Iraqi National Journal of Earth Science

www.earth.mosuljournals.com

الخصائص الجيوكيميائية للينابيع المعدنية في محافظة نينوى، شمالي العراق

سرى احمد عبدالله العلي [1]* ، عاهد يونس الملاح [2]

[2،1] قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 28- يوليو -2023

تاريخ المراجعة: 05- سبتمبر -2023

تاريخ القبول: 07- اكتوبر -2023

تاريخ النشر الالكتروني: 01- يوليو-2024

الكلمات المفتاحية

ينابيع

نينوى

دليل جودة المياه. (WQI)

الري

السحنات

المراسلة:

الاسم: سرى احمد عبدالله العلي

Email: surageo70@gmail.com

الملخص

جُمع ثلاثة وعشرون نموذجا من مياه عيون مناطق مختلفة من محافظة نينوى لتحديد جودة ونوعية المياه السائدة فيها وعلى مدار موسمين. حُللت النماذج لتحديد تراكيز الكتايونات السائدة (Ca2+, Mg2+, Na+, K+) والانايونات (HCO3-, SO42-, Cl-, NO3) فضلا عن دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والمتمثلة بالرقم الهيدروجيني (pH)، التوصيلية الكهربائية (EC) ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS). واظهرت نتائج تصنيف (Piper) و (Stiff) ان نوعية المياه في جميع نماذج الدراسة للموسمين هي من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة الكبريتات والكلوريدات بنسبة (83%) من النماذج الكلية، ماعدا النموذج (Sw5) فهو من نوع المياه القلوية الارضية مع زيادة القلويات وسيادة البيكربونات، والنموذج (Sw17) فهو من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة البيكاربونات، والنموذج (Ss13) فقد كان من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة البيكربونات والكبريتات او الكلوريدات، والنموذج (Ss4) فهو من نوع المياه القلوية الارضية مع زيادة القلويات وسيادة الكبريتات والكلوريدات. وتشكل هذه النماذج (17%) من النماذج الكلية. اظهرت نتائج التحليل سيادة ايون الكالسيوم Ca2+ على بقية الكتايونات يليه(K+ ,Na+, Mg2+) وسيادة (SO42-) على بقية الانايونات يليها (HCO3-, Cl-, NO3-) اشار دليل جودة المياه (WQI) ان جميع النماذج كانت غير ملائمة للشرب للموسمين عدا النموذج (Sw4) كان من نوع المياه الفقيرة جدا (Very Poor) و (Sw5) الفقيرة (Poor) و (Sw17) من النوع الجيد (Good). واظهرت نتائج عدة تصانيف مستخدمة لأغراض الري ان مياه عيون منطقة الدراسة تقع ضمن صنف المياه الممتازة للري بنسبة صوديوم SAR<10, Na%<20 و RSC=1.25 عدا النموذج (Sw5) فانه كان جيداً للري .

DOI: 10.33899/earth.2023.142187.1119, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

The Geochemical Characteristics of Mineral Spring Water at Nineveh Governorate, Northern Iraq

Sura Ahmed Abdullah Al-Ali [1*], **Aahed Y. Al-Mallah** [2]

[1,2] *Department of Geology, College of Science, University of Mosul, Mosul, Iraq.*

Article information

Received: 28- Jul -2023

Revised: 05- Sep -2023

Accepted: 07- Oct -2023

Available online: 01- Jul– 2024

Keywords:
Spring
Nineveh
(WQI)
Irrigation Water
Facies

Correspondence:

Name: Sura Ahmed Abdullah Al-Ali

Email: surageo70@gmail.com

ABSTRACT

Twenty-three samples are collected from different springs in Nineveh Governorate to determine the quality and type of the prevailing water during two seasons. The samples are analyzed to determine the dominant cations (Ca2+, Mg2+, Na+, K+) and anions (HCO3-, SO42-, Cl-, NO3-) as well as the physicochemical properties, hydrogen number (pH), electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS). The results of the Piper and Stiff classification show that the water quality in all the samples for the two seasons is normal earth alkaline water type with the prevailing sulfates and chlorides by (83%) of the total samples except the samples: (Sw5) is earth alkaline water with increased alkali with prevailing bicarbonate, (Sw17) is normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate, (Ss13) is normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate and sulfates or chlorides and the sample (Ss4) is earth alkaline water with an increase in alkalinity with prevailing sulfates and chloride, These samples constitute (17%) of the total samples. The results of the analysis show that the dominance of calcium ion over the rest of the cations, followed by Mg2+, Na+, K+, and predominance SO42- over the rest of the anions, followed by HCO3-, Cl-, NO3-. The Water Quality Index (WQI) indicates that all samples are unsuitable for drinking for the two seasons except the samples: (Sw4) is very poor, (Sw5) is poor and (Sw17) is good for drinking. The results of several classifications used for irrigation purposes show that the spring waters of the study area are classified as excellent water for irrigation with Na%<20, SAR<10 and RSC=1.25 except sample (Sw5), which is good for irrigation.

DOI: 10.33899/earth.2023.142187.1119, ©Authors, 2024, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقدمة

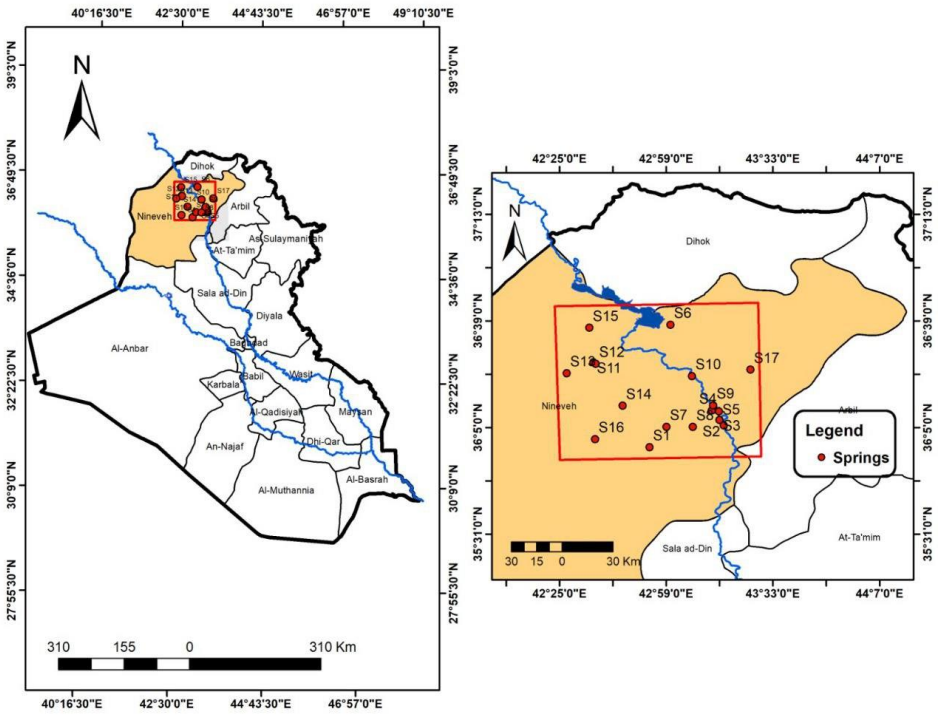
يعتمد سكان الكثير من القرى في محافظة نينوى على المياه الجوفية بشكل كبير بسبب النقص الشديد والحاجة المتزايدة للمياه الصالحة للاستخدام ألبشري، لذا كانت الحاجة ملحة لاستعمال مياه العديد من العيون والى حفر العديد من الابار في الآونة الاخيرة لسد الاحتياجات ألمنزلية، وتعد مياه الينابيع من المصادر المهمة التي تزود الانسان بالمياه للشرب والاستخدامات المنزلية واليومية. فمن المهم مراقبة مصادر هذه المياه بأنتظام لتحديد فيما اذا كانت هذه المياه صحية ام لا، اي يجب ان تكون خالية من العكورة او اللون او اي طعم او رائحة غير مقبولة (Hem, 1985) وعلاوة على ذلك تعد مياه العيون مصدراً اساسياً لمياه الشرب والزراعة والصناعة في عدة مدن حول العالم، كما انه من الممكن ان تكون هذه المياه ذات جودة عالية وفي كثير من الاحيان لا تحتاج الى تنقية او تصفية قبل الاستخدام (Sheikho, 1998). والبعض من مياه العيون ممكن استخدامه لأغراض العلاج بالمياه الكبريتية المعدنية حيث ثبت ان انغمار الجسم بالمياه الحارة يتيح للمريض تحريك المفاصل وتقوية العضلات، كما ان التفاعل الموضعي بين المياه المعدنية وسطح الجلد (Ali and Sadanobu, 2005) يمكن ان يشفي العديد من الامراض الجلدية مثل الصدفية وحب الشباب وحتى من ناحية العلاج النفسي فهو يزيد الاسترخاء وتقوية الجسم والعقل وعدم تطور المرض (Ali and Sadanobu, 2005).

