالية:

a) **الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين (BOD_5):**

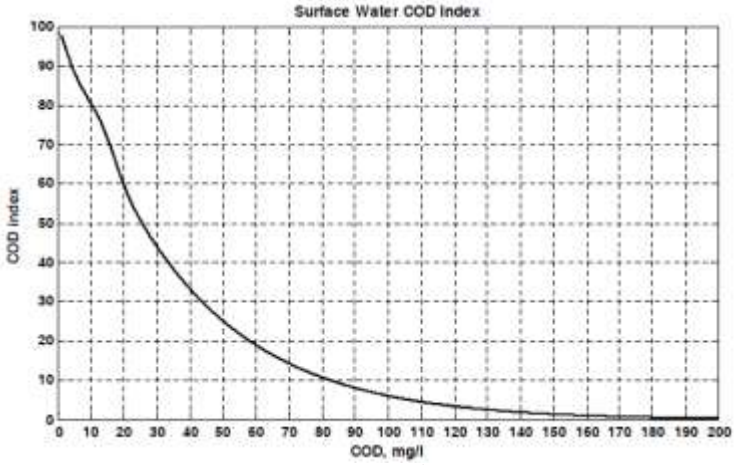
يعتبر من أكثر المؤشرات أهمية لتحديد درجة تلوث المياه بالمواد العضوية، ويعبر عن مقياس لكمية المواد الغذائية للبكتيريا التي يمكن أن تتواجد في المياه. القيمة المسموحة حسب المواصفة القياسية السورية هي (2 mg/l).



الشكل(2) العلاقة بين BOD_5 وBOD_5 -Index

b) **الطلب الكيميائي للأكسجين(COD):**

يعد مقياس لقابلية أكسدة المواد العضوية وغير العضوية الموجودة في المسطحات المائية، ويستخدم في تحديد كمية الملوثات القابلة للأكسدة في المياه السطحية ومياه الصرف الصحي.

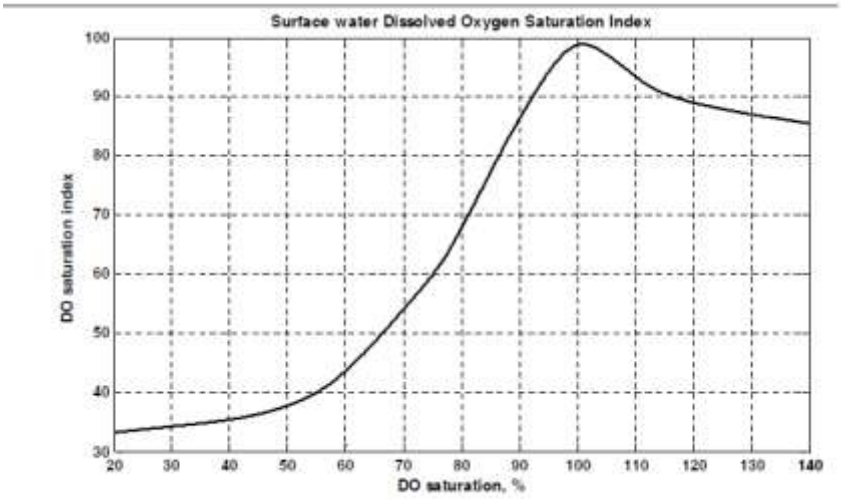


الشكل(3) العلاقة بين COD وIndex- COD

c) الأكسجين المنحل DO:

يقيس كمية الأكسجين الذائبة اللازمة لاستمرار الحياة في البيئة المائية. تعكس قيم الأكسجين المنحل مدى تلوث المياه حيث تعتبر ملوثة في حال كانت قيمته منخفضة، بينما تدل القيم العالية على مياه جيدة.

