



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية الزراعة

تقييم تلوث نهر سارية (خريسان) ببعض

العناصر الثقيلة

رسالة مقدمة

إلى مجلس كلية الزراعة في جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية

(علوم التربة والموارد المائية)

من قبل الطالبة

ميس طه حميد

بإشراف

أ.م.د. أسود حمود أسود

2024 م

1445 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَءَايَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴾

﴿ ٣٣ ﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِّنْ نَّخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾

﴿ ٣٥ ﴾ لِيَأْكُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ أَفَلَا يَشْكُرُونَ ﴿٣٥﴾

صدق الله العظيم

سورة يسر الآيات 33 - 35

بسم الله الرحمن الرحيم

إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة قد جرى بإشرافي في قسم علوم التربة والموارد المائية في كلية الزراعة/ جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية (علوم التربة والموارد المائية).

المشرف

أ.م.د. أسود حمود أسود

أستاذ مساعد

كلية الزراعة - جامعة ديالى

بناء على الشروط والتوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة .

الأستاذ الدكتور

فارس محمد سهيل

رئيس لجنة الدراسات العليا

قسم علوم التربة والموارد المائية

كلية الزراعة / جامعة ديالى

مصادقة مجلس الكلية

اجتمع مجلس كلية الزراعة - جامعة ديالى بجلسته (الرابعة) المنعقدة في 8/11/2023 وقرر المصادقة على استكمال متطلبات هذه الرسالة الموسومة (تقييم تلوث نهر سارية (خريسان) ببعض العناصر الثقيلة) وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في العلوم الزراعية - علوم التربة والموارد المائية

الأسم : حسن هادي مصطفى

اللقب العلمي : استاذ مساعد

عميد الكلية (رئيس مجلس الكلية)

الاهداء

الى الله عز وجل

الى من بلغ الرسالة وأدى الامانة... ونصح الامة وكشف الغمة... الى نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا وشفيعنا محمد (صلى الله عليه واله وسلم) الى إله بيت النبوة ومنبع الرسالة أهل البيت عليهم الصلاة والسلام...

إلى وطني الحبيب وشهدائنا الأبرار...

إلى روح فقيدتي الطاهرة التي لطالما تمنيت حضورها معي في حزني وفرحي... لكن قدر الله وماشاء فعل ((أمي الحبيبه)) رحمك الله

الى من كلله الله بالهيبة والوقار... الى من علمني العطاء دون انتظار... الى من احمل اسمه بكل افتخار (والدي العزيز ا طال الله عمره)

الى من هم عزوتي وسندي في الحياة... الى من اشد بهم أزرى بعد الله... ((أخوتي

وأخواتي)) الى الشموع التي أضاءت دربي... ولا تحلو الحياة الا بهم ومعهم زملائي

وزميلاتي

الى مشرفي الفاضل.. الذي علمني الكثير من بحر علمه وافكاره . الدكتور أسود حمود

أسود...

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

وعلى الله قصد السبيل... انه نعم المولى ونعم النصير

شكر وامتنان

الْحَمْدُ لِلَّهِ عَلَى مَا أُنِعَ، وَلِلَّهِ الشُّكْرُ عَلَى مَا أُلْهِمَ، وَالثَّنَاءُ بِمَا قَدَّمَ، مِنْ عَمومِ
نِعْمِ ابْتِدَائِهَا، وَسَبُوحِ آلاءِ أَسْدَائِهَا، جَمَّ عَنِ الإِحْصَاءِ عَدْدُهَا، وَتَفَاوَتِ عَنِ
الإِدْرَاكِ أَبْدَائِهَا.

ولا يتم الكلام الا بالصلاة والسلام على معلمنا الاول محمد واله وصحبه
الكرام ، حبا و عرفانا وتقربا بهم الى الله، فاطمة وابوها وبعثها وبنوها خير
الأنام .

إن الاحلام لا تتحقق لمن ينام وانما لمن هجر المنام .

وها هو حلمي اصبح حقيقة بفضل الله ومن كان لهم الفضل واخصهم بالشكر
والعرفان والكثير من الحب والامتنان :

- الأخ والدكتور أسود حمود أسود لقبوله الإشراف على رسالتي ولمتابعته
الحنيفة وابدائه التوجيهات العملية السديدة.

- عمادة كلية الزراعة وبالاخص الى رئاسة قسم علوم التربة والموارد المائية
والكادر التدريسي لمساعدتهم طيلة فترة الدراسة.

- مديرية البيئة في محافظة ديالى وعلى رأسهم الأستاذ حارث ، والكادر في
مختبر الكيمياء لمساعدتهم في إجراء بعض التحليلات الخاصة بالرسالة.

- دائرة مدينة الطب ، في قسم الإستعلام والتسمم وعلى رأسهم الأستاذ أحمد
حيدر لمساعدته في إنجاز التحاليل المختبرية الخاصة بالرسالة .

- اعضاء لجنة المناقشة لقبولهم مناقشة رسالتي وعلى رأسهم رئيس اللجنة
((الأستاذ الدكتور فارس محمد سهيل ، وأعضاء اللجنة كل من : الأستاذ

الدكتور أحمد نجم عبد ، والأستاذ المساعد باسم شاكر عبيد ، ومشرفي

الأستاذ المساعد الدكتور أسود حمود أسود.))

- و الأستاذ الدكتور وليد شيت العبد ربه ، والدكتور عبد المطلب رفعت لما كان لهم الفضل في مساعدتي في أنجاز مهام هذه الرسالة .
- زملائي وزميلاتي في الدراسات العليا وكل من مدَّ يد العون وأخص بالذكر منهم (أديس غالب ، عوف عبد الرحمن ، بكر عبد الرزاق ، يوسف علاء ، علي عادل ، سري زهير))
- رفيقات دربي ومصدر قوتي لما كان لهم الفضل في الدعم المعنوي : ((نورة بندر ، مريم كريم ،))
- ولا أنسى أن أشكر هدية الله التي أرسلها لمساعدتي في ضل الصعوبات التي كنت أمر بها (أسراء باسم الحديثي) أسئل الله عز وجل أن يوفقك دائماً .
- واشكر نفسي على صبرها وتحملها وسهرها وقوتها وصمودها لإنجاز هذه المهمة .
- وأخيراً أتقدم بخالص شكري واحترامي إلى كل من حضر فضله وغاب ذكره .

(الباحثة ميسر طه)

المستخلص

أجريت دراسة ميدانية لتقييم حالة تلوث مياه نهر سارية على مدار سنة كاملة ، وتحديد مدى جودة مياهه للأغراض المدنية والزراعية ومدى تلوثه بالعناصر الثقيلة. طبق العديد من الموديلات والمؤشرات لتصنيف نوعية المياه ولتحديد مدى صلاحيتها للاستخدامات المختلفة منها (IWQG ، IWQ ، HPI ، MI). وذلك من خلال أخذ عدة نماذج مائية لخمس محطات على طول مجرى النهر، ابتداء من محطة الضخ (الجلالي) الى نهاية مجرى النهر في ناحية (بهرز)، بواقع اربعة مكررات لكل محطة خلال الفصول الأربعة، تم اجراء لعرض التحاليل الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية الخاصة بالمياه وفق الطرق المعتمدة للتحليل وأظهرت النتائج ما ياتي:

تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة في عينات مياه المدروسة وقعت ضمن الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO،2017)، والمواصفات القياسية العراقية (IQS،2009)، باستثناء أيون الكالسيوم خلال الفصول الشتاء والربيع والصيف فقد تجاوزت الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير (WHO،2017)، كما سجل المعدل السنوي لتراكيز الأيونات الموجبة (82.7 و 28 و 100 و 4.13) ملغم لتر⁻¹ للكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم على التوالي، بينما سجل المعدل السنوي لتراكيز الأيونات السالبة (131.58 و 277.65 و 150.69 و 0.254 و 0.558) ملغم لتر⁻¹ للكلور والكبريت والبيكربونات والفوسفات والنترات بالترتيب .

أظهرت نتائج الصفات الكيميائية والفيزيائية للعينات المدروسة أنها وقعت ضمن الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية، وسجلت بمعدل السنوي 7.77 و 1979.28 مايكروسيمنزو سم⁻¹ 324.51 ملغم لتر⁻¹ و 78.42 النيفلوميتر لكل من pH و EC و TH و Turp بالترتيب ، أما الصفات البايولوجية فقد تجاوزت الحدود المسموح بها للمواصفات القياسية العراقية للمعدل السنوي لكل من لقيم BOD و COD و 5.21 و 10.65 بالترتيب.

بينت النتائج زيادة تراكيز العناصر الثقيلة في عينات مياه النهر، وبلغ المعدل السنوي لتراكيز كل من الرصاص والكاديوم والنحاس والزنك واليورون والنيكل (0.1184 و 0.00475 و 0.7319 و 0.744 و 0.408 و 0.000072) ملغم لتر⁻¹ بالترتيب .

صنفت جودة مياه النهر لأغراض الري عند تطبيق برنامج دليل جودة مياه الري (IWQG) ، وكانت نتائج التصيف هي (قيود منخفضة ، قيود متوسطة ، قيود منخفضة ، قيود منخفضة) لكل من لفصول الخريف ،الشتاء ،الربيع ،الصيف على التوالي ، ومما يؤهلها أن تكون صالحة لري معظم النباتات باستثناء النباتات الحساسة للملوحة .

صنفت جودة مياه نهر سارية لأغراض الشرب وفق الموديل الكندي (WQI) ، وكانت حالة جودة المياه لكل فصل (مقبول ،مقبول ، مقبول ، مشكوك فيه) لفصل الخريف والشتاء والربيع والصيف بالترتيب .

كشفت الدراسة مدى تلوث مياه النهر بالعناصر الثقيلة وقد تصل الى درجة الخطورة من خلال اعتماد مؤشر تقييم العناصر الثقيلة (HPI) ، اذ بلغ المعدل الفصلي لقيم مؤشر HPI (562.45 , 599.80 , 438.10 , 770.12) خلال فصل (الخريف والشتاء والربيع والصيف) بالترتيب لأغراض الشرب وفق حدود منظمة الصحة العالمية WHO أما لأغراض الشرب صنفت حالة المياه ضمن فئة (عالية التلوث) للفصول جميعها وذلك لتجاوزه الحد الحرج (100) ، كما اعتمد مؤشر (MI) وبلغ المعدل الفصلي للمؤشر (24.38، 22.58، 19.17 ، 27.27) خلال فصل الخريف والشتاء والربيع والصيف بالترتيب لأغراض الشرب وفق حدود منظمة الصحة العالمية WHO، أذ صنفت حالة المياه ضمن فئة (متأثر بشكل خطير) لكل فصول السنة وذلك لتجاوزه الحد المسموح به (6) ، واما لأغراض الري فقد بلغ المعدل الفصلي لقيم مؤشر HPI (85.27 ، 103.64 ، 70.36 ، 60.13) خلال فصل (الخريف والشتاء والربيع والصيف) بالترتيب وصنفت حالة المياه ضمن فئة (عالي) لجميع الفصول ،وأما قيم مؤشر التلوث المعدني MI لأغراض الري فقد بلغت (5.40، 7.40، 5.83 ، 5.42) خلال فصل (الخريف والشتاء والربيع والصيف) بالتتابع وصنفت حالة المياه لجميع الفصول (متأثر بشدة) باستثناء فصل الشتاء كانت ضمن فئة(متأثر بشكل خطير).

قائمة المحتويات

| 1 | المقدمة | 1 |
|----|-----------------------------------------|-----------|
| 3 | مراجعة مصادر | 2 |
| 3 | تعريف المياه السطحية | 1-2 |
| 3 | مياه النهر | 1-1-2 |
| 3 | تلوث المياه | 2-2 |
| 4 | تلوث مياه الانهر في العراق | 1-2-2 |
| 4 | نهر سارية | 2-2-2 |
| 4 | الدراسات السابقة لتلوث مياه نهر سارية | 3-2-2 |
| 5 | التركيب الكيميائي للمياه | 3-2 |
| 6 | العناصر الثقيلة | 1-3-2 |
| 7 | النحاس Cu | 1-1-3-2 |
| 7 | المنغنيز Mn | 2-1-3-2 |
| 7 | الزنك Zn | 3-1-3-2 |
| 8 | الرصاص pb | 4-1-3-2 |
| 8 | الكاديوم Cd | 5-1-3-2 |
| 9 | النيكل Ni | 6-1-3-2 |
| 9 | الكروم Cr | 7-1-3-2 |
| 10 | الأيونات الرئيسية في الماء | 2-3-2 |
| 10 | الأيونات الموجبة | 1-2-3-2 |
| 10 | الصوديوم Na | 1-1-2-3-2 |
| 11 | البوتاسيوم K | 2-1-2-3-2 |
| 11 | الكالسيوم Ca^{2+} | 3-1-2-3-2 |
| 12 | المغنسيوم Mg^{2+} | 4-1-2-3-2 |
| 12 | الأيونات السالبة | 2-2-3-2 |
| 12 | الكلوريد Cl^- | 1-2-2-3-2 |
| 13 | الكبريتات SO_4 | 2-2-2-3-2 |
| 13 | البيكاربونات والكاربونات CO_3 HCO_3 | 4-2-1-3-2 |
| 14 | المغذيات | 3-2-3-2 |
| 14 | النترات NO_3 | 1-3-2-3-2 |
| 15 | الفسفور PO_4 | 2-3-2-3-2 |
| 15 | الصفات الكيميائية | 4-2 |
| 15 | الأس الهيدروجيني | 1-4-2 |
| 16 | الأيصالية الكهربائية | 2-4-2 |
| 16 | المواد الصلبة الذائبة الكلية | 3-4-2 |
| 16 | الصفات الفيزيائية | 5-2 |
| 16 | العسرة الكلية | 1-5-2 |
| 16 | العكارة | 2-5-2 |

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------|----------|
| 17 | درجة الحرارة | 3-5-2 |
| 17 | الصفات البايولوجية | 6-2 |
| 18 | تطوير معايير مؤشرات نوعية المياه | 7-2 |
| 18 | مؤشرات تقييم نوعية المياه بالعناصر الثقيلة | 8-2 |
| 18 | مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة HPI | 1-8-2 |
| 19 | مؤشر التلوث المعدني MI | 2-8-2 |
| 19 | مؤشر تصنيف المياه | 3-8-2 |
| 20 | مؤشر جودة المياه للأغراض الزراعية IWQG | 4-8-2 |
| 21 | الموديل الكندي WQI | 5-8-2 |
| 22 | المواد وطرائق العمل | 3 |
| 22 | نهر سارية | 1-3 |
| 22 | مواقع اخذ النماذج | 2-3 |
| 22 | العمل الميداني | 3-3 |
| 23 | التحاليل الحقلية | 4-3 |
| 23 | درجة الحرارة (T) Temperature | 1-4-3 |
| 23 | الاس الهيدروجيني PH | 2-4-3 |
| 24 | الايصالية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity | 3-4-3 |
| 24 | المواد الصلبة الذائبة الكلية (T.D.S) | 4-4-3 |
| 24 | التحاليل المختبرية | 5-3 |
| 24 | العكورة Turbidity | 1-5-3 |
| 24 | العسرة الكلية (T.H) Total Hardness | 2-5-3 |
| 24 | تقدير الايونات الذائبة | 6-3 |
| 24 | الكالسيوم والمغنسيوم الذائبان | 1-6-3 |
| 24 | الصوديوم والبوتاسيوم | 2-6-3 |
| 25 | الايونات السالبة | 7-3 |
| 25 | النترات | 1-7-3 |
| 25 | البيكاربونات | 2-7-3 |
| 25 | الكبريتات | 3-7-3 |
| 25 | الكلورايد | 4-7-3 |
| 25 | الفوسفات | 5-7-3 |
| 25 | التحاليل البايولوجية | 8-3 |
| 25 | الطلب على الاوكسجين البيوكيميائي (BOD ₅) | 1-8-3 |
| 26 | الطلب على الاوكسجين الكيميائي | 2-8-3 |
| 26 | العمل المكتبي | 9-3 |
| 26 | مؤشر جودة المياه للأغراض الزراعية | 1-9-3 |
| 30 | دليل نوعية المياه CWQI | 2-9-3 |
| 32 | مؤشرات تقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة | 3-9-3 |
| 32 | مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) | 1-3-9-3 |
| 33 | مؤشر التلوث المعدني (MI) | 2-3-9-3 |

| النتائج والمناقشة | | |
|-------------------|---------------------------------------------------|---------|
| 35 | النتائج والمناقشة | 4 |
| 35 | العناصر الثقيلة | 1-4 |
| 35 | النيكل Ni | 1-1-4 |
| 35 | الكاديوم | 2-1-4 |
| 37 | الرصاص | 3-1-4 |
| 38 | النحاس | 4-1-4 |
| 38 | الزنك | 5-1-4 |
| 39 | الكروم | 6-1-4 |
| 40 | المنغنيز | 7-1-4 |
| 40 | البورون | 8-1-4 |
| 41 | الأيونات الموجبة والسالبة | 2-4 |
| 41 | الأيونات الموجبة | 1-2-4 |
| 41 | الكالسيوم | 1-1-2-4 |
| 43 | المغنسيوم | 2-1-2-4 |
| 44 | الصوديوم | 3-1-2-4 |
| 45 | البوتاسيوم | 4-1-2-4 |
| 46 | الايونات السالبة | 2-2-4 |
| 46 | الكلورايد | 1-2-2-4 |
| 47 | الكبريتات | 2-2-2-4 |
| 48 | البيكاربونات | 3-2-2-4 |
| 49 | المغذيات | 3-2-4 |
| 49 | النترات | 1-3-2-4 |
| 50 | الفوسفات | 2-3-2-4 |
| 51 | التوازن الأيوني | 3-4 |
| 51 | التحليل الكيميائية | 4-4 |
| 51 | الأس الهيدروجيني pH | 1-4-4 |
| 53 | الايصالية الكهربائية EC | 2-4-4 |
| 54 | المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS | 3-4-4 |
| 55 | التحليل الفيزيائية | 5-4 |
| 55 | العسرة الكلية (TH) | 1-5-4 |
| 57 | العكارة (Turp) | 2-5-4 |
| 58 | درجة الحرارة (T) | 3-5-4 |
| 58 | التحليل البايولوجية | 6-4 |
| 59 | الطلب على الأوكسجين البيولوجي (BOD ₅) | 1-6-4 |
| 61 | الطلب على الأوكسجين الكيميائي (COD) | 2-6-4 |
| 62 | مؤشرات جودة مياه الري | 7-4 |
| 62 | النسبة المئوية للصوديوم (Na%) | 1-7-4 |
| 64 | نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) | 2-7-4 |

| | | |
|------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|
| 65 | نسبة أمتزاز الصوديوم المعدل (Adj.SAR) | 3 - 7 -4 |
| 66 | مؤشر الملوحة الكامنة (PS) | 4 - 7 -4 |
| 66 | خطورة المغنسيوم (MH) | 5 - 7 -4 |
| 67 | مؤشر النفاذية (PI) | 6 - 7 -4 |
| 67 | مؤشر كلي (KR) | 7 - 7 -4 |
| 68 | نسبة الصوديوم الذائب (SSP) | 8 - 7 -4 |
| 69 | كاربونات الصوديوم المتبقية (RSC) | 9 - 7 -4 |
| 70 | مخاطر الملوحة (EC و TDC) | 10 - 7 -4 |
| 72 | مؤشرات تصنيف نوعية المياه | 8 -4 |
| 72 | مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة | 1-8-4 |
| 72 | مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) | 1 - 1 -8 -4 |
| 74 | مؤشر التلوث المعدني (MI) | 2-1-8-4 |
| 76 | تقييم مؤشر تصنيف جودة المياه للأغراض الزراعية (IWQG) | 2-8-4 |
| 78 | المؤشر الكندي لتصنيف المياه لأغراض الشرب (WQI) | 3-8-4 |
| 80 | صلاحية استخدام المياه لأغراض البناء | 4-8-4 |
| 80 | صلاحية استخدام المياه لأغراض الصناعات الغذائية | 5-8-4 |
| 81 | صلاحية استخدام المياه للحيوانات (الماشية، الدواجن) | 6-8-4 |
| الاستنتاجات والتوصيات | | |
| 83 | الاستنتاجات | 1- 5 |
| 83 | التوصيات | 2-5 |
| 84 | المصادر | 6 |
| 84 | المصادر العربية | 1-6 |
| 86 | المصادر الاجنبية | 2-6 |

قائمة الجداول

| رقم الصفحة | قائمة الجداول | التسلسل |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6 | المديات المثالية لعناصر الثقيلة في المياه العذبة | 1 |
| 22 | الاحداثيات الجغرافية للعينات المياه | 2 |
| 23 | جمعت عينات المياه | 3 |
| 26 | المديات الطبيعية للبارمترات الكيميائية الى مياه الري (Wilcox، 1955) | 4 |
| 27 | يبين مؤشرات جودة مياه الري (Wilcox، 1955) | 5 |
| 27 | يوضح قيم المؤشرات الفرعية (Qi) واوزنها (Wi) لحساب مؤشر جودة مياه الري (Meireles وآخرون، 2010) | 6 |
| 28 | يبين خصائص جودة المياه للري (Ayers و Westcot، 1985) | 7 |
| 29 | يبين لنا اوزان (IWQI) للمعاملات | 8 |
| 29 | يبين فئات وخصائص قيم (IWQG). | 9 |
| 31 | تصنيف المياه اعتمادا على المؤشر الكندي WQI حسب (Lumb وآخرون، 2006) | 10 |
| 33 | يوضح تصنيف قيم HPI حسب (Tiwaitر وآخرون، 2015) | 11 |

| | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 34 | تم تصنيف قيم MI الى ست فئات | 12 |
| 36 | تراكيز العناصر الثقيلة خلال الفصول لنهر سارية | 13 |
| 42 | تركيز الأيونات الموجبة والسالبة لمياه نهر سارية | 14 |
| 52 | بعض الصفات الكيميائية خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية | 15 |
| 53 | تصنيف المياه حسب قيمة الاس الهيدروجيني بواسطة (Komatina 2004, | 16 |
| 54 | العلاقة بين الايصالية الكهربائية والتمعدن حسب تصنيف (Detay 1997،) | 17 |
| 55 | تصنيف فئة المياه السطحية على أساس تركيز المواد الصلبة الذائبة او الاملاح الذائبة الكلية وفقا (Todd، 2007 | 18 |
| 56 | يوضح بعض التحاليل الفيزيائية لنهر سارية خلال فصول الدراسة | 19 |
| 57 | تصنيف عسرة المياه السطحية وفقا (Bag iey واخرون ، 1997) و (Speiimen, 2013) | 20 |
| 58 | تصنيف درجة حرارة المياه السطحية وفق (Komation، 2004) | 21 |
| 60 | يوضح بعض الصفات البايولوجية خلال الفصول لمياه نهر سارية | 22 |
| 61 | تصنيف المياه اعتمادا على قيم (BOD ₅) وفق تصنيف (Pandey و آخرون، 2005) | 23 |
| 63 | بعض مؤشرات جودة المياه لأغراض الري لمياه نهر سارية | 24 |
| 64 | لتصنيف مياه الري بناء على قيم النسبة المئوية للصدويم وفق تصنيف (1995Don ,) | 25 |
| 65 | تصنيف مياه الري اعتمادا على قيم SAR وفقا لتصنيف Subramain واخرون، 2005) | 26 |
| 66 | تصنيف مياه الري اعتمادا على نسبة امتزاز الصوديوم المعدل (Adj.SAR لتصنيف (1994Ayers and Westcot) | 27 |
| 67 | تصنيف مياه الري اعتمادا على قيم مؤشر النفاذية لتصنيف (Nagaraju واخرون 2006). | 28 |
| 68 | يوضح تصنيف المياه للاستخدام الأغراض الري اعتمادا على مؤشر كيلي ووفقا لتصنيف (kelley، 1963) | 29 |
| 69 | يوضح تصنيف نسبة الصوديوم الذائب الاستخدام المياه الأغراض الري وفقا (1995Tood ,) | 30 |
| 70 | يوضح تصنيف المياه الاستخدام الأغراض الري اعتمادا على نسبة الكاربونات المتبقية RSC وفقا لتصنيف (2000Turgeon) | 31 |
| 71 | يوضح تصنيف المياه الأغراض الري اعتمادا على قيم الايصالية الكهربائية وفقا لتصنيف (2000Turgeon,) | 32 |
| 73 | قيم مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) خلال الفصول في نهر سارية لأغراض الشرب | 33 |
| 74 | قيم مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) خلال الفصول في نهر سارية لأغراض الري | 34 |
| 75 | يوضح قيم (MI) حسب (WHO) خلال الفصول في نهر سارية | 35 |
| 76 | يوضح قيم (MI) حسب (FAO) خلال الفصول في نهر سارية | 36 |

| | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 77 | يوضح قيم مؤشر (IWQG) ونوع القيود خلال لفصول لنهر سارية | 37 |
| 79 | يوضح قيم مؤشر (WQI) ونوع الحالة لأغراض الشرب خلال | 38 |
| 80 | تصنيف استخدام المياه لأغراض البناء وفق تصنيف (Altoviski، (1962) | 39 |
| 81 | الحدود المسموح بها للصناعات الغذائية لبعض الصفات مع المعدل الفصلي لكل فصل) | 40 |
| 81 | معايير الحدود المسموح بها الاستخدام المياه لغرض الشرب للماشية من قبل (Shuval واخرون ، 1988) | 41 |
| 82 | دليل جودة استخدام المياه للشرب الماشية والدواجن اعتمادا على قيم (EC) وفق تصنيف (Ayers and Westcot، 1989) | 42 |

قائمة الملاحق

| رقم الصفحة | تحت الملاحق | التسلسل |
|------------|----------------------------------------------------------|---------|
| 102 | صور توضح موقع اخذ النماذج من محطة الجلاي خلال الفصول | 1 |
| 103 | صور توضح موقع اخذ النماذج من محطة عبد الحميد خلال الفصول | 2 |
| 104 | صور توضح موقع اخذ النماذج من محطة العبارة خلال الفصول | 3 |
| 105 | صور توضح موقع اخذ النماذج من محطة بعقوبة خلال الفصول | 4 |
| 106 | صور توضح موقع اخذ النماذج من محطة بهرز خلال الفصول | 5 |
| 107 | صور توضح بعض التحاليل المختبرية | 6 |

1- المقدمة INTRODUCTION

يعد الماء من أهم الموارد المائية الطبيعية لأستمرار الحياة على كوكب الأرض، وخاصة الماء العذب الذي يعد عنصراً أساسياً وضرورياً لاستدامة الحياة. و امتاز العراق بوجود مسطحات مائية في مناطق مختلفة تمتد من الشمال إلى الجنوب، وتشكل حوالي 5% من مساحة البلد. تتضمن هذه المسطحات المائية الأنهار ومجاريها والخزانات والبحيرات والأهوار.

أن جودة المياه لا تقتصر على توافرها فقط، بل تعتمد أيضاً على مدى صلاحيتها لمختلف الاستخدامات المختلفة مثل الشرب والزراعة والاستخدامات المنزلية الأخرى. وتتأثر جودة المياه بالعوامل البيئية ومصادر التلوث، لذلك يجب الحفاظ على جودة المياه ومنع تلوثها لضمان استدامة استخدامها في الأغراض المختلفة، جودة مياه المسطحات المائية تتفاوت بناءً على الموقع الجغرافي والعوامل البيئية ومصادر التلوث. لذلك، من الضروري الحفاظ على هذه الموارد المائية ومعالجة مشاكل التلوث المائي التي ازدادت في الآونة الأخيرة نتيجة الإهمال وعدم صيانة الموارد المائية، فضلاً عن التوسع الحضاري وزيادة عدد السكان الذي شهده العراق، والتطور الصناعي والزراعي).

تعد مشكلة التلوث المائي واحدة من أهم مشاكل التلوث البيئي، وتتضمن عدة مفاهيم لتفسيرها، بما في ذلك تدهور جودة المياه مما يؤدي إلى اختلال في نظامها البيئي وتقليل قدرتها على أداء وظيفتها الطبيعية وجعلها غير صالحة للاستخدام. وهذا التلوث يمكن أن يكون نتيجة للعوامل البشرية مثل الصناعة والزراعة والنفايات المنزلية، وقد يكون أيضاً نتيجة للعوامل الطبيعية مثل التجوية الجيولوجية والنشاط البركاني.

التلوث المائي يمكن أن يكون على نوعين : التلوث الطبيعي والتلوث الكيميائي. النوع الأول التلوث الطبيعي يؤدي إلى تغير خصائص الماء الطبيعية، مثل زيادة الملوحة، تغير درجة حرارة الماء، او زيادة المواد العالقة في الماء والتي تشكل خطراً كبيراً على الصحة عند استخدامها، كما يمكن أن تتسبب في اكتساب الماء رائحة غير مقبولة أو تغير في طعمه أو لونه، والنوع الثاني التلوث الكيميائي هو نوع من التلوث يتسبب في تراكم أو انحلال العناصر الثقيلة السامة في الماء. تعتبر العناصر الثقيلة من الملوثات الشائعة في البيئة بسبب ثباتها وسميتها، وصعوبة تحللها بسهولة في البيئة، لذلك أصبحت مشكلة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة في الوقت الراهن واحدة من أهم المشاكل المهمة في جميع انحاء العالم وان مصادر العناصر الثقيلة في البيئة المائية هي اما مصادر طبيعية

او مصادر بشرية، لذلك من الضروري وضع استراتيجيات فعالة لإدارة وحماية جودة الموارد المائية، وذلك للتصدي لتلوث المعادن الثقيلة والتأثير السلبي الذي يمكن أن يحدثه على الصحة العامة والبيئة. هذه الاستراتيجيات تهدف إلى الحفاظ على جودة المياه وتقييم التلوث بواسطة مؤشرات مثل مؤشر التلوث المعدني ومؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة، فضلا الى وضع العديد من الموديلات والمؤشرات لتقييم جودة المياه، وتعتبر هذه الأدوات الفعالة في تحويل البيانات الكبيرة والمعقدة إلى بيانات مبسطة واضحة و دقيقة. تستخدم هذه الموديلات والمؤشرات لتحديد مدى جودة المياه من خلال تحويل المتغيرات المتعددة إلى قيمة واحدة تصنف جودة المياه.

لذا هدفت الدراسة إلى :

- 1- تقييم تلوث مياه نهر خريسان (سارية) بالعناصر الثقيلة باستخدام مؤشرات التلوث مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) ومؤشر التلوث المعدني (MI) .
- 2- تقييم جودة مياه نهر خريسان (سارية) وتأثره بالامدادات التعزيزية من نهر دجلة ونهر ديالى ومدى صلاحيته لأغراض الزراعة باستخدام مؤشر (IWQG)، ومدى صلاحيته لأغراض الشرب باستخدام الموديل الكندي (WQI) .

REVIEW OF LITERATURE -2- مراجعة المصادر

1-2 المياه السطحية

تتضمن المياه السطحية جميع مصادر المياه التي تغطي سطح الأرض من (جداول، وسواحل ، وقنوات ، وخراندق، وبرك ، وبحيرات ، ومستنقعات ، وبحار) والأراضي رطبة فضلاً عن الجليد والثلوج ، وتتغذى هذه المياه إما من الجريان الداخلي في باطن الأرض وكذلك الجريان السطحي فوق الأرض من المرتفعات وتساقط الأمطار (Frasson وآخرون، 2017).

1-1-2 مياه النهر

عرف Liu وآخرون (2023) النهر بأنه عبارة عن قناة تجري فيها مياه متدفقة، نتيجة ذوبان الثلوج أو ينابيع من باطن الأرض أو مياه الأمطار ، تتحرك هذه المياه فوق منحدر سطحي من مناطقها لعليا والتي تعتبر منبع النهر لتنتهي في مناطق مصبه سواء كانت محيطات أو بحار أو بحيرات .

2-2 تلوث المياه

يعد تلوث المياه أحد مقاييس التلوث البيئي ، وإنَّ زيادة أحد عناصر مكوناته يؤدي إلى اختلال في حالة توازنه وصفاته ، كما يفقده صلاحيته للاستهلاك البشري والحيواني والزراعي والاستعمالات الأخرى (Al-Taai، 2021) .

لذلك أولى الكثير من العلماء والباحثين اهتمامهم لموضوع تلوث المياه لسببين رئيسيين (Kilic ، 2021) :

- 1- لأهميته الضرورية ، فهو يدخل في جميع العمليات (البيولوجية والصناعية) ولا يستطيع اي كائن حي ان يعيش بدون الماء .
- 2- يعتبر الماء الشاغر الرئيس للغلاف الجوي وبمساحة تقدر 70.80% ، كما انه يمثل ما يقارب 60-70% من جسم الإنسان و 30% من باقي أجسام الأحياء الأخرى ، لذلك فإنَّ تلوث هذا المصدر الرئيس سيحدث ضرراً جسيماً في النظام البيئي للكائنات الحية ، فضلاً انه يحدث خللاً في التوازن البيئي و ما فائدة هذا التوازن اذا افسد أهم أحد مكونات هذا النظام .

2-2-1 تلوث مياه الأنهار في العراق

أشارت الدراسات البيئية إلى أن ظاهرة تلوث الأنهار هي ظاهرة حديثة العهد ، وقد بدأت بالتفاقم خلال العقود الثلاثة الأخيرة ، لذلك تناولت الدراسة الحديثة هذه الظاهرة من عدة جوانب أولاً الجانب الحضري ويعد من أخطر وأكثر مصادر تلوث المياه ، نتيجة لمرور أغلب مياه الأنهار بالتجمعات السكنية وما يرمى فيها من فضلات المدن، ثانياً الجانب الصناعي مثل صناعة الجلود ، ومحطات توليد الطاقة ، وثالثاً الجانب الجيولوجي الذي يعد أقل مخاطر تلوث المياه نتيجة في تأثير تركيبها مياه الأنهار بتركيبية الصخور للمناطق التي تمر بها الأنهار والمدة الزمنية التي تبقى ملامسة لهذه الصخور (الشجيري، 2021 و Rasheed وآخرون، 2022) . .

2-2-2 نهر سارية

يعتبر جدول سارية المسبب الرئيس في نشوء التجمعات البشرية الموجودة على ضفتي الجدول ، والمصدر المائي الوحيد لتجهيز مدينة بعقوبة بمياه الشرب ، فضلاً عن أنه يعد المصدر المائي الثاني لمحافظة ديالى بعد نهر ديالى ، لكونه المجهز لمياه الري للمزروعات والبساتين (الكرخي ، 2010). ويتفرع جدول سارية من الضفة اليسرى لنهر ديالى والذي يبدأ بالجريان من بحيرة حميرين ويبلغ طوله الكلي (59.5) كم

2-2-3 الدراسات السابقة لتلوث مياه نهر سارية

أغلب الدراسات التي تناولت ظاهرة التلوث المائي لم تتناول سوى بعض حالاته وعلى نطاق ضيق ومحدود ، ولاسيما أن هذه الدراسات السابقة قد تتغير بياناتها ومحتواها مع الزمن لكونها مرتبطة بمتغيرات يتحكم بها الانسان كعامل رئيس نتيجة استخداماتها اليومية، سواء كانت مكانية (جغرافية) أو تخطيطية أو هندسية أو علمية (فيزيائية وكيميائية وبيولوجية) (الصفاوي ، 2018) (Rasheed وآخرون ، 2022) ان الدراسات الحديثة التي تناولت نهر سارية كانت قليلة .

ففي دراسة سابقة والتي تعد الأولى من نوعها قام بها كاظم (2008) لدراسة خمس مناطق لمحافظة ديالى منها منطقتان تقع على نهر سارية جمعت عينات المياه فيها خلال الفترة من تشرين الثاني 2003 لغاية كانون الثاني 2008 ودرس فيها بيان تأثيرالعوامل الكيميائية والفيزيائية للنظام البيئي ، وكيفية المحافظة على الموارد المائية من التلوث ، ووجد خلال فترة دراسته لمياه نهر سارية أن مدى قيم الاس الهيدروجين (pH) تراوحت ما بين (7.5-8.2)، وقيم الايصالية الكهربائية Ec تراوحت من (660 الى 890) مايكرو سمنزسم¹ أما محتواها من الاملاح الذائبة الكلية TDS كانت بحدود 169-

518 ملغم لتر⁻¹، وتركيز الاوكسجين المذاب Dissolved Oxygen (DO) من 9 الى 12.8 ملغم لتر⁻¹ أما تركيز الكلورايد فكانت أقل قيمة 161 وأعلى قيمه 55 ملغم لتر⁻¹ .