تعرف العين على انها عبارة عن تدفق للماء من فتحة طبيعية في الارض واثناء فترة سقوط المطر يتسرب البعض من الماء داخل التربة والصخور من خلال الكسور والفراغات نزولا للأسفل بواسطة الجاذبية بعيدا في باطن الارض بقدر ما تسمح به الفتحات (web site1). تعتمد كمية ونوعية مياه العيون على عدة عوامل متعلقة بالصفات الجيولوجية تحت السطحية وصفات الخزان المائي وكمية حركة المياه الجوفية والاشكال التركيبية كالفوالق والطيات والعوامل الطوبوغرافية وذوبان الثلوج ومراحل نشأة الكبريت، فضلا عن الاحتكاك بالحركات الارضية وتأثير تحلل العناصر المشعة (Al-Dabbagh, 2011). درس (Kannah, 2001) نوعية المياه الجوفية الكبريتية في محافظة نينوى وركز فيها على الجانب الاحيائي وتشخيص عدة انواع من الطحالب، وكذلك تضمنت دراسة (Al-Sayegh, 2021) إجراء الفحوصات الكيميائية والفيزيائية وركزت على الصفات البايولوجية والعدد الكلي للبكتريا وعزل وتشخيص الاحياء المجهرية في اربع عيون تشمل كلاً من (عين فصوصة، عين الفاتح، عين زهرة وعين باشطابيا) في محافظة نينوى، وبينت النتائج ان جميع المياه كانت شبه مالحة اعتماداً على المواد الصلبة الذائبة TDS ومعظمها ذات دالة حامضية معتدلة، وان مياه العيون الكبريتية عسرة جدا وغير صالحة للشرب.

تهدف الدراسة الحالية تحديد الخصائص الجيوكيميائية لمياه الينابيع في محافظة نينوى وتحديد مدى ملاءمتها للاستخدامات المختلفة.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في شمالي العراق بأحداثيات 43° 91'.86" E 36° 20' 35.37" N وتشغل مساحة قدرها اكثر من 33000 كيلومتراً مربعاً كما هي موضحة في الخارطة (1). يعد مناخ محافظة نينوى من النوع شبه الجاف او شبه الصحراوي اذ يمتاز بمعدل حرارة سنوي عالٍ وتباين كبير في درجات الحرارة ما بين الليل والنهار والصيف والشتاء وأمطار قليلة ومقتصرة على فترة زمنية محدودة ورطوبة قليلة في معظم أجزاء المحافظة، اذ يتراوح المعدل السنوي للأمطار في محافظة نينوى من (230) إلى (350) مليمتراً، ويتراوح معدلها الحراري العام من (12) إلى (32) درجة سليزية. أما الرياح الهابة السائدة فيها فهي جنوبية شرقية مع وجود اتجاهات ثانوية أخرى فصلية (شمالية غربية) متأثرة بالعواصف الغبارية الإقليمية (Daghistani and Yahya, 2012).



الشكل 1. خارطة موقعية توضح منطقة الدراسة مع مواقع النماذج

جيولوجية المنطقة

تقع منطقة الدراسة والتي تتمثل بعموم محافظة نينوى ضمن نطاق اقدام التلال التابع لقطاع الطيات الواطئة. تتألف جيولوجيا هذه المنطقة من تعاقب طبقات صخرية تعود الى تكوينات فتحة (Fat'ha Formation) بعمر المايوسين الاوسط (Middle Miocen) و تكوين انجانة (Injana Formation) بعمر المايوسين الاعلى (Upper Miocen) فضلا عن ترسبات العصر الرباعي < (Quaternary deposits) ومن الجدير بالإشارة الى ان لتكوين فتحة أهمية اقتصادية كبيرة للمنطقة اذ تمتد طبقاته في معظم اراضي محافظة نينوى وهي تتألف عموما من تعاقب طبقات سميكة من الحجر الجيري والمارل والجبسوم وعدسات من الملح الصخري (Al-Jubouri,1988). تلعب هذه الصخور دورا مهما جدا في تحديد نوعية وكمية المياه الجوفية والعيون وهي ما تعرف بالمتبخرات (Evaporites) ورغم المسامية الواطئة لهذه المتبخرات فإنها تسهم مساهمة فعالة في توجيه مسار وخزن المياه بسبب تكوين قنوات إذابة نتيجة ذوبان الجبسيوم، يضاف الى ذلك ما يملكه هذا التكوين من صخور جيرية وطينية مسامية تستغل كخزانات للمياه. أما تكوين انجانه فيتكون من تعاقب طبقات الحجر الرملي والغرين والطين وان كمية المياه في هذا التكوين جيدة وذات نوعية جيدة أيضا، اذ لا تتجاوز كمية الاملاح الذائبة حاجز الـ (400) ppm وهي متكونة بالدرجة الرئيسة من الكربونات (Guest, 1966). بصورة عامة تقع جميع عيون منطقة الدراسة ضمن تكوين فتحة (Fat'ha Formation) في محافظة نينوى.

مواد وطرق العمل

جُمع 23 نموذجاً من مياه العيون الطبيعية المعدنية ممثلة بـ (17) موقعاً موزعة بشكل عشوائي داخل حدود المحافظة وعلى مدار موسمين للفترة من 24 أيلول 2021 – 4 كانون الثاني 2022 ومن 29 تموز 2022 – 25 اب 2022 (شكل 1 وجدول 1). جُمعت نماذج المياه في قناني بلاستيكية سعة 1.5 لتراً بعد ان تم غسلها في نفس مياه النبع وتم حفظها في ثلاجة لغرض نقلها الى المختبر لدراسة نوعية المياه.

الجدول 1. يبين مواقع واسماء العيون

النموذج	اسم العين	الناحية او القضاء	الارتفاع عن مستوى سطح البحر	خطوط العرض	خطوط الطول	اسم التكوين
S1	عين زعيزيعة	قضاء الحضر	253m	E 42 53' 36.58"	N 35 58' 44.93"	تكوين فتحة
S2	عين منيرة	ناحية حمام العليل	199m	E 43 17' 17.33"	N 36 05' 36.26"	تكوين فتحة
S3	عين جهينة	ناحية حمام العليل	178m	E 43 15' 57.32"	N 36 07' 21.5"	تكوين فتحة
S4	عين جريبة	ناحية حمام العليل	187m	E 43 13' 31.95"	N 36 10' 26.36"	تكوين فتحة
S5	العين الرئيسة	ناحية حمام العليل	200m	E 43 15' 44.03"	N 36 10' 04.15"	تكوين فتحة
S6	عين الجرن	ناحية حمام العليل	286m	E 43 00' 21.06"	N 36 07' 33.53"	تكوين فتحة
S7	عين مرج الديباج	ناحية حمام العليل	280m	E 42 59' 01.41"	N 36 05' 12.99"	تكوين فتحة
S8	عين ابو عرائس	ناحية حمام العليل	268m	E 43 07' 26.07"	N 36 05' 10.03"	تكوين فتحة
S9	عين فصوصة	قضاء الحمدانية	219m	E 43 13' 55.41"	N 36 12' 04.87"	تكوين فتحة
S10	عين قلعة باشطابيا	مدينة الموصل	226m	E 43 07' 12.23"	N 36 21' 24.19"	تكوين فتحة
S11	عين ابو ماريا	قضاء تلعفر	322m	E 42 35' 44.2"	N 36 25' 46.7"	تكوين فتحة
S12	عين البيضة	قضاء تلعفر	382m	E 42 36' 28.78"	N 36 25' 19.73"	تكوين فتحة
S13	عين قلعة صوباشي	قضاء تلعفر	386m	E 42 27' 17.02"	N 36 22' 17.34"	تكوين فتحة
S14	عين عداية	ناحية الحميدات	377m	E 42 45' 04.26"	N 36 11' 55.83"	تكوين فتحة
S15	عين المفري	ناحية زمار	338m	E 42 34' 25.39"	N 36 36' 46.16"	تكوين فتحة
S16	عين تل موس	ناحية زمار	391m	E 42 36' 16.57"	N 36 37' 55.23"	تكوين فتحة
S17	عين الصفرة	قضاء الحمدانية بلدة برطلة	406m	E 43 25' 47.6"	N 36 23' 25.58"	تكوين فتحة