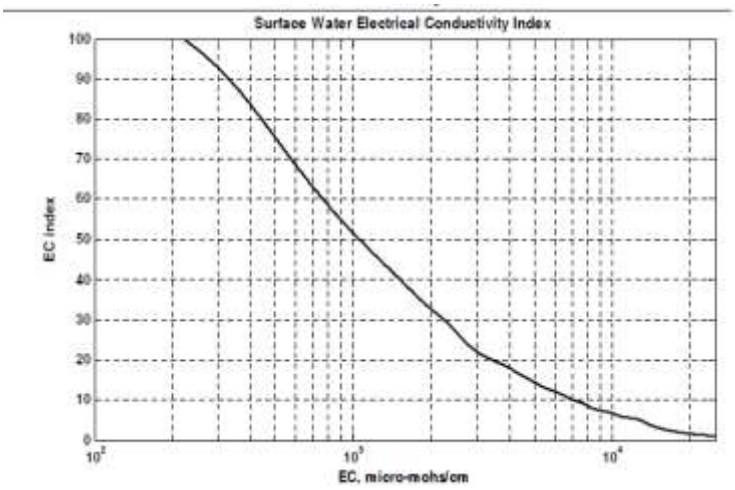
تدخل قيمة الأكسجين المنحل في حساب المؤشر كنسبة إشباع، حيث يتم تحويل قيمة الDO mg/l إلى DO % Saturation.



الشكل(4) العلاقية بين DO % Saturation و DO Saturation Index

d) الناقلية الكهربائية Electrical conductivity EC:

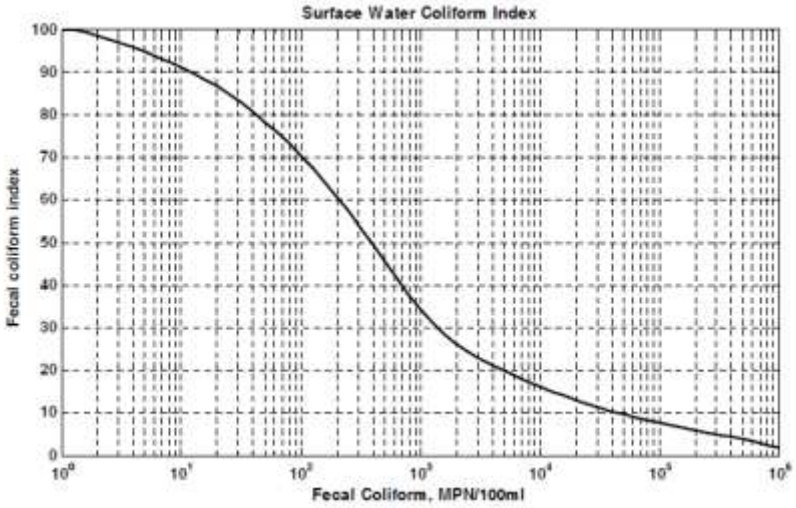
تشير الناقلية الكهربائية إلى مقدار المواد المنحلة في المياه، وخاصة تركيز الأملاح المعدنية التي تذوب في المياه، حيث تزداد قيمة النقلية بزيادة تركيز الأملاح المنحلة في الماء، كما يشير وجود كميات كبيرة من الأملاح إلى عدم صلاحية الماء للشرب.



الشكل(5) يبين العلاقة بين EC و EC Index

e) تعداد العصيات الجرثومية الغائطية Fecal Coliform :

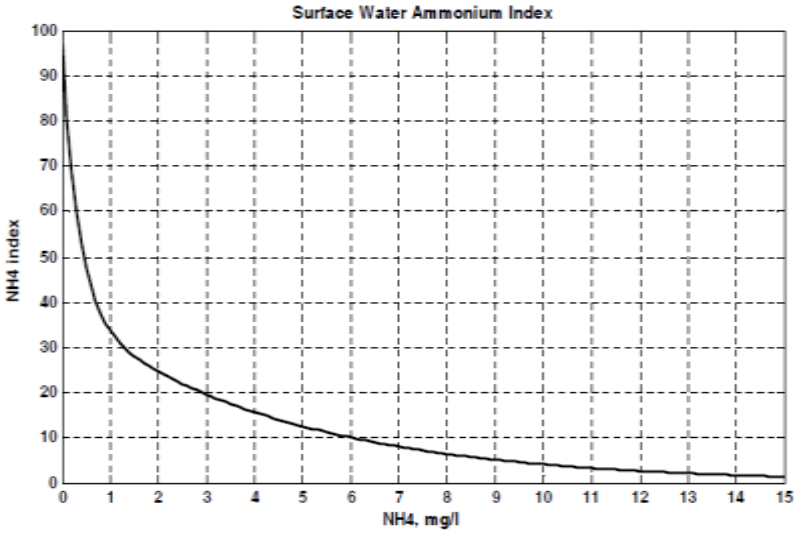
تعتبر شكل من أشكال البكتيريا الموجودة في المخلفات البشرية والحيوانية. حددت وكالة البيئة العالمية معيار صفر عصية كوليفورم لكل 100 ml في مياه الشرب[16].