كما ذكرت (الكرخي ، 2010) في دراستها لنهر سارية ، وتعتبر هذه الدراسة الثانية والاخيرة قبل هذه الدراسة تناولت فيها الواقع البيئي لتلوث نهر سارية مؤكدة أنّ المصادر الرئيسية لتلوث نهر سارية هي الأنشطة المدنية (الصرف الصحي ، والممارسات الزراعية السيئة ، والاستخدامات الصناعية الخاطئة) ، ولأجل دراسة مستوى تلوث المياه لنهر سارية قسم مجرى النهر (منطقة الدراسة) الى خمسة مواقع (قرية العواشق ،وعبد الحميد ، وخرنابات ، وبعقوبة ، وبهرز) وعند مقارنة نتائج التحليل مع المعايير والحدود المسموح بها الخاصة بتلوث المياه المحلية(المواصفات العراقية الخاصة ،1996، ومنظمة الصحة العالمية: (WHO,2001) أظهرت نتائج التحاليل المختبرية أنّ الموقع (الأول والثاني) كانت تراكيز العناصر فيها ضمن المعايير والحدود المسموح بها من الزئبق ، أما بقية المواقع فقد كانت خارج المعايير والحدود ، المتمثلة بالموقع (الثالث والرابع والخامس) وعزت السبب الصرف الصحي فضلاً آلاف من الأطنان الملقاة على مجرى النهر وتجاوز بعض السكان على مجرى النهر .أما عن تقييم مدى صلاحية مياه النهر للاستعمالات المختلفة (الاستهلاك البشري ، والصناعات الغذائية ، والزراعي)،واما الاستعمالات الصناعية (الغذائية) وجدت أن المواقع جميعها لا تصلح للاستعمال للصناعات الغذائية باستثناء الموقع الاول يصلح ،و أما بالنسبة للاستعمالات للأغراض الزراعية تبين ان جميع المواقع الخمسة تقع ضمن الحدود والمعايير المسموح بها ما عدى الموقع (الخامس) ارتفعت فيها قيم الايصالية الكهربائية ونسبة امتزاز الصوديوم وعزا الباحث السبب الرئيس لتجاوز أغلب المناطق المعايير الحدود المسموح بها إلى كثرة مصادر التلوث وخصوصا الصرف الصحي ، والتغير المناخي ، وقلة تساقط الامطار .

2-3 التركيب الكيميائي للمياه

تتكون جزيئة الماء من اتحاد ذرتين من الهيدروجين H^+ , وذرة واحدة الاوكسجين O^- لينتج التركيب الكيميائي للماء (H_2O)، ويعد هذا التركيب أعلى درجة نقاوة للماء ومن صفاته انه شفاف، وعديم ، اللون ، والطعم ، والرائحة، إلا إنّ الحقيقة عكس ذلك فلا يوجد في الطبيعة مياه بهذه الصفات، ولا توجد مياه إلا وفيها بعض الاملاح بنسب متباينة (Aparicio وElizable،2018) تتباين تراكيز الأيونات لمياه الأنهار موقعاً وزمانياً نتيجة الخصائص الجيومورفولوجية ، والظروف المناخية ، والأنشطة البشرية وتأثير الصخور المار بها (Benjamin وLawer،2013 وPotasznik و Szymczyk،2015).

2- 3- 1 العناصر الثقيلة

تطلق عبارة العناصر الثقيلة Heave metals و العناصر النزرة Trace metals على مجموعة الفلزات وأشباه الفلزات metal aid التي ارتبطت بعملية التلوث، وقد عرفه البعض على أنه كل عنصر تزيد كثافته عن 3.5-6 غم.سم⁻¹ فهو عنصر ثقيل، ومنها النحاس (Cu)، والزنك (Zn)، والكاديوم (Cd)، والرصاص (Pb)، والزرنيق (Hg)، والنيكل (Ni)، والكروم، (Cr)، والزرنيخ (AF) والقصدير (Sn) والفضة (Ag) (Jadaa و Mohammed، 2023) معظم العناصر تكون ضرورية لكثير من العمليات الكيموحيوية عندما تكون ضمن الحدود الطبيعية ومنها (النحاس، والزنك، والسليوم، والكروم) إلا إنها قد تسبب مضاعفات سلبية على الكائنات، وقد تصل إلى حد السمية إذا ازدادت عن الحدود المسموح بها (Begum آخرون، 2023)، أما بقية العناصر مثل (الرصاص، والزرنيق، والكاديوم، والقصدير، والزرنيخ) فإنها ليست ضرورية وغيابها لا يسبب أي اضطرابات في التفاعلات الحيوية للكائنات الحية. غالباً ماتكون عمليات التصحر والتعدين مصدر الرئيس للعناصر الثقيلة في البيئة، وفضلاً عن أنشطة الانسان ومخلفات المجاري والأسمدة الفوسفاتية وغيرها من المصادر الأخرى.

الجدول (1) المديات المثالية للعناصر الثقيلة في المياه العذبة (الجميلي وأحمد، 2018)

| العنصر | مايكرو غرام لتر ⁻¹ |
|--------|-------------------------------|
| AS | 230 - 0.2 |
| Cd | 3 - 0.01 |
| Cr | 6 - 0.1 |
| Cu | 30 - 2 |
| Hg | 2.8 - 0.0001 |
| Ni | 2.7 - 0.02 |
| Pb | 12.0 - 0.06 |
| Sn | 0.09 - 0.0004 |
| Zn | 100 - 0.2 |

2- 1- 3- 2 النحاس Cu^+

توجد ثلاث صور مؤكسدة للنحاس هي (Cu^+ ، و Cu^{2+} ، و Cu^{3+})، وصور النحاس Cu^{2+} هي الصورة الأكثر شيوعاً، وتوجد رواسب النحاس على شكل معادن كبريتية. ويعد النحاس من العناصر الثقيلة لكونه يمتلك عدد ذري عالي (29) وكثافة عالية تقدر ب (8.92 غم سم⁻³) (الجميلي وأحمد، 2018)، وأن النحاس له استخدام على مدى واسع في الصناعة والزراعة، إذ يستخدم في الطلاء وصناعة أدوات الطبخ والعملات المعدنية، وتدخل مركبات النحاس في صناعة المبيدات الحشرية،

والمبيدات الفطرية ، وتستعمل كبريتات النحاس في صناعة الأسمدة (الحايك، 2017) ، ويعد النحاس من المغذيات الصغرى التي تحتاجها الكائنات الحية ، إذ أنه يلعب دوراً مهم ورئيساً في تكوين الكلوروفيل ، والبناء الضوئي ، وتكوين الكربوهيدرات ، والبروتينات في النبات ، وأن الاستخدام الواسع لعنصر النحاس يؤدي إلى تلوث التربة والمياه عن طريق الممارسات الزراعية (مبيدات الآفات ، والأسمدة الكيميائية ، وحماة الصرف الصحي) ، وبعض الأنشطة البشرية مثل المنشآت النفطية والطرق العامة ايضاً (Bravin وآخرون ، 2012) .

2-1-3-2 المنغنيز Mn^{+}

عنصر المنغنيز يشابه إلى حد كبير عنصر الحديد في بعض خصائصه الكيميائية من حيث تعدد صورته ، واعتماد تراكيزه المذابة على عملية الأكسدة، ويتواجد في ثلاث حالات تأكسدية 2^{+} و 3^{+} و 4^{+} ، الا ان تواجده في صخور القشرة الارضية بشكل ثنائي التكافؤ وكمكون ثانوي ضمن معادن الصخور النارية مثل الاولفين والبايروكسين ، وكذلك الصخور الرسوبية والدولومايت بتركيز 716 ملغم kg^{-1} (الجميلي وأحمد، 2018)، ويعمل في الكائنات الحية يعمل كمنظم لبعض الانزيمات المسؤولة عن العمليات الايضية للكربوهيدرات والبروتينات والدهون وتخثر الدم (Nielsen وآخرون، 2023)، قد يصبح تأثيره واضحاً في مياه الشرب إذا ازداد تركيزه عن 0.05 ملغم لتر $^{-1}$ من خلال تغيير لون ورائحة وطعم الماء ، وان التعرض لمستويات عالية وعلى فترات طويلة بتركيز 0.5 ملغم لتر $^{-1}$ قد يشكل خطراً على صحة الإنسان (WHO، 2017) ، ويمكن التخلص من الزائد منه من خلال التهوية.

2-3-1-3 الزنك Zn^{+}

يتواجد الزنك في معادن سفاليرايت ZnS و $ZnCO_3$ في حالة تأكسدية 2^{+} ، وتركيزه في القشرة الارضية بحدود 65 ملغم kg^{-1} (Boyd، 2000) الا انه يميل ليكون اكثر قابلية للذوبان في المياه الطبيعية ، ويعد الزنك من العناصر الضرورية كجزء من تركيب الحامض النووي والانزيمات اللازمة للنمو ، فضلاً عن دوره الفعال في الوظائف العصبية الحية والمناعة لذلك هو ضروري ان يكون في مستويات كافية لضمان والمحافظة على مناعة الجسم (Maywald و Rink، 2022) ، وينصح بتناوله بمعدل طبيعي للبشر البالغين في النظام الغذائي بحدود (7-16) ملغم يوم $^{-1}$ ، وان التعرض لمستويات عالية من الزنك تعمل على اخلال التوازن مع بعض العناصر فزيادة تركيزه يؤدي إلى نقص النحاس وانخفاض المناعة وانخفاض البروتينات الدهنية (الكوليسترول الجيد) فقر الدم وتلف الكبد (Sangeetha وآخرون، 2022) وتعد الأنشطة البشرية من أهم مصادر تلوث المياه بالزنك من خلال الصناعات المعدنية مثل الفولاذ المغلون، وكذلك حماه المجاري، واستخدام منتجات

محلية مثل مستحضرات التجميل ،وكريمات الأطفال والشامبو، والبطاريات ، والاصباغ ، والدهانات (الحايك 2017) ويتراوح تركيز الزنك في مياه الأنهار ما بين 0.1 – 2 ملغم لتر⁻¹ وأن الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية هو 3 ملغم لتر⁻¹ .

2 - 3 - 1 - 4 الرصاص Pb⁺

يتواجد في كميات متعادلة في الصخور الرسوبية والنارية على شكل كبريتيد PbS ، وتركيزه في صخور القشرة الأرضية 14.8 كغم⁻¹، وبسبب ذوبانيته المنخفضة لفوسفات الرصاص و كربونات الرصاص فإن حركته قليلة جداً (Boyd، 2000) كما له القابلية العالية على الامتزاز على أسطح الغرويات المعدنية والعضوية والترسيب جميعها تؤدي الى انخفاض تركيزه في المياه الطبيعية (Chowdhury وآخرون، 2022) ، ويوجد الرصاص بعدة أشكال كأيون (Pb⁺) حر، وأزواج أيونات الكبريتات ، والكربونات . وتحافظ صور كربونات الرصاص على تراكيز أقل من 50 ميكرو غرام لتر⁻¹ من الرصاص في أس هيدروجيني بين 7.5-8.5 لذلك فإن انخفاض الأس الهيدروجيني للماء يعمل على زيادة تركيز الرصاص في الماء (Saalidong وآخرون، 2022) . ويعد الرصاص عنصراً غير ضروري ، بل أنه سُمي للثدييات وخصوصاً البشر والتعرض لمستويات عالية منه قد يحدث ضرراً في خلايا الدماغ والكلية وخصوبة الذكور، أما الاطفال دون عمر السابعة أكثر حساسية ولو كانت كميات قليلة جداً (WHO، 2017) ، وتعد صناعة البطاريات المصدر الرئيس للتلوث بالرصاص فضلاً عن الاستخدامات الأخرى كاضافته للبنزين والاصباغ والذخائر (الحايك ، 2018) ، وان الحدود المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية 0.05 ملغم لتر⁻¹ (WHO، 2022) .

2 - 3 - 1 - 5 الكاديوم Cd

يوجد أوجه تشابه كيميائي بين الكاديوم والزنك ، فكل منهما حاله تأكسديه 2⁺ فضلاً عن تواجد الكاديوم مع خامات الزنك مثل سفاليرات ، وكذلك خامات النحاس، ويكون تركيزه في صخور القشرة الأرضية بحدود 100 ملغم كغم⁻¹ (Prasad، 2008) ، يمتاز الكاديوم بأنه أقل استقرار في التربة والرواسب ، وأكثر وفرة بيولوجيا ويتم ترسيبه بشكل مشترك مع اكاسيد المنغنيز (Islam وآخرون، 2018) ، ، ويعد التأثير السمي الأكثر ضرر على الانسان هو تلف الكلى (Dahiya، 2022) ، وإن الكمية الطبيعية التي يمكن للإنسان أن يتناولها يومياً ولا تسبب له أي ضرر 1- 3 ميكروغرام يوميا (WHO، 2011) ، ويدخل الكاديوم جسم الانسان عبر الجهاز الهضمي ضمن السلسلة الغذائية التي تزرع بتراب ملوثة ،اضافة إلى ما يستنشقه المدخنون من دخان السكائر

(Sandau و Virsta، 2015) ، ويعد الكاديوم المستخدم في الصناعات هو ناتج ثانوي لتنقية الزنك والنحاس والرصاص كصناعة الطلاء المعدني، والاصباغ المستخدمة في الطلاء، وحبر المطابع، والبطاريات القابلة للشحن (الحايك، 2017)، أما محتوى مياه الشرب من الكاديوم قليل جداً تتراوح من 0.0001 إلى 0.01 ملغم لتر⁻¹ (Genchi وأخرون، 2020)، وقد يصل تركيزه إلى مستويات تصل إلى حدود 0.05 ملغم لتر⁻¹ وفي حالات نادرة جداً ما يصل تركيزه إلى 0.1 ملغم لتر⁻¹.

2-3-1-6 النيكل Ni

يتشابه النيكل في العديد من صفاته الكيميائية مع الحديد، وتواجده في الطبيعة بعده أشكال كأكاسيد وكبريتيدات النيكل، وله عدة حالات تأكسدية متعددة (-1 و 0 و +2 و +3 و +4) إلا إنَّ حالته الكيميائية في الماء هي +2 تركيزه في القشرة الأرضية 56 ملغم كغم (Boyd، 2000) ويعد النيكل من العناصر الضرورية للنبات، ولكن بكميات قليلة جداً وغالباً ما تحدث السمية بالنيكل نتيجة نقصان الحديد (Ma و Hood، 2010)، وزيادة تركيز النيكل عن 10 ملغم كغم⁻¹ يمكن أن يؤثر على امتصاص العناصر، والتمثيل الغذائي، ويمنع حدوث عملية التركيب الضوئي وكذلك النتج، فضلاً عن أن الزيادة منه تحدث ضرراً في كرومات الخلية وتراكبيها (WHO، 2011)، إنَّ حاجة الجسم للنيكل قليلة جداً إلا إنَّ التعرض المفرط له في البيئة سواء (ماء، وهواء، وغذاء) شائع جداً، وتعد زراعة التبغ وصناعة أواني الطبخ من الفولاذ المصدر الرئيسي للنيكل (الحايك، 2017) وأن الحدود المسموح بها من قبل منظمة الصحة العالمية 0.2 ملغم لتر⁻¹.

2-3-1-7 الكروم Cr

يتواجد الكروم في البيئة في ثلاث حالات الكروم (0)، والكروم الثلاثي (III)، والكروم السداسي (VI)، وأنَّ الكروم الثلاثي التكافؤ هو السائد في البيئة المائية، وتحتوي الصخور النارية القاعدية على معظم الكروم، وتعتمد قابلية ذوبان الكروم الثلاثي في التربة على الأس الهيدروجيني وتنخفض ذوبانيته بشكل كبير عند أس هيدروجيني أكبر من 4.5، وفي المحاليل المائية تكون أشكال الكروم المختزلة هي Cr^{3+} و $CrOH^{2+}$ ، و $Cr(OH)_2^+$ ، و $Cr(OH)_3$ ، و $Cr(OH)_4^-$ ، وأن الكروم السداسي هو أكثر قابلية للذوبان من الكروم الثلاثي وغالباً ما تكون تراكيز الكروم في المياه الطبيعية التي لم تتأثر بالتخلص من النفايات أقل من 6 ميكروغرام لتر (الجميلي وأحمد، 2018)، لا يعرف الحد الأدنى من المتطلبات اليومية للإنسان من الكروم، ولكن تم تقدير تناول اليومي ما بين 50 و 200 ميكروغرام | يوم بأنه آمن وكافي، إذ يعد الكروم الثلاثي من العناصر الغذائية الأساسية التي تساعد على التمثيل الغذائي العادي للجلوكوز والكوليسترول والدهون، وأن التعرض لجرعات كبيرة جداً من الكروم

الثلاثي تكون ضارة وتأثر على الكبد ولكلى، (الحايك، 2017) ، وتستخدم مركبات الكروم التي تنتجها الصناعات الكيميائية للطلاء بالكروم ، وتصنيع الأصباغ ، ودباغة الجلود ، ومعالجة المياه ، ومعالجة الأخشاب ، ويعزى السبب الرئيس لتلوث التربة والمياه بالكروم إلى الترسيب من مواقع التخلص من النفايات والمناطق الصناعية (الحايك، 1989) ، وأن الحدود الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية لتركيز الكروم في مياه الشرب 0.05 ملغم لتر⁻¹.

2-3-2 الأيونات الرئيسية في الماء

تتواجد ضمن تركيبة المياه وخصوصاً حالته السائلة مجموعة من الأيونات الذائبة بصورة طبيعية وهي الكالسيوم Ca^{2+} والمغنسيوم Mg^{2+} ، والبوتاسيوم K^+ ، والصوديوم Na^+ ، والحديد Fe^{2+} ، والمنغنيز Mn^{2+} ، والكلوريدات Cl^- ، والكبريتات SO_4 ، وأنواع الكربونات (HCO_3 و CO_3) ، فضلاً عن السليكا الذائبة في SiO_2 ، ومجموع هذه الأيونات تمثل مجموع المواد الذائبة الصلبة (TDS) Total Dissolved solid ، في المياه السطحية وتحت السطحية (الجميلي واحمد ، 2018) ، غالباً ما يكون المصدر الرئيس لهذه الأيونات في مياه الانهار والمياه الجوفية هو ناتج عن تجوية المعادن والصخور مثل (الكالسايت ، والدولومايت ، والجبس ، والهالايت) التي تذوب في الماء بصورة سريعة ، إضافة إلى معادن السليكا مثل (الكوارتز ، والفلدسبار ، ومعادن الطين) التي تعد شحيحة الذوبان (Wang وآخرون، 2022).

1-2-3-2 الأيونات الموجبة

1-1-2-3-2 الصوديوم Na^+

الصوديوم هو الأيون الأكثر وفرة في المجموعة الفلزية، ويتواجد في الطبيعة في حالة تأكسدية واحدة هي 1^+ (الجميلي وأحمد، 2018) ، ونسبته في القشرة حوالي 2.83% ، احدى مصادره ناتج عن تجوية معادن الفلدسبار المتواجدة في الصخور النارية مثل ($NaAlSi_3O_8$) ، أو ذوبان الرواسب للمتبخرات (الجميلي وأحمد، 2018) ، فضلاً عن الإضافات المباشرة عن طريق الغلاف الجوي (رذاذ الملح) من البحار والمحيطات (الزبيدي، 1989) ، ويعد الصوديوم أحد العناصر الضرورية للحيوان والنبات والأنسان بكميات قليلة فهو مهم للحفاظ على الجهد الازموزي Osmotic في الخلية (Kronzuoker وآخرون، 2013) ، وعلى الرغم من اهميته الضرورية إلا إنه سام للنبات والحيوان عند تجاوزه الحدود المسموح بها (Flowers وآخرون، 2015) ، تتناوله بكميات مفرطه يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم، وتباین الكائنات الحية لتحمل تراكيز الصوديوم في ما بينها، وإنّ التراكيز العالية التي تتجاوز حدود 200 ملغم . لتر⁻¹، تؤدي الى طعم مالح غير مستساغ (Scheelbeek وآخرون ،

(2017)، وأشار (الاسدي، 2014)، إلى أن مدى حدود الصوديوم الطبيعية في مياه الأنهار والبحيرات يتراوح من 1 إلى 450 ملغم لتر⁻¹ وان معدله المثالي 6.1 ملغم لتر⁻¹.

2-1-2-3-2 البوتاسيوم K⁺

البوتاسيوم مقارب كثيراً للصوديوم، فهو فلز قلوي يتواجد في الطبيعة في حالة تأكسدية واحده هي ¹⁺ (Tang، 2020)، وهو عنصر ضروري للحيوان والنبات (Ashraf وآخرون، 2021)، والمصدر الرئيس للبوتاسيوم في المياه هو ناتج عن تجوية المعادن لذلك هو أكثر انتشاراً في الصخور الرسوبية وأقل انتشار في الصخور النارية مقارنة بالصوديوم (Gupta، 2015)، وتعد الصخور السيليكاتية مثل الفلدسبار والمايكا مثل (بايونات وموسكوفات) هي المصدر الرئيس له ويتراوح تركيزه من 0.2_ 3.3% في التربة، تمتاز أملاح البوتاسيوم بسهولة ذوبانيتها في الماء ولذلك فهي لاتخضع لعمليات الترسيب-الذوبان، وأشار الاسدي (2014) إلى أن مدى حدود البوتاسيوم الطبيعية في مياه الأنهار لا يقل عن 1 إلى 51 ملغم لتر⁻¹ وإن تركيزه المثالي في مياه الأنهار 2.3 ملغم لتر⁻¹.

2-1-2-3-2 الكالسيوم Ca²⁺

الكالسيوم هو الأيون الأكثر وفرة من بين الأيونات القاعدية في التربة وذلك لكونه من الأيونات الرئيسة في تكوين الصخور النارية وخاصة منها البلاجوكليز والبايروكسين، لذلك يكون تركيزه منخفضاً في المياه التي تمر أو تلامس مثل هذه الصخور (Potasznik و Szymczyk، 2015)، مقارنة بتركيزه في المياه التي تمر أو تلامس الصخور الرسوبية مثل الأوكرايت CaCO₃ أو الدولومايت Ca.MgCO₃ أو الجبس CaSO₄.2H₂O، فضلاً عن دخوله ضمن تركيب معادن المونتموريلونات، ولذلك يتوفر الكالسيوم بكثرة في الترب والمياه (الجميلي واحمد، 2018)، وتوجد أليتان رئيستان تؤثر في تركيز الكالسيوم في الماء (الحايك، 2017).

1- عملية ذوبان الكالسايت وترسيبه .

2- عملية التبادل الأيوني على أسطح دقائق التربة ذات الشحنة السالبة .

أضافة الى ان أيونات الكالسيوم لها القابلية على تكوين معقدات أو مجاميع ترتبط مع بعض الأيونات العضوية السالبة في المياه، وهذه المعقدات تكاد تؤثر في تركيز الكالسيوم في المياه الطبيعية (Flefel، 2019) إلا إنه في الحقيقة الجزء الأكبر من تركيز الكالسيوم يقع تحت سيطرة عمليات الذوبان والترسيب للكالسايت، ولذلك فان تركيز الكالسيوم يكون مرتبط بصور الكاربونات المتواجده في المياه الطبيعية وخاصة البيكاربونات HCO₃⁻، هذا الارتباط لا يؤثر على عملية ذوبان أو ترسيب الكالسايت مباشرة بل يتحكم به الضغط الجزئي لثنائي أكسيد الكربون PCO₂ والأس

الهيدروجيني (الجميلي وأحمد، 2018)، يعد الكالسيوم من العناصر الضرورية لبناء العظام ألا إنَّ زيادة تراكيزه تكون غير سمية، ولكن قد تحدث أضراراً من خلال تكوين الحصى في الكلى والمثانة (WHO، 2022)، وقد أشار الحايك (2017) إلى أنَّ تراكيز الكالسيوم في مياه النهر تتراوح من 2-8 ملغم لتر⁻¹.

2-3-2-1-4 المغنسيوم Mg^{2+}

يعد المغنسيوم من الفلزات القلوية وله حالة تأكسدية واحدة (Mg^{2+})، ويتواجد في المعادن ذات اللون الداكن الموجودة في الصخور النارية مثل البايروكسين، ولبلاجوكليز ومعادن المايكا، كما يوجد في الصخور المتحولة مثل الكلورايت (Hui وآخرون، 2021) والمصدر الرئيسي هو الدولومايت والمغنيسايت $MgCO_3$ ، وكذلك الأنواع المائية كاربونات المغنسيوم (نيسكوهونايت) $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ (nesquehonite)، من ذلك يمكن أن يتحرر المغنسيوم من الصخور الكربونية (Guillot وآخرون 2021)، وأشار الاسدي (2014)، إلى أنَّ معدل تركيز المغنسيوم في مياه الأنهار والبحيرات 1-5 ملغم لتر⁻¹ ومعدله الطبيعي في مياه الأنهار 1-4 ملغم لتر⁻¹.

2-3-2-2 الأيونات السالبة

2-3-2-1 الكلورايد Cl^-

الكلورايد هو الهالوجين الأكثر وفرة بعد الفلور في القشرة الأرضية، إلا إنَّ 75% من الكمية الكلية موجودة في المحيطات كايون ذائب بصيغة أيونية Cl^- (Tian وآخرون، 2021)، يتواجد الكلورايد في عدة صور تأكسدية إلا إنه يوجد في كل من التربة والماء بصورة تاكسدية واحدة (Cl^-)، تواجد في الصخور النارية نادراً، إلا إنه يتواجد بشكل شوائب في الصخور الرسوبية مثل الهالايت (كلوريد الصوديوم)، لذلك فهو يعتبر المصدر الرئيس للكلورايد، ويمكن للمياه الجوفية أن تكون مصدر الكلورايد في مصبات الأنهار فضلا عن مساهمة الغلاف الجوي عن طريق رذاذ الاملاح على طول الساحل (Haake و Knouft، 2019)، و الكلورايد ايون قابل للحركة والذوبان بدرجة كبيرة جدا الا انه حامل عمليا أي بمعنى أنه له قابلية ضئيلة للتفاعل مع أي شئ في المياه أو التربة كما أنه لايشترك في تفاعلات الاكسدة والأختزال، ولا يمكن له أن يكوّن معقدات مهمة مع الأيونات مالم يكن تركيزه عال لذلك يذوب معظمه في محلول التربة أو الماء (الجميلي وأحمد، 2018)، إنَّ التراكيز العالية من الكلورايد التي تتجاوز 600 ملغم لتر⁻¹ تؤثر في طعم الماء (WHO، 2022)، وأشار (الأسدي، 2014) إلى أن مدى تركيز ايون الكلورايد في مياه الأنهار والبحيرات 2-40 ملغم لتر⁻¹ ومعدله الطبيعي في مياه الأنهار 78 ملغم لتر⁻¹.

2 - 2 - 3 - 2 الكبريتات SO_4^{2-}

الكبريتات (SO_4^{2-}) هي الصورة الذائبة ، وأكثر الصور أكسدة للكبريت ، ويمكن أن يتواجد الكبريت في عدة صور تأكسدية (2^- الى 6^+) وسلوكه الكيميائي يتأثر بتفاعلات الأكسدة والاختزال، ويدخل في تركيب بعض الأحماض الأمينية ، وبالتالي يشكل جزءاً أساسياً في تكوين البروتينات ويمكن ان تصل نسبتة في المواد البروتينية إلى حوالي 8 % ولذلك هو عنصر غذائي مهم للنبات (Narayan وآخرون، 2022) ، ويتواجد الكبريت في الصخور الرسوبية ومن أهمها الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ والانهيدرايت $CaSO_4$ بدون ماء، ويتواجد في الصخور النارية ككبريتيدات فلزية ، ويعد الباييرايت الفحم $pyrite FeS_2$ هو الأكثر شيوعاً (Kleine وآخرون، 2022) ، وهناك مصادر أخرى للكبريت مثل البراكين ، فثورات البراكين واحتراق الوقود ، وصهر المعادن تؤدي الى انبعاث SO_4^{2-} على شكل غاز في الجو والذي يتأكسد الى حامض الكبريتيك (Johnson و Jen، 2022) .

3 - 2 - 2 - 3 البيكاربونات والكاربونات HCO_3^- و CO_3^{2-}

يتكون الكربون المعدني نتيجة اتحاد غاز ثاني أكسيد الكربون مع الماء لينتج عن ذلك عدة صور من الكربون والتي تتضمن كلاً من حامض الكربونيك (H_2CO_3) والبيكاربونات HCO_3^- والكاربونات (CO_3^{2-}) ، اعتماداً على تركيز CO_2 (Detton و Donadio، 2020) وفضلاً عن مايشار أليها باسم الكربون الغير عضوي (Total Inorganic Carbon) TIC ويعد الكربون الغير عضوي عنصراً أساسياً في عملية التمثيل الضوئي للنباتات الخضراء (Rayaroth وآخرون، 2023) ، يعد TIC هو المتحكم بالأس الهيدروجيني للمياه في الطبيعة ، فعندما تكون حالة التوازن بين الماء وغاز ثنائي أكسيد الكربون كما في الغلاف الجوي يذوب أكسيد الكربون إلى حدود معينة اعتماداً على درجة الحرارة والضغط ، فعند درجة حرارة 25 وضغط جوي (1) يطبق قانون حفظ الكتلة:

$$([H_2CO_3]) / PCO_2 = KH = 43.101 \dots \dots \dots 1$$

$$KH = \text{ثابت التوازن (وحده ضغط جوي * لتر مول}^{-1}\text{)}$$

$$PCO_2 = \text{الضغط الجزئي}$$

$$H_2CO_3 = \text{تركيز حامض الكربونيك}$$

وبذلك فإن TIC هو المسؤول وحده عن القاعدية (Alkalinity) للمياه، فعند الاس هيدروجيني لأقل من 8.3 يكون تركيز CO_3 بنسبة اقل من 1% من ثنائي اوكسيد الكربون (TIC) لذلك تكون السيادة لايون البيكاربونات HCO_3 (Hartmann وآخرون، 2022)، كما أن التراكيز العالية من ثنائي أوكسيد الكربون والبيكاربونات في مياه الشرب لاتشكل خطورة على الانسان (WHO، 2022)، وأشار الأسدي إلى إن مدى تركيز HCO_3^- في مياه الأنهار والبحيرات 25-400 ملغم لتر⁻¹، وإن المدى الطبيعي في مياه الأنهار 58 ملغم لتر⁻¹.

2-3-3 المغذيات

2-3-3-1 النترات NO_3^-

يتواجد النتروجين في عدة حالات تأكسدية (3^- و 0 و 3^+ و 5^+) ، بأشكال كنتروجين حر (N_2) وأوكسيد النيتروز (N_2O) وأوكسيد النتريك (NO) وكذلك أمونيا (NH_3) ونترات (NO_3^-) أو أمونيوم (NH_4^+) او نترت (NO_2^-)، فضلاً عن النتروجين العضوي في البقايا الحيوانية والنباتية (علي وآخرون، 2014)، ويتمثل النتروجين كأحد المكونات الاساسية وللبروتينات والاحماض النووية والكلوروفيل (Barker وPilbeam، 2015) وتتمثل الاشكال الرئيسية الذائبة من النتروجين هي النترات (NO_3^-) ، والأمونيوم (NH_4^+) ، ويمتاز الأمونيوم بالقابلية العالية على الذوبان إلا إن له القابلية على الامتزاز على أسطح غرويات التربة (سالبة الشحنة)، وتثبيته Ammonium fixation داخل التركيب البلوري للمعادن مثل معادن (الفيرميكيولايت و المونتموريلونايت) والتي من الصعب خروجها إلى الخارج (Kome وآخرون، 2019)، على العكس من ذلك النترات المذابة في الماء فهي لا تمتز على أسطح الغرويات بسبب شحنتها السالبة، لذلك يمكنها الحركة بسهولة إلى المياه الجوفية ومن ثم المياه السطحية، ولهذا تعد النترات هي لصورة الرئيسية المؤثرة في عملية التلوث المياه (Shaban وآخرون، 2023). وأشار الأسدي (2014) إلى أن مدى النترات في مياه الأنهار والبحيرات يتراوح (0.22-28) ملغم لتر⁻¹ وأن المدى الطبيعي في مياه الأنهار يجب ألا يتجاوز 1 ملغم لتر⁻¹.

2-3-2-3-2 الفسفور PO_4

يتواجد الفسفور بصورتين العضوي والمعدني يتواجد بصورته العضوية ضمن أواصر ثلاثي الفوسفات الأدينوسين ATP، وثنائي فوسفات الأدينوسين ADP، وكذلك الحامض النووي DNA (Moretto وآخرون، 2022) ، المصدر الرئيسي للفسفور المعدني هو معدن الاباتايت $(Ca_5(X)Po_4)_3$ ، تمثل X أما F^- أو Cl^- أو OH^- وهو شحيح الذوبان في الماء ويصعب على النبات امتصاصه (علي وآخرون، 2014). تتأثر صور الفسفور في مديات الأس الهيدروجيني ، فعند أس هيدروجيني أعلى من 7 يترسب على شكل فوسفات الكالسيوم الذي يعتبر الأساس في تكوين معدن فلوراباتايت (Ca_5) وهيدروكسيد اباتايت $(Ca_5OH(PO_4)_3)$ (Han وآخرون، 2021) يشار إلى تفاعل الفوسفات مع الكالسيوم بعملية تثبيت الفوسفات Phosphate fixation ونتيجة لهذا التثبيت يكون تركيز الفسفور الذائب في التربة والمياه قليل جداً. وأشار الاسدي (2014) إلى أن تركيز الفوسفات في مياه الأنهار والبحيرات يتراوح 0.003-4.17 ملغم لتر⁻¹ إلا أن الزيادة في تركيز الفسفور في المياه هو ناتج عن أنشطة الانسان مثل استخدام المعقمات ومواد التنظيف (الحايك، 2017)

2-4 الصفات الكيميائية

1-4-2-4-2 الأس الهيدروجيني Hydrogen Number

هو معيار يوضح درجة حموضة او قاعدية المياه وعرفه العالم Sorenson باللوغاريم السالب لأيون الهيدروجين ويمثل الرقم (7) رقما وسطيا لهذا المعيار فزيادته عن (7) يدل على ارتفاع القاعدية وانخفاضه يدل على ازدياد الحامضية (Boyd، 2000) ويعد الاس الهيدروجيني من المعايير الأساسية في تحديد نوعية المياه وتحديد نوع التفاعلات الجارية في الماء ويكون الاس الهيدروجيني محكوما بالتوازن بين تراكيز CO_2 ، HCO_3^- ، CO_3^{2-} (Donadio و Dettori، 2020) وتمتاز اغلب المياه السطحية في العراق الى القاعدية نتيجة احتوائها على الكربونات والبيكربونات فيها (الخليفة، 2012) . ويعد الاس الهيدروجيني مؤشر على مدى نوعية المياه فاذا كانت اقل من 5 او اكثر من 9 فهذا يدل على ان المياه ملوثة (WHO ، 2017) .

2-4-2-4-2 الأيصالية الكهربائية Electrical conductivity

تعرف الايصالية الكهربائية بأنها تعبير رقمي عن قدرة المحلول على إيصالية الكهربائية وهي معتمدة على تراكيز الأيونات المذابة في الماء ودرجة الحرارة ، فزيادة درجة حرارة الماء بمقدار درجة واحدة تؤدي إلى زيادة في الايصالية الكهربائية 2% ووحدة قياسها هي المايكروسيمنز سم⁻¹ أو الديسيمنز م⁻¹ (Tyler وآخرون ، 2017)

3-4-2 المواد الصلبة الذائبة الكلية Total Dissolved Solids

تعرف المواد الصلبة الذائبة (TDS) بأنها عبارة عن مواد تمر عبر مرشح ذو قطر فتحاته (0.45) ما يكرون ، والمتبقية منها كمترسبات من الأيونات الذائبة أو الأملاح أو الأحماض الدبالية ، عندما يتبخر الماء عند درجة حرارة 100م. وتعتبر أملاح الكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلوريد والفوسفات والنترات من المكونات الأساسية في المواد الصلبة الذائبة في المياه الطبيعية. إضافة إلى وجود نسبة عالية لبعض المواد الصلبة الذائبة ومنها بالأخص الحديد، والمنغنيز، والنحاس، والزنك وعادة ما تسبب هذه المواد تغير في مذاق أو طعم الماء (WHO، 2022).