حللت نماذج المياه في مختبر كلية الزراعة والغابات ومختبر مركز بحوث السدود والموارد المائية التابعين لجامعة الموصل وذلك لغرض تقدير الكتايونات $Ca^{2+},Mg^{2+},Na^{+},K^{+}$ والانايونات $HCO_3^-,Cl^-,SO_4^{2-},NO_3^-$ ، ثم تم حساب نسب Ca^{2+},Mg^{2+} بطريقة التسحيح مع EDTA وايونات Na^+, K^+ تم تقديرها بأستخدام جهاز طيف اللهب نوع (AFp100) واستخدمت طريقة التسحيح مع حامض HCl لتقدير HCO_3^- . اما بالنسبة لتقدير ايون النترات NO_3^- استخدم مطياف الاشعة فوق البنفسجية (UV Spectrophotometer) بعد تحضير المحاليل القياسية واضافة حامض HCl (1N) والقراءة على طول موجي (220-2*275nm). تم تقدير الكبريتات SO_4^{2-} بأستخدام جهاز مطياف الاشعة فوق البنفسجية. اما بالنسبة لل Cl^- فقد تم تقديره بأستخدام طريقة التسحيح (نترات الفضة). فضلا عن ذلك تم تحديد الخواص الهيدروكيميائية والمتمثلة ب pH عن طريق مقياس الحموضة pH-Meter و التوصيلية الكهربائية EC والمواد الصلبة الذائبة TDS بواسطة مقياس EC الحقلي. وللتحقق من دقة التحاليل تم استخدام المعادلات التالية لحساب الكاتيونات والانايونات بوحدة (epm) (Baird 2017).

$$E\% = (\Sigma r.cat. - \Sigma r.ani.) / (\Sigma r.cat. + \Sigma r.ani.) * 100 \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

حيث:

E% = نسبة الخطأ

Σr.cat = epm مجموع تراكيز الكاتيونات بوحدة

Σr.ani = epm مجموع تراكيز الانيونات بوحدة

اما بالنسبة لحساب النسبة المئوية لدقة التحليل (A) فقد استخدمت الصيغة الاتية:

$$A = 100 - E\% \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث :

A = النسبة المئوية لدقة التحليل

E%= نسبة الخطأ

تكون دقة التحليلات عالية جدا اذا كانت نسبة الخطأ اقل من 5%، اما اذا كانت واقعة ما بين (5%-10%) ينبغي اخذ الحذر من ناحية التفسيرات الهيدروكيمائية، اما اذا كانت النسبة اعلى من 10% ففي هذه الحالة لا يمكن الاعتماد على النتائج في التفسيرات الهيدروكيميائية (جدول 2).

ولغرض تحديد مدى ملاءمة المياه للشرب بأستخدام معامل جودة المياه (WQI, Water quality index) والذي يعطي دليلا على تأثير مختلف المعايير المدروسة على نوعية المياه (Armah et al., 2012)، حيث يعد حساب WQI فعالاً جداً لانه يعتمد على عدة متغيرات يتم صياغتها رقميا، وان حسابه من خلال المعادلات المقترحة من قبل (Horton, 1965) و (Pius et al., 2012):

$$Wi = KSi = 1Si \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث:

Wi= الوزن

K= ثابت التناسب

(Si)= معايير جودة المياه

الجدول 2. النسبة المئوية للخطأ ودقة تحليل النمذجتين الشتوية والصيفية لعيون منطقة الدراسة

العيون		النسبة المئوية للخطأ (E%)		دقة التحيل (A%)	
Sw1		8		92	
Sw2		7		93	
Sw3		2		98	
Sw4	Ss4	7	8	93	92
Sw5	Ss5	5	10	95	90
Sw6		8		92	
Sw7		8		92	
Sw8		9		91	
Sw9	Ss9	6	8	94	92
Sw10	Ss10	7	8	93	92
Sw11	Ss11	4	4	96	96
Sw12		3		97	
Sw13	Ss13	9	4	91	96
Sw14		3		97	
Sw15		0		100	
Sw16		6		94	
Sw17		2		98	

- نمذجة شتوية Sw
- نمذجة صيفية Ss

$$Qi = (Vi/Si) * 100 \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث:

معايير جودة المياه (Si) ,متوسط البيانات (Vi) مصنف جودة المياه,:Qi

$$QpH = [(VpH - 7.0)/1.5] * 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث:

قيمة الاس الهيدروجيني الملاحظة :VpH , مصنف جودة المياه حسب قيم الـ pH :QpH

$$WQI = [\Sigma (Qi.Wi)/\Sigma Wi] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

تعكس قيمة WQI مدى ملاءمة المياه للشرب، وكلما كانت هذه القيمة عالية زادت عدم ملائمة المياه للشرب كما موضح في الجدول (3) ادناه :

الجدول 3. تصنيف المياه اعتمادا على معامل جودة المياه WQI (Armah et al., 2012)

نوعية المياه	WQI
ممتازة	< 50
جيدة	50-100
ضعيفة	100-200
ضعيفة جدا	200-300
غير مقبولة	> 300

تم حساب أوزان المتغيرات (الكالسيوم، المغنيسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الكلورايد، النترات، الكبريتات والبيكربونات بالأضافة الى (EC,TDS,TH) على أنها مقلوبة لقيمها القياسية، أما بالنسبة لـ pH فيفترض لها نفس الوزن النسبي للكلوريدات أي (Pius et al., 2012) (0.004) و (Armah et al., 2012) حيث أن حساب الوزن النسبي الحقيقي لها أي (1/Si) يعطي نتائج خاطئة وبعيدة عن الواقع.

الجدول 4. مدى تركيز الايونات لمياه الينابيع بمناطق الدراسة للموسمين الشتوي والصيفي ومقارنتها مع الحدود المقبولة لمنظمة الصحة العالمية WHO.2017 والمواصفات القياسية العراقية IQS.2009 لمياه الشرب.