الشكل(6) يبين العلاقية بين FC و FC Index

f) الأمونيوم NH_4^+:

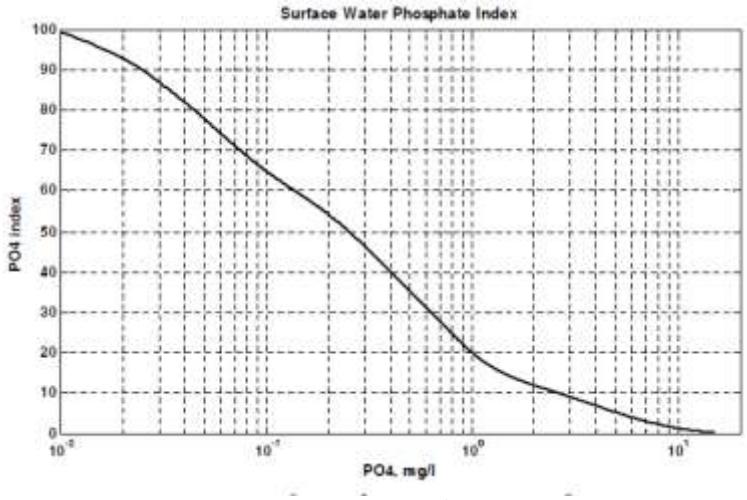
تتشكل شاردة الأمونيوم في المياه نتيجة التحلل الطبيعي للمواد العضوية والنباتية والحيوانية في البيئة المائية. يفضل الحفاظ على مستويات منخفضة من الأمونيا لضمان عدم تلوث المياه بالمواد العضوية القابلة للتحلل والتي تشكل خطراً على صحة الإنسان. يجب أن تكون مستويات الأمونيوم في الماء أقل من 0.5 ppm.



الشكل(7) يبين العلاقية بين NH_4^+ وNH_4^+ Index

g) **الفوسفات PO_4^{-3} :**

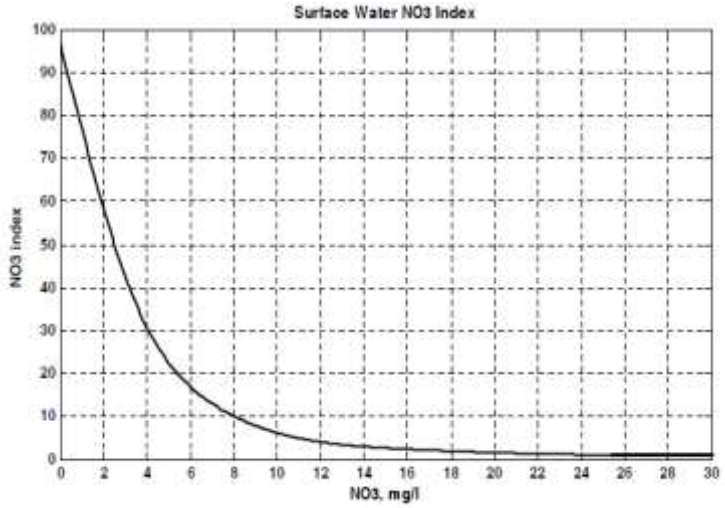
تعد مركبات كيميائية ناتجة عن اتحاد المركبات الفوسفورية والأكسجين. يمكن أن تتواجد في المياه بعدة أشكال ناجمة عن الأسمدة والمبيدات المستخدمة في الأراضي الزراعية، بالإضافة إلى تواجد الفوسفور في المنظفات المتسربة مع مياه الصرف الصحي. الحد المسموح لشوارد الفوسفات لأغراض الشرب هي 0.5 mg/l وفق المواصفات القياسية السورية.