5-2 الصفات الفيزيائية

1-5-2 العسرة الكلية (TH) Total Hardness

العسرة الكلية هي ناتجة من الأيونات الذائبة متعددة التكافؤ وبصورة رئيسة هي الكالسيوم والمغنسيوم، وان العسرة الكلية تعتبر مقياس تقليدياً لقدرة الماء على التفاعل مع الصابون (EPA، 2002) ، وأن العسرة الكلية للماء أما أن تكون عسرة مؤقتة أو عسرة دائمية، فالعسرة المؤقتة يكون سببها بيكاربونات الكالسيوم والمغنسيوم التي تتحول إلى كاربونات ويترسب قسم منها ، أما العسرة الدائمة تكون ناتجة بصورة رئيسية من كبريتات أو كلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة وأملاح الحوامض اللاعضوية (الشجيري، 2021) .

2-5-2 العكارة (Turbidity)

يقصد بالعكارة هي كمية المواد التي تكون عالقة في المياه والتي يسببها الغرين والطين والمواد العضوية والغير عضوية الناعمة والدقيقة والاحياء المجهرية ، وإن العكارة تستخدم كمؤشر لتلوث المياه ويعبر عنها النتائج بوحدة الأنفلومترية (Nephelometric Turbidity Unit) (NTU) (عليبي وأخرون ، 2020) وتعتبر تقدير العكارة ذات أهمية قصوى كمؤشر على تركيز المواد الراسبة في الماء وبالرغم من أن هذه الرواسب تعد جزءاً طبيعياً من المسطحات المائية والأنهار إلا أن زيادة الرواسب تعد من الأسباب الرئيسية لتلوث المياه (معروف، 2008) .

3-5-2 درجة الحرارة (Temperature)

تمثل درجة حرارة الماء مرآة تعكس الظروف المناخية لمنطقة الدراسة، حيث تتأثر درجة الحرارة للماء بظروف المناخية لوجود علاقة ارتباط وثيقة بين الماء وحرارة الهواء الملامس لسطح الماء ونتيجة تقلباته اليومية والموسمية. كما تتأثر بشده الإشعاع الشمسي لفترة طول النهار. فضلا إلى

سرعة حركة التيارات المائية في النهر وكذلك تأثير الظل على مجرى المياه مما ينعكس على نشاط العمليات الأيضية للكائنات الحية الموجودة في المياه، إضافة إلى دورة في التأثير على سرعة التفاعلات الكيميائية وذوبان الغازات في المياه وبالتالي يؤثر على الصفات الطبيعية للمياه (Shi وآخرون، 2022)،

2 - 6 الصفات البيولوجية (BOD و COD)

تؤدي عملية تحلل المادة العضوية في المياه السطحية إلى خفض تركيز الأوكسجين المذاب ، وهذا الانخفاض قد يكون ذا تأثير سلبي على النظام المائي ، وخصوصاً الفضلات المطروحة بعد معالجتها من قبل محطات المعالجة (الصرف الصحي) ، وكذلك مياه المجاري الغير المعالجة (Abbas، 2021) ، ويتم تقدير كمية الأوكسجين المستنزف باختبار Biochemical Oxygen Demand (BOD) متطلبات الأوكسجين البايو كيميائي وهو ماتستهلكه الأحياء المجهرية الهوائية كالبكتريا من الأوكسجين اللازم أثناء تكسيرها أو تحللها للمواد العضوية الموجودة في المياه وكلما ارتفعت قيم ال-BOD في الماء دل على أن المياه ملوثة ، ويعبر عن الأوكسجين المستنزف بوحدة ملغم لتر⁻¹الكمية الأوكسجين المستنزف من عينة مياه تم تحضينها في الظلام عند درجة حراره 25 م° ولمدة خمسة أيام (Steel وآخرون، 1979) . وفي الواقع لا يمكن أن تعزى كل متطلبات الأوكسجين البيوكيميائي إلى تحلل المادة العضوية ، وذلك لوجود مواد أخرى مؤكسدة تساهم في متطلبات الأوكسجين البيوكيميائي وخصوصاً النتروجين القابل للتأكسد (Rahman، 2006) ، لذلك يجب التمييز بين متطلبات الأوكسجين البيوكيميائي للكربونات (CBOD) ومتطلبات الأوكسجين البيوكيميائي للنتروجين (NBOD.) لذلك يمكن ان يقدر متطلبات الأوكسجين الكيميائي Chemical Oxygen Demand (COD) الذي يعرف كمية الأوكسجين اللازم لاتمام الأكسدة الكيميائية للمواد القابلة للتأكسد الكيميائي في المياه ويعبر عنه بوحدة ملغم اوكسجين \ لتر⁻¹ ماء (المواد الغير قابلة للتحلل البيولوجي) (Abbwi وHassan، 1990) . في البحيرات والأنهار يعود جزء كبير من استنزاف الأوكسجين إلى تحلل المواد العضوية المترسبة في رواسب القاع . ويتم التعبير عنه بمتطلبات أوكسجين الرواسب ، Sediment Oxygen Demand (SOD) المذاب في المياه السطحية (أنهار، وبحيرات ، ومحيطات)، وعموماً فإن متطلبات الأوكسجين (البيوكيميائي ، والكيميائي ، والرواسب) مهم في فهم حالة التوازن للأوكسجين المذاب في المياه السطحية لمراقبة نوعية المياه .

2-7 تطوير معايير مؤشرات نوعية المياه

يمكن تقسيم نوعية المياه الى فئات لتحديد مدى ملائمة هذه المياه للاستهلاك البشري والاستعمالات الأخرى، استناداً إلى نتائج بعض المعايير الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمياه ، هذه التقسيمات بنيت على حدود ومعايير تستخدم في تحديد نوعية المياه ونتيجة لذلك كان من الضروري وضع المعايير والمؤشرات تحديد مدى جودة ملائمة المياه ، في عام 1965 ابتكر العالم Horton أول مؤشر لاختبار جودة المياه WQI، بعدها أجرى العديد من العلماء والباحثين العديد من التعديلات على هذا الاختبار إلى أن توصلوا في نهاية المطاف الاختبار له قابلية على دمج جميع المعايير والمؤشرات الداخلة في تحديد نوعية المياه والخروج برقم واحد أكثر شمولية لتحديد جودة ونوعية المياه (Brown وآخرون 1970 و Tyagi وآخرون، 2013)، أتاح هذا الاختبار العديد من الامتيازات التي أسهمت في مراقبة نوعية المياه ، وفهم السياسات المائية ، ووضع خطط استيرراتيجية من أجل حماية المصادر المائية ، والحفاظ على صحة الانسان ، ورعاية المجتمع ، والدفع نحو نمو اقتصادي أفضل. هذا التطوير والتعديل لمعايير نوعية المياه WQI لم تقتصر على المياه السطحية فحسب بل شملت المياه الجوفية . لتشمل جميع انحاء العالم مثل مؤشر (NSF WQI) للصرف الصحي (Noori وآخرون 2019)، والمؤشر الكندي CCME WQI (Tokatli 2019) وكذلك مؤشر المياه WAWQI (Chandra وآخرون، 2017)، وكذلك تم اعتماد مؤشر تلوث المياه مثل مؤشر التلوث العضوي (OPI) Organic Pollution Index (Chen وآخرون 2016)، مؤشر التلوث المعدني Metal (MI) Index (Matta وآخرون، 2020)، ومؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) Heavy Metal pollution Index (Singh و Reza، 2019) .

2-8 مؤشرات تقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة

2-8-1 مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة Heavy metal Pollution Index

إن تقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة التي تؤثر على جودة المياه يتم من خلال استخدام مؤشر (HPI) وهو مؤشر يوفر تأثير العناصر الثقيلة بصورة مجتمعة أو فردية على الجودة الاجمالية للمصادر المائية ، وقد أظهرت نتائج الدراسة التي أجرتها (Khazaal وآخرون، 2019) لتقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة في بحيرة الحبانية باستخدام مؤشر (HPI) أن تركيز العناصر كان أعلى من الحد المسموح به للشرب والري وتربية الأسماك . وبينت النتائج أن الماء ملوث ببعض العناصر الثقيلة . وفي دراسة أخرى أجرتها (Abdullah، 2013) لتقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة لنهر ديالى باستخدام مؤشر (HPI) والتي تضمنت ستة عناصر ثقيلة وهي (الرصاص ،الكاديوم ،النيكل

،الكروم ،النحاس ،الزنك) أذ أشارت الباحثة الى أن متوسط HPI كان (2097) وهي بذلك تكون أعلى من القيمة الحرجة (100)، وهذا يدل على أن نهر ديالى ملوث بشكل خطير بالعناصر الثقيلة التي تضمنتها الدراسة . وفي دراسة أجريت على شط العرب في البصرة تضمنت تقييم تلوث مياه الشط بالعناصر الثقيلة باستخدام مؤشر HPI أيضا ، وقد وجد أن قيم المؤشر في المحطات المدروسة جميعها كانت تتراوح ما بين (4.2) إلى (132.9)، وأن معظم العينات كانت ضمن الحدود المسموح بها اعتمادا على المعايير العراقية (Ahmed و Hamdan، 2020) .

2-8-2 مؤشر التلوث المعدني (MI) Metal Index

أن مؤشر التلوث المعدني (MI) يعطي لنا الجودة الاجمالية للمياه فيما يتعلق بالتأثيرات المركبة لكل معدن مثل مؤشر MI (Cini و Tamasi، 2004) (Akobundu، 2012) وقام (AI-Mayah) وآخرون ، 2021) باستخدام نموذج التلوث المعدني (MI) في دراسة أجراها لتقييم جودة المياه في نهر دجلة ، وبينت الدراسة تأثير مياه نهر دجلة بشكل خطير بالعناصر الثقيلة ومنها الرصاص والحديد . وكشفت دراسة أخرى أجريت من قبل (AIjanabi وآخرون ، 2022) تجاوز مؤشر (MI) حد التحذير لنهر دجلة في مدينة بغداد ، وكانت نتائج المؤشر ما بين (2.85) و (5.89) ، وعزا السبب في ارتفاع قيم المؤشر هو تجاوز عنصر الرصاص الحدود المسموح بها ، ومن ثم الحديد والنيكل . وكشفت دراسة أخرى أجريت من قبل (Kamel وآخرون ، 2022) باستخدام مؤشر (MI) لتقييم جودة تلوث المياه لنهر الفرات بالعناصر الثقيلة تجاوز قيم عنصر الكاديوم الحدود المسموح بها في عدد من المواقع .

وفي دراسة أخرى أجرتها (Abdullah، 2013) لتقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة لنهر ديالى باستخدام مؤشر (MI) والتي تضمنت ستة عناصر ثقيلة وهي (الرصاص ،الكاديوم ،النيكل ،الكروم ،النحاس ،الزنك) . وقد بينت إلى أن قيم (MI) كانت منخفضة ، وأن نهر ديالى متأثر بشدة بالعناصر الثقيلة ، وأوضحت الدراسة تأثير مصادر التلوث الحضرية على تلوث مياه نهر ديالى .

2-8-3 مؤشر تصنيف المياه

وضع أول تصنيف جودة المياه ما بين النقاوة والتلوث عام 1848 في ألمانيا؛ و على مر السنين تم تطوير العديد من معايير جودة المياه ومؤشرات البيئة بناءً على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية (Medeiros وآخرون، 2017). لأجل تصنيف مياه الري تم اعتماد تراكيز الأيونات المذابة (الكاتيونات والأنيونات) لتحديد جودة مياه الري ، وللمساهمة في تقييم ملاءمة المياه لأغراض الري. يعتبر هذا مؤشراً هاماً لتحديد ما إذا كانت المياه مناسبة للاستخدام الري .

معايير جودة مياه الري تصنف وفقاً لملوحة المياه (EC) ، ونسبة أمزاز الصوديوم أو خطر الصوديوم (SAR) ، و كربونات الصوديوم المتبقي (RSC) ، ونسبة المئوية الصوديوم (%Na) ، ونسبة الصوديوم القابل للذوبان (SSP) ، ونسبة كيلي (KR) ، والعسرة الكلية (TH) هذه المعايير تستخدم لتحديد جودة مياه الري وتساعد في تقييم مدى ملائمة المياه لأغراض الري وتعتبر هذه المعايير جزءاً من معايير جودة مياه الري وتساعد في تقييم ملائمة المياه لأغراض الري (Kadyampakeni وآخرون، 2018) .

4-8-2 مؤشر جودة المياه للأغراض الزراعية Irrigation Water Quality Guideline

يعد مؤشر جودة مياه الري (IWQG) هو برنامج يستخدم في تقييم استخدام المياه للأغراض الزراعية وذلك وفقاً للمدليات العادية للمعايير والمؤشرات بالاعتماد على معايير منظمة الأغذية والزراعة (Ewaid وآخرون، 2019) (FAO، 1994) ومن ثم تم تطويره في عام 2014 من قبل المركز الوطني لإدارة الموارد المائية العراقية ، وقد تم اعتماده مؤخراً من قبل وزارة الموارد المائية (Ewaid، 2017) (Bauder وآخرون، 2011) وإنّ هذا البرنامج يقوم بحساب مؤشرات جودة مياه الري في المصادر المائية العراقية بالاعتماد على النطاقات الطبيعية للبارامترات الكيميائية في مياه الري، (Wilcox، 1955) وتم استخدام هذا المؤشر لتقييم المياه للجزء السفلي من نهر ديالى ، وتبين أنّ نوعية المياه حسب مؤشر (IWQG) كانت ضمن فئة (قيود متوسطة) للاستخدام الزراعي أي أنّ جودة مياه النهر مناسبة لري التربة الواقعة على جانبي النهر، ولا توجد مخاوف من حدوث مشكلة الصودية في التربة وإن كانت التربة ذات نسجة طينية (صالح وعلي، 2022) . وفي دراسة أخرى أجريت أيضاً باستخدام مؤشر (Mutasher، 2013) (IWQG) لتقييم جودة المياه لنهر الحسينية في محافظة كربلاء لأغراض الري وبينت نتائج البحث أنّ قيم مؤشر جودة المياه للنهر كانت ما بين (70.04) الى (80.63) أي انها تقع ضمن الفئة الثانية (قيود منخفضة) . وفي دراسة أخرى قام بها كل من (Saleh وAli، 2018) لتقييم جودة مياه نهر الكفل في سدة الهندية باستخدام مؤشر (WQIG) وبينت نتائج البحث أنّ قيم المؤشر تراوحت ما بين (70 – 85) وهي تندرج تحت تصنيف (تقييد منخفض) أي مناسبة لمعظم أنواع النباتات باستثناء النباتات الحساسة للملوحة .

وفي دراسة قام بها (Ewaid، 2017) على قناة الغراف في المنطقة الجنوبية من العراق إذ استخدم مجموعة من البيانات الشهرية للقناة وعلى مدى ثلاث سنوات (2013 – 2015) إذ احتوت على (612) قياساً ل (17) معياراً لنوعية المياه . وتم تصنيف مياه القناة في منطقة الدراسة على أنها

ضمن تصنيف (تقييد معتدل) بدرجة (65.57) أي أنها مناسبة للنباتات المعتدلة او متوسطة التحمل للأملح ، مع مراعاة التحكم في النفاذية وملوحة التربة .

5-8-2 الموديل الكندي لأغراض الشرب (WQI) Water Quality Index

يتميز الموديل الكندي WQI عن باقي الموديلات بدقة العالية ، وكثرة استخدامه من من قبل الباحثين لتقييم جودة المصادر المائية ودرجة تلوثها ، وإنَّ الموديل الكندي لايهتم بوزن الصفات التي يوجد فيها انحراف (AI Saffawi، 2018) ومن الدراسات السابقة، أجرى الصفاوي، 2018 دراسة لتقييم نوعية المياه الجوفية في ناحية المحلبية في محافظة الموصل ، وكشفت الدراسة ان نوعية المياه كانت ضمن صنف مشكوك فيه وباقي العينات كانت ضمن صنف الرديء لأغراض الشرب ، وقد تراوحت قيم WQI لمياه الابار ما بين (44.3-60.45) ، وقد عزا الباحث أنَّ سبب ذلك هو طبيعة التكوينات الجيولوجية التي تمر فيها المياه ، وكما أجرى (الحمداني، 2020) دراسة لتقييم جودة المياه الجوفية في بعض المناطق من الجانب الأيسر لمدينة الموصل ، ووجد الباحث في دراسته ان نسبة 58% من عينات مياه الابار المدروسة كانت ضمن صنف الرديء ، وباقي العينات كانت ضمن صنف متوسط، وأشار الباحث الى أنَّ سبب ذلك يعود الى ارتفاع تركيز أيون الكبريتات ، التلوث البكتيري ، بالإضافة الى ارتفاع قيم الملوحة .

MATERIALS AND METHODS 3- المواد وطرائق العمل

3 – 1 نهر سارية

يعتبر نهر سارية من الأنهار المهمة في محافظة ديالى (بعقوبة) ، وهو يتفرع من الضفة اليسرى لنهر ديالى والذي يبدأ بالجريان من بحيرة حميرين ويدخل إلى مدينة بعقوبة ، وينتهي في البساتين الواقعة نهاية مدينة بهرز حيث يتلاشى فيها ويبلغ الطول الكلي لنهر سارية (59.5) كم³ ويكون غير مبطن ترابي والجزء المبطن منه فقط داخل مدينة بعقوبة بطول (2.8) كم³.

3 – 2 مواقع اخذ النماذج

بعد إجراء المسح الميداني قسمت منطقة الدراسة إلى خمس محطات على طول امتداد نهر سارية (خريسان)، تمثلت المحطة الأولى (الجلالي) والتي تمثل النقطة الأولى لنهر سارية عند مضخة بروانة ، المحطة الثانية تمثل (قرية عبد الحميد) ، المحطة الثالثة تمثل (ناحية العبارة) ، المحطة الرابعة تمثل (بعقوبة المركز) ، المحطة الخامسة تمثل (بهرز) نهاية امتداد النهر، وجدول (2) يمثل الاحداثيات الجغرافية للمحطات.

جدول (2) الاحداثيات الجغرافية لعينات المياه

| الاحداثيات | | المواقع |
|------------|-----------|------------|
| E | N | |
| 44.881246 | 33.968242 | الجلالي |
| 44.695252 | 33.840235 | عبد الحميد |
| 44.655488 | 33.813773 | العبارة |
| 44.640626 | 33.757445 | بعقوبة |
| 44.648267 | 33.711978 | بهرز |

3 – 3 العمل الميداني

جمعت عينات المياه من خمس محطات وبأربعة مكررات لكل محطة لتصبح 20 عينة لكل فصل على عمق 0.30 م بواسطة دلو مدرج على طول نهر سارية على مدار أربعة فصول ابتداء من فصل الخريف عام 2021 وانتهاءً بفصل الصيف عام 2022، وحسب التوقيات التالية في جدول (3)

جدول (3) يوضح تاريخ جمع العينات

| الفصل | تاريخ جمع العينات |
|--------|-------------------|
| الخريف | 2021 - 10 - 15 |
| الشتاء | 2021 - 1 - 15 |
| الربيع | 2022 - 4 - 15 |
| الصيف | 2022 - 7 - 15 |

وتم أخذ العينة من الجانب الأيمن والأيسر ومن وسط النهر ومن ثم خلطهم لتصبح عينة واحدة متجانسة تمثل حالة النهر وتم تلويث القناني الزجاجية بالعينة ثلاث مرات قبل وضع العينات فيها لضمان عدم ضمان حدوث تغير في صفات العينة، واستخدمت قناني زجاجية سعة 1 لتر لكل مكرر (Al-quraishi, 2019). تم إضافة بعض من قطرات حامض النتريك المركز إلى جميع العينات ، وذلك من أجل تجنب أو تقليل الترسيب على جدران القناني ، وكذلك من أجل المحافظة على العينات لوقت أطول، وضعت القناني في حافظة مبردة عند درجة حرارة (4)° ونقلت إلى المختبر من أجل إجراء التحاليل المطلوبة. وفي ما يخص التحاليل البايوكيميائية فقد تم وضعها في قناني ونكر المعتمدة وذلك لتجنب حدوث التغيرات على صفات العينات (Al-quraishi ، 2019) .

3 - 4 التحاليل الحقلية

3 - 4 - 1 درجة الحرارة (T) Temperature

تم قياس درجة حرارة الماء في الموقع مباشرة باستخدام المحرار الزئبقي المدرج (0-100)م

3 - 4 - 2 الاس الهيدروجيني pH

تم قياس الاس الهيدروجيني (pH) باستعمال جهاز قياس درجة الاس الهيدروجيني (pH meter) مباشرة في الحقل بعد أن تم معايرته بالمحاليل القياسية كما ورد في (Page وآخرون، 1982)

3 - 4 - 3 الايصالية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity

تم قياس الايصالية الكهربائية باستخدام جهاز قياس الايصالية الكهربائية Electrical Conductivity meter) بعد معايرتها بالمحاليل القياسية وعبر عن النتائج بوحد المايكروسيمنز سم⁻¹ كما ورد في (Page وآخرون، 1982) .

3-4-4 المواد الصلبة الذائبة الكلية (T.D.S) Total dissolved solid .

تم قياس المواد الصلبة الذائبة الكلية باستخدام جهاز قياس الايصالية الكهربائية (EC – meter) كما ورد في (Page وآخرون، 1982).

3-5 التحاليل المختبرية**3-5-1 العناصر الثقيلة**

تم تقدير العناصر الثقيلة في الماء (Cu، Cr، Ni، Mn، Zn، Pb، Cd، B) باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption) في دائرة مدينة الطب / المركز الاستشاري لاستعلامات ومعالجة التسمم (Jones، 2001).

3-5-2 العسرة الكلية (T.H) Total Hardness

تم تقدير العسرة الكلية بالتسحيح مع محلول $Na_2 EDTA$ (0.001 N) واستخدام (EBT) Eriochrome Black T كدليل وعبر عن النتائج بوحدة ملغم لتر⁻¹ (Richard، 1954).

3-5-3 العكارة Turbidity

تم قياس العكورة باستخدام جهاز قياس العكورة Turbidity meter بعد أن تم معايرته بالمحاليل القياسية لقياس العكورة ، وعبر عن النتائج بوحدة (NTU) Nephelometric Turbidity Unit (5) . كما ورد في (APHA، 1985)

3-6 تقدير الأيونات الذائبة**3-6-1 الكالسيوم والمغنسيوم الذائبان**

تم تقدير ايوني الكالسيوم والمغنسيوم في الماء بالتسحيح مع الفرستريت 0.001 (N) كما ورد في (Richard، 1954) . في مختبرات مديرية البيئة في محافظة ديالى .

3-6-2 الصوديوم والبوتاسيوم

تم قياس تركيز ايوني البوتاسيوم والصوديوم في الماء باستخدام جهاز مطياف اللهب (Flame Photometer) كما ورد في (Page وآخرون، 1982) . في مختبرات مديرية البيئة في محافظة ديالى

3 - 7 الأيونات السالبة**3 - 7 - 1 النترات**

تم تقدير النترات باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) كما ورد في (Baird، 2017) ، وأخذت القراءة على طول موجي (220- 275) نانوميتر.

3-7-2 البيكاربونات

تم تقدير البيكاربونات في الماء بالتسحيح مع (0.01N) حامض الكبريتيك كما ورد في (Page وآخرون، 1982) .

3 - 7 - 3 الكبريتات

تم تقدير الكبريتات في الماء باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) بطريقة التعكير باستخدام كلوريد الباريوم كما ورد في (Black وآخرون 1965) . في مختبرات مديرية البيئة في محافظة ديالى .

3 - 7 - 4 الكلورايد

تم تقدير أيون الكلورايد بطريقة التسحيح بواسطة محلول نترات الفضة القياسي وباستعمال محلول كرومات البوتاسيوم دليل كاشف، وعبر عن النتائج بوحدت ppm كما ورد في (Black وآخرون، 1965) .

3 - 7 - 5 الفوسفات

تم تقدير الفوسفات في الماء باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) على طول موجي 882 نانوميتر كما ورد في (Page وآخرون، 1982) .

3 - 8 التحاليل البايولوجية**3 - 8 - 1 الطلب على الأوكسجين البيوكيميائي (BOD₅) Biological Oxygen****Demand**

تم تقدير (BOD₅) لمدة خمسة أيام باستخدام طريقة (APHA) (Oxitop Bottole، 1996) في مختبرات مديرية البيئة في محافظة ديالى .

3 - 8 - 2 الطلب على الاوكسجين الكيميائي (Chemical Oxygen Demand) (COD)

تم تقدير (COD) الأوكسجين الكيميائي المستهلك وفق الطريقة المذكورة من قبل (APHA، 1996) في مختبرات مديرية البيئة في محافظة ديالى .

3 - 9 العمل المكتبي

3-9-1 مؤشر جودة المياه لأغراض الزراعة

لقد تم وضع برنامجاً لتقييم استخدام المياه لأغراض الري وذلك وفقاً لمديات معايير ومؤشرات منظمة الزراعة والأغذية 1994، كما هو مبين في جدول (4) . تم تطوير البرنامج من قبل المركز الوطني لدائرة الموارد المائية عام 2014، اعتمد مؤخراً من قبل وزارة الموارد المائية (Ewaid، 2017). يتم حساب مؤشرات جودة المياه للري من خلال البرنامج كمخرجات كما مبين في جدول (5) (Ewaid، 2019) ويتضمن تطبيق برنامج (IWQG) خطوتين رئيسيتين هما .

جدول (4) المديات الطبيعية للبارامترات الكيميائية إلى مياه الري (Wilcox، 1955)

| المؤشرات | الوحدات | الحدود الطبيعية |
|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Electric Conductivity (EC) | ديسيمينز م ¹⁻ | 3 - 0 |
| Total Dissolved Solids (TDS) | ملغرام لتر ¹⁻ | 2000 - 0 |
| Magnesium (Mg) ²⁺ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 5 - 0 |
| Calcium (Ca) ²⁺ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 20 - 0 |
| Sodium (Na) ⁺ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 40 - 0 |
| Potassium (K) ⁺ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 2 - 0 |
| Bicarbonate (HCO ₃) ⁻ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 10 - 0 |
| Carbonate (CO ₃) ⁻ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 0.1 - 0 |
| Sulphate(SO ₄) ⁻ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 20 - 0 |
| Chloride (Cl) ⁻ | مليمكافئ لتر ¹⁻ | 30 - 0 |
| Sodium Adsorption Ratio (SAR) | مليمكافئ لتر ^{1/2} | 15 - 0 |
| Potential Hydrogen (PH) | ----- | 8.5 - 6.5 |

جدول (5) يبين مؤشرات جودة مياه الري (Wilcox، 1955).

| الوحدات | المعادلات | المؤشرات |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| مليمكافى لتر ⁻¹ | $SAR = Na \sqrt{Ca+Mg} / 2$ | Sodium Adsorption Ratio SAR |
| | $adj. SAR = (Na \sqrt{Ca+Mg} / 2) * \{1 + (8.4 - PH)\}$ | Adjusted (SAR) Adj. SAR |
| | $PS = Cl^- + 0.5 * SO_4^{2-}$ | Potential Salinity |
| | $Na\% = (Na * 100) / (Ca + Mg + Na + K)$ | Sodium Percentage Na % |
| | $SSP = ((Na + K) * 100) / (Na + Ca + K + Mg)$ | Soluble Sodium percentage (SSP) |
| | $PI = (Na + \sqrt{HCO_3}) * 100 / (Ca + Mg + Na)$ | Permeability Index (PI) |
| | $KR = Na / (Ca + Mg)$ Values of KR =<1 indicate suitability for irrigation; However, KR values > 1 indicate unsuitability for irrigation uses . | Kelley Index (KI) |
| | $RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$ | Residual Sodium Carbonate (RSC) |
| $MH = (Mg / Ca + Mg) * 100$ Values of MH =<50 indicate suitability for irrigation; However, MH values > 50 indicate unsuitability for irrigation uses | Magnesium hazard (MH) | |

الخطوة الأولى هي الطريقة الإحصائية لتحليل المؤشرات الرئيسية HCO_3^- و Cl^- و Na^+ و EC و SAR والتي تعتبر من اهم المؤشرات لتقييم جودة المياه للري كما في الجدول (6) أدناه

جدول (6) قيم المؤشرات الفرعية (Qi) واوزنها (Wi) لحساب مؤشر جودة مياه الري (Meireles وآخرون، 2010).

| Qi | EC ($\mu s cm^{-1}$) | SAR | Na ⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ |
|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | | | Meq l ⁻¹ | | |
| (0 – 35) | or EC < 200 EC ≥ 3000 | SAR < 2 or SAR ≥ 12 | Na ⁺ < 2 or Na ⁺ ≥ 9 | Cl ⁻ < 1 or Cl ⁻ ≥ 10 | HCO ₃ ⁻ < 1 or HCO ₃ ⁻ ≥ 8.5 |
| (35 – 60) | EC 1500 ≤ < 3000 | 6 ≤ SAR ≤ 12 | 6 ≤ Na ⁺ < 9 | Cl ⁻ 7 ≤ < 10 | 4.5 ≤ HCO ₃ ⁻ < 8.5 |
| (60 – 85) | 750 ≤ EC < 1500 | 3 ≤ SAR < 6.0 | 3 ≤ Na ⁺ < 6 | Cl ⁻ < 4 ≤ 7 | 1.5 ≤ HCO ₃ ⁻ < 4.5 |
| (85 – 100) | 200 ≤ EC < 750 | 2 ≤ SAR < 3 | 2 ≤ Na ⁺ < 3 | 1 ≤ Cl ⁻ < 4 | HCO ₃ ⁻ < 1.51 ≤ |
| Wi | 0.211 | 0.189 | 0.204 | 0.194 | 0.202 |

جدول (7) يبين خصائص جودة المياه للري (Ayers و Westcot، 1985).

| Qi | EC (µs cm ⁻¹) | SAR | Na ⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ |
|------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | | | Meq l ⁻¹ | | |
| 0 – 35)) | or EC < 200 EC ≥ 3000 | SAR < 2 or SAR ≥ 12 | Na ⁺ < 2 or Na ⁺ ≥ 9 | Cl ⁻ < 1 or Cl ⁻ ≥ 10 | HCO ₃ ⁻ < 1 or HCO ₃ ⁻ ≥ 8.5 |
| (35 – 60) | EC 1500 ≤ EC < 3000 | 6 ≤ SAR ≤ 12 | 6 ≤ Na ⁺ < 9 | Cl ⁻ 7 ≤ Cl ⁻ < 10 | 4.5 ≤ HCO ₃ ⁻ < 8.5 |
| (60 – 85) | 750 ≤ EC < 1500 | 3 ≤ SAR < 6.0 | 3 ≤ Na ⁺ < 6 | Cl ⁻ < 4 ≤ 7 | 1.5 ≤ HCO ₃ ⁻ < 4.5 |
| (85 – 100) | 200 ≤ EC < 750 | 2 ≤ SAR < 3 | 2 ≤ Na ⁺ < 3 | 1 ≤ Cl ⁻ < 4 | HCO ₃ ⁻ < 1.51 ≤ |
| Wi | 0.211 | 0.189 | 0.204 | 0.194 | 0.202 |

والخطوة الثانية فهي تتمثل في تقييم جودة المؤشرات الفرعية (Qi) ووزن (Wi) لكل مؤشر (ith). ويتم تحديد (Wi) وفقاً الى تقييم المؤشرات لمنطقة الدراسة ، وذلك بالاعتماد على خصائص جودة المياه (Ayers و Westcot، 1985) كما هو موضح في الجدول (7) أعلاه . يفترض أن تكون مجموع قيم (Wi) تساوي (1) كما في الجدول (8) .
 لحساب قيم (Qi) يتم تطبيق المعادلة التالية بناء على حدود التفاوت (10) (Meireles وآخرون، 2010) .

$$Q_i = q_i \max - \frac{(X_{ij} - X_{inf}) * q_i \text{amp}}{X_{amp}} \dots\dots\dots(1)$$

إذا ان

Qi = تصنيف الجودة .

Qi max = اعلى قيمة qi كما مبين في جدول (6) .

Xij = هي اعلى قيمة للدليل كما في جدول (6) .

Xinf = اقل قيمة للدليل كما في جدول (6) .

qamx = الفرق بين قيم (qi) كما في جدول (6) .

Xamp = اقل قيمة (qi) كما في جدول (6) .

ولحساب (IWQI) من خلال تطبيق المعادلة التالية .

$$IWQI = \sum_{i=1}^n Wi * Qi \dots\dots\dots(2)$$

جدول (8) أوزان (IWQI) للمعاملات .

| المعاملات | Wi |
|-------------------------------|-------|
| EC | 0.211 |
| Na ⁺ | 0.204 |
| HCO ₃ ⁻ | 0.202 |
| Cl ⁻ | 0.194 |
| SAR | 0.189 |
| Total | 1 |

وتتراوح قيم (IWQI) بين (0 - 100) وتقسم الى خمس فئات، توضح مدى مقبولة استخدامها لأغراض الري كما مبين في جدول (9). ويتم حساب الدقة الايونية بين الكاتيونات والانيونات عن طريق برنامج (IWQG) على أن لا تتجاوز القيم عن 5 % .

جدول (9) يبين فئات وخصائص قيم (IWQG).

| قيم IWQI | نوع القيود | التوصيات |
|----------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100 – 85 | بدون قيود | التربة يوصى باستخدامها لمعظم أنواع التربة التي من النادر حدوث مشاكل القلوية والملوحة فيها. كما يُوصى باستخدامها لعملية الغسيل مع عمليات الري، باستثناء التربة ذات النفاذية المنخفضة جداً |
| 85 – 70 | قيود منخفضة | نوع النبات مناسب لمعظم النباتات باستثناء النباتات الحساسة للملوحة |
| 70 – 55 | متوسط القيود | نوع النبات مناسب للنباتات متوسطة التحمل للأملح |
| 55 – 40 | قيود عالية | نوع النبات مناسب للنباتات المتوسطة الى عالية التحمل للملوحة. مع اتخاذ إجراء المناسبة في التحكم بالملوحة باستثناء المياه التي تحتوي على تراكيز منخفضة من (Na , Cl , HCO ₃) |
| 40 – 0 | قيود شديدة | نوع النبات يكون مناسباً فقط للنباتات عالية التحمل للملوحة باستثناء التي تحتوي على تراكيز منخفضة من (Na , Cl , HCO ₃) . يجب عدم استخدامه للري في الظروف الطبيعية ، ومع ذلك يمكن استخدامه بصورة متقطعة في بعض الحالات الخاصة. يجب إضافة الجبس للمياه ذات التراكيز المنخفضة من الكالسيوم والمغنسيوم والقيم العالية (SAR). ويجب استخدام هذا النوع من المياه فقط في الترب ذات النفاذية العالية لتجنب تراكم الأملاح مع الزمن لذلك يجب إضافة متطلبات غسل. |

3 - 9 - 2 دليل نوعية المياه CWQI

تم استخدام الموديل الكندي (WQI) كدليل لتقييم جودة نوعية المياه لأغراض الشرب لتمييزه بدقته العالية . (Salman وآخرون، 2015) ، تم تطبيق الموديل الكندي على ثلاث عشرة صفة والمتضمنة كل من (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, PH, TDS, Turp, NO₃, EC, TH) ، على أساسها تم تصنيف مياه نهر سارية حسب الموديل الكندي بصورة موقعية وفصلية و سنوية . وأن مراحل حساب الموديل الكندي (Kumar وآخرون، 2014) كما يلي:

1-مدى (F₁) Scope : عدد العوامل التي تجاوزت المعايير القياسية مقسمة على عدد العوامل الكلية المدروسة .

$$F_1 = \frac{\text{Number of Failed Variables}}{\text{Total Number of Variables}} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

2- لتردد (F₂) Frequency : عدد الاختبارات التي تجاوزت قيمة الحد المسموح به خلال فترة الدراسة مقسمة على العدد الكلي للاختبارات المقاسة .

$$F_2 = \frac{\text{Number of Failed Tests}}{\text{Total Number of Tests}} * 100 \dots \dots \dots (4)$$

3- السعة (F₃) Amplitude : تمثل عدد الاختبارات الفاشلة التي لا تتطابق قيمها مع المعايير القياسية وهي تحسب بخطوتين ، كما يأتي .