Parameter	نمذجة شتوية Sw	نمذجة صيفية Ss	WHO guideline (Si)	Iraqi guideline (2009)	Unit weight (Wi)
PH	5.8-7.86	6.6-7.52	6.5-8.5	6.5-8.5	0.004
EC (µS/cm)	302-3978	1814-4084	<1000-2000	1500	0.001
TDS(Ppm)	151-2225	907-2042	1000	1000	0.001
TH (ppm)	348.484-2702.021	694.776-4209.08	500	500	0.002
Ca^{2+} (ppm)	80-657	120-584	75	200	0.0133
Mg^{2+} (ppm)	24-340	96-780	100	150	0.01
Na^{+} (ppm)	13-190	7-207	250	200	0.004
K^{+} (ppm)	2-12	10-56	12	3	0.0833
Cl^{-} (ppm)	18-53	284-1341.4	250	250	0.004
HCO_3^{-} (ppm)	183-915	268.4-1281	350	200	0.0029
SO_4^{2-} (ppm)	109-2572	94-786	250	250	0.004
NO_3^{-} (ppm)	1-35	0.1-17.5	50	50	0.004

اما بالنسبة لصلاحية ينابيع منطقة الدراسة لأغراض الري، فقد تم التحقق من خلال عدة تصانيف والمشار اليها. ادناه تصنيف يعتمد على نسبة ايون الصوديوم وذلك من خلال المعادلة ادناه (Don, 1995) :

$$Na\% = (rNa^{+}+rK^{+}/rCa^{+2}+rMg^{+2}+rNa^{+}+rK^{+}) *100 \quad \text{.....} \quad (7)$$

وتمثل النسب بوحدة (epm). فأذا كانت نسبة Na% اكثر من 80 فان المياه تعد ضارة بالنباتات والتربة (Don, 1995) وذلك وفقا للجدول (5) ادناه:

الجدول 5. تصنيف (Don., 1995) للري المعتمد على قيم Na%

نوعية المياه	Na%
ممتازة	< 20
جيدة	20 – 40
يسمح به	40 – 60
مشكوك به	60 – 80
غير ملائم	>80

وكذلك تم حساب وتقييم مياه الري اعتمادا على تصنيف (Todd, 2007) كما مبين في الجدول (6) وذلك اعتمادا على نسبة امتزاز الصوديوم (SAR) حيث تعتمد على نسبة ايونات الصوديوم الى نسبة ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم وفق المعادلة الاتية :

$$SAR = rNa^{+} / \{(rCa^{2+} + rMg^{2+})/2\}^{1/2} \quad \text{.....} \quad (8)$$

ويظهر ان للصوديوم تأثيراً سلبياً على النباتات فهو يقلل من مسامية التربة بسبب التبادل الايوني مع ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم وبالتالي الى قوة او صلابة التربة. وتمثل قيم الأيونات بوحدة الـ epm.

الجدول 6. تصنيف Turgeon, 2000 اعتمادا على نسبة امتصاص الصوديوم SAR

نوعية المياه	نسب SAR
ممتازة	< 10
جيدة	10 – 18
مناسبة	18 – 26
ضعيفة	> 26

وهنالك تصنيف اخر يعتمد على تركيز البيكربونات بالنسبة لتراكيز الكالسيوم يسمى بكربونات الصوديوم المتبقية (Eaton, 1950) (جدول 7) وكما موضح بالمعادلة الاتية:

$$RSC = (CO_3^{-} + HCO_3^{-}) – (Ca^{2+}+ Mg^{2+}) \quad \text{.....} \quad (9)$$

يؤدي التركيز العالي للبيكربونات الى زيادة نسبة تركيز الكالسيوم والمغنسيوم في التربة وبالتالي يؤدي الى زيادة نسبة الصوديوم نتيجة استبدال الكالسيوم والمغنسيوم، فأذا كانت نسبة RCS في الماء اعلى من 2.5 meq/L فأنه يؤدي الى تراكم الاملاح التي تعيق حركة الماء والهواء في التربة وبالتالي ينتج عنها تربة ضعيفة متدهورة.

الجدول 7. تصنيف (Eaton, 1950) للري المعتمد على قيم RSC

(RCS)	نوعية المياه
< 1.25	ممتازة
1.25 – 2.5	متوسطة
>2.5	ضعيفة

النتائج والمناقشة

لغرض تقييم جودة مياه عيون منطقة الدراسة وبيان صلاحيتها للاستخدامات المدنية والزراعية والصناعية وكذلك لأغراض العلاج، يجب ان تكون مياه العيون عديمة اللون والرائحة. يرجح وجود اللون في الماء الى وجود بعض المواد العضوية والبكتيرية وكذلك وجود بعض المعادن والغازات المذابة، وهذا يعد مؤشراً قوياً على وجود تلوث، اذ لوحظ ان معظم نماذج مياه منطقة الدراسة كانت ذات لون مائل الى الاخضرار او احيانا صفراء وذات رائحة كبريتية نفاذة.

الصفات الهيدروكيميائية

يوضح جدول (8) نتائج تحاليل الكاتيونات والانيونات والمعاملات الهيدروكيميائية لمياه العيون في الموسمين . اذ تبين ان قيمة الاس الهيدروجيني (pH) في جميع نماذج العيون (Sw1,Sw2,Sw3,Sw6,Sw8,Sw9,Ss9,Sw10, Ss10,Ss11,Ss13,Sw14) كانت حامضية (pH<7) ماعدا النماذج (Sw4,Ss4,Sw5,Sw7,Sw11,Sw12,Sw13,Sw15) فكانت نوعا ما مقاربة للماء النقي (pH=7). اما النماذج (Ss5,Sw16,Sw17) فأنها كانت قلوية (pH >7) ومن جهة اخرى، فأن معدل قيم التوصيلية الكهربائية (EC) للموسمين الشتوي والصيفي هي (2590.29 µS/cm) و (2530 µS/cm) على التوالي، وهي تفوق بذلك تقديرات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2017) والمواصفات العراقية القياسية (IQS, 2009) وبالتالي فانها غير مقبولة. اما المواد الصلبة الذائبة (TDS) فقد سجلت بمعدلات للموسمين الشتوي والصيفي (1294.17ppm) و (1266 ppm) على التوالي، وهي بذلك تفوق تقديرات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2017) والمواصفات العراقية القياسية (IQS, 2009)، اي غير مقبولة. وبالنسبة للعسرة الكلية (TH) فقد كان معدلها في الموسم الشتوي (1985.762ppm) ومعدلها في الموسم الصيفي بلغ (2171.01ppm) وهي بذلك تفوق تقديرات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2017) والمواصفات العراقية القياسية (IQS, 2009)، اي انها غير مقبولة. واعتمادا على تصنيف (Todd, 1980) يمكن تصنيف نماذج المياه للموسمين الشتوي والصيفي بأنها عسرة جدا Very Hard كما موضح في الجدول (9). كذلك اظهرت نتائج التحاليل ان تراكيز الكاتيونات Ca^{2+}، Mg^{2+} ، Na^{+} وK^{+} للموسم الشتوي كانت بمديات بين (80-657)، (24−340)، (13−190)، (2−12)على التوالي، وللموسم الصيفي بمديات بين (120−584)، (96−780)، (7−207)، (10−56)، بينما كانت مديات تراكيز الانيونات للموسم الشتوي (2572 −109) ، (193-915) ، (18−53) ، (1−35) و للموسم الصيفي كانت مدياتها بين (94−786) (268.4−1281) (284−1341.4) (0.1−17.5). ومن هنا يتضح لنا سيادة عنصر الكالسيوم Ca^{2+} يليه Mg^{2+} وNa^{+} وK^{+} بينما اظهرت الكبريتات (SO_4^{2-}) سيادتها يليها HCO_3^{-} و Cl^{-} و NO_3^{-} ولجميع النماذج في الموسمين ماعدا النماذج (Ss4, Ss9 Ss13,) التي ظهرت فيها سيادة البيكربونات HCO_3^{-} يليه SO_4^{2-} و Cl^{-} و NO_3^{-} . ومن هذه النتائج يتضح لنا ان هنالك تبايناً واضحاً وقوياً بين جميع العيون، وقد يعود هذا الى الصخارية، المناخ، التكاوين، العمليات الجيولوجية والعمليات الجيوكيميائية.