الشكل(8) العلاقة بينPO_4^{-3} و PO_4^{-3} Index

h) **النترات NO_3^-:**

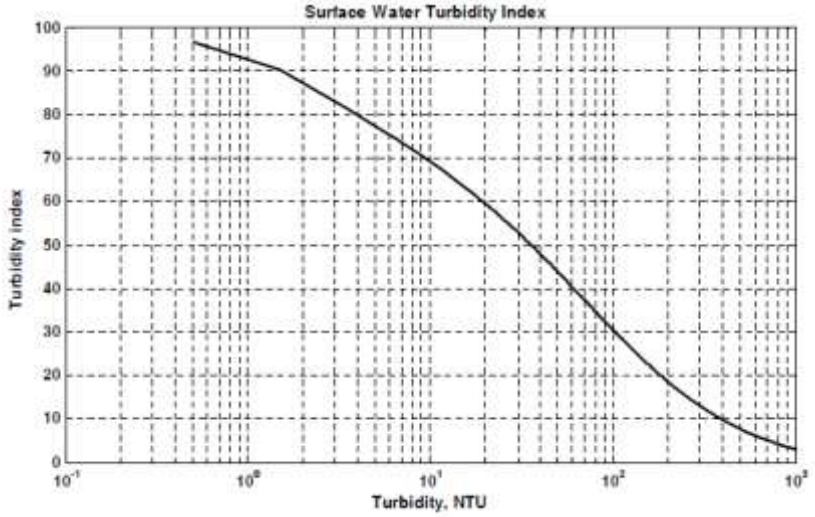
يعبر النترات عن قياس أكسدة النتروجين، يجب الحفاظ على تراكيز منخفضة من النترات في مياه الشرب لأن الزيادة في تركيزها يبب أمراضاً صحية لأنه مادة محرضة على السرطان. الحد الأقصى لتواجده في مياه الشرب هو 50 mg/l وفقاً للمواصفات القياسية السورية.



الشكل(9) العلاقة بين NO_3^- و Index NO_3^-

i) العكارة Turbidity:

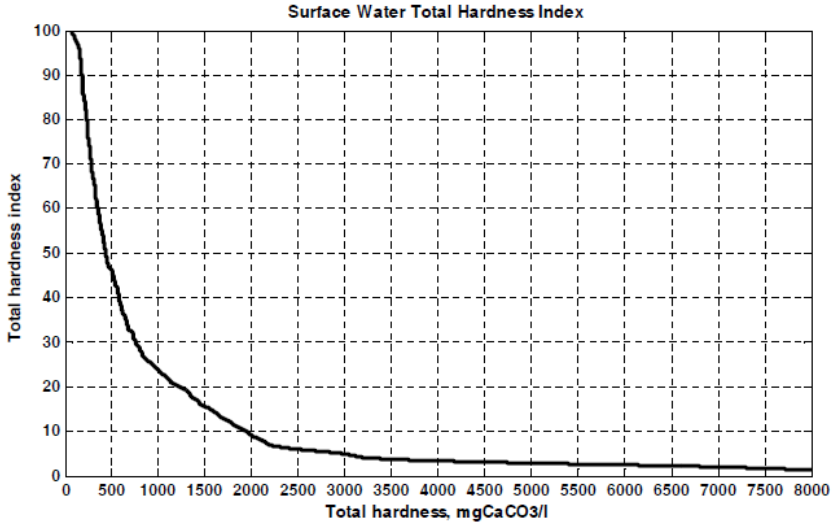
تتشكل العكارة في المياه نتيجة لوجود جزيئات عالقة صغيرة جداً من المواد العضوية المنحلة وغير المنحلة. يمكن أن تتكون هذه الجزيئات من الترب والنفايات والمخلفات الصناعية. الحد المسموح وفقاً لمنظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية لمياه الشرب هي 5 NTU.



الشكل(10) العلاقة بينTurbidity وTurbidity Index

j) القساوة الكلية Total Hardness:

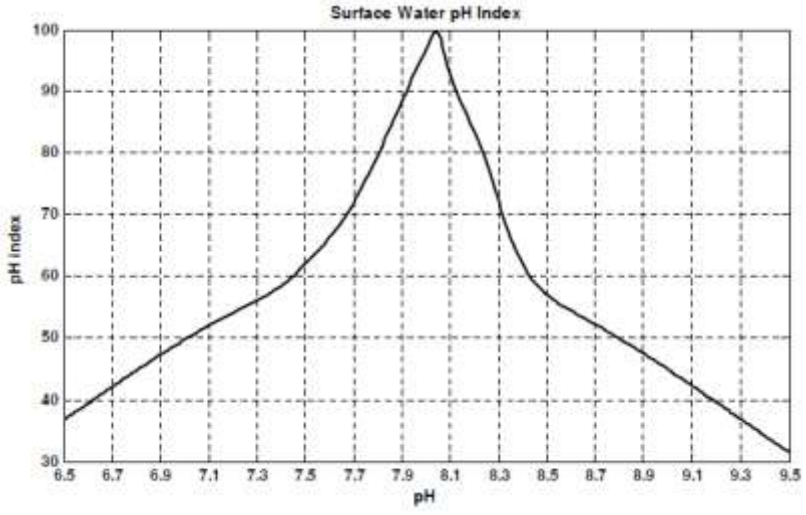
تشير القساوة الكلية للمياه (العسر) إلى تركيز شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم الموجودة في تلك المياه، حيث يؤدي وجود هذه الشوارد في المياه إلى ظهور رواسب غير منحلة عند غليها، كما أن الماء العسر لا يتفاعل مع الصابون حيث نلاحظ عدم وجود رغوة عند الغسل بالماء العسر والصابون.



الشكل(10) العلاقة بين Total Hardness Index , Total Hardness

k) الأس الهيدروجيني pH:

يعبر عن تركيز شوارد الهيدروجين في المياه. يساعد في تقييم المياه لأغراض الشرب، يجب أن يتراوح بين 8.5– 6.5 وفق معايير منظمة الصحة العالمية[16].



الشكل(11) العلاقة بينpH وpH Index

5 -حساب قيمة المؤشر وفق المعادلة التالية:

$$IRWQI_{SC} = \left[\prod_{i=1}^{n} {I_i}^{w_i}\right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$

W_i : وزن البارامتر

n : عدد البارامترات

I_i : قيمة المؤشر لكل بارامتر وفق منحنيات التصنيف

6 – تصنيف قيمة المؤشر وفق الجدول التالي:

الجدول (3) مجالات تصنيف مؤشر الجودة $IRWQI_{SC}$

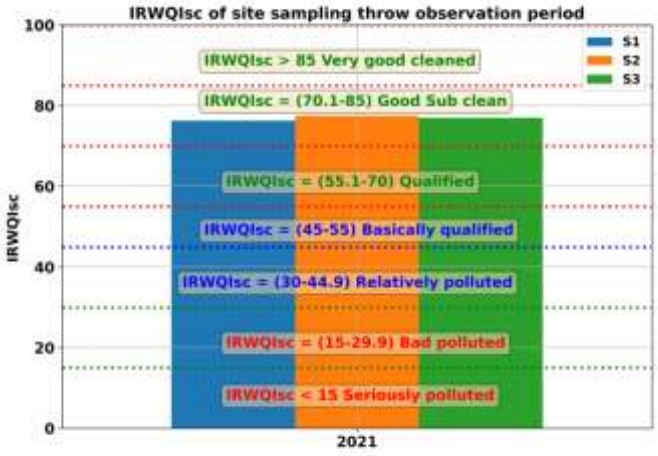
قيمة المؤشر	مجال الوصف
15>	سيء جدا
29.9 – 15	سيء
44.9 – 30	سيء نسبيا
55 – 45	متوسط
70 – 55.1	جيد نسبيا
85 – 70.1	جيد
>85	جيد جدا

النتائج والمناقشة:

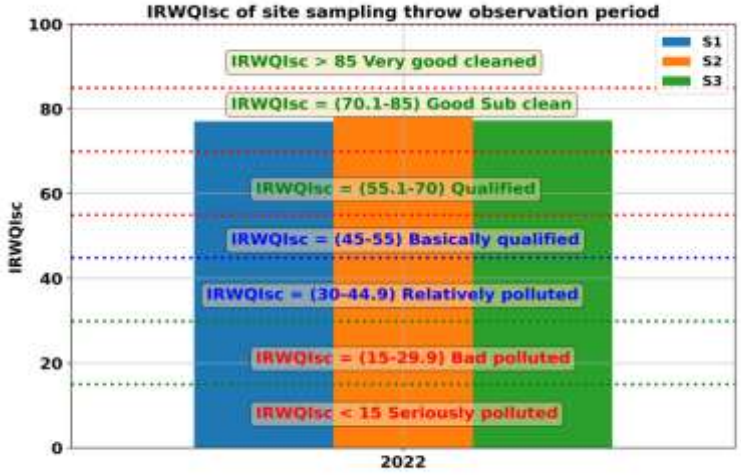
في حالة الدراسة، من أجل حساب قيمة المؤشر الإيراني $IRWQI_{SC}$ وفقاً للمنهجية المذكورة وتطبيقه على بحيرة السن تم اعتماد البارامترات العشرة لجودة المياه وهي: DO، COD، القساوة الكلية، العكارة، الناقلية الكهربائية، العصيات القولونية الغائطية والبرازية،pH، النترات، الأمونيوم والفوسفات للأعوام (2023–2022–2021) في مواقع الرصد المعتمدة من قبل المعنيين بمراقبة البحيرة، تمت جدولة جميع النتائج، يبين الجدول(4) قيم المؤشرات الفرعية والنهائية لمؤشر الجودة لعام 2021، وتم تمثيل القيم النهائية للمؤشر بيانياً وفق الأشكال(12) (13) (14).