A - قياس الانحرافات Excursion : عندما تكون قيم القرائات أعلى من المعايير القياسية وهي تحسب كما يأتي .

$$\text{Excursion } i = \frac{\text{Failad Test Value } i}{\text{Objective}} - 1 \dots \dots \dots (5)$$

B - حساب مجموع الانحرافات المعيارية (Normal Sum of Excursion) nse : وتم حسابها عن طريق مجموع الانحرافات مقسماً على المجموع الكلي للاختبارات وكما يأتي .

$$nse = \frac{\sum_{j=1}^n \text{excursion}}{\text{Total Number of tests}} \dots \dots \dots (6)$$

والان يمكن لنا حساب قيمة F₃ : كما يلي

$$F_3 = \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \dots \dots \dots (7)$$

ومن ثم نحسب دليل نوعية مياه الكندي (CWQI) وفق المعادلة التالية

$$CWQI = 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \dots\dots\dots(8)$$

جدول (10) تصنيف المياه اعتماداً على المؤشر الكندي WQI حسب (Kumar وآخرون، 2014)

| الدرجة | التصنيف | WQI |
|--------|-----------|----------|
| 1 | ممتاز | 100 – 95 |
| 2 | جيد | 94 – 80 |
| 3 | معتدل | 79 – 60 |
| 4 | مشكوك فيه | 59 – 45 |
| 5 | رديء | 44 – 0 |

3-9-3 مؤشرات تقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة

3-9-3-1 مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) Heavy metal Pollution Index

يعد تقييم تلوث المياه بالعناصر الثقيلة ضرورياً، وذلك لأن العناصر الثقيلة تؤثر على جودة المياه، ويتم ذلك عن طريق استخدام مؤشر (HPI)، وأن هذا المؤشر يستخدم لتبيان تأثير العناصر الثقيلة على جودة المياه بشكل فردي أو جماعي. ويتم حساب مؤشر (HPI) بثلاث خطوات أولاً حساب الوزن W_i لكل فئة i^{th} وثانياً جودة التصنيف Q_i لكل عنصر ثقيل، ثالثاً واخيراً تلخيص المؤشرات الفرعية (Singh و Kamal، 2017). حيث يتم تصنيف قيم مؤشر (HPI) الى ثلاث فئات كما موضحة في جدول (11)، وتعد القيمة الحرجة لمؤشر (HPI) التي تم تحديدها (100) (Zeid وآخرون، 2017)، وقد تم اقتراح المعادلة التالية لحساب قيم (HPI) (Venkata وآخرون، 1996).

يتم حساب قيم HPI كما يأتي

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i * Q_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \dots\dots\dots(9)$$

إذ أن

W_i = وزن الوحدة .

Q_i = الفهرس الفرعي لكل خاصية i^{th} .

n = هي عدد الخصائص المختبرة

وان الوحدة الموزونه (Wi) و (Si) متناسبان مع بعضهما البعض بصورة عكسية كما في المعادلة التالية .

$$Wi = \frac{1}{Si} \dots\dots\dots(10)$$

$$Wi = \frac{K}{Si} \dots\dots\dots(11)$$

إذ أن

K = ثابت التناسب وتتراوح قيمته من (0 إلى 1) .

ولحساب قيمة كل عنصر ثقيل يتم استخدام المعادلة التالية

$$Qi = \sum_{i=1}^n \frac{(Mi - Ii)}{(Si - Ii)} * 100 \dots\dots (12)$$

إذ أن

Mi = متوسط المعدن الثقيل

Ii = أعلى قيمة للمعدن الثقيل بوحدة (mg. l⁻¹)

Si = الحد المسموح به للمعدن الثقيل حسب (WHO، 2017) .

جدول (11) تصنيف قيم HPI حسب (Tiwair وآخرون، 2015)

| الحالة | قيم (HPI) |
|--------|-------------|
| منخفض | <15 |
| متوسط | 30 – 15 |
| عالي | >30 |

3- 9 - 3 - 2 مؤشر التلوث المعدني (MI)

أن مؤشر التلوث المعدني يعطي لنا الجودة الاجمالية للمياه فيما يتعلق بالتأثيرات المركبة إلى كل عنصر (Tamasi و Cini، 2004) و (Akobundu، 2012) .

إذ يتم حساب

قيمة MI من خلال المعادلة التالية

$$\frac{Ci}{(MAC)i} \dots\dots\dots(13) \sum_{i=1}^n \text{MI}$$

إذ أن

C_i = تركيز العنصر الثقيل في الوسط

MAC = أقصى تركيز مسموح به إلى العنصر الثقيل نفسه.

وقد تم تصنيف قيم MI إلى ست فئات كما مبين في جدول (12)

جدول (12) تصنيف مؤشر المعادن MI

| قيم MI | الخصائص | الصف |
|---------|------------------|------|
| < 0.3 | فقير جدا | 1 |
| 1 – 0.3 | فقير | 2 |
| 2 – 1 | متأثر بشكل قليل | 3 |
| 4 – 2 | متأثر بشكل معتدل | 4 |
| 6 – 4 | متأثر بشدة | 5 |
| 6 > | متأثر بشكل خطير | 6 |

4- النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION

1-4 العناصر الثقيلة

تم قياس بعض العناصر الثقيلة لمياه نهر سارية خلال فصول الدراسة ، وتتضمن العناصر التالية (Ni ، Cd ، Cu ، Zn ، B ، Cr ، Mn) الموضحة في الجدول (13) .

1-1-4 النيكل (Ni)

يعد انحلال الصخور الحاملة لخامات النيكل هي المصدر الرئيس للنيكل في المياه الجوفية والسطحية، كما تساهم الدورات البيولوجية، والعمليات الصناعية، والتخلص من النفايات مصدراً ثانوياً في زيادة تركيزه في مياه الشرب (WHO ، 2022). يتواجد النيكل بتركيز منخفضة في مياه البحر بحدود (0.002) ملغم لتر⁻¹ (Boyd ، 2000). ويبين لنا الجدول (13) تراكيز لنيكل لنهر سارية خلال فصول الدراسة ، ففي فصل الخريف كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر النيكل (0.00041 و 0.00023) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 ، 5) على التوالي ، بمعدل فصلي (0.0002727) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الشتاء كان اعلى واقل تراكيز لعنصر النيكل (0.00025 و 0.00018) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (3 ، 4) على التوالي بمعدل فصلي (0.000218) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر النيكل (0.00210 و 0.00072) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 ، 1) على التوالي وبمعدل فصلي (0.000131) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الصيف كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر النيكل (0.0014 و 0.00085) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 ، 3) على التوالي وبمعدل فصلي (0.0011) ملغم لتر⁻¹ ، وكان المعدل السنوي لتراكيز النيكل في مياه نهر سارية (0.000072) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة هذه النتائج مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2017) والموصفات القياسية العراقية (IQS ، 2009) كانت ضمن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية والمواصفات العراقية .

4-1-2 الكاديوم (Cd)

يعد الكاديوم مادة شديدة السمية ، يتسبب في حدوث الغثيان ، والفشل الكلوي ، وتلف الكبد ، والتعرض الطويل الأمد لمستويات منخفضة من الكاديوم في الماء أو الغذاء أو الهواء يؤدي إلى تلف كريات الدم والرئة والكبد ، بالإضافة إلى هشاشة العظام ، وتعد المستويات المفرطة من الكاديوم (أعلى من 10 غرام لتر⁻¹) في مياه والشرب الري سامة (prasad، 2008)، وهي تكون نادرة نسبياً في الرواسب الجيولوجية ، وعادة ما تكون في أشكال الهيدروكسيد والكاربونات و يمكن اعتبار عنصر الكاديوم عنصراً ضئيلاً بسبب قلة تركيزه في الصخور والرواسب والماء والهواء . ويبين الجدول (13) تراكيز عنصر الكاديوم في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة ، ففي فصل الخريف كان أعلى تركيز عنصر الكاديوم (0.007) ملغم لتر⁻¹ ، وأقل تركيز (0.0048) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 ، 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00461) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الشتاء كان أعلى تركيز لعنصر الكاديوم (0.013) ملغم لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.0062) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 ، 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.0084) ملغم لتر⁻¹ ، كما سجل أعلى تركيز في فصل الربيع (0.0071) ملغم لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.0042) ملغم لتر⁻¹ في محطة (5 ، 3) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00545) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف فكان أعلى تركيز (0.0051) ملغم لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.0036) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (3 ، 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00454) ملغم لتر⁻¹ ، وأن المعدل السنوي خلال الفصول الأربعة لعنصر الكاديوم في مياه نهر سارية كان (0.00575 ملغم لتر⁻¹) ، وعند مقارنة تراكيز عنصر الكاديوم في المحطات والمعدل الفصلي والمعدل السنوي مع الحدود المسموح لمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2017) والمواصفات القياسية العراقية (IQS ، 2009) تبين أنها قد تجاوزت الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية لجميع الفصول والمواصفات العراقية في فصل الشتاء ، ويعزى سبب ذلك إلى النشاط البشري أي رمي النفايات الملوثة بصورة مباشرة إلى النهر من دون أي معالجة وكذلك التلوث الزراعي مثل استخدام المبيدات الحشرية والاسمدة والتلوث الصناعي (Yousif و Al-Bassam، 2014) .

الجدول (13) تركيز العناصر الثقيلة خلال الفصول في مياه نهر سارية

| B | Mn | Cr | Zn | Cu | pb | Cd | Ni | المحطات |
|-------------------------|----------|---------|-------|--------|--------|---------|----------|---------------|
| ملغرم لتر ⁻¹ | | | | | | | | |
| فصل الخريف | | | | | | | | |
| 0.13 | 0.00094 | 0.0047 | 0.3 | 0.84 | 0.1825 | 0.0053 | 0.00041 | 1 |
| 0.18 | 0.00121 | 0.0043 | 0.17 | 0.76 | 0.2065 | 0.00595 | 0.00023 | 2 |
| 0.205 | 0.00112 | 0.0042 | 0.25 | 0.79 | 0.1425 | 0.00545 | 0.00024 | 3 |
| 0.32 | 0.00151 | 0.0055 | 0.25 | 0.815 | 0.203 | 0.0048 | 0.00025 | 4 |
| 0.2 | 0.00128 | 0.0051 | 0.245 | 0.925 | 0.174 | 0.007 | 0.00023 | 5 |
| 0.207 | 0.00111 | 0.00476 | 0.243 | 0.826 | 0.1817 | 0.00463 | 0.000272 | Av... |
| فصل الشتاء | | | | | | | | |
| 0.655 | 0.000775 | 0.0043 | 0.19 | 0.72 | 0.148 | 0.0072 | 0.00024 | 1 |
| 0.83 | 0.00073 | 0.0047 | 0.33 | 0.72 | 0.112 | 0.013 | 0.00021 | 2 |
| 0.61 | 0.00077 | 0.00375 | 0.29 | 1.03 | 0.149 | 0.0079 | 0.00025 | 3 |
| 0.21 | 0.000334 | 0.00325 | 0.26 | 1.25 | 0.18 | 0.0062 | 0.00018 | 4 |
| 0.8 | 0.00063 | 0.0036 | 0.32 | 0.66 | 0.163 | 0.0077 | 0.00021 | 5 |
| 0.627 | 0.00064 | 0.00392 | 0.278 | 0.7766 | 0.1504 | 0.0084 | 0.000218 | Av... |
| فصل الربيع | | | | | | | | |
| 0.17 | 0.00345 | 0.00405 | 1.38 | 0.68 | 0.122 | 0.00515 | 0.00072 | 1 |
| 0.235 | 0.00345 | 0.00405 | 1.165 | 0.61 | 0.15 | 0.0051 | 0.00072 | 2 |
| 0.31 | 0.0056 | 0.00345 | 1.76 | 0.74 | 0.117 | 0.0042 | 0.00120 | 3 |
| 0.3 | 0.0068 | 0.0039 | 1.475 | 0.835 | 0.097 | 0.0057 | 0.00210 | 4 |
| 0.63 | 0.0062 | 0.0036 | 1.8 | 0.82 | 0.151 | 0.0071 | 0.00184 | 5 |
| 0.329 | 0.0051 | 0.00381 | 1.156 | 0.737 | 0.1274 | 0.00545 | 0.000313 | Av... |
| فصل الصيف | | | | | | | | |
| 0.03 | 0.0033 | 0.0031 | 1.24 | 0.74 | 0.1065 | 0.0044 | 0.00105 | 1 |
| 0.5 | 0.0047 | 0.0029 | 1.14 | 0.47 | 0.0805 | 0.0036 | 0.0011 | 2 |
| 0.45 | 0.0034 | 0.0027 | 1.605 | 0.62 | 0.109 | 0.0051 | 0.00085 | 3 |
| 0.11 | 0.0031 | 0.0036 | 1.135 | 0.49 | 0.1155 | 0.0049 | 0.0011 | 4 |
| 1.26 | 0.0047 | 0.0026 | 1.375 | 0.62 | 0.551 | 0.0047 | 0.0014 | 5 |
| 0.47 | 0.0038 | 0.00298 | 1.299 | 0.588 | 0.1925 | 0.00454 | 0.0011 | Av.. |
| 0.408 | 0.0026 | 0.00386 | 0.744 | 0.7319 | 0.1184 | 0.00475 | 0.000072 | المعدل السنوي |
| 1 | 0.1 | 0.05 | 3.0 | 2.0 | 0.01 | 0.003 | 0.07 | WHO |
| 2 | 0.1 | 0.05 | 3.0 | 1.0 | 0.05 | 0.005 | 0.1 | IQS |

1-4-3 الرصاص (pb)

يعد الرصاص هو المعدن الأكثر وفرة بشكل أكاسيد و كربونات وكبريتات الرصاص ويتواجد الرصاص مع معادن الزنك والنحاس وخامات الفضة ، ويعد معدن كربونات الرصاص ($PbCO_3$) على الأغلب هو المسيطر على تراكيز الرصاص في الماء (Boyd، 2000) ، إضافة الى المصدر الرئيس للرصاص هو عوادم السيارات (AI-Rubaie، 2002)، ويبين جدول (13) تراكيز عنصر الرصاص في مياه نهر سارية، ففي فصل الخريف كان اعلى تركيز عنصر للرصاص (0.2065) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2) واقل تركيز (0.1425) ملغم لتر⁻¹ في محطة (3) وبمعدل فصلي (0.1817) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الشتاء كان أعلى تركيز (0.18) ملغم.لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.112) ملغم.لتر⁻¹ في المحطة (4 ، 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.1504) ملغم لتر⁻¹ ، كذلك فصل الربيع تراوح تركيز عنصر الرصاص ما بين أعلى تركيز (0.151) ملغم.لتر⁻¹ واقل تركيز (0.097) ملغم .لتر⁻¹ في المحطة (5 ، 4) على التوالي بمعدل فصلي (0.1274) ملغم .لتر⁻¹ ، وفي فصل الصيف كان أعلى تركيز لعنصر الرصاص (0.551) ملغم.لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.0805) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 ، 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.1925) ملغم لتر⁻¹، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر الرصاص في مياه نهر سارية (0.1184) ملغم لتر⁻¹ كما في الجدول (13) ، وعند مقارنة تراكيز عنصر الرصاص في المحطات والمعدل الفصلي والمعدل السنوي مع الحدود المسموح للمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2017) والمواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) تبين انها قد تجاوزت الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية والمواصفات العراقية ، ويعزى ذلك إلى ازدياد الأنشطة الزراعية بالقرب من النهر، وهذا يؤدي إلى طرح الملوثات الى مجرى النهر من غير معالجة إلى الموارد المائية السطحية والجوفية وبالتالي فهي تشكل خطراً على البيئة وصحة الانسان (Chen وأخرون، 2005) .

1-4-4 النحاس (Cu^{2+})

تعد مركبات النحاس نادرة للغاية بالطبيعة، وأن قابلية ذوبان النحاس وتنقله تكون ممتازة في البيئات الحامضية المؤكسدة (أس هيدروجيني أقل من 6) (Bravin وأخرون، 2012)، يتواجد النحاس مرتبطاً مع الكبريت في البيئات المؤكسدة وبالتالي تكوين كبريتات النحاس على شكل معقدات ذات مواد عضوية غير قابلة للذوبان والحركة، (Drever, 1997). ويعد عنصر النحاس من المغذيات الصغرى المهمة للكائنات الحية ، ويلعب دوراً أساسياً في عملية البناء الضوئي ، وتكوين الكلوروفيل وتكوين الكربوهيدرات والبروتينات ، ويوضح الجدول (13) تركيز عنصر النحاس في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة . ففي الخريف كان أعلى تركيز لعنصر النحاس (0.925) ملغم لتر⁻¹

وأقل تركيز (0.76) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 و 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.826) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء فكان أعلى تركيز (1.25) ملغم لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.66) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 5) على التوالي وبمعدل فصلي (0.7766) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع كان أعلى تركيز (0.835) ملغم لتر⁻¹ ، وأقل تركيز (0.61) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 2) على التوالي بمعدل فصلي (0.737) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف كان أعلى تركيز (0.74) ملغم لتر⁻¹ وأقل تركيز (0.47) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 3) على التوالي وبمعدل فصلي (0.588) ملغم لتر⁻¹ ، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر النحاس في مياه نهر سارية (0.7319) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة هذه النتائج مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) والموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) كانت ضمن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية والموصفات العراقية. وأنَّ الاستخدام الواسع لعنصر النحاس يؤدي الى تلوث التربة والمياه عن طريق الممارسات الزراعية (مبيدات الافات ، الأسمدة الكيميائية ، وحماة الصرف الصحي) وبعض الأنشطة البشرية والطرق العامة أيضاً ، وهذا مما سبب ارتفاع تركيز عنصر النحاس في بعض المحطات.

4-1-5 الزنك (Zn)

يعد أيون الزنك من من الأيونات الضرورية للنباتات والحيوانات ، ولكن الكميات الكبيرة منه يمكن أن تشكل خطراً على الإنسان (WHO، 2017)، إذ عند زيادة تركيزه في ماء الشرب عن (5) ملغم لتر⁻¹ يعطي طعاماً غير مستساغ ومرراً للماء ، لذلك حدد تركيزه أقل من (3) ملغم لتر⁻¹ (عقراوي ، 2021)، وتكون تراكيز أيون الزنك منخفضة بصورة عامة نتيجة انخفاض قابلية ذوبانية معادنه ضمن مدى الأس الهيدروجيني للمياه الطبيعية (Boyd، 2000) ، ويبين الجدول (13) تركيز عنصر الزنك في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة . ففي الخريف كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الزنك (0.3 و 0.17) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.243) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الزنك (0.33 و 0.19) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 1) على التوالي وبمعدل فصلي (0.278) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الربيع كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الزنك (1.8 و 1.165) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 5) على التوالي بمعدل فصلي (1.516) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الزنك (1.605 و 1.135) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (3 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (1.024) ملغم لتر⁻¹ ، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر الزنك في مياه نهر سارية (0.765) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة متوسطات الفصول الأربعة والمعدل السنوي لمياه نهر سارية مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) والموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) تبين أنها كانت ضمن الحدود

المسموح بها . وإنَّ المستويات العالية من الزنك قد تأتي من أنظمة الصرف الصحي ، والأسمدة ، وحقول تسمين الحيوانات ، والنفايات الصناعية ومخلفات معالجة الأغذية (Gutierrez، 2008) .

4-1-6 الكروم (Cr)

مصدر الكروم في المياه هو ناتج من أكسدة الكروم الطبيعي المتواجد في التكوينات الجيولوجية للصخور النارية (Zaffiro وآخرون، 2011) . ومن المصادر الأخرى للكروم في المياه هي الأنشطة البشرية والتي تتمثل بأعمال التعدين ، وإنتاج السبائك المعدنية ، والطلاء ، والصباغة وتساقط الرماد الذي يكون ناتجاً من حرق النفايات والوقود المستخدم في توليد الطاقة ، جميعها هذه المصادر تنتقل إلى شبكات الصرف الصحي ومن ثم مباشرة إلى الأنهار (Brasili وآخرون، 2020) . ويبين لنا الجدول (13) تراكيز عنصر الكروم في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة . ففي الخريف كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الكروم (0.0042 و 0.0055) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 ، 3) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00476) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الكروم (0.0047 و 0.00235) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00392) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الكروم (0.00405 و 0.0039) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 4) على التوالي بمعدل فصلي (0.00381) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف كانت أعلى وأقل تراكيز لعنصر الكروم (0.0036 و 0.0026) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 5) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00298) ملغم لتر⁻¹ ، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر الكروم في مياه نهر سارية (0.00386) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة متوسطات الفصول الأربعة والمعدل السنوي لمياه نهر سارية مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) (الموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) تبين أنها كانت ضمن الحدود المسموح بها .

4-1-7 المنغنيز (Mn)

يعد المنغنيز أحد العناصر الأكثر شيوعاً وانتشاراً في التربة والصخور . وأنَّ المنغنيز والحديد مرتبطان ارتباطاً وثيقاً في السلوك ، ولكن توجد بعض الاختلافات المهمة بينهما في الكيمياء المائية ، على الرغم من أنَّ المنغنيز أقل وفرة بكثير من الحديد في القشرة الأرضية ، عند أكسدة المنغنيز الثنائي في الماء يكون راسب (MnO₂) أسود اللون (Wiener ، 2013) (Hem ، 1989) ويبين لنا الجدول (13) تراكيز عنصر المنغنيز في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة . ففي الخريف كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر المنغنيز (0.00151 و 0.00094) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 1) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00111) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر المنغنيز

(0.00077 و 0.000334) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (3 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.00064) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر المنغنيز (0.0068 و 0.00345) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 1) على التوالي بمعدل فصلي (0.0051) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف (0.0047 و 0.0031) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.0038) ملغم لتر⁻¹ ، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر المنغنيز في مياه نهر سارية (0.0026) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة متوسطات الفصول الأربعة والمعدل السنوي لمياه نهر سارية مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) (الموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) تبين أنها كانت ضمن الحدود المسموح بها .

8-1-4 البورون

البورون هو مكون طبيعي للمياه العذبة ، وإن مصدر البورون هو تجوية لصخور وترشيح التربة والبراكين وغيرها من العمليات الطبيعية . وعلى هذا تختلف تراكيز البورون من منطقة إلى أخرى بشكل كبير ، لأنها تعتمد على التركيب الجيولوجي للمنطقة، ويبين لنا الجدول (13) عنصر البورون في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة . ففي الخريف كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر البورون (0.32 و 0.18) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 1) على التوالي وبمعدل فصلي (0.207) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر البورون (0.83 و 0.21) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (2 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (0.627) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر البورون (0.63 و 0.17) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 و 1) على التوالي بمعدل فصلي (0.329) ملغم لتر⁻¹ ، أما في فصل الصيف كان أعلى وأقل تراكيز لعنصر البورون (1.26 و 0.03) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (5 و 1) على التوالي وبمعدل فصلي (0.47) ملغم لتر⁻¹ ، وسجل المعدل السنوي لتركيز عنصر البورون في مياه نهر سارية (0.408) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة متوسطات الفصول الأربعة والمعدل السنوي لمياه تراكيز البورون في مياه نهر سارية مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) (الموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) تبين أنها كانت ضمن الحدود المسموح بها . باستثناء المحطة (5) في فصل الصيف فقد تجاوزت الحدود المسموح بها ، وقد يعزى ذلك إلى مياه الصرف الصحي ، واستخدام الأسمدة الزراعية ، والمبيدات ، إذ يتحول البورون في المياه إلى بورات الذي لا ينفصل بسهولة عن البورون وهو النوع السائد في المياه العذبة . (Wiener، 2013) .

4-2 الأيونات الموجبة والسالبة

تم تحليل الأيونات الموجبة والسالبة التالية (HCO_3^- ، SO_4^{2-} ، Cl^- ، K^+ ، Na^+ ، Mg^{2+} ، Ca^{2+})، PO_4^{3-} في مياه نهر ساربه خلال الفصول الأربعة (الخريف، الشتاء، الربيع، الصيف) والمدرجة في جدول (14).

4-2-1 الأيونات الموجبة

4-2-1-1 الكالسيوم

أظهرت النتائج في جدول (14) تباين في تراكيز أيون الكالسيوم خلال فترة الدراسة ففي فصل الخريف سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (76) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (50) ملغم. لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (63.2) ملغم لتر⁻¹. وفي فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة التالية (3) البالغة (120) ملغم. لتر⁻¹ وأدنى تركيز في محطة (1) البالغة (63) ملغم. لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (92.6) ملغم. لتر⁻¹. وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في محطة (3) البالغة (100) ملغم. لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة (4) البالغة (60) ملغم لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل الفصلي (85.8). أما في فصل الصيف فقد سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (160) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (56) ملغم. لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل الفصلي (89.2) ملغم لتر⁻¹. وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز أيون الكالسيوم في مياه نهر ساربه (82.75) ملغم. لتر⁻¹.

وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر ساربه مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) كانت ضمن الحدود المسموح بها، وعند مقارنتها مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) قد تجاوزت الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية باستثناء المحطة (1 و2 و3) لفصل الخريف، ومحطة (1) لفصل الشتاء ومحطة (4) في فصل الربيع، ومحطة (1 و2) في فصل الصيف. أما بالنسبة مقارنة المعدل الفصلي بين الفصول فقد تجاوزت الفصول جميعها الحدود المسموح بها عند مقارنتها مع منظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) باستثناء المعدل الفصلي في فصل الخريف.

ويعود سبب انخفاض تركيز الكالسيوم في محطة (1) إلى أن هذه المحطة (الأولى) هي بداية مجرى النهر و ان ارتفاع تركيز الكالسيوم في محطة (2 و3) قد يعود إلى اذابة بعض المعادن في مجرى النهر مثل الدولومايت، والانهرايت، الجبس، الكلس، الطين والفلدسبار فضلا عن الكالسيوم المغسول من إضافة الأسمدة الفوسفاتية، أما انخفاض تركيز الكالسيوم في محطة (4) وذلك بسبب ضخ مياه تعزيرية لنهر ساربه من نهر دجلة عن طريق محطة الضخ في منطقة أسفل الخالص لمدينة بعقوبة، لذلك نلاحظ انخفاض تركيز الكالسيوم لجميع الفصول باستثناء فصل الصيف كان معدوم بسبب الطلب

الزائد للمياه خلال فصل الصيف في مدينة بعقوبة وهي اكبر مدن محافظة ديالى والكميات التعزيزية كانت مساوية أو قريبة من الكمية المستهلكة لذلك يكون التغير طفيفاً، أما ارتفاع تركيز الكالسيوم في محطة (5) تعود لسببين اولاً تعتبر نقطة ا تلاشي النهر فضلاً لضخ مياه تعزيره من نهر ديالى الذي يعتبر ذات EC عالية نتيجة صب اغلب مياه الميازل و مياه الصرف الصحي في النهر عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز وان مياه نهر ديالى تصب فيه العديد من الميازل ومياه الصرف الصحي ومخلفات المستشفيات .

جدول (14) تراكيز الأيونات الموجبة والسالبة لمياه نهر سارية

| المحطات | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ⁼ | HCO ₃ ⁻ | NO ₃ | PO ₄ ⁻ | الاتزان الايوني |
|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| ملغم لتر ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| فصل الخريف | | | | | | | | | | |
| 1 | 50 | 24 | 51.35 | 5 | 70 | 140 | 109 | 2.26 | 0.0329 | -0.29 |
| 2 | 60 | 28 | 49.56 | 5.65 | 88 | 150 | 130 | 2.60 | 0.0548 | 4.69 |
| 3 | 70 | 30 | 54.16 | 5.45 | 101 | 160 | 133 | 2.7 | 0.0460 | -0.29 |
| 4 | 60 | 26 | 46 | 4.68 | 77 | 135 | 120 | 0.62 | 0.0329 | 2.24 |
| 5 | 76 | 34 | 57.5 | 7.9 | 106 | 169 | 140 | 4.37 | 0.057 | 3.57 |
| Av... | 63.2 | 28.5 | 51.71 | 5.73 | 89 | 150 | 126.56 | 2.51 | 0.044 | 2.21 |
| فصل الشتاء | | | | | | | | | | |
| 1 | 63 | 20 | 51.75 | 5.8 | 88 | 150 | 198 | 0.87 | 1.153 | -3.93 |
| 2 | 100 | 48 | 82.8 | 4.4 | 159 | 250 | 200 | 1.085 | 0.107 | 0.40 |
| 3 | 120 | 53 | 92 | 4.15 | 194 | 260 | 244 | 1.510 | 1.53 | -1.02 |
| 4 | 80 | 30 | 69 | 3.95 | 141 | 180 | 176.9 | 0.868 | 0.138 | 4.29 |
| 5 | 100 | 46 | 80.5 | 6 | 124 | 200 | 195.2 | 1.165 | 0.52 | -1.98 |
| Av... | 92.6 | 39 | 75.21 | 4.86 | 141 | 208 | 203 | 1.009 | 0.611 | 2.324 |
| فصل الربيع | | | | | | | | | | |
| 1 | 87 | 17 | 141 | 3 | 177 | 200 | 122 | 0.847 | 0.0087 | 3.71 |
| 2 | 94 | 24 | 156.4 | 3.35 | 194 | 265 | 134.2 | 0.984 | 0.0329 | 1.31 |
| 3 | 100 | 30 | 161 | 3.75 | 205.5 | 289 | 140.3 | 0.973 | 0.4344 | 1.64 |
| 4 | 60 | 12 | 142 | 2.4 | 177 | 145 | 91.5 | 0.858 | 0.0373 | 3.60 |
| 5 | 88 | 19 | 158.7 | 2.85 | 187.88 | 260 | 128.1 | 0.940 | 0.4278 | 0.66 |
| Av... | 85.8 | 20 | 151.82 | 3.07 | 188.26 | 231 | 123.16 | 0.920 | 0.188 | 2.184 |
| فصل الصيف | | | | | | | | | | |
| 1 | 56 | 19 | 92 | 2 | 70.9 | 165 | 122 | 0.230 | 0.042 | 2.61 |
| 2 | 60 | 21 | 103 | 2.2 | 106 | 215 | 146 | 0.115 | 0.2117 | 2.57 |
| 3 | 80 | 24 | 114 | 2.7 | 113 | 200 | 152 | 0.075 | 0.392 | 4.22 |
| 4 | 90 | 25 | 116 | 3.45 | 117 | 270 | 170 | 0.056 | 0.0757 | 0.75 |
| 5 | 160 | 26 | 132 | 4 | 124 | 300 | 183 | 0.399 | 0.160 | 1.96 |
| Av... | 89.2 | 23 | 112 | 2.87 | 106 | 230 | 154.86 | 0.175 | 0.176 | 2.422 |
| المعدل السنوي | 82.75 | 28 | 100 | 4.13 | 131.58 | 277.6 | 150.69 | 0.588 | 0.254 | 2.28 |
| المعايير ملغم.لتر⁻¹ | | | | | | | | | | |
| | 75 | 100 | 200 | 12 | 250 | 250 | 350 | 50 | 350 | WHO |
| | 200 | 150 | 200 | 3 | 250 | 250 | 200 | 50 | 200 | IQS |

4-2-1-2 المغنسيوم

أنَّ عنصر المغنسيوم يماثل عنصر الكالسيوم بالعمليات الكيميائية لكنه يتواجد بكمية أقل منه بصورة دائبة في الماء بسبب ترسيبه ويكون سريع الاتحاد مع المركبات العضوية في الماء، ويعد العنصران الكالسيوم والمغنسيوم من العناصر الرئيسة المسببة لعسرة المياه (Hem ، 1989)، ويبين الجدول (14) تباين في تراكيز أيون المغنسيوم في فصل الخريف سجل اعلى تركيز في محطة (5) البالغة (34) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في محطة (1) البالغة (24) ملغم لتر⁻¹، والمعدل الفصلي بلغ (28.5) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الشتاء سجل اعلى تركيز في محطة (3) البالغة (53) ملغم لتر⁻¹، وأدنى تركيز في محطة (1) البالغة (20) ملغم لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (39) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الربيع سجل اعلى تركيز في محطة (3) البالغة (30) ملغم لتر⁻¹، وأدنى تركيز في محطة (1) البالغة (17) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (20) ملغم لتر⁻¹، اما في فصل الصيف فقد سجل أعلى تركيز في محطة (5) البالغة (26) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في محطة (2) البالغة (19) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (23) ملغم لتر⁻¹. وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز ايون المغنسيوم في مياه نهر سارية (28) ملغم لتر⁻¹. وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) فيظهر لنا أنها ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية وحدود منظمة الصحة العالمية، وأن أدنى التراكيز سجلت في محطة (1) لجميع الفصول باستثناء فصل الربيع في محطة (4) ، واعلى التراكيز في محطة (3) خلال فصل الشتاء والربيع ومحطة (5) خلال فصل الخريف والصيف، وقد يعود سبب انخفاض تركيز المغنسيوم في محطة (1) ألى أنها المحطة (الأولى) لبداية مجرى النهر، وأما ارتفاع تركيز المغنسيوم في محطة (5 و3) بسبب تجوية معادن المنطقة التي تحتوي على المغنسيوم مثل معدن الدولومايت ،فضلاً عن دور مياه المبالز الزراعية التي تحتوي على بقايا الأسمدة والمبيدات الزراعية وكذلك بسبب مياه الصرف الصحي. أما انخفاض تركيز لمغنسيوم في محطة (4)، وذلك بسبب ضخ مياه تعزيزية لنهر سارية من نهر دجلة من مضخة أسفل الخالص لمدينة بعقوبة لذلك نلاحظ انخفاض في تركيز المغنسيوم الا ان هذا التغير في محطة (4) كان طفيفاً أو شبه معدوم خصوصاً في فصل الربيع بسبب الطلب الزائد للمياه خلال فصل الربيع في مدينة بعقوبة وهي اكبر مدن محافظة ديالى والكميات التعزيزية مساوية او قريبة من الكمية المستهلكة لذلك يكون التغير طفيفاً، اما ارتفاع التركيز في المحطة (5) فهي تعتبر نقطة النهاية أو نقطة تلاشي النهر وأيضاً بسبب المياه التعزيزية التي تنقل من نهر ديالى الى هذه المحطة عن طريقة مضخة الرفع جنوب بهرز ، لذلك

تكون تراكيز الأيونات عالية لعدة أسباب منها عملية التجوية ومياه المبالز، وفضلات المدن التي ترمى على طول مجرى النهر.

3-1-2-4 الصوديوم Na^+

المياه الطبيعية في مجمل حالتها لا تخلو من أيون الصوديوم، وهو يعد من الأيونات القلوية الشديدة التفاعل والذوبان في المياه، ويوجد بشكل أيون احادي الشحنة موجب Na^+ (WHO, 2022) ويبين لنا الجدول (14) تراكيز ايون الصوديوم ، ففي فصل الخريف سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (57) ملغم. لتر⁻¹ ، وأدنى تركيز في المحطة (4) البالغة (46) ملغم. لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (51.71) ملغم. لتر⁻¹، وفي فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة (3) البالغة (92) ملغم. لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (51) ملغم لتر⁻¹ ، والمعدل الفصلي بلغ (75) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع سجل اعلى تركيز في المحطة المتمثلة (3) البالغة (161) ملغم. لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (141) ملغم. لتر⁻¹ ، وقد بلغ المعدل الفصلي (151). أما في فصل الصيف سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (132) ملغم. لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (92) ملغم لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل الفصلي (112) ملغم. لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز أيون الصوديوم في مياه نهر سارية (100) ملغم. لتر⁻¹، وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009)، ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) كانت ضمن الحدود المسموح بها. و أن أدنى تركيز سجل في محطة (1) لجميع الفصول باستثناء فصل الخريف في المحطة (4) وأعلى التراكيز في محطة (5) لفصلي الخريف والصيف وفي محطة (3) لفصلي الشتاء والربيع ، ويعود سبب انخفاض تركيز الصوديوم في المحطة (1)، أذ تعد هذه المحطة هي نقطة الصفر لبداية مجرى النهر وأما ارتفاع تركيز الصوديوم في محطة (2 و3) بسبب مياه المبالز وما تحمله من صوديوم نتيجة عمليات الغسل للتربة، أما انخفاض تركيز الصوديوم المحطة (4) وذلك من خلال ما يتم تحويل مياه تعريزية من نهر دجلة عن طريق مضخة اسفل الخالص الى المحطة (4) بعقوبة لذلك نلاحظ انخفاضاً في تركيز الصوديوم، إلا أن هذا التغير في المحطة (4) كان طفيف أو شبه معدوم خصوصاً في فصل الصيف، بسبب الطلب الزائد للمياه خلال فصل الصيف في مدينة بعقوبة أكبر مدن محافظة ديالى كانت الكميات التعريزية مساوية او قريبة من للكمية المستهلكة لذلك يكون التغير طفيف، التي تمثل مدينة بعقوبة مما يؤدي إلى تخفيف تركيز أيون الصوديوم ، أما عودة ارتفاع تركيز الصوديوم في المحطة (5) في ناحية بهرز التي تمثل أخر محطة التي يتلاشى وينتهي عندها النهر، ويكون جارفاً معها الملوثات من المحطات السابقة التي مر بها والنفايات لتصب فيه وذلك لأنخفاض منسوب النهر في هذه المحطة

وأيضاً كما ذكرنا بسبب المياه التي تنقل من نهر ديالى الى هذه المحطة عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز ، ويعزى ارتفاع تركيز الصوديوم في بعض المحطات خلال المواسم الأربعة إلى مياه الصرف الصحي ، ومياه البزل ، وكذلك بسبب عمليات غسل التربة والتكوينات الجيولوجية (البراوري، 2004). أما سبب ارتفاع تركيز الصوديوم في فصل الربيع مقارنة مع بقية الفصول هو أن إدارة السد تزيد من الاطلاقات في فصل الصيف والخريف وتقلل من الاطلاقات في فصل الشتاء والربيع لأسباب ، أولاً توفير خزين لفصل الصيف كإجراء احترازي، وثانياً الاعتماد على مساهمة مياه الأمطار ، وقلة التبخر ، وقلة الطلب على المياه في فصل الشتاء من أجل الحفاظ على مستوى مياه جيدة في النهر، إلا أن هذا الإجراء قد يكون له انعكاسات سلبية.