الصيغة الهيدروكيميائية لمياه العيون

تم تحديد نوعية المياه والصيغة الهيدروكيمائية لعيون منطقة الدراسة بأستخدام الصيغة الهيدروكيميائية (Formula Kurolov) (Ivonov et al., 1968)، إذ تعتمد على الايونات السالبة والموجبة المقاسة بوحدة epm% والتي تزيد عن 15% وفق المعادلة الاتية:

$$\text{TDS} \quad \text{mg/l}^{-1} \quad \frac{\text{Anion epm\% in decreasing order}}{\text{Cation epm\% in decreasing order}} \mathbf{pH} \ldots\ldots\ldots (10)$$

اظهرت النتائج المبينة في الجدولين (10) و(11) ان نماذج مياه العيون في منطقة الدراسة للموسمين كانت من نوع Ca-Sulphate ما عدا النماذج (Sw1,Sw4,Sw8,Sw14,Sw15,Ss10) كانت من نوع Mg-Sulphate والنماذج (Ss4,Ss5,Ss9) كانت من نوع Mg-Chloride والنموذج (Sw5) كان من نوع Mg-bicarbonate والنموذج (Sw17) كان من نوع Ca-bicarbonate .

الجدول 8. الصفات الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه المحللة في مناطق الدراسة للموسمين الشتوي Sw والصيفي Ss

ت	اسم العين	pH	EC (µS/cm)	TDS (ppm)	T (C)	TH (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	Mg^{2+} (ppm)	K^{+} (ppm)	Na^{+} (ppm)	HCO_3^{-} (ppm)	So_4^{2-} (ppm)	Cl^{-} (ppm)	No_3^{-} (ppm)
Sw1	عين زعيزِعة	6.5	3978	1989	24.3	2261.8	441	282	11	160	244	1883	53	6
Sw2	عين منيرة	6.4	2446	1226	28	1625.4	496	94	8	43	183	1236	35	3
Sw3	عين جهينة	5.8	4486	2225	27.7	1825.7	657	45	9	190	700	1623	53	3
Sw4	عين جريبة	6.9	2686	1343	22.8	1147.9	224	143	7	98	183	958	32	8
Ss4		7.1	1814	907	39.5	1698.2	120	96	35	81	353.8	94	284	0.1
Sw5	العين الرئيسية	7.0	1776	888	29.9	533.1	80	81	6	70	515	148	28	10
Ss5		7.5	2380	1194	28.7	694.7	240	267	56	99	268.4	355	333.7	0.2
Sw6	عين الجرن	6.7	2916	1458	21.7	1923.2	401	224	2	95	427	2048	28	3
Sw7	عين مرج الديباج	6.9	2796	1398	21.9	1826.9	369	220	2	64	366	1888	21	1
Sw8	عين ابو عرائس	6.5	2686	1343	24.3	2476.7	471	316	7	48	915	2190	39	5
Sw9	عين فصوصة	6.5	3705	1852	19.4	2274.7	550	219	5	170	244	2603	52	8
Ss9		6.2	4084	2042	27	4209.2	400	780	39	207	1281	504	1341.4	17.5
Sw10	عين قلعة باشطابيا	6.5	3053	1527	20.3	2131.0	532	195	3	95	488	2129	46	3
Ss10		6.5	2812	1406	22.9	2333.4	440	300	20	118	439.2	786	440.2	0.1
Sw11	عين ابو ماريا	7.2	2172	1081	17.9	2632.6	634	255	4	32	366	2102	18	5
Ss11		6.6	2102	1053	29	2182.6	584	176	10	7	366	651	177.5	21
Sw12	عين البيضة	7.0	2153	1076	17.8	2702.0	581	304	4	34	305	2572	32	7
Sw13	عين قلعة صوباشي	6.9	2080	1040	19.3	2313.6	526	243	7	13	610	2170	28	5
Ss13		6.6	1988	994	26.2	1907.6	520	148	15	10	640.5	595	105.5	0.1
Sw14	عين عداية	6.6	2388	1194	20.1	2635.4	495	340	7	20	305	2342	35	4
Sw15	عين المفري	6.9	2273	1136	19.7	2579.1	512	316	12	40	183	2394	25	35
Sw16	عين تل موس	7.4	2139	1074	20.4	2519.7	508	304	4	22	244	2540	28	6
Sw17	عين الصفرة	7.8	302	151	12.3	348.4	100	24	2	20	315	109	28	3
Sw	معدل النمذجة الشتوية	6.8	2590.2	1294.18	21.6	1985.7	445.7	212.0	5.8	71.4	387.8	1819.7	34.1	6.7
Sw	مديات العناصر	5.8-7.8	302-3978	151-2225	12.3-29.9	348.4-2702.0	80-657	24-340	2-12	13-190	193-915	109-2572	18-53	1-35
Ss	معدل النمذجة الصيفية	6.7	2530	1266	28.8	2171.0	384	294.5	29.1	87	558.1	497.5	447.0	6.5
Ss	مديات العناصر	6.6-7.5	1814-4084	907-2042	22.9-39.5	694.7-4209	120-584	96-780	10-56	7-207	268.4-1281	94-786	284-1341.4	0.1-17.5
Sw+Ss	WHO, 2017	6.5-8.5	< 1000-2000	1000	-	500	75	100	200	100	350	250	250	50
Sw+Ss	IQS, 2009	6.5-8.5	1500	1000	-	500	200	150	3	200	200	250	250	50

الجدول 9. تصنيف المياه بالاعتماد على العسرة الكلية TH للموسمين الشتوي والصيفي (Todd,1980).

Hardness (mg/L)	نوعية المياه	النماذج
0-75	عذب	
75-150	متوسط	
150-300	عسر	
>300	عسر جدا	جميعها