الجدول (4) قيم مؤشر جودة المياه في البحيرة لعام 2021

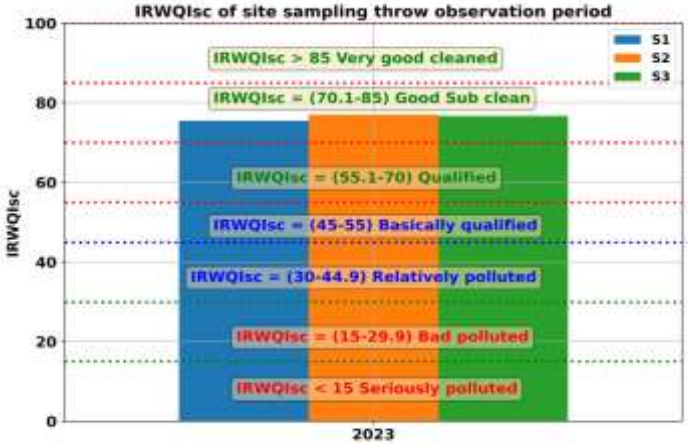
Factor	Weight	S1- Quality Index	S2- Quality Index	S3- Quality Index
Fecal Coliform	0.140	97	98	98
PH	0.108	78	72	72
NO_3^-	0.097	38	37	41
DO	0.096	90	89	89
EC	0.093	77	91	80
COD	0.09	88	90	87
NH_4^+	0.087	100	100	100
PO_4^{-3}	0.062	54	56	55
Turbidity	0.059	90	91	91
Total Hardness	0.051	80	90	93
$IRWQI_{SC}$		76 (GOOD)	76.5 (GOOD)	75.1 (GOOD)



الشكل (12) قيم $IRWQI_{SC}$ لمياه البحيرة لعام 2021



الشكل (13) قيم $IRWQI_{SC}$ لمياه البحيرة لعام 2022



الشكل (14) قيم $IRWQI_{SC}$ لمياه البحيرة لعام 2023

نجد من خلال الجداول والأشكال أن قيم مؤشر جودة المياه المحسوبة في البحيرة كانت ضمن التصنيف الجيد في كافة نقاط الرصد المعتمدة خلال السنوات 2023–2022–2021، مع ملاحظة تحسن طفيف في الجودة للعامين 2022,2021 وانخفاض بسيط خلال عام 2023 مع بقائها ضمن مجال التصنيف الجيد، وتوافق هذا التصنيف مع نتائج الدراسة [14] التي تمت على بحيرة السن وفق مؤشر الجودة NSFWQI ضمن التصنيف الجيد لجودة البحيرة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

من خلال حساب مؤشر جودة المياه $IRWQI_{SC}$ لمجوعة نقاط الرصد في بحيرة السن لفترة الدراسة(2023–2022–2021) وتقييم بارامترات التلوث المعتمدة في الدراسة: DO، COD، القساوة الكلية، العكارة، الناقلية الكهربائية، العصيات القولونية الغائطية والبرازية،pH، النترات، الأمونيوم والفوسفات بناءً على البيانات والقياسات المتوفرة لدى الموارد، تبين أهمية مؤشر جودة المياه الإيراني كونه يسمح بتحويل بيانات جودة المياه المتمثلة بالبارامترات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية إلى رقم واحد يمكن من خلاله التوصل بسهولة إلى حالة جودة المياه في النظم البيئية لموارد المياه حيث تعتبر مؤشرات الجودة مهمة لأي برنامج لرصد البيئة المائية ودرجة تلوثها. يعتبر هذا البحث بمثابة محاولة لوضع منهجية علمية تخدم في تقييم جودة مصادر المياه حيث أنه لا يوجد أي نظام قياسي أو منهجية محلية واضحة يمكن الاعتماد عليها في تقييم جودة أي مصدر مائي.