4-1-2-4 البوتاسيوم K^+

يعد البوتاسيوم هو أحد الايونات الموجبة الأحادية الشحنة ، ويتواجد بنسبة أقل من أيون الصوديوم في المياه ، وذلك بسبب ندرة انتشاره وكذلك قلة ذوبانه في الماء، فضلا عن تثبيته في التربة (الحايك، 2017) ، يوضح الجدول (14) تراكيز أيون البوتاسيوم خلال الفصول الأربعة. ففي فصل الخريف سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (7.9) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (5) ملغم لتر⁻¹ ، والمعدل الفصلي بلغ (5.73) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (5) البالغة (6) ملغم. لتر⁻¹ ، وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (4) البالغة (3.95) ملغم لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (4.86) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في المحطة (3) البالغة (3.75) ملغم لتر⁻¹ ، وأدنى تركيز في المحطة (4) البالغة (2.4) ملغم لتر⁻¹ ، وقد بلغ المعدل الفصلي (3.07) ملغم لتر⁻¹. أما في فصل الصيف سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (5) البالغة (4) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (2) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (2.87) ملغم لتر⁻¹ ، وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز أيون البوتاسيوم في مياه نهر سارية (4.13) ملغم لتر⁻¹. وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع لحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) نجدها ضمن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية ، لكنها قد تجاوزت الحدود المسموح بها للموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) وذلك بسبب مرور النهر بالاراضي الزراعية التي يتم فيها استعمال الأسمدة الفوسفاتية والتي يكون من ضمن تركيبها البوتاسيوم ، فضلا عن تأثيرها بمياه الصرف الصحي (الخفاجي، 2015). و ان ادنى التراكيز كانت في محطة (4) للفصول كلها باستثناء فصل الصيف كانت في المحطة (1) وأعلى التراكيز سجلت في المحطة (5) لكل الفصول باستثناء فصل الربيع في محطة (3) ، ويلاحظ أيضا انخفاض التركيز في المحطة (4) خلال فصلي الخريف والشتاء والربيع ومن ثم يرتفع التركيز في المحطة (4)

ذلك بسبب الاطلاقات المائية من نهر دجلة من مضخة أسفل الخالص التي تغذي المحطة (4) مما يؤدي الى حدوث عملية تخفيف لتركيز أيون البوتاسيوم وأما المحطة (5) فهي تمثل نهاية أنحدار مجرى النهر الذي تصب في الملوثات والنفايات و أيضا بسبب المياه التي تنقل من نهر ديالى الى هذه المحطة عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز والتي تكون غنية بمياه المبالز ومياه الصرف الصحي ومخلفات المستشفيات التي تصب في نهر ديالى ، وكذلك انخفاض منسوب المياه في هذه المحطة. أما سبب عدم تاثر المحطة (4) في فصل الصيف ، وذلك بسبب الطلب الزائد على المياه خلال فصل الصيف .

4-2-2 الأيونات السالبة

4-2-2-1 الكلورايد Cl^{-1}

الكلورايد هو أحد الأيونات السالبة الشحنة، ويبين الجدول (14) أختلافاً في تراكيز أيون الكلورايد خلال الفصول الأربعة، أذ سجل أعلى تركيز في فصل الخريف في المحطة (5) البالغة (106) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز سجل في المحطة (1) البالغة (70) ملغم لتر⁻¹، والمعدل الفصلي بلغ (89) ملغم لتر⁻¹، كما سجلت أعلى تركيز في فصل الشتاء في المحطة (3) البالغة (195) ملغم لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (88) ملغم لتر⁻¹، والمعدل الفصلي بلغ (141) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في المحطة (3) البالغة (205.5) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1و4) البالغة (177) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (188) ملغم لتر⁻¹. أما في فصل الصيف سجل أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (124) ملغم لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (70.9) ملغم لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل الفصلي (106) ملغم لتر⁻¹. وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز أيون الكلورايد في مياه نهر سارية (131) ملغم لتر⁻¹، وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009)، ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) نجدها ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية وحدود منظمة الصحة العالمية. و أن أدنى التراكيز سجلت في محطة (1) لجميع الفصول، وأعلى التراكيز في لمحطة (3) خلال فصل الشتاء والربيع، والمحطة (5) خلال فصل الخريف والصيف، و أن في فصلي الشتاء والربيع تكون التراكيز مرتفعة ثم تنخفض في المحطة (4) ومن ثم تعود لترتفع في المحطة (5) سبب ذلك هو المياه التي تحول من نهر دجلة عن طريق محطة ضخ أسفل الخالص الى المحطة (4) مما يؤدي الى حدوث تخفيف لتركيز أيون الكلورايد، ومن ثم ترتفع في المحطة (5) التي تمثل أخر منطقة يمر عندها النهر، والتي يتم تحويل المياه اليه من نهر ديالى عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز اذ تكون هذه المياه محملة بمياه المبالز والمجاري ومخلفات

المستشفيات مما سبب ارتفاع نسبة التلوث فيها ، ويعزى الارتفاع الطفيف في بعض المحطات إلى ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض منسوب مياه نهر سارية ، وكذلك طبيعة الطبقات الصخرية التي يجري عبرها النهر فضلاً عن تدفق مياه المخلفات المدنية والصناعية.

4-2-2-2 الكبريتات SO_4^-

تعد الكبريتات من الأيونات السالبة الواسعة الانتشار في البيئة المائية، وذلك بسبب اتحادها وتفاعلها مع الأيونات الموجبة المختلفة. في الغالب ما تكون على شكل أيون سالب ثنائي التكافؤ (SO_4^-) (الاسدي، 2012) وبين الجدول (14) اختلاف في تراكيز أيون الكبريتات، فسجلت التراكيز في فصل الخريف أعلى تركيز في المحطة (5) البالغة (169) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة (4) البالغة (135) ملغم لتر⁻¹ ، والمعدل الفصلي بلغ (150.8) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة (3) البالغة (260) ملغم لتر⁻¹ ، وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (150) ملغم لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (208) ملغم لتر⁻¹ . وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في محطة (3) البالغة (289) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في محطة (4) البالغة (145) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (235.8) ملغم لتر⁻¹ . أما في فصل الصيف سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (5) البالغة (300) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة (1) البالغة (165) ملغم لتر⁻¹ ، وقد بلغ المعدل الفصلي (230) ملغم لتر⁻¹ ، وقد بلغ المعدل السنوي لتراكيز أيون الكبريتات في مياه نهر سارية (277.65) ملغم لتر⁻¹ ، وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) ومنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) ففي فصل الخريف كان ضمن الحدود المسموح بها ، أما في فصل الشتاء والربيع والصيف فقد تجاوز الحدود المسموح بها في بعض المحطات في المحطة (2و3) في الشتاء والمحطة (2و3و5) في الربيع ، والمحطة (4 و5) في فصل الصيف . ويعزى سبب ارتفاع تراكيز الكبريتات في هذه المحطات عن الحدود المسموح بها إلى زيادة كمية الفضلات المنزلية والزراعية التي تصرف إلى بيئة النهر، وأن نوبان الصخور الجبسية تعد من مصادر الكبريتات في المياه، الأنهار.

وإن أدنى تركيز للكبريتات سجل في المحطة (4) في فصل الخريف والشتاء والربيع والمحطة (1) في فصل الصيف . وسجل أعلى التراكيز في المحطة (5) في فصل الخريف والصيف والمحطة (3) في فصل الشتاء والربيع . ويبين أن تركيز أيون الكبريتات في فصلي الشتاء والربيع تكون مرتفعة ومن ثم تنخفض في المحطة (4) ومن ثم ترتفع في المحطة (5) يعزى السبب في ذلك إلى الامدادات المائية من نهر دجلة خلال الفصلين إذ يتم تحويل امدادات للمياه إلى المحطة (4) عن طريق محطة ضخ أسفل الخالص من أجل تغطية الاستهلاكات المائية في هذه المحطة كونها تمثل مركز مدينة

بعقوبة وتكون ذات كثافة سكانية عالية ، وأن هذا الاجراء سيؤدي الى حدوث عملية تخفيف لتركيز أيون الكبريتات في هذه المحطة ومن ثم يعود ليرتفع في المحطة (5) التي تمثل نهاية مجرى النهر اذ يكون جارفاً معها الملوثات التي تصب فيه بالإضافة إلى التعزيزات المائية التي تنقل من نهر ديالى عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز الى هذه المحطة وكذلك انخفاض منسوب النهر في هذه المحطة .

3-2-2-4 البيكاربونات HCO_3^-

تعد البيكاربونات من الأيونات السالبة الشحنة . ويبين الجدول (14) تركيز أيون البيكاربونات خلال فترة الدراسة ، فقد سجلت أعلى تركيز لفصل الخريف في المحطة (5) البالغة (140) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (109) ملغم لتر⁻¹ والمعدل الفصلي بلغ (126.5) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة (3) البالغة (244) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (4) البالغة (176) ملغم لتر⁻¹، والمعدل الفصلي بلغ (203) ملغم لتر⁻¹. وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (3) البالغة (140) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (4) البالغة (91.5) ملغم. لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (123.16) ملغم لتر⁻¹. اما في فصل الصيف فقد سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (5) البالغة (183) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (122) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (154) ملغم لتر⁻¹. وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز أيون البيكاربونات في مياه نهر سارية (150) ملغم لتر⁻¹، وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) كانت ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية ، وحدود منظمة الصحة العالمية. و أن أدنى التراكيز سجلت في المحطة (1) للفصول جميعها وأعلى التراكيز في المحطة (5) للفصول جميعها ، ويظهر أن في فصلي الخريف والصيف تكون التراكيز مرتفعة ثم تنخفض في المحطة (4) ومن ثم تعود لترتفع في المحطة (5) وسبب ذلك هو المياه التي تحول من نهر دجلة عن طريق محطة ضخ أسفل الخالص الى المحطة (4) مما يؤدي الى حدوث تخفيف لتركيز أيون البيكاربونات ومن ثم ترتفع في المحطة (5) بسبب التعزيزات المائية من نهر ديالى والتي تحول عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز الى المحطة (5) والتي تكون حاوية على مياه المبالز ومخالفات المستشفيات ومياه المجاري التي تصب في نهر ديالى مما أدى إلى ارتفاع نسبة الملوثات فيها، وأن مصدر البيكاربونات في المياه من عمليات التجوية للمعادن الكربوناتيّة بواسطة حامض الكربونيك والذي ينتج من تفاعل CO_2 المتواجد في الجو مع مياه الأمطار وبمساعدة درجة الحرارة يتكون حامض الكربونيك المخفف ، وأن هذا الحامض يكون سريع التفكك الى البيكاربونات (Lindsay. 1979) .

3-2-4 المغذيات

3-2-4-1 النترات NO_3

إنّ النترات هي الصورة السائدة للنتروجين في الماء ، وتدخل إلى البيئة المائية عن طريق طرح الفضلات المنزلية المختلفة وبالأخص الفضلات العضوية وفضلات المزارع التي تلعب دور مهماً في ذلك بسبب استعمال الأسمدة الكيميائية النتروجينية والتي يكون لها دور كبير في زيادة تركيز الاملاح المغذية مما يسبب في حدوث ضاهرة الإثراء الغذائي ، بالإضافة الى فضلات المصانع ، ويبين الجدول (14) تركيز أيون النترات خلال الفصول الأربعة في مياه نهر سارية ، ففي فصل الخريف تراوح تركيز ايون النترات ما بين (0.62 الى 4.37) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و5) على التوالي ، وبمعدل فصلي (2.51) ملغم لتر⁻¹ واما في فصل الشتاء كانت ما بين (0.86 الى 1.510) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4، 5) على التوالي ، بمعدل فصلي (1.009) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الربيع كانت ما بين (0.847 الى 0.984) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1، 2) على التوالي وبمعدل فصلي (0.920) ملغم لتر⁻¹ وأما فصل الصيف كانت ما بين (0.056 إلى 0.399) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و5) على التوالي وبمعدل فصلي (0.175) ملغم لتر⁻¹ والمعدل السنوي (0.588) ملغم لتر⁻¹. وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) كانت ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية وحدود منظمة الصحة العالمية ، و تبين أنّ في فصلي الشتاء والربيع تكون التراكيز مرتفعة ثم تنخفض في المحطة (4) ومن ثم تعود لترتفع في المحطة (5) سبب ذلك هو المياه التي تحول من نهر دجلة بسبب ارتفاع منسوب نهر دجلة خلال الفصليين عن طريق محطة ضخ أسفل الخالص الى المحطة (4) مما يؤدي الى حدوث تخفيف لتركيز أيون النترات ومن ثم ترتفع في المحطة (5) التي تمثل أخر منطقة يمر عندها النهر حاملاً معه الملوثات وكذلك بسبب التعزيزات المائية التي تنقل من نهر ديالى عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز إلى هذه المحطة .

3-2-4-2 الفوسفات PO_4^-

يوجد أيون الفسفور على هيئة أيون الفوسفات في المياه السطحية الطبيعية ، ويكوّن مركبات مع مواد شبة غروية ومواد عضوية (العبيدي ، 2010)، وإنّ الفوسفات هي من أهم العوامل المحددة لنمو الكائنات الحية في البيئة المائية ، وذلك بسبب قابليتها على التجمع في الرواسب بالإضافة إلى قابليتها الشديدة للامتزاز على معادن الطين ، ويبين الجدول (14) اختلافاً في تراكيز أيون الفوسفات خلال الفصول الأربعة، ففي فصل الخريف سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (5) البالغة (0.057) ملغم لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1 و4) البالغة (0.0329) ملغم لتر⁻¹ ، والمعدل الفصلي بلغ (0.044) ملغم لتر⁻¹ ، وأما فصل الشتاء سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (3) البالغة (1.53) ملغم لتر⁻¹ ، وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (2) البالغة (0.107) ملغم لتر⁻¹ ، والمعدل الفصلي بلغ

(0.611) ملغم لتر⁻¹. وفي فصل الربيع سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (3) البالغة (0.4344) ملغم. لتر⁻¹ وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (0.0087) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (0.188). أما في فصل الصيف سجل أعلى تركيز في المحطة المتمثلة (3) البالغة (0.392) ملغم لتر⁻¹، وأدنى تركيز في المحطة المتمثلة (1) البالغة (0.042) ملغم لتر⁻¹ وقد بلغ المعدل الفصلي (0.176) ملغم لتر⁻¹، وقد بلغ المعدل السنوي لتركيز ايون الفوسفات في مياه نهر سارية (0.254) ملغم لتر⁻¹، وعند مقارنة هذه التراكيز والمعدل الفصلي والسنوي لمياه نهر سارية مع المواصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) ومع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) نجدها ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات العراقية، وحدود منظمة الصحة العالمية، وأن دنى التراكيز سجلت في محطة (1) في الخريف والربيع والصيف والمحطة (2) في فصل الشتاء، وأعلى القيم سجلت في محطة (5) في الخريف والمحطة (3) في الشتاء والربيع والصيف على التوالي. ويظهر أن في فصلي الشتاء والربيع تكون التراكيز مرتفعة ثم تنخفض في محطة (4) ومن ثم تعود لترتفع في المحطة (5) وسبب ذلك هو المياه التي تحول من نهر دجلة عن طريق محطة ضخ اسفل الخالص الى المحطة (4) من ما يؤدي الى حدوث تخفيف لتركيز أيون الفوسفات، ثم تعود لترتفع في محطة (5) التي تمثل اخر منطقة يمر عندها النهر حاملاً معها الملوثات. أما انخفاض الفسفور في المحطة (5) في فصل الصيف، أن المياه شبه متوقفة عن الجريان وبسبب نشاط النباتات المائية قد استنزف الفسفور في المنطقة، ومن مصادر الفوسفات في المياه المخلفات المدنية والصناعية بالإضافة إلى مياه المبازل، ومياه الصرف الزراعي التي تكون حاوية على الأسمدة والمبيدات، وكذلك جرف التربة التي تحتوي على تراكيز عالية منه والتي ترفع من تركيزها في حال تم صرفها إلى الأنهار.

3-4 التوازن الأيوني

تم حساب الاتزان الأيوني بين الأيونات الموجبة والسالبة باستخدام برنامج خاص لتحديد جودة المياه برنامج (IWQG)، ويفترض البرنامج أن لا تتجاوز النسبة بين الأيونات الموجبة والسالبة (5%) وإلا فإن البرنامج لا يسمح بالانتقال إلى خطوة أخرى. كم موضح في جدول (14).

4-4 التحاليل الكيميائية

تم تحليل بعض الصفات الكيميائية لمياه نهر سارية خلال الفصول الأربعة، وتشمل الصفات التالية (pH و EC و TDS) الموضحة في جدول (15)

1-4-4 الاس الهيدروجيني (pH)

يظهر جدول (15) تبايناً في قيم الأس الهيدروجيني في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة، تراوحت قيم الأس الهيدروجيني في فصل الخريف ما بين (7.38 الى 7.94) في المحطة (1 و 5) على التوالي وبمعدل (7.76)، وفي فصل الشتاء ما بين (7.57 الى 7.95) في المحطة (4 و 5) على التوالي وبمعدل (7.80)، وفي فصل الربيع ما بين (7.68 الى 8.11) في المحطة (1 و 5) على التوالي وبمعدل (7.90)، وفي فصل الصيف ما بين (7.25 الى 8.1) في المحطة (4 و 5)

على التوالي وبمعدل (7.65) ، و المعدل السنوي بقيمة (7.77) ، وعند مقارنة هذه القيم مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) والموصفات القياسية العراقية (IQS ، 2009) تبين أن جميع القيم كانت ضمن الحدود المسموح بها . وحسب تصنيف (Komatina ، 2004)، تصنف المياه في نهر سارية الى قلووية ضعيفة في جميع الفصول مع المعدل السنوي للنهر كما في جدول (16) .

الجدول (15) بعض الصفات الكيميائية خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية .

| TDS | EC | pH | المحطات |
|------------------------|------------------------------|---------|---------------|
| ملغم لتر ⁻¹ | مايكروسيمنز سم ⁻¹ | | |
| فصل الخريف | | | |
| 461.56 | 720.3 | 7.38 | 1 |
| 501.82 | 784 | 7.42 | 2 |
| 559.37 | 783.8 | 7.58 | 3 |
| 469.70 | 732 | 7.48 | 4 |
| 590 | 921.8 | 7.94 | 5 |
| 516.49 | 788.3 | 7.76 | AV... |
| فصل الشتاء | | | |
| 578.55 | 909.3 | 7.83 | 1 |
| 823 | 1285 | 7.88 | 2 |
| 970.11 | 1515 | 7.8 | 3 |
| 684.61 | 1068 | 7.57 | 4 |
| 752.45 | 1175 | 7.95 | 5 |
| 761.4 | 1190 | 7.80 | AV... |
| فصل الربيع | | | |
| 747 | 1167 | 7.68 | 1 |
| 871.65 | 1361.9 | 7.8 | 2 |
| 928 | 1450 | 7.84 | 3 |
| 629.5 | 928 | 8.1 | 4 |
| 844 | 1318 | 8.11 | 5 |
| 804.03 | 1245.13 | 7.90 | AV... |
| فصل الصيف | | | |
| 559.6 | 874.3 | 7.75 | 1 |
| 629.1 | 982.3 | 7.69 | 2 |
| 681.3 | 1064 | 7.5 | 3 |
| 790.5 | 1234.4 | 7.25 | 4 |
| 840.26 | 1321.4 | 8.1 | 5 |
| 700.15 | 1093.43 | 7.65 | AV... |
| 695.51 | 1979.28 | 7.77 | المعدل السنوي |
| 1000 | <1000-2000 | 6.5-8.5 | 2017،WHO |
| 1000 | 1500 | 6.5-8.5 | 2009، IQS |

جدول (16) تصنيف المياه حسب قيمة الـ pH الهيدروجيني وفق (Komatina, 2004)

| | | | | | | |
|----|------------------|---------|------------------|---------|-----------------|------|
| pH | <3.5 | 3.5-5.5 | 5.5-6.8 | 6.8-7.2 | 7.2-8.5 | >8.5 |
| | شديد الحامضية | حامضي | ضعيف الحامضية | طبيعي | ضعيف القلوية | قلوي |

2-4-4 الايصالية الكهربائية EC

يبين الجدول (15) قيم الايصالية الكهربائية خلال فصول الدراسة ، إذ تراوحت قيم الايصالية الكهربائية في فصل الخريف ما بين اعلى قيمة واقل قيمة (921.8 الى 720.3) مايكروسيمنز سم⁻¹ في المحطة (5 و 1) على التوالي وبمعدل فصلي (788.3) مايكروسيمنز سم⁻¹ وفي فصل الشتاء ما بين اقل قيمة وأعلى قيمة (909.3 الى 1515) مايكروسيمنز سم⁻¹ في المحطة (4 و 5) على التوالي بمعدل فصلي (1245.13) مايكروسيمنز سم⁻¹ وفي فصل الربيع ما بين أقل قيمة وأعلى قيمة (928 الى 1361.9) مايكروسيمنز سم⁻¹ في المحطة (2 و 4) على التوالي وفي فصل الصيف ما بين أقل قيمة وأعلى قيمة (874.3 الى 1321.5) مايكرو سيمنز سم⁻¹، في المحطة (1 و 5) وبمعدل فصلي (1093.43) مايكروسيمنز سم⁻¹ والمعدل السنوي بقيمة (1079.28) مايكروسيمنز سم⁻¹، وأن سبب التباين في قيم الايصالية الكهربائية يعود الى تباين تراكيز الأيونات في المحطات خلال الفصول المشار اليها في جدول (13) وعند مقارنة هذه القيم مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2017) ومع الموصفات القياسية العراقية (IQS 2009) نجدها ضمن الحدود المسموح بها، وأن قيم الايصالية الكهربائية كانت منخفضة في محطة (4) في فصلي الشتاء والربيع ومن ثم ارتفعت في محطة (5) في فصل الصيف، و سبب ذلك يعود الى الاطلاقات المائية من نهر دجلة التي تضاف الى المحطة (4) عن طريق محطة ضخ اسفل الخالص مما يؤدي إلى تخفيف تركيز الأيونات الذائبة في الماء وهذا سيؤثر على قيم الايصالية الكهربائية فتتخفض، لأنها تعتمد على تركيز الأيونات الذائبة في الماء، وسبب الزيادة في المحطة (5) كما ذكرنا انها تمثل المحطة التي يتلاشى عندها النهر حاملاً معه الملوثات التي تصب فيها وكذلك بسبب المياه التي تنقل من نهر ديالى عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز والتي تكون حاوية على مياه المبالز ومياه الصرف الصحي ومخلفات المستشفيات، وأيضاً انخفاض منسوب النهر عند هذه المحطة من ما يسبب ارتفاع تركيز الأيونات وبالتالي ارتفاع قيم الايصالية الكهربائية، ووفقاً لتصنيف (Detay ، 1997) الذي يوضح العلاقة بين الايصالية الكهربائية والتمعدن الموضح في جدول (17)، تبين أن نوع المياه في فصل الخريف كانت مياه معدنية عالية، وأما في باقي الفصول الثلاثة كان نوع المياه معدنية بشكل مفرط .

الجدول (17) العلاقة بين الايصالية الكهربائية والتمعدن حسب تصنيف (Detay، 1997)

| EC مايكروسيمنز سم ⁻¹ | التمعدن |
|---------------------------------|-----------------------|
| <100 | مياه معدنية ضعيفة جدا |
| 100-200 | مياه معدنية ضعيفة |
| 200-400 | مياه معدنية قليلا |
| 400-600 | مياه معدنية متوسطة |
| 600-800 | مياه معدنية عالية |
| >1000 | مياه معدنية بشكل مفرط |

3-4-4 المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)

يبين الجدول (15) قيم المواد الصلبة الذائبة الكلية خلال الفصول الأربعة . ففي فصل الخريف تراوحت أقل قيمة وأعلى قيمة ما بين (461.56 الى 590) ملغم لتر⁻¹ المحطة (1 و 5) على التوالي وبمعدل فصلي (516.49) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الشتاء تراوحت أقل قيمة وأعلى قيمة ما بين (578.55 الى 970.11) ملغم لتر⁻¹ ، في المحطة (1 و 3) وبمعدل فصلي (761.4) ملغم لتر⁻¹ ، وفي فصل الربيع تراوحت أقل قيمة وأعلى قيمة ما بين (629.5 الى 928) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (3 و 4) على التوالي وبمعدل فصلي (804.03) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الصيف تراوحت أقل قيمة وأعلى قيمة ما بين (559.6 الى 840.26) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5) وبمعدل فصلي (700.15) ملغم لتر⁻¹ والمعدل السنوي بقيمة (695.51) ملغم لتر⁻¹ وعند مقارنة هذه القيم مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) والموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) نجدها ضمن الحدود المسموح بها ، ويلاحظ أن قيم (TDS) في فصلي الشتاء والربيع تكون مرتفعة ثم تنخفض في المحطة (4) ومن ثم ترتفع في المحطة (5) ، وأما في فصل الصيف تكون منخفضة في محطة (4) من ثم ترتفع في المحطة (5) ويعزى سبب ذلك إلى الإضافات المائية من نهر دجلة التي تضاف عن طريق محطة ضخ أسفل الخالص إلى المحطة (4) التي تمثل مدينة بعقوبة من أجل تغطية الاحتياجات المائية للمدينة ، وان هذا يؤدي إلى حدوث عملية تخفيف للأيونات الذائبة في الماء مما يؤثر على قيم TDC فتتخفض ، أما المحطة (5) فهي تمثل آخر محطة التي يتلاشى عندها النهر حاملاً معه الملوثات من المحطات المار بها لتصب في المحطة (5) مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأيونات الذائبة في الماء وبالتالي زيادة قيم TDS، ووفقاً لتصنيف (Todd, 2007) لتصنيف المياه السطحية على أساس تركيز المواد الصلبة والأملاح الذائبة الكلية فإن نوعية المياه خلال الفصول الأربعة في نهر سارية كانت ضمن فئة المياه العذبة كما موضح في الجدول (18) .

جدول (18) لتصنيف فئة المياه السطحية على أساس تركيز المواد الصلبة الذائبة واأملأح الذائبة الكلية وفقاً (Todd.2007)

| صنف الماء | TDS\ملغم لتر ⁻¹ |
|---------------------|----------------------------|
| مياه عذبة | 0-1000 |
| مياه ملحية نوعاً ما | 1000-3000 |
| مياه ملحية | 3000-10000 |
| مياه مالحة | 10000-100000 |
| مياه خطيرة الملوحة | <100000 |

5-4 التحاليل الفيزيائية

تم تحليل بعض الصفات الفيزيائية لمياه نهر سارية خلال الفصول الأربعة، وتشمل الصفات التالية (و T.H و Turbidity و Temperature) الموضحة في جدول (19)

1-5-4 العسرة الكلية (TH)

يبين الجدول (19) قيم العسرة الكلية لمياه نهر سارية خلال فصول الدراسة، ففي فصل الخريف تراوحت قيم العسرة الكلية أقل قيمة وأعلى قيمة ما بين (225.25 الى 330.36) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5)، على التوالي وبمعدل فصلي (275.10) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الشتاء تراوحت ما بين (290.29 الى 520) ملغم لتر⁻¹، في المحطة (1 و 3) على التوالي، وبمعدل فصلي (405.12) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الربيع تراوحت ما بين (200.19 الى 374.89) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 3) على التوالي وبمعدل فصلي (299.6) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الصيف تراوحت ما بين أقل وأعلى قيمة (226.24 الى 504) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5) وبمعدل فصلي (317.22) ملغم لتر⁻¹، والمعدل السنوي (324.51) ملغم لتر⁻¹ وعند المقارنة مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (2017,WHO) والموصفات القياسية العراقية (IQS، 2009) نجد جميع المحطات مع المعدل الفصلي والسنوي ضمن الحدود المسموح بها باستثناء المحطة (5) في فصل الصيف فقد تجاوزت الحدود وذلك بسبب التركيز العالي للأيونات الكالسيوم والمغنسيوم في هذه المحطة المشار إليها في جدول (13) ويلاحظ انخفاض قيم العسرة الكلية في المحطة (4) في فصل الصيف ومن ثم ترتفع في المحطة (5)، يعزى سبب ذلك الى الاطلاقات المائية من نهر دجلة التي تضاف الى محطة (4) عن طريق محطة ضخ اسفل الخالص هذا يؤدي الى حدوث عملية تخفيف لتركيز ايونات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبان في الماء، وبالتالي انخفاض قيم العسرة الكلية لأنها تعتمد على ايونات الكالسيوم والمغنسيوم (Verma, 2018) (الحمداني، 2020) وترتفع في المحطة (5)، لأنها تمثل نهاية

مجرى النهر التي تصب وتتراكم فيها الملوثات ، وان حسب تصنيف (SpeIlmen،2013) لعسرة المياه السطحية فان نهر سارية صنف في فصل الخريف صعب العسرة باستثناء المحطة (5) كانت شديدة العسرة وفصل الشتاء صنف شديد العسرة باستثناء المحطة (1) كانت صعبة العسرة ، وفي فصل الربيع صنف شديد العسرة باستثناء المحطة (1,4) صنفت صعب العسرة ، وفصل الصيف صنف شديد العسرة باستثناء المحطة (1,2) كانت صعب العسرة والمعدل السنوي صنف شديد العسرة كما في الجدول (20) ، وإن عسرة المياه تعمل عند استخدامها للري على إذابة المادة العضوية في التربة .وكذلك تتسبب في تشتت الطين ،وفي النهاية تؤدي الى ضعف تركيب بناء التربة مما يؤدي الى عرقلة أو بطئ حركة المياه عبر قطاع التربة (Zaman و آخرون،2018)

الجدول (19) بعض الصفات الفيزيائية خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية .

| T | Turp | TH | المحطات |
|-------------------|-------|------------------------|---------------|
| °م | (NTU) | ملغم لتر ⁻¹ | |
| فصل الخريف | | | |
| 26 | 45 | 225.25 | 1 |
| 27 | 53 | 264.70 | 2 |
| 28 | 57 | 299.83 | 3 |
| 29 | 60 | 255.61 | 4 |
| 29.5 | 63 | 330.36 | 5 |
| 27.9 | 55.6 | 275.10 | AV... |
| فصل الشتاء | | | |
| 14.8 | 48 | 290.29 | 1 |
| 15.1 | 50 | 450.50 | 2 |
| 15.1 | 66 | 520 | 3 |
| 14.7 | 56 | 324.85 | 4 |
| 15.6 | 74 | 439.98 | 5 |
| 15.06 | 58.8 | 405.12 | AV... |
| فصل الربيع | | | |
| 22.4 | 40 | 287.28 | 1 |
| 27.9 | 45 | 335.34 | 2 |
| 29.2 | 55 | 374.89 | 3 |
| 25.2 | 48 | 200.19 | 4 |
| 26.2 | 73 | 300.30 | 5 |
| 26.1 | 52.2 | 299.6 | AV... |
| فصل الصيف | | | |
| 34.3 | 70 | 226.24 | 1 |
| 36.3 | 100 | 230.24 | 2 |
| 37 | 105.5 | 300.31 | 3 |
| 38.5 | 80 | 325.33 | 4 |
| 39.5 | 380 | 504 | 5 |
| | 147.1 | 317.22 | AV... |
| 26.595 | 78.42 | 324.51 | المعدل السنوي |
| | 5 | 500 | 2017،WHO |
| | 5 | 500 | 2009، IQS |

الجدول (20) تصنيف عسرة المياه السطحية وفقاً (Speiimen، 2013)

| التصنيف | (Spellman، 2013) |
|--------------|--------------------|
| ناعم | 0-75 |
| قليل العسرة | 75-150 |
| صعب العسرة | 150-300 |
| شديدة العسرة | Over 300 |

2-5-4 العكارة (Turbidity)

يبين الجدول (18) قيم العكارة خلال فصول الدراسة ، ففي فصل الخريف تراوحت ما بين (45 - 63) NTU في المحطة (1 و 5) على التوالي وبمعدل (55.6) NTU وفي فصل الشتاء تراوحت ما بين (48 - 74) NTU في المحطة (1 و 5) على التوالي بمعدل فصلي (58.8) NTU ، وفي فصل الربيع تراوحت ما بين (40 - 73) NTU ، وفي المحطة (1 و 5) على التوالي وبمعدل فصلي (52.2) NTU وفي فصل الصيف ما بين (70 - 380) و NTU في المحطة (1 و 5) على التوالي ، وبمعدل فصلي (147.2) NTU ، والمعدل السنوي (78.42) NTU ، وعند مقارنة قيم العكارة لجميع المحطات خلال الفصول والمعدل الفصلي لكل الفصول والمعدل السنوي مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) والحدود (IQS، 2009) قد تبين أنها متجاوزة في جميع المواقع للفصول ، وكذلك المعدل الفصلي للفصول الأربعة . وإن سبب تعكر المياه أو عكورة المياه المواد الصلبة العالقة في الماء ، إذ أن المواد الصلبة العالقة في الماء والعكارة يتناسبان مع بعضهما بعلاقة طردية أي كلما ازدادت العكارة زادت المواد الصلبة العالقة والعكس صحيح . (Davie، 2008) وكذلك الجريان السطحي الذي يكون مصاحباً للرواسب بالإضافة إلى وجود الشوائب الغير عضوية في الماء ، وتحلل المخلفات النباتية في الماء .

3-5-4 درجة الحرارة (T)

يبين الجدول (19) قيم درجة الحرارة خلال فصول الدراسة . فتراوحت قيم درجة الحرارة في فصل الخريف ما بين (26 إلى 29.5) °م في المحطة (1 ، 5) على التوالي وبمعدل فصلي (27.9) °م ، وفي فصل الشتاء تراوحت ما بين (14.8 إلى 15.6) °م وبمعدل فصلي (15.06) °م ، وفي فصل الربيع تراوحت ما بين (22.4 إلى 29.2) °م في المحطة (1 ، 3) وبمعدل فصلي (26.1) °م ، وفي فصل الصيف تراوحت ما بين (34.3 إلى 39.5) °م في المحطة (1 ، 5) بمعدل فصلي (37.12) °م ، ووفقاً لتصنيف (Komatina ، 2004) لدرجة حرارة الماء صنف فصل الخريف على أنه مياه دافئة ، وفصل الشتاء مياه باردة وفصل الربيع مياه دافئة ، وفصل الصيف مياه حارة كما في الجدول (21)

جدول (21) تصنيف درجة حرارة المياه السطحية وفق (Komatina، 2004)

| صنف المياه | تصنيف درجة الحرارة |
|---------------------------|--------------------|
| مياه باردة | (>20) م° |
| مياه دافئة | (20-30) م° |
| مياه حارة | (37-42) م° |
| مياه عالية الحرارة | (42-100) م° |
| مياه فوق الأشباع بالحرارة | (>100) م° |

4-6 التحاليل البيولوجية

تم دراسة بعض الخصائص البيوكيميائية في مياه نهر سارية خلال فصول الدراسة، وشملت كلاً من (BOD₅ و COD) كما في الجدول (22).