الجدول 10. نتائج النمذجة الشتوية Sw الاولى

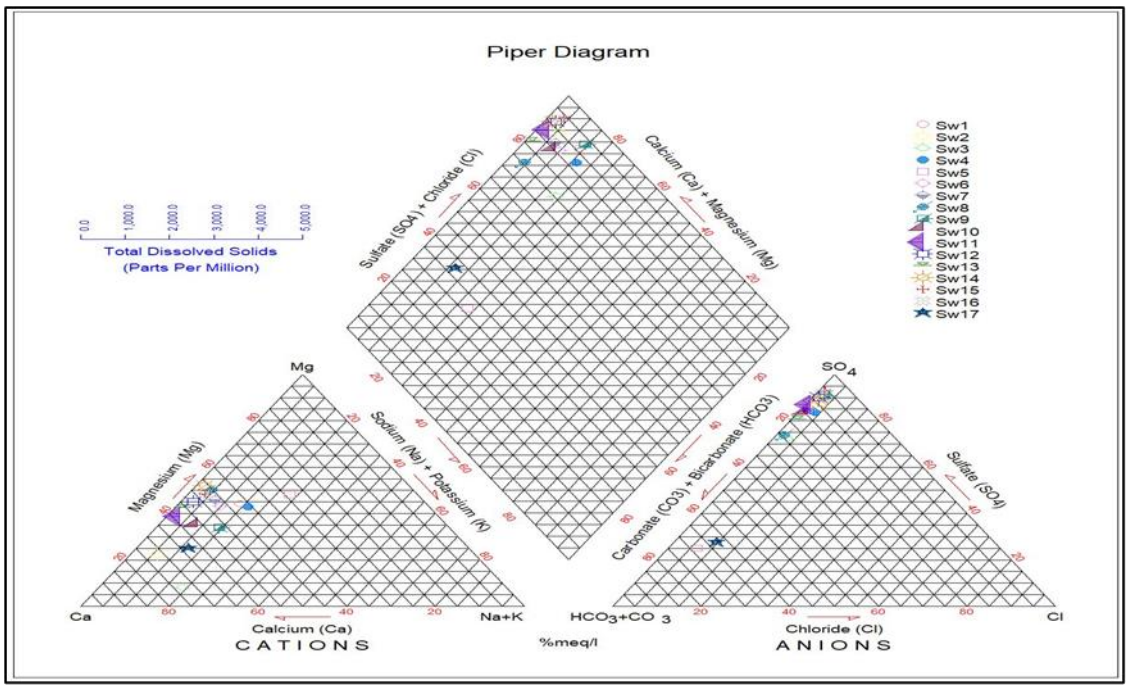
Spring no.	Hydrochemical formula	Water type
Sw1	$SO^{2-}_{4(87.71)}$ TDS (1989) ---------- pH (6.56) $Mg^{2+}_{(44.21)}\ Ca^{2+}_{(42.001)}$	Ca- Mg- Sulphate
Sw2	$SO^{2-}_{4(86.59)}$ TDS (1226) ---------- pH (6.43) $Ca^{2+}_{(71.6)}\ Mg^{2+}_{(22.3)}$	Mg-Ca- Sulphate
Sw3	$SO_4^{2-}{}_{(72.27)}\ HCO_3^{-}{}_{(24.52)}$ TDS (2225) ---------- pH (5.8) $Ca^{+2}_{(72.92)}\ Na^{+}_{(18.33)}$	Na-Ca- HCO_3^- Sulphate
Sw4	$SO_4^{2-}{}_{(83.64)}$ TDS (1343) ---------- pH (6.9) $Mg^{2+}_{(42.93)}\ Ca^{2+}_{(40.86)}\ Na^{+}_{(15.54)}$	Na-Ca- Mg-Sulphate
Sw5	$HCO_3^{-}{}_{(68.55)}\ SO_4^{2-}{}_{(25.03)}$ TDS (888) ---------- pH (7.06) $Mg^{2+}_{(48.08)}\ Ca^{2+}_{(28.85)}\ Na^{+}_{(21.95)}$	Na-Ca-Mg – SO_4^{2-} Bicarbonate
Sw6	$SO_4^{2-}{}_{(84.56)}$ TDS (1458) ---------- pH (6.7) $Ca^{2+}_{(46.99)}\ Mg^{2+}_{(43.20)}$	Mg-Calcium – Sulphate
Sw7	$SO_4^{2-}{}_{(85.64)}$ TDS (1398) ---------- pH (6.9) $Ca^{2+}_{(46.83)}\ Mg^{2+}_{(45.96)}$	Mg-Calcium – Sulphate
Sw8	$SO_4^{2-}{}_{(73.91)}\ HCO_3^{-}{}_{(24.30)}$ TDS (1343) ---------- pH (6.5) $Mg^{2+}_{(50.18)}\ Ca^{2+}_{(45.44)}$	Ca-Mg – HCO_3^- Sulphate
Sw9	$SO_4^{2-}{}_{(90.84))}$ TDS (1852) ---------- pH (6.52) $Ca^{2+}_{(51.84)}\ Mg^{2+}_{(33.98)}$	Mg-Ca – Sulphate
Sw10	$SO_4^{2-}{}_{(82.67)}\ HCO_3^{-}{}_{(15)}$ TDS (1527) ---------- pH (6.55) $Ca^{2+}_{(56.76)}\ Mg^{2+}_{(34.25)}$	Mg-Ca– HCO_3^- Sulphate
Sw11	$SO_4^{2-}{}_{(87.06)}$ TDS (1081) ---------- pH (7.2) $Ca^{2+}_{(58.50)}\ Mg^{2+}_{(38.73)}$	Mg-Calcium – Sulphate
Sw12	$SO_4^{2-}{}_{(90.07)}$ TDS (1076) ---------- pH (7.07) $Ca^{2+}_{(52.19)}\ Mg^{2+}_{(44.95)}$	Mg -Calcium- Sulphate
Sw13	$SO_4^{2-}{}_{(80.73)}\ HCO_3^{-}{}_{(17.85)}$ TDS (1040) ---------- pH (6.97) $Ca^{2+}_{(55.90)}\ Mg^{2+}_{(42.51)}$	Mg-Ca– HCO_3-Sulphate
Sw14	$SO_4^{2-}{}_{(89.07)}$ TDS (1194) ---------- pH (6.66) $Mg^{2+}_{(52.03)}\ Ca^{2+}_{(46.01)}$	Ca-Mg –Sulphate
Sw15	$SO_4^{2-}{}_{(93.08)}$ TDS (1136) ---------- pH (6.9) $Mg^{2+}_{(48.47)}\ Ca^{2+}_{(47.71)}$	Ca-Mg –Sulphate
Sw16	$SO_4^{2-}{}_{(91.69)}$ TDS (1074) ---------- pH (7.4) $Ca^{2+}_{(49.33)}\ Mg^{2+}_{(48.60)}$	Mg-Ca –Sulphate
Sw17	$HCO_3^{-}{}_{(62.78)}\ SO_4^{2-}{}_{(27.61)}$ TDS (151) ---------- pH (7.86) $Ca^{2+}_{(63.32)}\ Mg^{2+}_{(25.01)}$	Mg-Ca – SO_4^{2-} Bicarbonate

السحنات الهيدروكيميائية

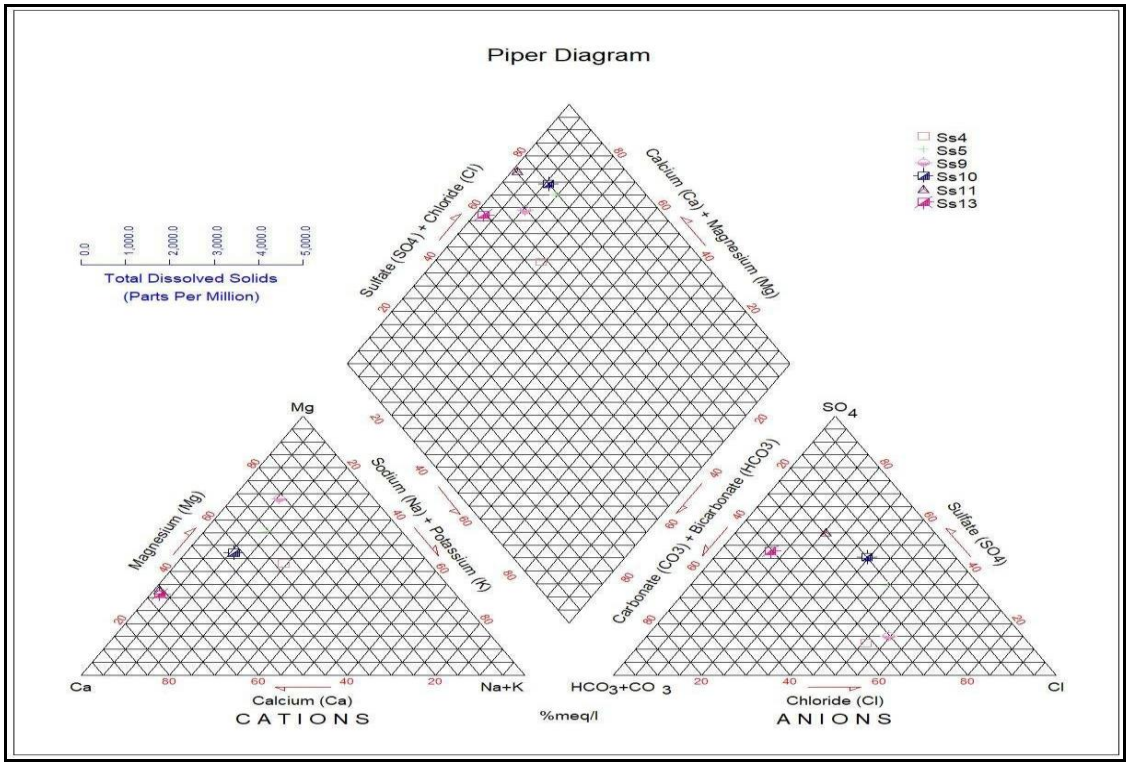
لتحديد السحنات الهيدروكيمائية في هذه الدراسة، تم استخدام تصنيفي كل من (Piper, 1944) وتصنيف (Stif, 1951)، حيث اوضح تصنيف piper للموسمين ان جميع العينات هي مياه قلوية ارضية اعتيادية مع سيادة الكبريتات والكلوريدات (Normal earth alkaline water with prevailing Sulphate or chloride)) عدا النموذج (Sw5) هي مياه قلوية ارضية مع زيادة القلويات وسيادة البيكربونات (Earth alkaline water with increased portions of alkalis with prevailing bicarbonate)، والنموذج (Sw17) هي مياه قلوية ارضية اعتيادية مع سيادة البيكربونات (Normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate)، والنموذج (Ss13) وقع ضمن نطاق مياه قلوية ارضية اعتيادية مع سيادة البيكربونات والكبريتات او الكلوريدات (Normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate and sulfate or chloride)، والنموذج (Ss4) يقع ضمن مياه قلوية ارضية مع زيادة القلويات وسيادة الكبريتات والكلوريدات (earth alkaline water with increased portions of alkalis with prevailing sulphate and chloride) وجميع النتائج موضحة في الشكل (2).