حيث تبين من خلال حساب المؤشر $IRWQI_{SC}$ بأن جودة مياه البحيرة تبقى ضمن المستوى الجيد من التصنيف ضمن المجال(80–70.1) وكذلك عندما تم تقييم جودة بالبحيرة باستخدام مؤشر NSF كانت مياه البحيرة ضمن التصنيف المقبول.

التوصيات:

- ضرورة المتابعة في برامج المراقبة الدورية لقياس بارامترات التلوث وتطبيق مؤشرات جودة المياه مع الأخذ بعين الاعتبار كافة البارامترات التي تؤثر بشكل أساسي على الجودة.
- زيادة عدد نقاط محطات الرصد والمراقبة لتشمل مساحة أكبر من سطح المصدر المائي.
- تطبيق مؤشرات جودة أخرى على البحيرة مثل: مؤشر جودة المياه الكندي (CCMEWQI) أو المؤشر الماليزي(DOEWQI).

References:

1. Ram A, Tiwari SK, Pandey HK, Chaurasia AK, Singh S, Singh YV. *Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework*. Applied Water Science. 2021 Feb;11:1-20.
2. Khan R, Saxena A, Shukla S, Sekar S, Goel P. *Effect of COVID-19 lockdown on the water quality index of River Gomti, India, with potential hazard of faecal-oral transmission*. Environmental Science and Pollution Research. 2021 Jul;28(25):33021-9.
3. Shahsavar MM, Najafzadeh M, Akrami M, Kian Z, Gheibi M. *Qualitative evaluation of surface water resources using iran water quality index (IRWQSC) and national*

sanitation foundation water quality index (Case Study: Kardeh Dam, Mashhad, Iran). Environ. Sci. Toxicol. 2021;5:30-037.

4. Odume L. *Evaluation of The Quality of Harvested Rain Water in Ubulu-Uku, Delta State Nigeria*. Academia Letters. 2022:1-1.

5. Akhtar N, Ishak MI, Ahmad MI, Umar K, Md Yusuff MS, Anees MT, Qadir A, Ali Almanasir YK. *Modification of the water quality index (WQI) process for simple calculation using the multi-criteria decision-making (MCDM) method*: a review. Water. 2021 Mar 26;13(7):905.

6. Haidar, N., H. Sabbouh, and H. Salman, *Water quality evaluation of AL-Mazina dam in Homs for drinking purposes based on intenational quality indices* . Journal of AL Baath University. Sciences Series, 2022. 44.(17)

7. Uddin MG, Nash S, Olbert AI. *A review study of water quality index models and their use for assessing surface water quality*. Ecological Indicators. 2020.

8. Cude CG. *Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness* 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association. 2001 Feb;37(1):125-37.

9. Bergquist G, Pable AM, Jerrigan J. *Strategic Assessment of Florida's Environment*: *SAFE*. Tallahassee: Florida Center for Public Management, Florida State University. 1994.

10. BRIAN O, PG B. *Environmental Consultants Inc. the Water Quality Index.* Monitoring the Quality of Surface water. 2014;15.

11. Hurley T, Sadiq R, Mazumder A. *Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality*. Water research. 2012 Jul 1;46(11):3544-52.

12. Bakan G, Özkoç HB, Tülek S, Cüce1T H. *Integrated environmental quality assessment of the Kızılırmak River and its coastal environment*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2010 Dec 1;10(4). 453-462

13. Majbour,A., A. Awad, and H. Jnad, *Assessment of Water Quality Index of Ballouran Lake for Drinking Purposes*. Tishreen University Journal. Engineering Sciences Series,2011. 33. (5)

14. Jafar, R., *Application of the Water Quality Index (NSFWQI) on the Al-Sain Lake*.Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2016. 38. (4).

15. Iranian Environmental Protection Agency, *Guidelines for Water Quality Indexes, Tehran,Iran*.2014.

16. Organization, W.H., *Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition*. 2017.