4-6-1 الطلب على الأوكسجين البيولوجي (BOD₅) Biological Oxygen Demand

يقصد بالطلب على الأوكسجين البيولوجي هو التغير في تركيز الأوكسجين المذاب عند تحضين العينة في الظلام ولمدة (5) أيام، ويعد من أهم المعايير المستخدمة لتقييم جودة المياه فيما يتعلق بالمادة العضوية الموجودة في صورتها المعلقة والذائبة (Ahipathy و Puttaiah، 2006). ويبين لنا الجدول (22) قيم مؤشر (BOD) خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية، وكانت قيم المؤشر منخفضة في موقع (1) لجميع الفصول وضمن الحدود المسموح بها للموصفات القياسية العراقية (IQS، 1996)، أما أعلى قيمة فقد سجلت لموقع (5) في جميع الفصول وكانت خارج الحدود المسموح بها للموصفات القياسية العراقية (>5)، ويعزى ذلك إلى أن هذا الموقع يمثل نهاية مجرى النهر وكان تركيز الملوثات العضوية فيه بنسب عالية، إذ أن القيم الأعلى من (BOD₅) تشير إلى تلوث المياه (Mukherjee، 2012)، أما معدل قيم BOD₅ خلال الفصول كانت (4.06 و 6.2 و 5.5 و 5.08) ملغم لتر⁻¹ خلال فصل الخريف والشتاء والربيع والصيف على التوالي، والمعدل السنوي (5.21) ملغم لتر⁻¹ وجميعها كانت خارج الحدود المسموح بها للموصفات القياسية العراقية (>5) ملغم لتر باستثناء فصل الخريف، ويعزى سبب ذلك إلى وجود العديد من أنواع البكتريا التي تكون مسؤولة عن تحلل النفايات العضوية مثل النباتات الميتة والأوراق العشبية أو مياه الصرف الصحي أو فضلات الطعام الموجودة في المياه، ووفقاً لتصنيف (Pandey وآخرون، 2005) لتقييم تلوث المياه اعتماداً على قيم (BOD₅) كما في الجدول (23) صنفت المياه في فصل الخريف في المحطة (1) نظيفة، أما باقي المحطات وكذلك المعدل الفصلي فكانت ضمن الفئة الحرجة، وأما في فصل الشتاء صنفت المحطة (1) نظيفة جداً والمحطة (2) و (3) و (4) ضمن الفئة الحرجة والمحطة (5) صنفت (ملوثة) وصنف المعدل الفصلي ضمن الفئة الحرجة، وفي فصل الربيع صنفت المحطة (1) ضمن الفئة الحرجة، والمحطات الأخرى مع المعدل الفصلي صنفت ضمن الفئة الحرجة وفي فصل الصيف صنفت جميع المحطات مع المعدل الفصلي (حرجة)، والمعدل السنوي صنف (حرجة)، وهذا يعود إلى ارتفاع نسبة الملوثات العضوية في النهر وكذلك أعداد البكتريا التي تعمل على تحلل هذه المواد (عون وآخرون، 2019).

الجدول (22) بعض الصفات البايولوجية خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية .

| COD | BOD | المواقع |
|-------------------------|------|---------------|
| ملغرم لتر ⁻¹ | | |
| الخريف | | |
| 6 | 2 | 1 |
| 8 | 3.5 | 2 |
| 8 | 3.8 | 3 |
| 9 | 4.5 | 4 |
| 11 | 6.5 | 5 |
| 8.4 | 4.06 | المعدل |
| الشتاء | | |
| 4 | 0 | 1 |
| 6 | 4 | 2 |
| 9 | 5 | 3 |
| 16 | 9 | 4 |
| 19 | 13 | 5 |
| 10.8 | 6.2 | المعدل |
| الربيع | | |
| 9 | 3 | 1 |
| 11 | 5 | 2 |
| 10 | 4.5 | 3 |
| 13 | 6 | 4 |
| 15 | 9 | 5 |
| 11.6 | 5.5 | المعدل |
| الصيف | | |
| 12 | 4.7 | 1 |
| 11 | 4.5 | 2 |
| 12 | 5 | 3 |
| 10 | 4 | 4 |
| 14 | 7.2 | 5 |
| 11.8 | 5.08 | المعدل |
| 10.65 | 5.21 | المعدل السنوي |
| 5 > | 5 > | 2009، IQS |

جدول (23) تصنيف نوعية المياه اعتماداً على قيم (BOD₅) وفق تصنيف (Pandey) وآخرون (2005)،

| نوع المياه | BOD ₅ \ ملغم لتر ⁻¹ |
|---------------|-------------------------------------------|
| نظيفة جداً | <1 |
| نظيفة | 2 |
| قد تكون نظيفة | 3 |
| حرجة | 5 |
| ملوثة | >10 |

4-6-2 الطلب على الأوكسجين الكيمائي (COD) Chemical Oxygen Demand

الطلب على الأوكسجين الكيمائي هو مقياس لكمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية والغير عضوية في الماء، ويعد مؤشر سريعاً للدلالة على وجود المركبات العضوية وكميتها، وغالباً ما تكون قيم COD اعلى من قيم BOD₅ بسبب عملية الأكسدة التي تحدث (Hassan و Abbawi، 1990)، لأن المركبات ممكن أن تتأكسد كيميائياً، والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجياً لذلك فهو مقياس في تحديد كمية المواد العضوية في المياه (Rahman، 2006). ويبين الجدول (22) تراكيز COD خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية، ففي فصل الخريف تراوحت قيم COD ما بين (6 إلى 11) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5) على التوالي، بمعدل فصلي (8.4) ملغم لتر⁻¹ وفي فصل الشتاء تراوحت ما بين (4 إلى 19) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5) على التوالي، بمعدل فصلي (10.8) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الربيع تراوحت ما بين (9 إلى 15) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (1 و 5) على التوالي، بمعدل فصلي (11.6) ملغم لتر⁻¹، وفي فصل الصيف تراوحت ما بين (10 - 14) ملغم لتر⁻¹ في المحطة (4 و 5) على التوالي وبمعدل فصلي (11.8) ملغم لتر⁻¹ وسجل المعدل السنوي (10.65)، وعند مقارنة هذه القيم مع الموصفات القياسية العراقية (IQS، 1996) كانت جميع قيم الطلب على الأوكسجين الكيمائي في جميع المحطات مع المعدل الفصلي والمعدل السنوي قد تجاوزت الحدود المسموح بها، ويعزى سبب ذلك الى وجود الملوثات العضوية المتمثلة ببقايا أوراق النباتات، وبقايا الأطعمة والنفايات العضوية الموجودة في النهر، وكذلك وجود الملوثات الغير عضوية التي تكون ناتجة من مياه الصرف الصناعي (عون وآخرون، 2019).

4-7 مؤشرات جودة المياه لأغراض الري

يتم تحديد استخدام الماء لأغراض الري اعتماداً على كمية الاملاح الذائبة في الماء، وكمية مياه الري والتربة والمناخ ونوع النبات (Al-Salih، 2016)، ويتم تحديد إنتاجية أي محصول من خلال جودة المياه وخصائص التربة والظروف البيئية ونوع المحصول ومحتوى المواد العضوية والظروف

المناخية وطرق الري (Dawood و Ahmed، 2016)، توجد العديد من المشاكل التي يمكن أن تحدث بسبب استخدام نوعية المياه الرديئة منها الملوحة، والسمية، وقلة النفاذية مما تنعكس على المحاصيل الحساسة للملوحة (Al-Azawi و Al-Shamma'a، 2016)، تم اقتراح العديد من التصانيف لتقييم مدى ملائمة المياه لأغراض الري والزراعة هذه التصانيف أتمدت مجموعة من العوامل مثل الانيونات والكاتيونات و EC و TDS و pH، و نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) ونسبة الصوديوم (% Na)، و كاربونات الصوديوم المتبقية القابلة للذوبان (RSC)، ومؤشر النفاذية (PI)، ونسبة كيلي (KR)، والصوديوم القابل للذوبان النسبة المئوية (SSP)، ونسبة امتزاز الصوديوم المعدل (Adj.SAR)، ومؤشر الملوحة المحتمل (PS)، سمية المغنسيوم (MH) كما هو موضح في الجدول (24).

1-7-4 النسبة المئوية للصوديوم (% Na)

النسبة المئوية للصوديوم هي مصطلح آخر يستخدم لتقييم جودة المياه لأغراض الري، على غرار SAR، ولكن SAR هي علاقة ما بين الصوديوم، والكالسيوم، والمغنسيوم بينما تمثل النسبة المئوية للصوديوم نسبة الصوديوم من جميع الكاتيونات (الكالسيوم، والمغنسيوم، والبوتاسيوم) (Todd، 2007). ويظهر الجدول (24) تباين في النسبة المئوية للصوديوم في فصل الخريف سجلت أعلى نسبة في محطة (1) والبالغة (34.31)% وأدنى نسبة في محطة (5) والبالغة (30.43)% والمعدل الفصلي بنسبة (30.43)% وفي فصل الشتاء سجلت أعلى نسبة في محطة (1) بنسبة (33.06)% وأدنى نسبة في محطة (3) بنسبة (28.28)% والمعدل الفصلي بنسبة (30.44)% وفي فصل الربيع سجلت أعلى نسبة في محطة (4) بنسبة (60.90)% وأدنى نسبة في المحطة المتمثلة (3) بنسبة (48.59)%، والمعدل الفصلي بنسبة (53.17)%، وفي فصل الصيف سجلت أعلى نسبة في المحطة المتمثلة (2) بنسبة (49.89)% وأدنى نسبة في محطة (5) بنسبة (36.98)% والمعدل الفصلي بنسبة (44.75)% والمعدل السنوي بنسبة (39.69)% . وان سبب التباين والاختلاف في النسب يعود الى تركيز ايون الصوديوم من الكاتيونات المشار إليه في جدول (13)، ووفقا لتصنيف (Don، 1995) لتصنيف مياه الري بناء على قيم النسبة المئوية للصوديوم كما في جدول (25) عند مقارنة متوسطات الفصول مع هذا التصنيف تبين أن مياه نهر ساربه في فصلي الخريف والشتاء كانت مياه جيدة للري اما في فصلي الربيع والصيف كانت مياه نهر ساربه ملائمة للري، وأما المعدل السنوي لمياه نهر ساربه كانت مياه جيدة للري. إذ ان التراكيز العالية للصوديوم في مياه الري تؤثر بصورة سلبية على بناء التربة، إذ لا يمكن للنباتات أن تنمو فيها بسهولة (Ghadiri وآخرون، 2004).

الجدول (24) بعض مؤشرات جودة المياه لأغراض الري لمياه نهر سارية خلال فصول الدراسة

| EC | TDS | RSC | SSP | KR | PI | MH | PS | Adj.SA R | SA R | %Na | المحطات |
|---------------------------------|---------------------------|-----|-------|------|-------|-------|------|-------------|---------|-------|------------------|
| مايكروسيمنز سم ⁻¹ | ملغم لتر ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| فصل الخريف | | | | | | | | | | | |
| 720.3 | 461.56 | <0 | 32.55 | 0.50 | 53.07 | 44.44 | 3.56 | 1.78 | 1.49 | 34.31 | 1 |
| 784 | 501.82 | <0 | 28.36 | 0.41 | 48.51 | 42.31 | 3.95 | 1.58 | 1.32 | 30.21 | 2 |
| 783.4 | 559.37 | <0 | 27.74 | 0.39 | 45.88 | 43.4 | 4.57 | 1.63 | 1.36 | 29.28 | 3 |
| 732.8 | 469.70 | <0 | 27.70 | 0.39 | 47.89 | 41.67 | 3.61 | 1.49 | 1.26 | 29.36 | 4 |
| 921.8 | 590 | <0 | 26.88 | 0.38 | 44.10 | 42.42 | 4.76 | 1.65 | 1.38 | 29.03 | 5 |
| 788.3 | 516.49 | <0 | 28.64 | 0.41 | 47.89 | 42.84 | 4.09 | 1.62 | 1.36 | 30.43 | AV.... |
| فصل الشتاء | | | | | | | | | | | |
| 909.3 | 578.55 | <0 | 31.12 | 0.46 | 57.12 | 29.31 | 4.04 | 1.73 | 1.45 | 33.06 | 1 |
| 1285 | 823 | <0 | 28.32 | 0.40 | 42.09 | 44.44 | 7.08 | 2.03 | 1.70 | 29.19 | 2 |
| 1515 | 970.11 | <0 | 27.58 | 0.38 | 41.67 | 42.86 | 8.11 | 2.09 | 1.75 | 28.28 | 3 |
| 1068 | 684.61 | <0 | 31.28 | 0.46 | 49.56 | 43.18 | 5.37 | 2 | 1.67 | 32.33 | 4 |
| 1175 | 752.45 | <0 | 28.13 | 0.40 | 43.03 | 38.46 | 6.05 | 2.00 | 1.67 | 29.34 | 5 |
| 1190 | 761.4 | <0 | 29.28 | 0.42 | 46.69 | 39.65 | 6.13 | 1.97 | 1.64 | 30.44 | AV... |
| فصل الربيع | | | | | | | | | | | |
| 1167 | 747 | <0 | 51.34 | 1.07 | 63.56 | 24.35 | 7.30 | 4.33 | 3.62 | 51.93 | 1 |
| 1361.9 | 871.65 | <0 | 50.03 | 1.01 | 61.36 | 29.85 | 8.23 | 4.55 | 3.72 | 50.70 | 2 |
| 1450 | 928 | <0 | 48.03 | 0.93 | 58.78 | 33.33 | 8.80 | 4.33 | 3.62 | 48.59 | 3 |
| 928 | 629.5 | <0 | 60.31 | 1.54 | 72.71 | 25 | 6.50 | 5.21 | 4.36 | 60.90 | 4 |
| .1318 | 844 | <0 | 53.19 | 1.15 | 64.72 | 26.67 | 8.00 | 4.76 | 3.98 | 53.74 | 5 |
| 1245.13 | 804.03 | <0 | 52.58 | 1.14 | 64.22 | 27.84 | 7.76 | 4.63 | 3.86 | 53.17 | AV... |
| فصل الصيف | | | | | | | | | | | |
| 874.3 | 559.6 | <0 | 46.67 | 0.88 | 65.51 | 41.67 | 3.72 | 3.18 | 2.66 | 47.26 | 1 |
| 982.3 | 629.1 | <0 | 49.23 | .098 | 65.07 | 31.82 | 5.23 | 3.56 | 2.98 | 49.89 | 2 |
| 1064 | 681.3 | <0 | 45.44 | 0.84 | 59.66 | 33.33 | 5.26 | 3.48 | 2.91 | 45.90 | 3 |
| 1234.4 | 790.5 | <0 | 43.03 | 0.76 | 57.22 | 32.84 | 6.11 | 3.30 | 2.76 | 43.72 | 4 |
| 1321.5 | 840.26 | <0 | 36.35 | 0.58 | 49.91 | 18.37 | 8.03 | 3.10 | 2.59 | 36.98 | 5 |
| 1093.43 | 700.15 | <0 | 44.14 | 0.80 | 59.49 | 31.60 | 5.67 | 3.32 | 2.78 | 44.75 | AV... |
| 1979.28 | 695.51 | <0 | 38.66 | 0.69 | 54.57 | 35.48 | 5.91 | 2.88 | 2.41 | 39.69 | المعدل السنوي |

الجدول (25) لتصنيف مياه الري بناء على قيم النسبة المئوية للصوديوم وفق تصنيف (Don) (1995,

| نوعية المياه | Na% |
|--------------|-------|
| ممتاز | <20 |
| جيد | 20-40 |
| مسموح | 40-60 |
| مشكوك فيه | 60-80 |
| غير ملائم | >80 |

4-7-2 نسبة امتزاز الصوديوم (SAR)

تعتبر نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) مؤشراً مهماً لتحديد مدى ملائمة المياه لأغراض الري ، وذلك لأنها تؤثر على معدل حركة المياه ونفاذية التربة (Al-Fatlwi, 2012) ، هذا المؤشر يبين لنا العلاقة بين نسبة تركيز الصوديوم إلى تركيز الكالسيوم والمغنسيوم في الماء ، وأن نسبة امتزاز الصوديوم هي عامل مهم لتقييم مخاطر الصوديوم فيما يتعلق بتراكيز الكالسيوم والمغنسيوم . وإن قلوية التربة تحدث نتيجة المحتوى العالي للصوديوم في الماء (Khodapanah ، 2009) ويوضح الجدول (24) تبايناً في نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) ، إذ في فصل الخريف سجلت أعلى نسبة في محطة (1) والبالغة (1.49) وأدنى نسبة في المحطة (4) والبالغة (1.26) ، والمعدل الفصلي بنسبة (1.36) ، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى نسبة في المحطة (3) بنسبة (1.75) وأدنى نسبة في المحطة (1) بنسبة (1.45) والمعدل الفصلي بنسبة (1.64) ، وفي فصل الربيع سجلت أعلى نسبة في المحطة (4) بنسبة (4.36) وأدنى نسبة في المحطة (3) بنسبة (3.62) والمعدل الفصلي بنسبة (3.86) ، وفي فصل الصيف سجلت أعلى نسبة في المحطة (2) بنسبة (2.98) وأدنى نسبة في المحطة (1) بنسبة (2.59) والمعدل الفصلي بنسبة (2.78) ، والمعدل السنوي بنسبة (2.41) ، وإن سبب التباين والاختلاف في نسبة (SAR) بين المحطات والفصول يعود إلى الاختلاف في تراكيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم المشار إليها في الجدول (14) . ووفقاً لتصنيف (Subramain) وآخرون (2005) الذين قاموا بتصنيف مياه الري إلى أربع فئات بناء على قيم (SAR) كما في الجدول (26) حيث تبين أن مياه نهر سارية وفقاً لهذا التصنيف أنها ضمن الفئة (S1) ممتازة للري في جميع فصول السنة ، وكذلك استناداً إلى نتائج برنامج IWQG تشير قيم SAR إلى انخفاض مخاطر الصوديوم في مياه نهر سارية .

جدول (26) تصنيف مياه الري اعتماداً على قيم SAR وفقاً لتصنيف Subramain وآخرون (2005).

| SAR | خطورة القلوية | صنف المياه |
|-------|---------------|------------|
| <10 | S1 | ممتازة |
| 10-18 | S2 | جيد |
| 18-26 | S3 | غير مضمون |
| >26 | S4 | غير مناسب |

4-7-3 نسبة امتزاز الصوديوم المعدل (Adj.SAR)

إنّ مؤشر نسبة امتزاز الصوديوم المعدلة غالباً ما يستخدم لتحديد مخاطر حدوث القلوية بسبب مياه الري . ويبين لنا الجدول (24) تبايناً في نسبة امتزاز الصوديوم المعدلة (Adj.SAR) ، ففي فصل الخريف سجلت أعلى (Adj.SAR) في المحطة (1) والبالغة (1.78) وأدنى (Adj.SAR) في المحطة (4) والبالغة (1.49) والمعدل الفصلي بنسبة (1.62) ، أما في فصل الشتاء سجلت أعلى (Adj.SAR) في المحطة (3) بنسبة (2.09) وأدنى (Adj.SAR) في المحطة (1) بنسبة (1.73) والمعدل الفصلي بنسبة (1.97) ، وفي فصل الربيع سجلت أعلى (Adj.SAR) في المحطة (4) بنسبة (5.21) وأدنى (Adj.SAR) في محطة (1 و3) بنسبة (4.33) والمعدل الفصلي بنسبة (4.63) ، وفي فصل الصيف سجلت أعلى نسبة في المحطة المتمثلة (2) بنسبة (3.56) وأدنى نسبة في المحطة (5) بنسبة (3.10) والمعدل الفصلي بنسبة (3.32) ، والمعدل السنوي بنسبة (2.88) ووفقاً لتصنيف (Ayers و Westcot ، 1994) لقيم (Adj.SAR) كما في الجدول (27) ، وعند مقارنة النسب في المحطات والمعدل الفصلي لكل فصل مع التصنيف يتبين لنا أنّ مياه نهر سارية في فصلي الخريف والشتاء كانت ضمن فئة (> 3) المياه جيدة الجوده أما في فصلي الربيع والصيف فكانت مياه نهر سارية ضمن فئة (3 - 9) المياه الخطره ، وأما المعدل السنوي لمياه نهر سارية كانت ضمن فئة المياه الجيدة الجودة . سبب انخفاض جود المياه في فصل الربيع قلة اطلاقات المياه من السد، أما في فصل الصيف عدم تناسب اطلاقات السد مع التعزيزات من نهر دجلة بسبب زيادة الطلب على استهلاك المياه سواءً للاستهلاكات المدنية أو الزراعية.

جدول (27) تصنيف لمياه اعتماداً على نسبة امتزاز الصوديوم المعدل (Adj.SAR) لتصنيف (Ayers و Westcot ، 1994)

| نسبة امتزاز الصوديوم المعدل | تصنيف المياه |
|-----------------------------|--------------|
| مياه جيدة الجودة | >3 |
| خطره | 3-9 |
| شديدة الخطورة | <9 |

4-7-4 مؤشر الملوحة الكامنة (PS)

إنّ مؤشر الملوحة الكامنة (PS) يعبر عن العلاقة بين حاصل جمع تراكيز الكلورايد مع نصف تركيز الكبريتات. ويبين الجدول (24) أدنى قيم مؤشر الملوحة المحتمل . ففي فصل الخريف سجلت أعلى قيمة في المحطة (5) والبالغة (4.76) وأدنى قيمة في المحطة (1) والبالغة (3.56) والمعدل الفصلي (4.09)، أما في فصل الشتاء فسجلت أعلى قيمة في المحطة (3) والبالغة (8.11) وأدنى قيمة في المحطة (1) بقيمة (4.04) وبلغ المعدل الفصلي (6.13)، كذلك فصل الربيع سجلت أعلى قيمة في المحطة (3) البالغة (8.80) وأدنى قيمة في المحطة (4) والبالغة (6.5) وبمعدل فصلي (7.76) ، وفي فصل الصيف سجلت أعلى قيمة في المحطة (5) والبالغة (8.03) وأدنى قيمة في المحطة (1) والبالغة (3.72) والمعدل الفصلي (5.67) ، وسجل المعدل السنوي (5.91) وتصنف وفق تصنيف (Wilcox، 1955) للمؤشر الملوحة الكامنة لجميع الفصول مع المعدل السنوي غير آمنة تحت فئة (> 3) .

4-7-5 خطورة المغنسيوم (MH)

إنّ التعبير عن مخاطر المغنسيوم (MH) من خلال معدل امتزاز المغنسيوم (MAR)، وتعتبر قيمة (MAR) العالية في مياه الري ضارة للتربة عند تجاوزها حدود 50% لكافة أنواع الترب. ويوضح الجدول (24) قيم سمية المغنسيوم (MH) ففي فصل الخريف سجلت أعلى قيمة في المحطة (1) والبالغة (44.44) وأدنى قيمة في المحطة (4) والبالغة (41.67) والمعدل الفصلي بقيمة (42.84) ، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى قيمة في المحطة (2) والبالغة (44.44) وأدنى قيمة في المحطة (1) والبالغة (29.31) والمعدل الفصلي بلغ (39.65) ، أما في فصل الربيع فسجلت أعلى قيمة في المحطة (3) والبالغة (33.33) وأدنى قيمة في المحطة (1) والبالغة (24.35) والمعدل الفصلي بلغ (27.84) ، وفي فصل الصيف سجلت أعلى قيمة في المحطة (1) بقيمة (41.67) وأدنى قيمة في المحطة (5) بقيمة (18.37) والمعدل الفصلي بقيمة (31.60) ، أما المعدل السنوي كان بقيمة (35.48) وتصنف مياه نهر سارية مناسبة للاستخدام لأغراض الري في جميع فصول السنة ، لأن قيمتها أقل من 50 إذ أنّ الري بمياه تحتوي على تراكيز عالية من المغنسيوم مقارنة مع الكالسيوم يؤدي إلى تحطيم تركيب التربة مما يؤدي الى تقليل انتاجيتها (Michael، 2009) .

4-7-6 مؤشر النفاذية (PI)

إنّ استخدام مياه الري بمحتواها من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والبيكربونات على المدى الطويل يؤثر على نفاذية التربة (Vasanthavigar وآخرون، 2010) ويظهر الجدول (24) أدنى قيم

مؤشر النفاذية لمياه نهر سارية ففي فصل الخريف كانت أعلى قيمة في المحطة (1) بقيمة (53.07) وأدنى قيمة في المحطة (5) بقيمة (44.10) والمعدل الفصلي بقيمة (47.89) ، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى قيمة في المحطة (1) بقيمة (57.12) وأدنى قيمة في المحطة (3) بقيمة (41.67) والمعدل الفصلي (46.69) ، وفي فصل الربيع كانت أعلى قيمة في محطة (4) بقيمة (72.71) وأدنى قيمة في المحطة المتمثلة (3) بقيمة (58.78) والمعدل الفصلي بقيمة (64.22) ، وفي فصل الصيف كانت أعلى قيمة في المحطة (1) بقيمة (65.51) وأدنى قيمة في المحطة (5) بقيمة (49.91) والمعدل الفصلي كان (59.49) وكان المعدل السنوي بقيمة (54.57) ووفقاً لتصنيف (Nagaraju) (أخرون ، 2006) تصنيف مياه الري اعتماداً على مؤشر النفاذية كما في جدول (28) كانت مياه نهر سارية وفقاً لهذا التصنيف مياه جيدة الجودة للاستخدام لأغراض الري في جميع فصول السنة .

الجدول (28) تصنيف مياه الري اعتماداً على قيم مؤشر النفاذية لتصنيف (Nagaraju) وأخرون (2006)

| قيم مؤشر النفاذية | المدى | نوعية المياه |
|-------------------|-------|----------------------|
| Class1 | <25 | نوعية جيدة جداً للري |
| Class2 | 25-75 | نوعية جيدة للري |
| Class3 | >75 | غير مناسب للري |

7-7-4 مؤشر كيلبي (KR).

يعد مؤشر كيلبي أحد الطرق المهمة لتحديد خطورة الصوديوم ويقصد به العلاقة بين نسبة الصوديوم إلى نسبة الكالسيوم مع المغنسيوم ويتم استخدامه لتحديد مدى ملائمة المياه لأغراض الري (AI- Kubaisi، 2018) . ويوضح الجدول (24) قيم مؤشر كيلبي في مياه نهر سارية خلال الفصول الأربعة في فصل الخريف كانت أعلى قيمة في المحطة (1) بقيمة (0.50) وأدنى قيمة في المحطة (5) بقيمة (0.38) والمعدل الفصلي بقيمة (0.41) ، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى قيمة في محطة (4,1) بقيمة (0.46) وأدنى قيمة في محطة (3) بقيمة (0.38) والمعدل الفصلي (0.42) ، وفي فصل الربيع كانت أعلى قيمة في محطة (4) بقيمة (1.54) وأدنى قيمة في المحطة المتمثلة (3) بقيمة (0.93) والمعدل الفصلي بقيمة (1.14) ، وفي فصل الصيف كانت أعلى قيمة في المحطة (2) بقيمة (0.98) وأدنى قيمة في المحطة (5) بقيمة (0.58) والمعدل الفصلي بقيمة (0.80) ، و المعدل السنوي بقيمة (0.69) ، ووفقاً لتصنيف (Kelley، 1963) ، تصنف مياه نهر سارية فصلياً على أنها مياه جيدة الاستخدام لأغراض الري في جميع الفصول باستثناء فصل الربيع ، وذلك بسبب تراكيز كل من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم المشار إليه في الجدول (13) أما التصنيف السنوي لنهر سارية أيضاً جيدة

للاستخدام لأغراض الري كما في جدول (29) إذ أن من مخاطر الصوديوم هي زيادة تركيزه في مياه الري ، وهذا يؤدي إلى تشتت التربة واستبدال الصوديوم محل الكالسيوم (Desertter و Clay، 2013) .

جدول (29) تصنيف المياه للاستخدام لأغراض الري اعتماداً على مؤشر كيلبي ووفقاً لتصنيف (1963,kelley)

| قيم مؤشر كيلبي | تصنيف المياه |
|----------------|--------------|
| <1 or 1 | جيد |
| >1 | غير مناسب |

8-7-4 نسبة الصوديوم الذائب (SSP)

تعد نسبة الصوديوم المتبادل من أهم المؤشرات لتقييم مخاطر الصوديوم، وذلك لأن الصوديوم له القدرة على التفاعل مع التربة، وبذلك يؤدي إلى انخفاض نفاذية التربة مما يؤدي إلى إعاقة نمو الجذور، وبالتالي يؤثر على امتصاص الماء والمغذيات مما ينعكس على نمو النبات (Joshi وآخرون، 2009)، ويبين الجدول (24) أدنى نسبة الصوديوم الذائب (SSP) في مياه نهر سارية خلال الفصول الأربعة ففي فصل الخريف سجلت أعلى نسبة في المحطة (1) بنسبة (32.55) وأدنى نسبة في المحطة (5) بنسبة (26.88) والمعدل الفصلي بنسبة (28.64)، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى نسبة في المحطة (4) بنسبة (31.28) وأدنى نسبة في المحطة (3) بنسبة (27.58) والمعدل الفصلي بنسبة (29.28)، وفي فصل الربيع سجلت أعلى نسبة في المحطة (4) بنسبة (60.31) وأدنى نسبة في المحطة (3) بنسبة (48.03) والمعدل الفصلي بنسبة (52.58)، وفي فصل الصيف سجلت أعلى نسبة في المحطة (2) بنسبة (49.23) وأدنى نسبة في المحطة (5) بنسبة (36.35) والمعدل الفصلي بنسبة (44.14)، والمعدل السنوي بنسبة (38.66) ووفقاً لتصنيف (Tood، 1995) تصنيف المياه لأغراض الري على أساس نسبة الصوديوم الذائب كما في الجدول (30) صنفت مياه نهر سارية على أنها مياه ضمن الفئة الممتازة لأغراض الري وإلى جميع فصول السنة .

جدول (30) تصنيف نسبة الصوديوم الذائب لأستخدام المياه لأغراض الري وفقاً (Tood،

1995).

| SSP | صنف المياه |
|-------|-----------------------|
| <60 | ممتاز |
| 60-75 | جيد إلى مسموح به |
| >75 | مشكوك فيه ، غير ملائم |

7-4-9- كاربونات الصوديوم المتبقية (RSC)

إنَّ كاربونات الصوديوم المتبقية تعد من أهم العوامل المهمة لتحديد مدى ملائمة المياه لأغراض الري (Eaton، 1954، Raju و Shukla، 2008). ويوضح الجدول (24) قيم RSC للمحطات وفي جميع الفصول، فقد كانت قيم RSC في جميع الفصول أقل من الصفر ووفقاً لتصنيف (Turgeon، 2000) كما موضح في الجدول (31) تصنف مياه نهر سارية ضمن فئة المياه الجيدة للاستخدام لأغراض الري ولا توجد مشاكل متعلقة بكاربونات الصوديوم المتبقية (RSC)، وإنَّ زيادة تركيز كاربونات الصوديوم المتبقية في مياه الري تزيد من ارتفاع مخاطر الصوديوم. إذ أنَّ القيم العالية من الكاربونات والبيكاربونات في مياه الري تتفاعل مع كل من الكالسيوم والمغنسيوم في محلول التربة مما يساعد على ترسيب الكالسيوم والمغنسيوم، وهذا يسمح لأيونات الصوديوم الامتزاز على معقد التبادل، وتكون هي المسيطرة على أسطح دقائق الطين (Siddiqui وآخرون، 2005).

الجدول (31) تصنيف المياه الاستخدام لأغراض الري اعتماداً على نسبة الكاربونات المتبقية RSC وفقاً لتصنيف (Turgeon، 2000).

| RSC | الخطورة |
|------------|---------------------------------------------------------------------|
| < 0 | لا يوجد تأثير |
| 0-1.25 | قليل، مع إزالة بعض من الكالسيوم والمغنسيوم من مياه الري |
| 1.25- 2.50 | متوسط، مع إزالة ملحوظة للكالسيوم والمغنيسيوم من مياه الري |
| >2.50 | مرتفع، مع إزالة معظم الكالسيوم والمغنسيوم مما يترك الصوديوم يتراكم. |

7-4-10- مخاطر الملوحة (EC و TDS).

تعتبر الملوحة والمواد الصلبة الذائبة الكلية من المؤثرات المهمة التي توضح لنا كمية الأيونات الذائبة في الماء، ولذلك فهي تستخدم بنطاق واسع لتقدير جودة المياه وأنَّ زيادة في مستويات EC و TDS في مياه الري سيكون له تأثيراً سلبياً على بناء التربة وتهوية ونفاذية التربة (Al-Kubaisi and Khorshed، 2018)، تراكم الاملاح في منطقة الجذور ستؤدي إلى زيادة الضغط الازموزي وبالتالي يصعب على النبات امتصاص الماء من محلول التربة المالحة. تستخدم الايصالية الكهربائية للتيار الكهربائي في حساب كمية المواد الصلبة الذائبة، وكلما زادت الايصالية الكهربائية كلما قلت كمية المياه المتاحة للأمتصاص، وذلك لأن النبات يواجه صعوبة في امتصاص الماء من محلول التربة المالحة بسبب الضغط الازموزي نتيجة تراكم الاملاح المتراكمة في منطقة الجذور-Al

(Mussawi ، 2014) ، ويوضح الجدول (24) قيم كل من TDS و EC في جميع فصول الدراسة ، ففي فصل الخريف سجلت أعلى قيمة في محطة (5) بقيمة (590، 921.8) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وادنى قيمة في المحطة المتمثلة (1) بقيمة (461.56 ، 720.3) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وكان المعدل الفصلي بقيمة (516.49 ، 788.3) ملغم لتر⁻¹ ، و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي، وفي فصل الشتاء سجلت أعلى قيمة في المحطة (3) بقيمة (970.11، 1515) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وادنى قيمة في محطة (1) بقيمة (578.55، 909.3) ملغم لتر⁻¹ مايكرو سيمنز سم⁻¹ ولكل من TDS و EC على التوالي، وكان المعدل الفصلي بقيمة (761.4 ، 1190) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي، وفي فصل الربيع سجلت أعلى قيمة في محطة (3) بقيمة (928، 1450) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وأدنى قيمة في المحطة (4) بقيمة (629.5، 928) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي ، وكان المعدل الفصلي بقيمة (804.03، 1245،13) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي ، وفي فصل الصيف سجلت أعلى قيمة في المحطة (5) بقيمة (840.26، 1321.5) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وأدنى قيمة في المحطة المتمثلة (1) بقيمة (559.6، 874.3) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي وكان المعدل الفصلي بقيمة (700.15، 1093،43) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ لكل من TDS و EC على التوالي ، وسجل المعدل السنوي (696.26، 1079.21) ملغم لتر⁻¹ و مايكرو سيمنز سم⁻¹ كل من TDS و EC على التوالي ، ووفقا لتتصيف (Turgeon، 2000) إذ صنف المياه لأغراض الري الى أربعة تصانيف اعتماداً على قيم EC كما في الجدول (32)، إذ عند مقارنة متوسطات القيم للفصول الأربعة لمياه نهر سارية والمعدل السنوي يتبين لنا أن جميع الفصول تقع ضمن الصنف C3 الذي يبين لنا أن الملوحة تؤثر بصورة سلبية على معظم النباتات ، ولذلك يتطلب اختيار نباتات متحملة للملوحة وإدارة ري جيدة وترب ذات صرف جيد .