الجدول 11. نتائج النمذجة الصيفية Ss الثانية

Sample	Hydrochemical formula	Water type
Ss4	$Cl^{-}_{(50.80)}\ HCO_3^{-}{}_{(36.77)}$ TDS (907) ---------- pH (7.15) $Mg^{2+}_{(43.12)}\ Ca^{2+}_{(32.75)}\ Na^{+}_{(19.22)}$	Na-Ca- Mg – HCO_3-Chloride
Ss5	$Cl^{-}_{(44.38)}\ SO_4^{2-}{}_{(34.87)}\ HCO_3^{-}{}_{(20.74)}$ TDS (1194) ---------- pH (7.52) $Mg^{2+}_{(55.33)}\ Ca^{2+}_{(30.21)}$	Ca- Mg–HCO_3-SO_4-Chloride
Ss9	$Cl^{-}_{(54.57)}\ HCO_3^{-}{}_{(30.28)}\ SO_4^{2-}{}_{(15.14)}$ TDS (2042) ---------- pH (6.23) $Mg^{2+}_{(68.15)}\ Ca^{2+}_{(21.23)}$	Ca- Mg– SO_4-HCO_3- Chloride
Ss10	$SO_4^{2-}{}_{(45.49)}\ HCO_3^{-}{}_{(34.50)}\ Cl^{-}_{(20.004)}$ TDS (1406) ---------- pH (6.51) $Mg^{2+}_{(65.99)}\ Ca^{2+}_{(32.73)}$	Ca-Mg – Cl- HCO_3-Sulphate
Ss11	$SO_4^{2-}{}_{(55.20)}\ HCO_3^{-}{}_{(24.42)}\ Cl^{-}_{(20.37)}$ TDS (1053) ---------- pH (6.6) $Ca^{2+}_{(65.99)}\ Mg^{2+}_{(32.73)}$	Mg-Ca – Cl- HCO_3-Sulphate
Ss13	$SO_4^{2-}{}_{(47.91)}\ HCO_3^{-}{}_{(40.58)}$ TDS (994) ---------- pH (6.64) $Ca^{2+}_{(66.66)}\ Mg^{2+}_{(31.23)}$	Mg-Ca – HCO_3-Sulphate
Average	$Cl^{-}_{(36.02)}\ SO_4^{2-}{}_{(35.17)}\ HCO_3^{-}{}_{(28.80)}$ TDS (1266) ----------pH (6.77) $Mg^{2+}_{(46.29)}\ Ca^{2+}_{(43.14)}$	Ca-Mg – HCO_3-SO_4-Chloride

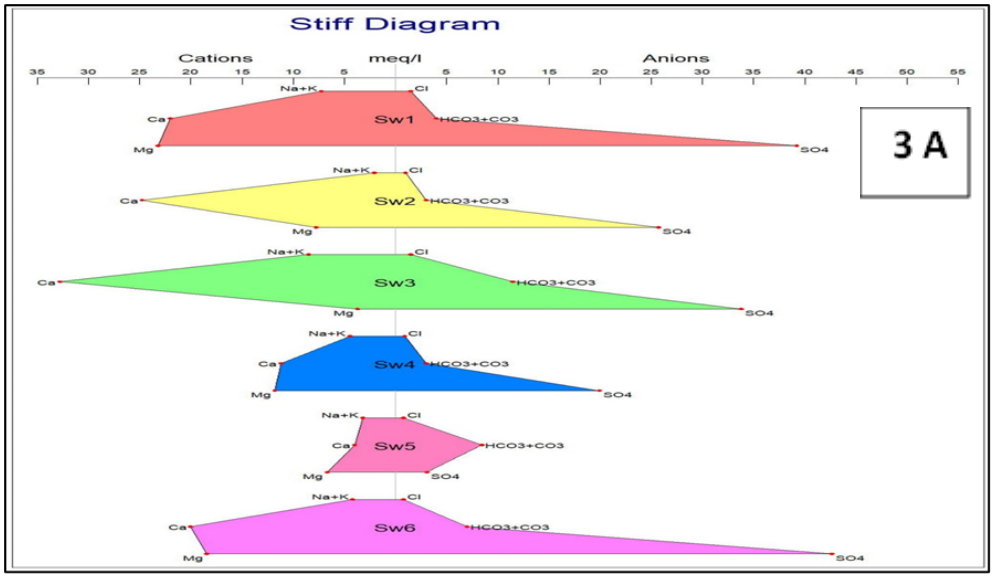


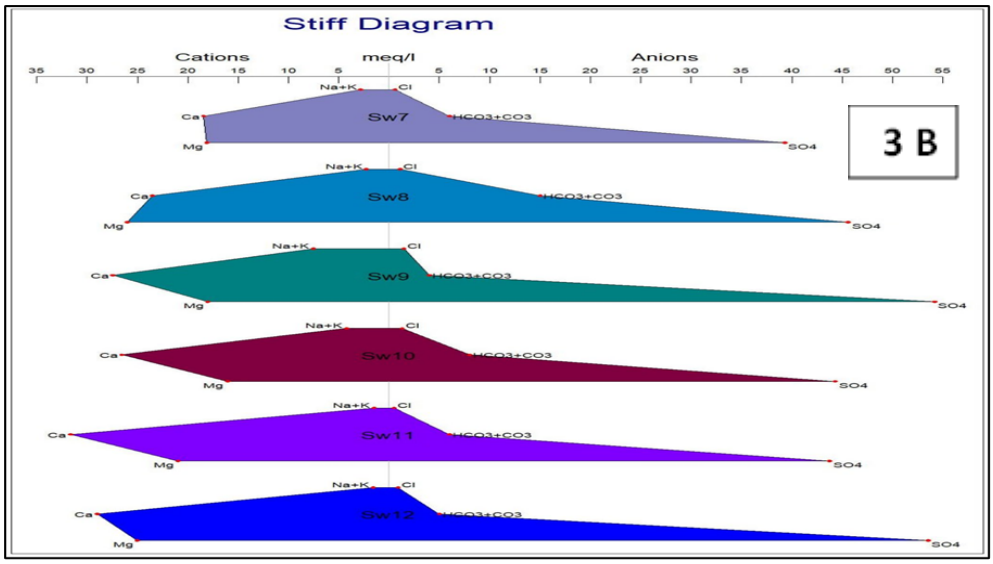
الشكل A 2. تمثيل ثلاثي لنتائج التحليل الكيميائي لنماذج المياه في الدراسة الحالية خلال الموسم الشتوي Sw وحسب تصنيف Piper (1944)