جدول (32) تصنيف المياه لأغراض الري اعتماداً على قيم الايصالية الكهربائية وفق تصنيف (Turgeon، 2000)

| المستوى | الايصالية الكهربائية مايكروسيمنز سم ⁻¹ | المخاطر والقيود |
|---------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1 | <250 | خطر منخفض، ولا يتوقع حدوث آثار ضارة على النباتات وتراكمه في التربة |
| C2 | 250-750 | قد تظهر إجهاداً في النباتات الحساسة، ويمنع تراكم الأملاح في التربة (بصورة معتدلة). |
| C3 | 750-2250 | تؤثر سلباً على معظم النباتات؛ وتتطلب اختيار نباتات تتحمل الملوحة، والري بطرق علمية بالإضافة الى الصرف الجيد. |
| C4 | >2250 | غير مقبول بشكل عام للري، باستثناء استخدامه لري محاصيل شديدة التحمل للملوحة، وفي الترب التي تمتاز بالصرف الجيد، إضافة الى اتباع الإدارة المكثفة. |

4-8 مؤشرات تصنيف نوعية المياه

4-8-1 مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة

4-8-1-1 مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI)

تم حساب تراكيز العناصر الثقيلة التالية (Cd ، Pb ، Cu ، Zn و B) خلال الفصول الأربعة كما مبين في الجدول (13) مقارنة مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) للحصول على قيم مؤشر (HPI) ، ومن أجل مقارنة حمولة تلوث المياه في النهر وتقييم جودة مياه نهر سارية في جميع المواقع المدروسة ، تم حساب قيم مؤشر (HPI) الى المواقع المدروسة جميعها كل على حدة خلال فترة الدراسة ، كما هو موضح في الجدول (33) ، إذ يبين لنا قيم (HPI) خلال فصول الدراسة الخريف و الشتاء والربيع والصيف للمواقع المدروسة . ويظهر لنا الجدول وجود انحراف كبير في قيم (HPI) خلال الفصول ولجميع المواقع ، وان السبب في ذلك هو ارتفاع في تراكيز العناصر المدروسة ، وانحراف بعضها عن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) ومنها الكاديوم ، والرصاص ، وعند مقارنة قيم المؤشر موقعياً خلال الفصول الأربعة وجد ارتفاع قيم المؤشر (HPI) لجميع الفصول عن القيمة الحرجة (100) بشكل كبير، وكانت قيم المعدل الفصلي للمؤشر لكل فصل (562.45 و 599.80 و 438.10 و 770.12) ، خلال فصل الخريف و الشتاء والربيع والصيف على التوالي، و يلاحظ أن قيم المؤشر كانت في فصلي الخريف و الشتاء أعلى من فصلي الربيع والصيف عند المقارنة موقعياً لكل محطة بين الفصول

باستثناء المحطة (5) في فصل الصيف فقد سجلت أعلى قيمة للمؤشر، عند المقارنة بين المعدل الفصلي لكل فصل، يعزى السبب في ذلك الى انخفاض منسوب النهر في فصلي الخريف والشتاء ، بسبب قلة الاطلاقات المائية في هذه الفصول ، أما المحطة (5) في فصل الصيف التي تمثل ناحية بهرز التي ينتهي عندها النهر فقد سجلت أعلى قيمة (2446.44) ، وهذه القيمة مقاربة إلى الدراسة التي أجرتها الباحثة (Abdullah،2013) على نهر ديالى ، ويعزى السبب في ذلك إلى أن هذه المحطة كما ذكرنا تمثل نهاية مجرى النهر التي تصب فيها الملوثات التي يجرفها النهر معها من المحطات التي مر بها، بالإضافة إلى لأضافات المائية التي تنقل من نهر ديالى عن طريق محطة الرفع جنوب بهرز وأيضا لأنخفاض لحاد في منسوب النهر في هذه المحطة مما أدى الى تركيز الملوثات فيها بنسب عالية ، وإن سبب التفاوت في قيم المؤشر بين المحطات يعود الى خاصية التنظيف الذاتي للنهر، إذ أن للنهر قابلية على تخفيف حمل التلوث من ذاته حسب دالة شانون لتخفيف حمل التلوث، وان على الرغم من تفاوت قيم المؤشر بين الفصول إلا أن جميعها كانت ملوثة بشكل خطير، لذلك يصنف مياه نهر سارية لجميع المحطات ، ولجميع الفصول مع المعدل السنوي ملوث بصورة عالية وخطرة ، وغير صالح للاستخدام البشري ولأغراض الشرب .

الجدول (33) قيم مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) خلال الفصول في نهر سارية لأغراض

الشرب

| المواقع | قيم HPI | الحالة | المواقع | قيم HPI | الحالة |
|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| الخريف | | | الربيع | | |
| 1 | 554.24 | عالي | 1 | 441.89 | عالي |
| 2 | 624.85 | عالي | 2 | 473.96 | عالي |
| 3 | 466.711 | عالي | 3 | 376.86 | عالي |
| 4 | 588.12 | عالي | 4 | 369.79 | عالي |
| 5 | 578.37 | عالي | 5 | 528.03 | عالي |
| المعدل | 562.45 | عالي | المعدل | 438.10 | عالي |
| الشتاء | | | الصيف | | |
| 1 | 523.11 | عالي | 1 | 357.97 | عالي |
| 2 | 587.87 | عالي | 2 | 277.04 | عالي |
| 3 | 544.86 | عالي | 3 | 380.7 | عالي |
| 4 | 573.65 | عالي | 4 | 389.68 | عالي |
| 5 | 569.53 | عالي | 5 | 2446.44 | عالي |
| المعدل | 599.80 | عالي | المعدل | 770.366 | عالي |

وتم أيضاً استخدام مؤشر (HPI) مقارنة مع معايير منظمة الزراعة والأغذية (FAO ، 1994) للاستخدام لأغراض الري ويوضح الجدول (34) قيم مؤشر (HPI) الى جميع الفصول خلال فترة الدراسة ، وكانت قيم المؤشر لجميع المحطات تدرج تحت القيمة الحرجة (100) باستثناء المحطة (2 و 3) في فصل الشتاء كانت قيم المؤشر فيها (144.45 و 102.47)، التي تتمثل بقرية عبد الحميد، وناحية العبارة التي تعد من المناطق الزراعية ويكثر فيها استخدام المبيدات والأسمدة الزراعية ، بالإضافة إلى مياه الصرف الصحي ، والنفايات التي تلقى إلى النهر من دون معالجة مما سبب في انحراف وارتفاع في تركيز العناصر الثقيلة عن الحدود المسموح بها لمنظمة الزراعة والأغذية ، اما المعدل الفصلي لقيم (HPI) فكانت (85.27 و 103.64 و 70.36 و 60.13) خلال فصل (الخريف والشتاء والربيع والصيف)على التوالي ، وجميعها كانت ضمن القيمة الحرجة (100) باستثناء فصل الشتاء بسبب قلة الاطلاقات ، وبسبب السيول التي قد تسبب تلوث المياه، وتصنف مياه نهر سارية لأغراض الري حسب قيم المؤشر (HPI) كانت عالية (> 30) مياه مقبولة للري .

الجدول (34) قيم مؤشر التلوث بالعناصر الثقيلة (HPI) خلال الفصول في نهر سارية لأغراض الري

| المواقع | قيم HPI | الحالة | المواقع | قيم HPI | الحالة |
|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| الربيع | | | الخريف | | |
| 1 | 64.80 | عالي | 1 | 68.01 | عالي |
| 2 | 63.37 | عالي | 2 | 73.96 | عالي |
| 3 | 58.92 | عالي | 3 | 70.32 | عالي |
| 4 | 74.74 | عالي | 4 | 66.10 | عالي |
| 5 | 90 | عالي | 5 | 87.61 | عالي |
| المعدل | 70.36 | عالي | المعدل | 85.27 | عالي |
| الصيف | | | الشتاء | | |
| 1 | 57.84 | عالي | 1 | 89.37 | عالي |
| 2 | 49.08 | عالي | 2 | 144.45 | عالي |
| 3 | 65.84 | عالي | 3 | 102.47 | عالي |
| 4 | 57.50 | عالي | 4 | 87.83 | عالي |
| 5 | 70.43 | عالي | 5 | 94.08 | عالي |
| المعدل | 60.13 | عالي | المعدل | 103.64 | عالي |

4-8-1-2 مؤشر التلوث المعدني

لقد تم استخدام مؤشر التلوث المعدني (MI) لتقييم تلوث المياه لنهر سارية بالعناصر الثقيلة التالية (Cd و Pb و Cu و Zn و B) ، ومقارنتها مع الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO,2017) لأغراض الشرب، وبينت نتائج قيم المؤشر خلال الفصول الأربعة والموضحة في الجدول (35)، إذ كانت قيم مؤشر التلوث المعدني في جميع المحطات ولجميع الفصول تدرج ضمن

فئة (> 6) متأثر بشكل خطير، ويلاحظ ارتفاع المحطة (5) في فصل الصيف ويعزى السبب في ذلك إلى أن هذه المحطة كما ذكرنا تمثل نهاية مجرى النهر التي تصب فيها الملوثات التي يجرفها النهر معها من المحطات التي مر بها بالإضافة إلى انخفاض حاد في منسوب النهر في هذه المحطة مما أدى إلى تركيز الملوثات فيها بنسب عالية، و إن قيم المؤشر كانت مرتفعة في فصلي الخريف والشتاء عن فصلي الربيع والصيف، و يعزى السبب في ذلك إلى انخفاض منسوب النهر في فصلي الخريف والشتاء بسبب قلة الاطلاقات المائية في هذه الفصول والاعتماد على مياه الأمطار التي قد ترسب عند هطولها الملوثات الموجودة في الجو إلى النهر وأيضاً حدوث السيول التي تجرف معها الملوثات إلى النهر، وإن المعدل الفصلي لقيم مؤشر التلوث المعدني كان (24.28 و 22.58 و 19.17 و 27.27) في فصل (الخريف، والشتاء ، والربيع ، والصيف) على التوالي أيضاً كانت ضمن فئة (> 6) متأثر بشدة ، ويعزى السبب في ارتفاع قيم المؤشر إلى ارتفاع وانحراف بعض العناصر الثقيلة المشار إليها في الجدول (13) عن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO، 2017) مثل الرصاص ، والكاديوم ، والنحاس ، والى هذا تصنف مياه نهر سارية اعتماداً على قيم مؤشر التلوث المعدني لجميع المحطات وفي جميع الفصول مع المعدل الفصلي لكل فصل غير صالحة للأستخدام البشري لأغراض الشرب ، وكما ذكرنا أن مصادر هذه العناصر هي بشرية أي رمي الملوثات بصورة مباشرة إلى النهر من دون أي معالجة وكذلك التلوث الزراعي مثل استخدام المبيدات الحشرية ، والاسمدة ، والتلوث الصناعي (Al-Bassam و Yousif، 2014) ، وكذلك احتراق الوقود (البنزين) ، والدخان الناتج من عوادم السيارات ، إذ أن جميع هذه الفعاليات تؤدي إلى تلوث النهر بالعناصر الثقيلة .

الجدول (35) قيم (MI) حسب (WHO) خلال الفصول في نهر سارية

| المواقع | قيم MI | الحالة | المواقع | قيم MI | الحالة |
|---------|--------|-----------------|---------|--------|-----------------|
| الربيع | | | الخريف | | |
| 1 | 24.36 | متأثر بشكل خطير | 1 | 18.09 | متأثر بشكل خطير |
| 2 | 26.60 | متأثر بشكل خطير | 2 | 20.83 | متأثر بشكل خطير |
| 3 | 20.12 | متأثر بشكل خطير | 3 | 17.83 | متأثر بشكل خطير |
| 4 | 26.26 | متأثر بشكل خطير | 4 | 16.66 | متأثر بشكل خطير |
| 5 | 24.58 | متأثر بشكل خطير | 5 | 22.46 | متأثر بشكل خطير |
| المعدل | 24.38 | متأثر بشكل خطير | المعدل | 19.17 | متأثر بشكل خطير |
| الشتاء | | | الصيف | | |
| 1 | 21.22 | متأثر بشكل خطير | 1 | 16.45 | متأثر بشكل خطير |
| 2 | 19.71 | متأثر بشكل خطير | 2 | 12.42 | متأثر بشكل خطير |
| 3 | 23.13 | متأثر بشكل خطير | 3 | 16.72 | متأثر بشكل خطير |
| 4 | 26.55 | متأثر بشكل خطير | 4 | 16.25 | متأثر بشكل خطير |
| 5 | 22.32 | متأثر بشكل خطير | 5 | 74.55 | متأثر بشكل خطير |
| المعدل | 22.58 | متأثر بشكل خطير | المعدل | 27.27 | متأثر بشكل خطير |

وقد تم أيضاً تطبيق مؤشر التلوث المعدني وفق معايير منظمة الزراعة والأغذية (FAO، 1994) لاستخدام المياه لأغراض الري، وأوضحت نتائج مؤشر التلوث المعدني المدرجة في الجدول (36) لجميع الفصول المدروسة، صنفت المياه في فصل الخريف اعتماداً على قيم مؤشر التلوث المعدني من المحطة (1) الى (4) متأثر بشدة والمحطة (5) صنفت متأثرة بشكل خطير والمعدل الفصلي صنف أنه متأثر بشدة، أما فصل الشتاء صنف لجميع المحطات مع المعدل الفصلي متأثر بشكل خطير، وفي فصل الربيع صنف من المحطة (1) الى (3) متأثر بشدة والمحطة (4 و5) صنف متأثر بشكل خطير، وكان المعدل الفصلي صنف متأثر بشدة، وفي فصل الصيف صنف من محطة (1) الى (4) متأثر بشدة، والمحطة (5) صنفت متأثر بشكل خطير، وإن المعدل الفصلي صنف متأثر بشده ويعود سبب ارتفاع قيم مؤشر التلوث المعدني إلى انحراف وارتفاع تركيز العناصر الثقيلة المشار إليها في الجدول (5) عن الحدود المسموح بها لمنظمة الزراعة والأغذية.

الجدول (36) قيم (MI) حسب (FAO) خلال الفصول في نهر سارية

| المواقع | قيم MI | الحالة | المواقع | قيم MI | الحالة |
|---------|--------|-----------------|---------|--------|------------------|
| الخريف | | | الربيع | | |
| 1 | 4.86 | متأثر بشدة | 1 | 4.96 | متأثر بشدة |
| 2 | 5.09 | متأثر بشدة | 2 | 4.7 | متأثر بشدة |
| 3 | 5.29 | متأثر بشدة | 3 | 5.7 | متأثر بشدة |
| 4 | 5.7 | متأثر بشدة | 4 | 6.25 | متأثر بشكل خطير |
| 5 | 6.10 | متأثر بشكل خطير | 5 | 7.54 | متأثر بشكل خطير |
| المعدل | 5.40 | متأثر بشدة | المعدل | 5.83 | متأثر بشدة |
| الشتاء | | | الصيف | | |
| 1 | 6.59 | متأثر بشكل خطير | 1 | 4.67 | متأثر بشدة |
| 2 | 7.79 | متأثر بشكل خطير | 2 | 4.77 | متأثر بشدة |
| 3 | 8.09 | متأثر بشكل خطير | 3 | 5.66 | متأثر بشدة |
| 4 | 7.69 | متأثر بشكل خطير | 4 | 4.70 | متأثر بشكل معتدل |
| 5 | 6.87 | متأثر بشكل خطير | 5 | 8.33 | متأثر بشكل خطير |
| المعدل | 7.40 | متأثر بشكل خطير | المعدل | 5.42 | متأثر بشدة |

4- 8- 2- قيم مؤشر تصنيف جودة المياه للأغراض الزراعية (IWQG)

يبين الجدول (37) قيم مؤشر (IWQG) لاستخدام المياه للأغراض الزراعية خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية ونوع القيود، ففي فصل الخريف كانت جميع القيود منخفضة باستثناء المحطة (3) كانت ذات قيود متوسطة، والمعدل الفصلي لفصل الخريف كان ذات قيود منخفضة، وفي فصل الشتاء كانت جميع القيود متوسطة باستثناء المحطة (1) كانت ذات قيود منخفضة والمعدل الفصلي كان ذات قيود متوسطة، وفي فصل الربيع كانت جميع القيود منخفضة باستثناء المحطة (3) كانت ذات قيود متوسطة والمعدل الفصلي كان ذات قيود منخفضة، وفي فصل الصيف كانت جميع القيود منخفضة والمعدل الفصلي أيضاً كان ذات قيود منخفضة، واما المعدل السنوي لمياه نهر سارية كان ذات قيود منخفضة، وإن السبب في تفاوت قيم مؤشر (IWQG) يعزى إلى انحراف وارتفاع بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية المشار إليها في الجدول (14) والجدول (19) عن الحدود المسموح بها لمنظمة الزراعة والأغذية (FAO، 1994)، وأن المياه ذات القيود المنخفضة تكون مناسبة للري معظم النباتات باستثناء النباتات الحساسة للملوحة، ويوصى باستخدامها في الترب ذات النسجة الخفيفة،

و ذات نفاذية معتدلة ويمكن استخدامها أيضا لغسل الأملاح . ويمكن أن تسبب اللزوجة خاصة في التربة الثقيلة ، والى هذا لا يوصى باستخدامه في التربة التي تحتوي على نسب عالية من الطين ، أما نوعية المياه ذات القيود المتوسطة تكون مناسبة للنباتات المعتدلة أو متوسطة التحمل للأملاح ويوصى باستخدامه في التربة المتوسطة إلى النفاذية العالية ، وأيضاً يوصى باستخدامه لغسل الأملاح بصورة معتدلة .

الجدول (37) يوضح قيم مؤشر (IWQG) ونوع القيود خلال الفصول لنهر سارية .

| المحطات | قيم IWQG | نوع القيود |
|-------------------|----------|--------------|
| فصل الخريف | | |
| 1 | 72.96 | قيود منخفضة |
| 2 | 72.31 | قيود منخفضة |
| 3 | 60.5 | متوسط القيود |
| 4 | 74.31 | قيود منخفضة |
| 5 | 71.31 | قيود منخفضة |
| Av... | 70.27 | قيود منخفضة |
| فصل الشتاء | | |
| 1 | 70.88 | قيود منخفضة |
| 2 | 62.32 | متوسط القيود |
| 3 | 56.55 | متوسط القيود |
| 4 | 66.26 | متوسط القيود |
| 5 | 63.70 | متوسط القيود |
| Av... | 63.94 | متوسط القيود |
| فصل الربيع | | |
| 1 | 74.60 | قيود منخفضة |
| 2 | 70.95 | قيود منخفضة |
| 3 | 69.30 | متوسط القيود |
| 4 | 76.65 | قيود منخفضة |
| 5 | 71.54 | قيود منخفضة |
| Av... | 72.60 | قيود منخفضة |
| فصل الصيف | | |
| 1 | 84.03 | قيود منخفضة |
| 2 | 81.34 | قيود منخفضة |
| 3 | 79.23 | قيود منخفضة |
| 4 | 77.77 | قيود منخفضة |
| 5 | 71.23 | قيود منخفضة |
| Av... | 78.72 | قيود منخفضة |
| المعدل السنوي | 71.38 | قيود منخفضة |

3-8-4 المؤشر الكندي لتصنيف المياه لأغراض الشرب (WQI)

يبين الجدول (38) قيم الموديل الكندي للمحطات خلال الفصول الأربعة لمياه نهر سارية، إذ صنفت حالة المياه في نهر سارية حسب الموديل الكندي في المحطة (1) لفصل الخريف والشتاء والربيع بدرجة (جيد) ، إذ سجلت قيمة المؤشر في هذه المحطة (80.86 و 80.53 و 81.60) في فصل الخريف والشتاء والربيع على التوالي ، وذلك لأنّ هذه المحطة تمثل بداية مجرى النهر عند محطة الضخ في الجلاي ، أما المحطة (1) في فصل الصيف كانت حالة نوعية المياه فيها (مقبولة) وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر وهذا يشير إلى أنّ المتغيرات البيئية لها تأثير

على قيم دليل جودة نوعية المياه (Hussein ، 2010) ، وصنفت حالة المياه في باقي المحطات (2 ، 3 ، 4 ، 5) خلال فصل الخريف والشتاء والربيع بحالة (مقبول) باستثناء المحطة (5) في فصل الصيف بحالة (مشكوك فيه) بقيم متفاوتة ويعزى السبب في ذلك إلى انحراف بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية عن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO ، 2017) ، والتي منها الكالسيوم والعسرة والعكارة والكبريتات وارتفاع الصفات الأخرى كما وضحنا سابقاً في الجدول (14) والجدول (19) مما أدى الى انحراف الموديل الكندي (WQI) ، أما المحطة (5) في فصل الصيف صنفت حالة المياه (مشكوك فيه) ، ذلك لأن هذه المحطة تمثل نهاية مجرى النهر التي تصب عندها الملوثات المنجرفة مع النهر من المحطات السابقة ، وكذلك الانخفاض الحاد في منسوب النهر في هذه المحطة . وكانت حالة المياه للمعدل الفصلي لقيم المؤشر الكندي هي (مقبول ، ومقبول ، ومقبول ، ومشكوك فيه) خلال فصل الخريف والشتاء والربيع والصيف على التوالي ، وقد صنف المعدل السنوي لمياه نهر سارية حسب الموديل الكندي بحالة (مقبول) .

الجدول (38) يوضح قيم مؤشر (WQI) وحالة المياه خلال الفصول لنهر سارية

| المحطات | قيم WQI | الحالة |
|-------------------|---------|-----------|
| فصل الخريف | | |
| 1 | 80.86 | جيد |
| 2 | 76.34 | مقبول |
| 3 | 75.93 | مقبول |
| 4 | 77.38 | مقبول |
| 5 | 74.34 | مقبول |
| Av... | 73 | مقبول |
| فصل الشتاء | | |
| 1 | 80.53 | جيد |
| 2 | 78.16 | مقبول |
| 3 | 74.22 | مقبول |
| 4 | 77.69 | مقبول |
| 5 | 72.78 | مقبول |
| Av... | 73 | مقبول |
| فصل الربيع | | |
| 1 | 81.60 | جيد |
| 2 | 76.72 | مقبول |
| 3 | 75.95 | مقبول |
| 4 | 78.30 | مقبول |
| 5 | 72.83 | مقبول |
| Av... | 74 | مقبول |
| فصل الصيف | | |
| 1 | 73.39 | مقبول |
| 2 | 68.45 | مقبول |
| 3 | 67.67 | مقبول |
| 4 | 71.49 | مقبول |
| 5 | 51.98 | مشكوك فيه |
| Av... | 59 | مشكوك فيه |
| المعدل السنوي | 69 | مقبول |

4-8-4 صلاحية استخدام المياه لأغراض البناء

لقد تم استخدام التصنيف المقترح من قبل (Altoviski، 1962) لتقييم ملائمة استخدام المياه لأغراض البناء كما هو موضح في الجدول (39)، وعند مقارنة متوسطات تراكيز الفصول الأربعة للمياه نهر سارية مع هذا التصنيف تبين أن مياه نهر سارية صالحة للاستخدام لأغراض البناء لفصول السنة جميعها .

الجدول (39) تصنيف استخدام المياه لأغراض البناء وفق تصنيف (Altoviski، 1962)

| الحد المسموح به | الصيف | الربيع | الشتاء | الخريف | الأيونات |
|-------------------------|--------|---------|---------|--------|-------------------------------|
| ملغم .لتر ⁻¹ | | | | | |
| 350 | 154.86 | 123.22 | 198.2 | 126.56 | HSO ₃ ⁻ |
| 2187 | 106.33 | 188.276 | 141.712 | 90.042 | Cl ⁻ |
| 1460 | 230 | 231.8 | 208 | 150.8 | SO ₄ ²⁻ |
| 271 | 22.91 | 20.65 | 39.84 | 28.25 | Mg ²⁺ |
| 1160 | 111.69 | 151.82 | 75.21 | 51.61 | Na ⁺ |

4-8-5 صلاحية استخدام المياه لأغراض الصناعات الغذائية

تم تصنيف مياه نهر سارية للاستخدام لأغراض الصناعات الغذائية لبعض الصفات وفق الحدود المسموح بها (وزارة البيئة، 1998)، ومنظمة الصحة العالمية (WHO، 2011)، وعند مقارنة هذه الحدود مع المعدل الفصلي لكل فصل كما موضح في الجدول (40) تبين ان المعدل الفصلي لكل الفصول وكذلك المعدل السنوي كان متوافقاً مع الحدود المسموح بها للأس الهيدروجيني والمواد الصلبة الذائبة، وأيون الكالسيوم للصناعات الغذائية، أما المعدل الفصلي لكل الفصول والمعدل السنوي أيضاً لقيم العكارة كان خارج الحدود المسموح بها للصناعات الغذائية، وأما قيم العسرة الكلية كانت في فصلي الخريف والربيع ضمن الحدود المسموح بها، وفي فصل الشتاء والصيف والمعدل السنوي كانت خارج الحدود المسموح بها للصناعات الغذائية .

الجدول (40) الحدود المسموح بها للصناعات الغذائية لبعض الصفات مع المعدل الفصلي لكل فصل

| المتغيرات | pH | TDC | Turp | TH | Ca ²⁺ |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|------------------|
| الحدود المسموح بها | 8.5 – 6.5 | 850 | 10 – 1 | 310 | 120 |
| الاثار السلبية عند زيادة التراكيز | | تؤثر على الطعم والتأثير على التفاعلات الكيميائية عند التصنيع | الترسيب على المنتجات | الترسيب، الامتصاص من قبل بعض المنتجات | |
| المعدل الفصلي لكل فصل | | | | | |
| الخريف | 7.76 | 516.49 | 55.6 | 275.10 | 63.2 |
| الشتاء | 7.80 | 761.4 | 58.8 | 405.12 | 92.6 |
| الربيع | 7.90 | 804.03 | 52.2 | 299.6 | 85.8 |
| الصيف | 7.65 | 700.15 | 147.1 | 317.22 | 89.2 |
| المعدل السنوي | 7.77 | 695.51 | 78.42 | 324.26 | 82.7 |

4-8-6 صلاحية استخدام المياه للحيوانات (الماشية، الدواجن)

لقد تم اقتراح حد معياري لحدود استخدام مياه الشرب للماشية من قبل (Shuval وآخرون، 1988) بالاعتماد على تراكيز TDS، الكاتيونات والانيونات المشار إليها في الجدول (14)، وقد تم اقتراح معيار آخر لتقييم مدى ملائمة جودة المياه للمواشي والدواجن من قبل (Ayers and Westcot، 1989) اعتماداً على قيم EC المشار إليها في الجدول (15)، وعند مقارنة متوسطات التراكيز لمياه نهر سارية للفصول جميعها مع هذه المعايير، تبين أن مياه نهر سارية صالحة للاستخدام لشرب المواشي والدواجن كما موضح في الجدول (41)، والجدول (42).

الجدول (41) معايير الحدود المسموح بها الاستخدام المياه لغرض الشرب للماشية من قبل (Shuval وآخرون، 1988)

| الصفات | الحد المسموح به | الخريف | الشتاء | الربيع | الصيف |
|-------------------------------|-----------------|--------|---------|---------|--------|
| ملغم . لتر ⁻¹ | | | | | |
| TDS | 3000-15000 | 505.15 | 785.27 | 822.77 | 742 |
| Cl ⁻ | 6000-900 | 90.042 | 141.712 | 188.276 | 106.33 |
| SO ₄ ²⁻ | 600-1000 | 150.8 | 208 | 213.8 | 230 |
| Mg ²⁺ | 150-700 | 28.25 | 39.84 | 20.65 | 22.91 |
| Na ⁺ | 800-4000 | 51.61 | 75.21 | 151.82 | 111.69 |
| Ca ²⁺ | 350-1000 | 63.2 | 96.4 | 85.8 | 89.2 |

الجدول (42) دليل جودة استخدام المياه للشرب الماشية والدواجن اعتماداً على قيم (EC) وفق تصنيف (Ayers and Westcot، 1989)

| ملوحة المياه (مايكروسيمنز سم ⁻¹) | التقييم | الاستخدام |
|----------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <1500 | ممتاز | يستعمل لجميع أصناف المواشي والدواجن |
| 1500-5000 | مقبول جداً | يستعمل لجميع أصناف المواشي والدواجن مع احتمال حدوث اسهال وقتي للمواشي |
| 5000-8000 | مناسب للحيوانات | يسبب اسهال وقتي للمواشي |
| | غير مناسب للدواجن | يسبب تقليص النمو للدواجن ويؤدي إلى الموت |
| 8000-11000 | محدود استعمال للحيوانات | يمنع اعطائه للحيوانات الحاملة والرضيعه |
| | غير مقبول للدواجن | ممنوع اعطائه للدواجن |
| 11000-16000 | محدود الاستعمال جداً | غير مقبول للحيوانات |
| >116000 | لايوصى باستخدامه | المخاطر عالية جداً |

5 – الاستنتاجات و التوصيات

1-5 الاستنتاجات

- 1- ان تركيز الأيونات الموجبة والسالبة في نهر سارية ضمن الحدود المسموح بها وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية (WHO) والموصفات القياسية العراقية (IOS) لجميع الفصول باستثناء الكالسيوم في فصل الشتاء والربيع والصيف فقد تجاوز الحدود المسموح بها لمنظمة (WHO).
- 2- الصفات الفيزيائية والكيميائية لنهر سارية ضمن الحدود المسموح بها لمنظمة الصحة العالمية (WHO) والموصفات القياسية العراقية (IQS).
- 3- الصفات البيولوجية قد تجاوزت الحدود المسموح بها للموصفات القياسية العراقية (IQS) للمعدل الفصلي لجميع الفصول.
- 4- ارتفاع في تركيز العناصر الثقيلة في مياه نهر سارية وتجاوز الكاديوم والرصاص الحدود المسموح بها للمنظمة الصحية العالمية (WHO).
- 5- كشفت الدراسة جودة مياه نهر سارية للأستخدام الأغراض الري بأنها صالحة لري معظم النباتات باستثناء النباتات الحساسة للملوحة حيث سجلت قيم (IWQG) لجميع الفصول قيود منخفضة.
- 6- صنفت حالة لمياه في نهر سارية لأغراض الشرب وفق الموديل الكندي (WQI) مقبولة في جميع الفصول باستثناء فصل الصيف كانت مشكوك فيه.
- 7- كشفت قيم (HPI) تلوث مياه نهر سارية بشكل خطير بالعناصر الثقيلة وهي غير مناسبة للأستخدام لأغراض الشرب والري إذ انها صنفت في جميع الفصول (عالي)، وصنفت قيم (MI) لنهر سارية وفي جميع الفصول متأثر بشكل خطير بالعناصر الثقيلة ولايصلح للأستخدام لأغراض الشرب، وأما لأغراض الري صنفت قيم (MI) متأثر بشدة في جميع الفصول باستثناء فصل الشتاء كانت متأثر بشكل خطير وهي غير صالحة للري.
- 8- ملائمة مياه نهر سارية لأغراض البناء، ومناسبة للشرب حيوانات الماشية، والدواجن في الفصول جميعها.
- 9- ملائمة مياه نهر سارية للأستخدام في الصناعات الغذائية في فصلي الخريف والربيع وفقا للمعايير المسموح بها. وفي فصلي الشتاء والصيف كانت غير مناسبة لتجاوز بعض القيم الحدود المسموح بها.
- 10- أن مصادر تلوث مياه نهر سارية هي مصادر بشرية، منها تصريف مياه الصرف الصحي وألقاء النفايات والملوثات بصورة مباشرة ألى النهر من دون معالجة. وكذلك استخدام الأسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية بشكل عشوائي من دون رقابة من الجهات المختصة.

2-5 التوصيات

- 1- التقليل من كميات مياه الفضلات التي تصرف بشكل مباشر الى النهر .
- 2- العمل على زيادة الوعي البيئي لدى المواطن بكافة السبل والوسائل المتاحة .
- 3- المزيد من الدراسات العلمية عن الملوثات واضرارها .

6 - المصادر

1-6 المصادر العربية

الاسدي، صفاء عبد الأمير رشم 2012. الحمولة النهرية في شط العرب واثارها البيئية، أطروحة دكتوراه، كلية التربية جامعة البصرة.

الأسدي، صفاء عبد الأمير رشم 2014. جغرافية الموارد المائية. كلية التربية للعلوم الانسانية . جامعة البصرة . الطبعة الاولى .

البرواري، مشير رشيد احمد خان 2004. " تقييم خصائص مصادر المياه المستخدمة الأغراض ري نبات الكرفس *Apium graveolens* في مدينة الموصل والتلوث الناجم عنها "، رسالة ماجستير، كلية العلوم } جامعة الموصل.

الجميل، محمود فاضل وأحمد، سلوى هادي 2018. تلوث التربة والمياه، جامعة تكريت، كلية العلوم.

الحايك، نصر 1989. تلوث المياه وتنقيتها. ديوان المطبوعات الجامعية، جامعة قسطنطينية، الجزائر.

الحايك، نصر 2017. مدخل إلى كيمياء المياه (تلوث – معالجة – تحليل)، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، الجمهورية العربية السورية.

الحمداني، نور احمد سعدون 2020. تطبيق مؤشرات جودة المياه لتقييم نوعية مياه عدد من الابار في الساحل الأيسر من مدينة الموصل \العراق. رسالة ماجستير، كلية علوم البيئة وتقاناتها، جامعة الموصل.

الخفاجي، اسراء غانم شهيد 2015. تقويم بيئي لخصائص مياه شط الكوفة، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة الكوفة.

الخليفة ، حسين عبد الواحد اقطامي، 2012. دراسة هيدروكيميائية المياه شط العرب مابين القرنين والسببية للمدة من السبعينات للقرن الماضي لغاية 2012. رسالة ماجستير، كلية التربية جامعة البصرة.

- الدليمي، ماهر احمد عبد الخلف. 2008. دراسة تقويمية لنهر الفرات والعوامل ذات الأثر البيئي من دير الزور الى البغدادي باستخدام تنقيتي التحلل المختبري والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير "غير منشورة"، كلية العلوم – جامعة الانبار
- الزبيدي، أحمد حيدر 1989. ملوحة التربة، مطبعة جامعة بغداد.
- الشجيري، بشرى أحمد عباس فرحان 2021. تحليل جغرافي لتلوث مياه نهر الفرات في محافظة الأنبار، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافية، كلية التربية الأساسية، جامعة الأنبار.
- صالح، رياض وعلا إبراهيم علي. 2022. تحليل جودة المياه الأغراض الري في نهر ديالى السفلي باستخدام برنامج IWQG. مجلة المصادر المائية والجيوساينس. وزارة الموارد المائية العراقية، بغداد.
- الصفراوي، عبد العزيز يونس طليح 2118. تطبيق المؤشر الكندي (WQI CCME) لتقييم جودة المياه الأغراض الشرب: دراسة حالة جودة المياه الجوفية في ناحية المحلية محافظة نينوى. مجلة علوم الرافدين، 27(5). 193-212،
- العبيدي، ايثار منذر عبد الوهاب 2010. تأثير مياه الصرف الصحي في نوعية مياه نهر الفرات بين هيت والرمادي، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الانبار
- عقراوي، عمر صدف رشيد 2021. هيدروجيوكيميائية المياه الجوفية والينابيع المائية في مدينة عقرة والمناطق المجاورة لها شمالي العراق، رسالة ماجستير، كلية العلوم قسم علوم الأرض جامعة الموصل .
- عون، نجاة المبروك وعون، سهام المبروك والجيلاني، محمد عبد الجواد 2019. دراسة بعض الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية في مياه الصرف المعالجة بمحطة الصرف الفندقية "دار تليل" لتحديد مدى ملائمتها لري المسطحات الخضراء – صبراتة – ليبيا، كلية العلوم جامعة صبراتة.
- عليبي، سناء ومحمدي، سميحة وحسن، وفاء والهادي بن منصور. 2020. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتيرية لمياه شاطئ البحر برجيش في مدينة المهديّة تونس .

- كاظم، وصفي محمد. 2008. دراسة بيئية لبعض المصطلحات المائية في محافظة ديالى، مجلة الفتح، العدد 33 ص 409 – 428.
- الكرخي، نسرین هادي رشيد. 2010. التحليل المكاني لتلوث مياه جدول سارية (خريسان) في محافظة ديالى، رسالة ماجستير، كلية التربية \الاصمعي جامعة ديالى.
- الكلابي، أنور صباح محمد 2013. تلوث الهواء والمياه والضوضاء داخل المسكن وخارجة في مدينة السماوة. أطروحة دكتوراه، جامعة البصرة، العراق.
- معروف، بشار فؤاد عباس. 2008. اثر النشاط البشري في التباين الزمني والمكاني لتلوث مياه شط الحلة، رسالة ماجستير " غير منشورة "، كلية التربية. جامعة بابل.
- وزارة البيئة، دائرة المتابعة والتخطيط، النشاط الصناعي، التشريعات البيئية، المحددات البيئية الخاصة بالصناعة 1998

2-6 المصادر الانكليزية

- Abbas, M. M. 2021.** Dissolved Oxygen Sag Curve for Diyala River at Baquba City. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1076, No. 1, p. 012117). IOP Publishing.
- Abbawi, S. A. and M. S.Hassan, M. S. 1990.** Environmental Engineering, Water Analysis. Dar Al-Hekma for Printing and Publishing, Mosul.
- Abdullah, E.J. 2013.** ‘Evaluation of Surface Water Quality Indices for Heavy Metals of Diyala River-iraq’, 3(8), pp. 63–70.
- Ahipathy, M.V. and M Puttaiah., 2006; Ecological characteristics of Vrishabhavathy River in Bangalore, India, Environmental Geology, Vol. 49,pp: 1217- 1122.
- Ahmed N. and Ahmed. Hamdan 2020** ‘Assessment of heavy metals pollution in the Shatt Al-Arab River, Basra-Iraq’, AIP Conference Proceedings, 2213(1). Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0000300>.
- Akobundu N., A. 2012.** ‘Quality Assessment of Aba River Using Heavy Metal Pollution Index’, American Journal of Environmental Engineering, 2(1), pp. 45–49. Available at: 126 <https://doi.org/10.5923/j.ajee.20120201.07>.
- Al-Azawi, A. A. O. and Al-Shamma'a, A. M., 2016.** Evaluating the Suitability of Groundwater for Irrigation uses at Al-Salhubia Area, Al- Muthana Governorate, Southern Iraq. Iraqi Journal of Science, 57(4C), 2898-2908.
- Al-Bassam, K. S. And M., A.Yousif. 2014.** Geochemical distribution and background values of some minor and trace elements in Iraqi soils and recent sediments. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, Vol. 10, No. 2, pp: 109-156.
- Al-Fatlawi, A. N., and Al-Kubaisi, Q. Y. 2021.** Hydrochemistry for Umm Er Radhuma Aquifer–West of Iraq. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 4(1), 1-14.
- Al-Hamdany,M.R.I., and M.N, Fadl., 2015.** Study of the quality of drinking water for some water purification projects and water transmission

- networks within the city of Mosul. The Iraqi Journal of Science, Volume 56, Issue 3C, p. 2561- 2573. (In Arabic).
- Ali, L. and Saleh, M. 2018.** ‘Assessment of the Irrigation Water Quality for Al-Kifl River in Al-Hindya City’, (August).
- Aljanabi, Z.Z., Hassan, F.M. and Al-, A.M.J. 2022.** ‘Heavy metals pollution profiles in 127 Tigris River within Baghdad city Heavy metals pollution profiles in Tigris River within Baghdad city’. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1088/1/012008>.
- Al-Kubaisi, M. H.,2018:** Hydrogeological Study for Mulussa Aquifer Between Rutba and Dhabaa-West of Iraq, M.Sc. thesis, College of Science, University of Baghdad.
- Al-Kubaisi, Q. Y. and S. A.Khorsheed., 2018.** Evaluation of Groundwater Suitability for consumption in Yaychi area (Southwest Kirkuk city-North Iraq). Iraqi Journal of Science, 59(1A), 119-134.
- Al-Mayah, W.T., Maiws Al-Mayyahi, S.O. and S.H.Al-Shammary., 2021.** ‘Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): A case study of the Tigris River, Baghdad, Iraq’, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 779(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/779/1/012078>.
- Al-Mussawi, W. H., 2014.** Assessment of groundwater quality in Umm Er Radhuma aquifer (Iraqi Western Desert) by integration between irrigation water quality index and GIS. Journal of University of Babylon, 22(1), 201-217.
- Al-quraishi, R. I. M. 2019.** Environmental Geochemistry of Wasit Governorate, Iraq. University of Baghdad, College of Science, Department of Geology.
- Al-Rubaie, A., Y., 2002.** Environmental pollution, Dar Al-Kutub for printing and Publishing, Baghdad, pg. 191. (In Arabic).
- Al-Rubaie, A., Y., 2002.** Environmental pollution, Dar Al-Kutub for printing and Publishing, Baghdad, pg. 191.(in arabic).

- Alsaffawi, A.Y.T. 2018.** Application of CCME WQI to Assessment the Environmental Status of Tigris River Water for Quatic Life within Nineveh Governorate, North Iraq. *Al-utroha J. for Environ. Sci.* 5, 13-25.
- Al-Salih, S. A., 2016.** Hydrogeological and Hydrochemical study of Al- Teeb area, East Maissan governorate, South Iraq. MSc. Thesis, College of Science, University of Baghdad
- Al-Taai, S H, 2021.,** Water Pollution: Its Causes and Effects, IOP Conferences Series: Earth and Environmental Science, 790, Article ID: 012026, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/790/1/012026>.
- Altoviski, M. E. 1962.** Handbook of hydrogeology, Gosgeolizdat, Moscow, USSR. 614p.
- APHA, AWW and WPCF, 1985.** Standard method for the Examination of water and waste water 16th edition. AWWA, WPCF, New York.
- APHA, AWW and WPCF, 1996.** Standard Methods for the examination of water and waste water. American public Health Association 9 19th ed. Washington
- Ashraf, S., Nazemi, A. and A. AghaKouchak, 2021.** Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran. *Sci Rep* 11, 9135 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88522-y>
- Ayers RS, D W. Westcot., 1985.** Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29 rev 1. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy, 174 pp
- Ayers, R. S. and D. W., Westcot., 1989.** Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage, Paper No. 29, Rev.1, FAO, Roma, Italy, 174pp.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot., 1994.** 'Food, agriculture organization of the United Nations (FAO), water quality for agriculture', Irrigation and Drainage, Rome, Paper, 29, pp. 77042–77044.
- Barker, A V and D.J. Pilbeam., 2015.** Handbook of Plant Nutrition, 2nd Edition, CRC Press, ISBN;9780429184512, <https://doi.org/10.1201/b18458>.

- Bauder, T.A., Waskorn, P.L. and J.G. Davis., 2011.** ‘Irrigation Water Quality Criteria 129 (Fact Sheet No. 0.506 Crop Series)’, (0), pp. 10–13.
- Begum, R., Akter, R., Dang-Xuan, S., Islam, S., Siddiky, N. A., Uddin, A. S. M., and J.F. Lindahl., 2023.** Heavy metal contamination in retailed food in Bangladesh: a dietary public health risk assessment. *Frontiers in sustainable food systems*, 7, 1085809.
- Benjamin, M. and D.Lawler., 2013.** *Water Quality Engineering*. 1st edn. Wiley. Available at: <https://www.perlego.com/book/1002091/water-quality-engineering>
- Black, A.C., D.D. Evans., L.E.,Ensminger., J.L.White., and F.E.,Clark.,1965.**(eds) *Methods of soil analysis.Part* pp.545-566 American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. USA.
- Bortolini, L., Maucieri, C., Borin, M., 2018.** A tool for the evaluation of irrigation water quality in the arid and semi-arid regions. *Agronomy* 8, 23. <https://doi.org/10.3390/agronomy8020023>. Salt-affected Soils: Sources, Genesis and Management.
- Boyd, C. E. 2000.** *Water quality an introduction*, Kluwer Academic publisher, USA.330p.
- Brasili, E., I., P., Vilardi, G., Valletta, A., Lessio, B., Chiara, D., Alessandra, P. and G. D., 2020.** ‘Remediation of hexavalent chromium contaminated water through zerovalent iron nanoparticles and effects on tomato plant growth performance’, *Scientific Reports*, 10(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58639-7>.
- Bravin, M. N.,C., Garnier., V., Lenoble.,F., Gerard., Y.,Duda., and.P. Hinsinger.‘. 2012.** Root-induced changes in pH and dissolved organic matter binding capacity affect copper dynamic speciation
Britto, T. 2013. Herbert J.
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., and Tozer, R. G. 1970.** A water quality index-do we dare. *Water & Sewage Works*, 117(10), 339–343.

- Chandra, D. S., S.S Asadi., and M.V.S Raju., 2017.** Estimation of water quality index by weighted arithmetic water quality index method: A model study. *Inter- national Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(4), 1215–1222.
- Chen, C. W., Y.R.,Ju., C.F., Chen., and C.D. Dong., 2016.** Evaluation of organic pollution and eutrophication status of Kaohsiung Harbor, Taiwan. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 318–324.
- Chen,k., W.Yu, X.Ma, K.yao, and Q.Jiang. 2005.** The association between drinking water source and colorectal cancer incidence in Jiashan County of China : a prospective cohort study. *Eur.J.Public. Health.* 15: 652 – 656.
- Chowdhury, I. R., Chowdhury, S., Mazumder, M. A. J., and Al-Ahmed, A. 2022.** Removal of lead ions (Pb²⁺) from water and wastewater: a review on the low-cost adsorbents. *Applied Water Science*, 12(8), 185.
- Dahiya, V. 2022.** Heavy metal toxicity of drinking water: A silent killer. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 19(1), 020-025.
- Davie T., 2008.** *Fundamentals of Hydrology*. 2nd Edition. Routledge Taylor & Francis Group. 221p.
- Dawood, A. S. and A.N., Ahmed., 2016.** Using GIS for Assess the Groundwater Quality in Southwest Side of Basrah City. *Muthanna Journal of Engineering and Technology (MJET)*, 4(2), 75-87.
- Desutter, He, Y. and T.M. Clay., 2013.** ‘Dispersion of Pure Clay Minerals as Influenced by Calcium/Magnesium Ratios, Sodium Adsorption Ratio, and Electrical Conductivity’, *Soil Science Society of America Journal*, 77(6), pp. 2014–2019. Available at: <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.05.0206n>.
- Detay, M., 1997.** *Water wells implementation, maintenance and restoration*. John Wiley and Sons, London, 379p.

- Dettori, R., and Donadio, D. 2020.** Carbon dioxide, bicarbonate and carbonate ions in aqueous solutions under deep Earth conditions. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 22(19), 10717-10725.
- Don, C. M. 1995.** A grows guide to water quality. *University college station, Texas*, 601-609.
- Drever, J. I., 1997.** The geochemistry of natural waters, surface, and groundwater environment. (3rd ed.), Prentice Hall. USA. 436p.
- E W Steel and Terence J Mc Ghee 1979.** *Water Supply and Sewerage* (New York: Mc Grow Hill) chapter 21 pp 438-445
- Eaton, F.M. 1954.** ‘Significance of carbonates in irrigation waters’, *Soil science*, 69(2), pp. 123–134.
- EPA, 2002;** National recommended water quality criteria, <http://www.epa.gov/watersciene/pc/revcom.pdh>.
- Ewaid, S.H. 2017.** ‘Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices’, *Applied Water Science*, 7(7), pp. 3759–3765. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0523-z>
- Ewaid, S H, S A Kadhum, S A Abed, and R.M.S. 2019.** ‘Development and evaluation of irrigation water quality guide using IWQG V. 1 software: A case study of Al-Gharraf Canal, Southern Iraq’, *Environmental technology & innovation*, 13, pp. 224–232
- FAO, food and agriculture organization. 1994.** Waste water management for irrigation tech. Bull No. 6, p 23.
- Flefel, HE., Yu, D., and IM, D. 2019.** Chemical composition and water quality of some rivers of the sverdlovsk oblast (Ural, Russia). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 23(4), 659-666
- Flowers, T. J., Munns, R., and Colmer, T. D. 2015.** Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. *Annals of botany*, 115(3), 419-431.

- Frasson R P, Durand, R M, Minear, J T, Domeneghetti, A, 2017.** Automated River Reach Definition Strategies: Applications for the Surface Water and Ocean Topography Mission, *Water Resources Research*, vol. 53, no. 10, pp. 8164-8186.
- Genchi, G., Sinicropi, M., Lauria, G., Carocci, A. and and Catalano, A. 2020** ‘The effects of cadmium toxicity’, *International Journal of Environmental Research*.
- Ghadiri, H., Hussein, J. and Dordipour, E. and Rose, C. 2004.** ‘THE EFFECT OF SOIL SALINITY AND SODICITY ON SOIL ERODIBILITY’, SEDIMENT TRANSPORT AND DOWNSTREAM WATER QUALITY Surface soils (1-20 cm) were used for this study. Basic chemical and physical properties were determined on sieved soil (< 2 mm). Soil part’, in *International Soil Conseravtion Org. Conf.*, pp. 1–6.
- Guillot, E., Bertrand, I., Rumpel, C., Gomez, C., Arnal, D., Abadie, J. and P.Hinsinger., 2021.** Spatial heterogeneity of soil quality within a Mediterranean alley cropping agroforestry system: Comparison with a monocropping system. *European Journal of Soil Biology*, 105, p.103330.
- Gupta, N 2015.** Water pollution, an environmental issue of global concern: A focus on river Ramganga, In: *Environmental issues for socio ecological development*, Yadav S and Singh R (Eds), Excel India Publishers. New Delhi. ISBN: 978-93-84869-35-9. 14-24.
- Gutierrez, L., Mauriat, M., Pelloux, J., Bellini, C., and Van Wuytswinkel, O. 2008.** Towards a systematic validation of references in real-time RT-PCR. *The Plant Cell*, 20(7), 1734-1735.
- Haake, D. M., and J.H. Knouft., 2019.** Comparison of contributions to chloride in urban stormwater from winter brine and rock salt application. *Environmental Science & Technology*, 53(20), 11888-11895.
- Han, W., Li, Y., & Yin, H. 2021.** The influence of mechanical composition and mineral composition of calcareous soil on slope farmland on phosphorus fixation. *Applied Sciences*, 11(9), 3731.

- Hem, J. D. 1989.** Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (3rd edn) US Geological Survey of Water Supply, Paper 2254. USGS, Washington, DC.
- Hui, T., L.Xiujuan,.S., Qifa, L., Qiang, K., Zhuang., and G.Yan, G. 2021.** Evaluation of Drinking Water Quality Using the Water Quality Index (WQI), the Synthetic Pollution Index (SPI) and Geospatial Tools in Lianhuashan District, China. *polish Journal of Environmental Studies*, (30)1. pp. 141–153. Available at: <https://doi.org/10.15244/pjoes/120765> .
- Hussein, S. A. 2010.** Sources and levels of various ecological pollutants in some Iraqi inland waters and their impact on the ecosystems, Basrah, Iraq. Sent for participation in the Ecological challenges Conf., Ministry of Higher Education. Bagdad Iraq
- Iraqi Standards, 1996:** Iraqi Standard for Drinking Water, No 417, 1996.
- Iraqi Water standards, 2009.** Iraqi Standard of Drinking Water No. 417 modification No. 1.
- Islam, M. A., D.W.Morton., B.B.,Johnson, B., Mainali., and M.J. Angove., 2018.** Manganese oxides and their application to metal ion and contaminant removal from wastewater. *Journal of water process engineering*, 26, 264-280.
- Jadaa, W., and H. Mohammed., 2023.** Heavy Metals--Definition, Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems, Toxicity, and Removal Methods--An Overview Study. *Journal of Ecological Engineering*, 24(6).
- Johnson, J. S., and Jen, C. N. 2022.** A sulfuric acid nucleation potential model for the atmosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(12), 8287-8297.
- Jones, J. B. 2001.** Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press. Boca Raton, FL, pp. 27-160.

- Joshi, G. V., Patel, H. A., Kevadiya, B. D., and Bajaj, H. C. 2009.** Montmorillonite intercalated with vitamin B1 as drug carrier. *Applied Clay Science*, 45(4), 248-253.
- Kadyampakeni, D. R. Appoh, J. Barron., 2018.** Boakye- Acheampong, "Analysis of water quality of selected irrigation water sources in Northern Ghana," *Water Science & Technology Water Supply*, vol. 18, pp. 1–11.
- Kamel, L.H., S.K.L. Al-Zurfi., and M. B.Mahmood., 2022.** 'Investigation of Heavy Metals Pollution in Euphrates River (Iraq) by Using Heavy Metal Pollution Index Model', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1029(1).
- Kelley, W.P. 1963.** 'Use of saline irrigation water', *Soil Science*, 95(6), pp. 385–391. Available at: <https://doi.org/10.1097/00010694-196306000-00003>.
- Khazaal, S., Al-Azawi, K., Eassa, A., Khasraghi, H. and Alfatlawi, R. and Al-Gebori, M. 2019.** 'Study the level of some heavy metals in water of lake habbaniyah in Al-AnbarIraq', *Energy Procedia*, 157(10066), pp. 68–74. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.165>.
- Khodapanah, L., W.N.A. Sulaiman, and N.khodapanah., 2009.** Groundwater quality assessment for different purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran. *European Journal of Scientific Research*, 36(4):543-553.
- Kilic, Z, 2021.,** Water Pollution: Causes, Negative Effects and Prevention Methods, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 3, no. 2, pp. 129-132.
- Kleine, B. I., Stefánsson, A., R.A., Zierenberg., H., Jeon., M.J. Whitehouse., K Jónasson,.... and T. B. Weisenberger., 2022.** Sulfate (re-) cycling in the oceanic crust: Effects of seawater-rock interaction, sulfur reduction and temperature on the abundance and isotope composition of anhydrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 317, 65-90.

- Komatina, M .2004.** Medical geology: effects of geological environments on human health. Elsevier.
- Kome, G. K., Enang, R. K., Tabi, F. O., and Yerima, B. P. K. 2019.** Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: a review. *Open Journal of Soil Science*, 9(9), 155-188.
- Kronzucker, H. J., Coskun, D., Schulze, L. M., Wong, J. R., and Britto, D. T. 2013.** Sodium as nutrient and toxicant. *Plant and soil*, 369, 1-23.
- Kumar, M.K., Mahesh, M.K.; Sushmitha, B.R. 2014.** CCME water quality index and assessment of physico- chemical parameters of chikkakere,periyapatna, Mysore district, Karnataka state, India. *Int. J. Innov. Res. in Sci., Engn. and Techn.* 3(8),15343-15347.
- Lindsay, W.L. .1979.** Chemical Equilibrium in Soils. John Wiley & Sons, New York.
- Liu, D., Carling, P. A., Wang, H., Liu, W., Cui, Y., Wu, C.,... and N.A. Bazai., 2023.** The morphology and stratification of giant eddy bars reflect the variation in shape of palaeoflood hydrographs: A flume study. *Earth Surface Processes and Landforms*, 48(2), 332-349.
- Ma, Y. and P.S. Hooda., 2010:** Chromium, nickel and cobalt. Trace elements in soils, 13, 461-479.
- Maywald, M., and Rink, L. 2022.** Zinc in human health and infectious diseases. *Biomolecules*, 12(12), 1748.
- Medeiros,C. K. R. F. Faial, K. do Carmo Freitas Faial et al.,2017.**“Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Par´a, Brazil,” *Marine Pollution Bulletin*, vol. 123, no. 1-2, pp. 156–164.
- Meireles, M., Andrade, E., Luiz, F., Horst, C. and Lindbergue, A. 2010.** ‘A new proposal of the classification of irrigation water 1 Uma nova proposta de classificação da água para fins de irrigação’, *Revista Ciencia Agronomica*, 41(3), pp. 349–357 .
- Michael, A.M. 2009.** Irrigation Theory and Practice-2Nd Edn: Theory and Practice. 2nd Ed. New Delhi: Vikas Publishing House, Pvt. Ltd

- Moretto, L., Usaj, M., Matusovsky, O., Rassier, D. E., Friedman, R., and Mansson, A. 2022.** Multistep orthophosphate release tunes actomyosin energy transduction. *Nature communications*, 13(1), 4575.
- Mukherjee, D. 2012.** ‘Evaluation of Water Quality Index For Drinking Purposes In The Case of Damodar River, Jharkhand and West Bengal Region, India’, *Journal of Bioremediation and Biodegradation*, 03(09). Available at: <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000161>
- Mutasher, A.A. 2013.** ‘Assessment Of Water Quality Of Al- Husseinieh River / Karbala Governorate / Iraq For Irrigation Purpose By Using Water Quality Index, pp. 1–15.
- Nagaraju, A., Suresh, S., Killhan, K. and Hudson-Edwards, K., 2006.** Hydro geochemistry of waters of management barite mining area, Cuddapah Basin, Andhra Pradesh, India. *Turkish Journal of Engineering and Environment Sciences*, Vol. 30 (4), 203-219p.
- Narayan, O. P., Kumar, P., Yadav, B., Dua, M., and Johri, A. K. 2022.** Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 2030082.
- Nielsen, V. G., Goff, T., Hunsaker, B. D., & Neves, C. D. 2023.** The Gilded Clot: Review of Metal-Modulated Platelet Activation, Coagulation, and Fibrinolysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3302.
- Noori, R., Berndtsson, R., Hosseinzadeh, M., Adamowski, J. F., and Abyaneh, M. R. 2019.** A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environmental Pollution*, 244, 575 – 587.
- Page, A.L. ‘R.H. Miller and D.R. Keeney. 1982.** *Methods of soil analysis. Part (2) 2nd.ed. Agronomy series 9. Amer. Soc of Agron. Madison. Wisconsin. USA.*
- Pandey, K. J.P., Shula, S.P., Trivedi, 2005:** *Fundamental of Toxicology. New book Agency (P.Ltd), 356p.*

- Panno, S. V., Hackley, K. C., Hwang, H. H., Greenberg, S., Krapac, I. G., Landsberger, S., and O'Kelly, D. J. 2002.** Source identification of sodium and chloride contamination in natural waters: preliminary results. In Proceedings, 12th Annual Illinois Groundwater Consortium Symposium. Illinois Groundwater Consortium.
- Potasznik, A. and S. Szymczyk., 2015.** Magnesium and calcium concentrations in the surface water and bottom deposits of a river-lake system, *Journal of Elementology*, vol. 20, no. 3, pp. 677-692.
- Prasad, M. N. V. 2008.** Trace Elements as Contaminants and Nutrients: Consequences in Ecosystems and Human Health, Published by John Wiley & Sons, New Jersey, 777 P. *Public Health*, 17(11). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph1711378>
- Rahman, S. 2006.** Spatial assessment of water quality in peripheral rivers of Ohak city for optimal relocation of water intake point. ESRI USER,S, Conference. Tennessee Technological University, pp 1-20.
- Rasheed, I. M., Aswad, A. H., Jar, L. F., & Ahmed, R. T. 2022.** Assessment of water suitability of the Lower Zab River for agriculture in two regions of Altun Kupri and Dibis, Iraq. *Iranian Journal of Ichthyology*, 9, 227-233.
- Rayaroth, M. P., Boczka, G., Aubry, O., Aravind, U. K., and Aravindakumar, C. T. 2023.** Advanced Oxidation Processes for Degradation of Water Pollutants—Ambivalent Impact of Carbonate Species: A Review. *Water*, 15(8), 1615.
- Reza, R., and G.Singh., 2019.** Application of heavy metal pollution index for ground water quality assessment in Angul district of Orissa, India. *International Journal of Environmental Sciences*, 5(1), 118–122.
- Richards, L.A. 1954.** Diagnosis and Improvement of saline and Alkali soils. U.S. Dept. Agr. Washington, D.C. Hand book No.60;4-18.
- Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., and Lartey, P. O. 2022.** Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PloS one*, 17(1), e0262117.

- Saleh, L. A. M. 2016.** Assessment of the irrigation water quality for Al-Kifl river in Al-Hindya city. *Journal of Babylon University for Engineering Sciences*, 24(1), 266-276.
- Salman, J.M.; Abd- Al-Hussein, N.A.; Al-Hashimi, O.A. 2015.** Assessment of water quality of Hilla river for drinking water purpose by Canadian index (CCME.WQI). *Int. J. Rece. Sci. Res.* 6(2), 2746-2749.
- Sandu, M.A. and Virsta, A. 2015.** ‘Environmental toxicity of lindane and health effect’,
- Sangeetha, V. J., Dutta, S., Moses, J. A., and Anandharamakrishnan, C. 2022.** Zinc nutrition and human health: Overview and implications. *eFood*, 3(5), e17.
- Scheelbeek, P. F., Chowdhury, M. A., Haines, A., Alam, D. S., Hoque, M. A., Butler, A. P.,... and Vineis, P. 2017.** Drinking water salinity and raised blood pressure: evidence from a cohort study in coastal Bangladesh. *Environmental health perspectives*, 125(5), 057007.
- Shaban, J., Al-Najar, H., Kocadal, K., Almghari, K., and Saygi, S. 2023.** The Effect of Nitrate-Contaminated Drinking Water and Vegetables on the Prevalence of Acquired Methemoglobinemia in Beit Lahia City in Palestine. *Water*, 15(11), 1989.
- Shukla, U.K. and Raju, N.J. 2008.** ‘Migration of the Ganga river and its implication on hydro-geological potential of Varanasi area, U.P., India’, *Journal of Earth System Science*, 117(4), pp. 489–498. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0048-4>.
- Shuval, H., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, E., and Yekutieli, P. 1988.** Integrated resource recovery: wastewater irrigation in developing countries-health effects and technical solutions (No. WTP51, pp. 1-362). The World Bank.
- Shi, M., Ma, J., and Zhang, K. 2022.** The Impact of Water Temperature on In-Line Turbidity Detection. *Water*, 14(22), 3720.
- Siddiqui, A., Naseem, S., and Jalil, T. 2005.** ‘Groundwater Quality Assessment in and Around Kalu Khuhar, Super Highway, Sindh,

- Pakistan', *Journal of Applied Sciences*, 5(7), pp. 1260–1265. Available at: <https://doi.org/10.3923/jas.2005.1260.1265>.
- Singh, G. and Kamal, R.K. 2017.** 'Heavy metal contamination and its indexing approach for groundwater of Goa mining region, India', *Applied Water Science*, 7(3), pp. 1479– 1485. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0430-3>.
- Spellman, F. R. 2013.** *Handbook of water and wastewater treatment plant operations*. CRC Press, 923p
- Spellman, Frank R. 2007.** *The science of water Concepts and Applications* (2nd edition). CRC PressTaylor & Francis Group, NY. 213 p.
- Subramani, T. Elango, L. and Damodarasamy, S. R. 2005.** Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India, *Environmental Geology*:47, 1099-1110 p.
- Tamasi, G., and R. Cini., 2004.** Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena. *Science of the total environment*, 327(1-3), 41-51.
- Tang, Yulin, Xin Long, Mengyi Wu, Shu Yang, Naiyun Gao, Bin Xu, Susmita Dutta, 2020.** Bibliometric review of research trends on disinfection by-products in drinking water during 1975–2018, *Separation and Purification Technology*, Vol. 241, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116741>.
- Tiwari, A., Marina, S., Prasoon, M. and Mukesh, K. uma. 2015.** 'Evaluation of Surface Water Quality by Using GIS and a Heavy Metal Pollution Index (HPI) Model in a Coal Mining Area, India', *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 95(3), pp. 304–310. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1558-9>.
- Todd, D. K. 2007.** *Groundwater hydrology* third edition, Jhon Wiley and Sons, Third Reprint. Inc. India. 535p.
- Todd, D. K., 1995:** *Groundwater hydrology*, 2nd ed., Jhon Wiley and Sons, Inc., New York, 535p.

- Tokatli, C. 2019.** Drinking water quality assessment of Ergene River basin (Turkey) by water quality index: Essential and toxic elements. *Sains Malaysiana*, 48(10), 2071–2081.
- Turgeon, A. J., 2000.** Irrigation Water Quality. College of Agricultural sciences, The Pennsylvania State University, USA.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., and Dobhal, R. 2013.** Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34–38.
- Tyler, R. H., Boyer, T. P., Minami, T., Zweng, M. M., & Reagan, J. R. 2017.** Electrical conductivity of the global ocean. *Earth, Planets and Space*, 69(1), 1-10.
- Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Vijayaragavan, K., Rajiv Ganthi, R., Chidambaram, S., Anandhan, P., ... and Vasudevan, S. 2010.** Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub-basin, Tamilnadu, India. *Environmental monitoring and assessment*, 171, 595-609.
- Venkata Mohan, S., Nithila, P. and Jayarama Reddy, S. 1996.** ‘Estimation of heavy metals in drinking water and development of heavy metal pollution index’, *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 31(2), pp. 283–289. Available at: <https://doi.org/10.1080/10934529609376357>.
- Verma, D. K.; Bhunia, G.S.; Shit, P. K.; and Tiwari, A. K. 2018.** Assessment of groundwater quality of the Central Gangetic Plain Area of India using Geospatial and WQI Techniques. *Journal of the Geologic Society of India*, 92(6): 743_752. <https://doi.org/10.1007/s12594-018-1097-1>
- W.H.O., 2011.** "Guidelines for Drinking Water Quality", Fourth Edition World Health Organization.

- Wang, M, Janssen, A, Bazin, J, Strokal, M, Ma, L, Kroeze, C 2022.** Accounting for interactions between Sustainable Development Goals is essential for water pollution control in China, Nature Communications, Wageningen University & Research, 10.17026/dans-x5w-m3q3.
- Weiner, E.R. 2013:**Applications of Environmental Aquatic Chemistry, A Practical Guide, 3rd edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- WHO 2001,** Water quality : guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases,
- WHO 2022,** Global tuberculosis report, ISBN 978-92-4-006172-9.
- WHO, 2017.** “Guidelines for drinking-water quality”. 4th edition. World Health Organization. 564p.
- Wilcox LV, Blair GY, Bower CA 1954.** Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation.
- Wilcox, L. V 1955.** Classification and Use of Irrigation Waters, United States Department of Agriculture. US Department of Agriculture.
- Zaffiro, a., Zimmerman, M. and Wendelken, G. and Munch, D. 2011.** ‘Method 218.7: Determination of Hexavalent Chromium in Drinking Water’, (November), pp. 1–30.
- Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L., 2018.** Irrigation water quality. In: Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer International Publishing, Cham, pp. 113–131
- Zeid, S., Seleem, M., Salman, A., Hafiz, M. and Abdel, A. 2017.** ‘Water quality index of shallow groundwater and assessment for different usages in El-Obour city, Egypt’, *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 9(7), pp. 1957–1968. Available at: https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol9/vol9_N7/216-JMES-3678-Zeid.pdf.

الملاحق

صورة 1 توضح موقع اخذ النماذج من محطة الجلاي خلال الفصول



فصل الشتاء



فصل الخريف



فصل الصيف



فصل الربيع

صورة 2 توضح موقع اخذ النماذج من محطة عبد الحميد خلال الفصول



فصل الشتاء



فصل الخريف



فصل الصيف



فصل الربيع

صورة 3 توضح موقع اخذ النماذج من محطة العبارة خلال الفصول



فصل الشتاء



فصل الخريف



فصل الصيف



فصل الربيع

صورة 4 توضح موقع اخذ النماذج من محطة بعقوبة خلال الفصول



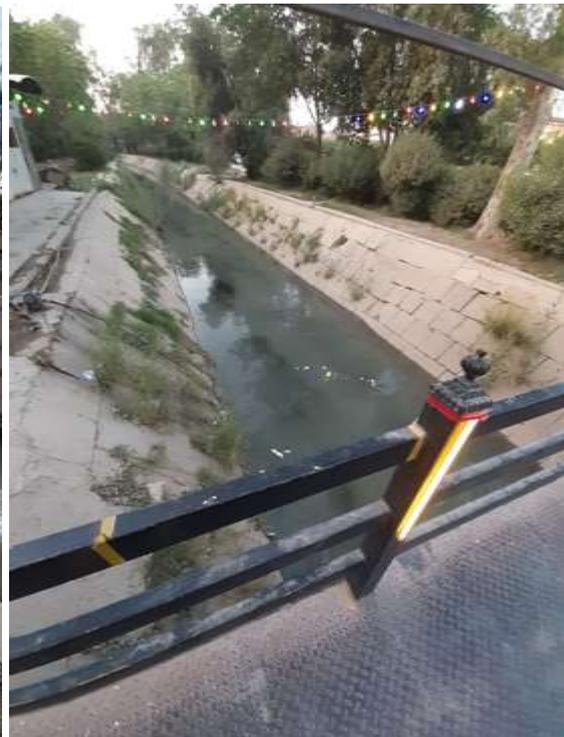
فصل الشتاء



فصل الخريف



فصل الصيف



فصل الربيع

صورة 5 توضح موقع اخذ النماذج من محطة بهرز خلال الفصول



فصل الشتاء



فصل الخريف



فصل الصيف



فصل الربيع

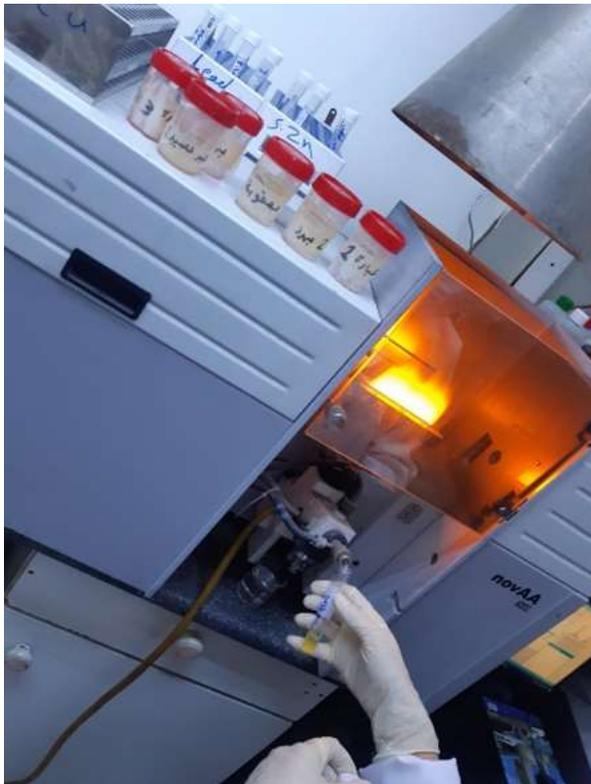
صور (6) توضح بعض التحاليل المختبرية



جهاز COD



أثناء قياس (COD)



أثناء قياس العناصر الثقيلة بجهاز الأوتمك



جهاز (BOD)

Abstract

A field study was conducted to evaluate the pollution status of the Sariya River's water over the course of a full year and to determine the quality of its water for civil and agricultural purposes and the extent of its contamination with heavy metals. Many models and indicators were applied to classify water quality and determine its suitability for different uses, including (IWQG, IWQ, HPI, and MI). This is done by taking several water models for five stations along the river's course, starting from the (Jalali) pumping station to the end of the river in the (Buhriz) district, with four replicates for each station during the four seasons. Some chemical, physical, and biological analyses of the water were carried out according to the methods adopted for analysis, the results showed that:

The concentrations of positive and negative ions in the studied water samples fell within the permissible limits according to the standards of the World Health Organization (WHO, 2017) and the Iraqi standard specifications (IQS, 2009), except calcium ions during the winter, spring, and summer seasons, as they exceeded the permissible limits according to the standards of (WHO, 2017), and the annual average of positive ion concentrations was recorded at (82.7, 28, 100, and 4.13) mg L^{-1} for calcium, magnesium, sodium, and potassium, respectively, while the annual average of negative ion concentrations was recorded (131.58, 277.65, 150.69, 0.254, and .5580) mg L^{-1} for chlorine, sulfur, bicarbonate, phosphate, and nitrate respectively.

The results of the chemical and physical characteristics of the studied samples showed that they fell within the permissible limits according to the standards of the World Health Organization, and were recorded at an annual rate of 7.77 and 28.1979 microcircuits cm^{-1} , 324.51 mg L^{-1} and 78.42 NTU for pH, EC, TH, and Turbidity, respectively. As for the biological characteristics, It exceeded the permissible limits of the Iraqi standard specifications for the annual rate of BOD, 5.21 COD, and 10.65, respectively. The results showed an increase in heavy metal concentrations in river water samples, and the average annual concentration of lead, cadmium, copper, zinc, boron, and nickel reached (0.1184, 0.00475, 0.7319, 0.744, 0.408, and 0.000072) mg L^{-1} , respectively.

The quality of river water for irrigation purposes was classified when applying the Irrigation Water Quality Guide (IWQG) program, and the

classification results were (low restrictions, medium restrictions, low restrictions, low restrictions) for the fall, winter, spring, and summer seasons, respectively, which qualifies them to be It is suitable for irrigation of most plants, except for salt-sensitive plants.

The water quality of the Sariya River for drinking purposes was classified according to the Canadian model (WQI), and the water quality status for each season was (acceptable, acceptable, acceptable, and questionable) for the fall, winter, spring, and summer seasons, in order.

The study revealed the extent of river water contamination with heavy metals, which may reach a dangerous level, by adopting the Heavy Metals Evaluation Index (HPI), as the seasonal average HPI values reached (770.12, 438.10, 599.80, 562.45) during the seasons (fall, winter, spring, and summer) for drinking purposes. According to the limits of the World Health Organization (WHO), for drinking purposes, the water condition was classified as (highly polluted) for all seasons because it exceeded the critical limit (100). The index (MI) was also adopted, and the seasonal average of the index reached (24.38, 22.58, 19.17, 27.27) during the fall semester. And winter, spring, and summer, in order, for drinking purposes according to the limits of the World Health Organization (WHO), as the water condition was classified in the category (seriously affected) for all seasons of the year due to it exceeding the permissible limit (6). As for irrigation purposes, the seasonal average HPI values reached (85.27, 103.64). 70.36, 60.13) during the seasons (fall, winter, spring, and summer) in order, and the water condition was classified as (high) for all seasons. As for the values of the metal pollution index (MI) for irrigation purposes, they reached (5.40, 7.40, 5.83, 5.42) during the seasons (fall, winter, and spring, and summer) sequentially, and the water condition for all seasons was classified as (severely affected), except for the winter season, which was in the (severely affected) category.

**Ministry of Higher
Education and Scientific Research
University of Diyala
College of Agriculture**



Evaluating the Pollution of Sariyah River (Khuraisan) with some heavy metals

**Submitted to the Council of the College of Agriculture University of
Diyala in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
M.Sc. in Agricultural Sciences (Soil Sciences and Water Resources)**

A Thesis Submitted By

Mias Taha Hamid

Supervised by

Asst. Prof. Dr. Aswad Hamuwd Aswad

2024 A.D.

1445 A.H.