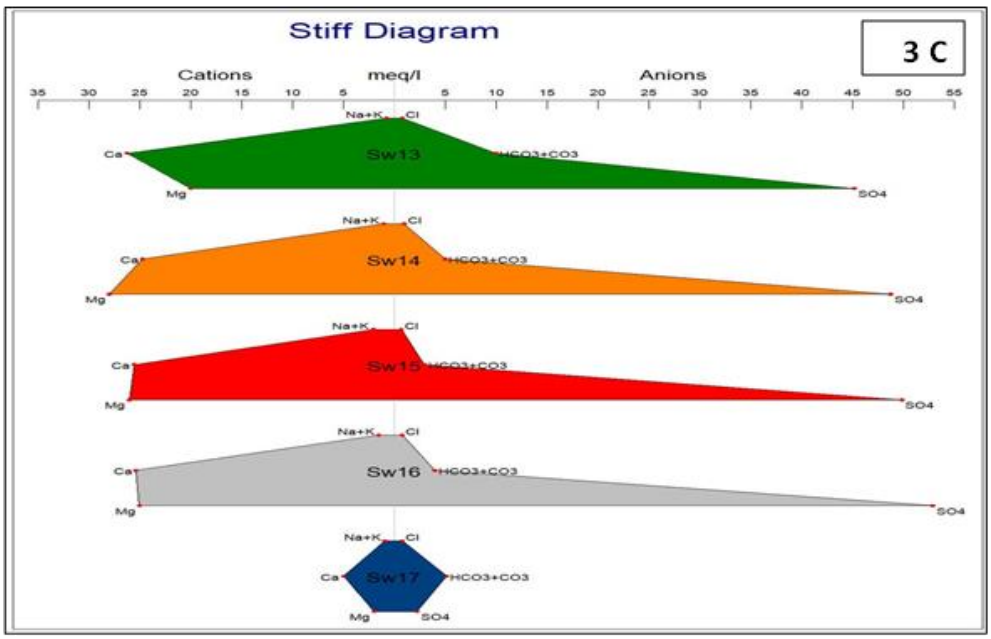


الشكل B 2. تمثيل ثلاثي لنتائج التحليل الكيميائي لنماذج المياه في الدراسة الحالية خلال الموسم الصيفي Ss حسب تصنيف Piper (1944)

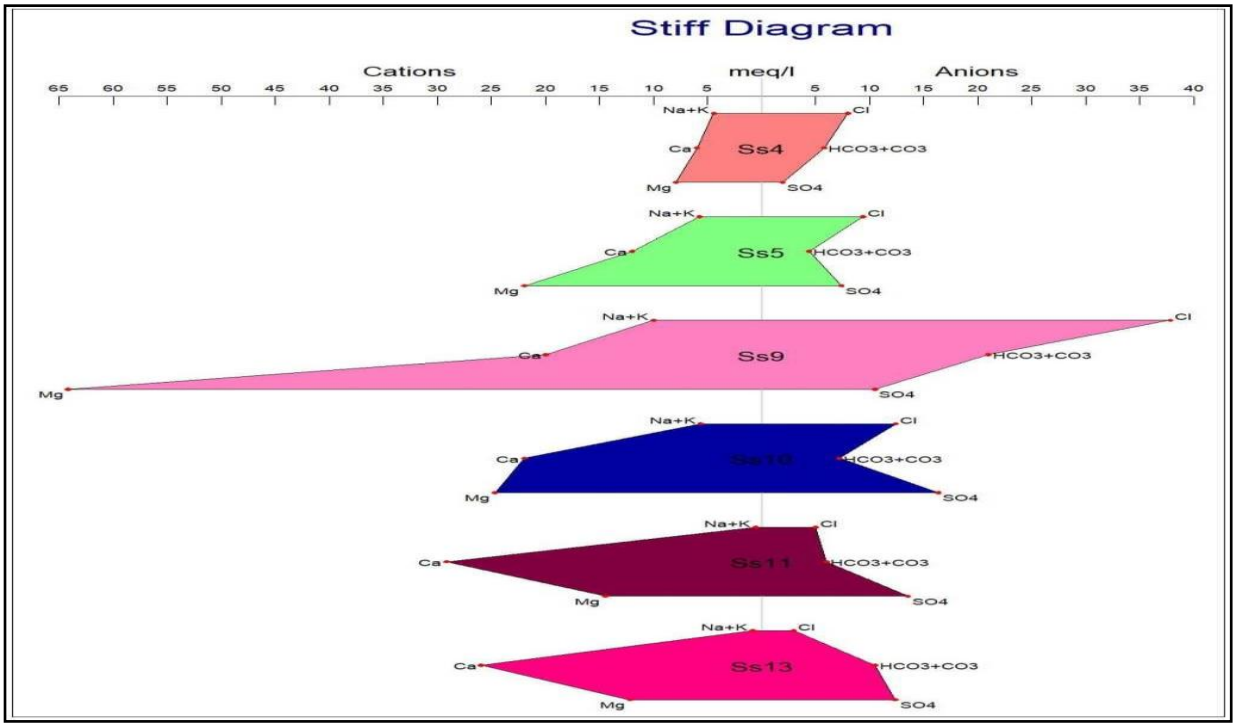
والنتائج ايضا كانت مشابهة لتصنيف (Stiff, 1951) وحسب الاشكال (3 A-C).







الشكل (3A, 3B ,3C) نتائج التحليل الكيميائي لنماذج المياه في الدراسة الحالية خلال الموسم الشتوي Sw وحسب تصنيف Stiff (1951)



الشكل 4. نتائج التحليل الكيميائي لنماذج مياه الدراسة الحالية خلال الموسم الصيفي Ss و حسب تصنيف Stiff (1951)

الجدول 12. نوعية مياه عيون منطقة الدراسة ونسبها المدروسة

العيون	نوع المياه	نسبة عينة المياه المدروسة
جميعها للموسمين عدا Sw5,Sw17,Ss13,Ss4	Mg Ca SO4	83%
Sw5	$Mg\ HCO_3$	17%
Sw17	$Ca\ HCO_3$	
Ss4	Mg Cl	
Ss13	$Ca\ HCO_3\ SO_4$	

اما بالنسبة للتصانيف المستخدمة لتحديد ملائمة مياه الينابيع لأغراض الري حسب تصنيف (Don, 1950) المعتمد على قيمة Na% فقد اظهرت النتائج ان جميع نماذج مياه الينابيع للموسمين ممتازة للري ماعدا النموذج Sw5 كان جيداً للري (جدول 13).

الجدول 13. تصنيف (Don.1950) للري المعتمد على قيم Na% للموسمين الشتوي والصيفي

نوعية المياه	Na%	النماذج
ممتازة	< 20	جميعها للموسمين عدا Sw5
جيدة	20 – 40	Sw5
مسموح به	40 – 60	
مشكوك به	60 – 80	
غير ملائم	>80	

وكذلك الحال بالنسبة لتصنيفي كل من (Turgeon, 2000) المعتمد على قيمة SAR و (Eaton, 1950) المعتمد على قيمة RSC فقد اظهرت ان جميع النتائج للموسمين ممتازة للري وكما موضح في الجدولين (12) و (13).

الجدول 14. تصنيف (Turgeon 2000) للري المعتمد على قيم SAR للموسمين الشتوي والصيفي

نوعية المياه	(SAR)	النماذج
ممتازة	< 10	جميعها
جيدة	10 – 18	
مناسبة	18 – 26	
ضعيفة	> 26	

الجدول 15. تصنيف (Eaton 1950) للري المعتمد على قيم RSC للموسمين الشتوي والصيفي

نوعية المياه	(RCS)	النماذج
ممتازة	< 1.25	جميعها
متوسطة	1.25 – 2.5	
ضعيفة	>2.5	

اما بالنسبة لمؤشر جودة المياه WQI الخاص بمياه الشرب وذلك بالاعتماد على المواصفات القياسية العالمية (WHO, 2017) والمواصفات العراقية (IQS, 2009) وكما مبين في نتائج الجدول (16) يمكن ان تصنف جميع مياه الينابيع للموسمين بانها غير مقبولة Unsuitable ماعدا النماذج Sw17 و Sw5 وSw4 فقد اظهرت نتائج التصنيف بانها جيدة Good وضعيفة Poor وضعيفة جدا Very Poor على التوالي كما موضح في جدول (17).

الجدول 16. القيم الحسابية وقيم WQI لعيون منطقة الدراسة للموسم الشتوي Sw والموسم الصيفي Ss

WQI	Σ QiWi	NO3 (QiWi)	SO4 (QiWi)	HCO3 (QiWi)	Cl (QiWi)	Na (QiWi)	K (QiWi)	Mg (QiWi)	Ca (QiWi)	TH (QiWi)	TDS (QiWi)	Ec (QiWi)	PH (QiWi)	Sample
158.1854	23.7278	0.2400	3.0128	0.2022	0.0848	0.4000	7.6358	2.8200	7.8204	0.9048	0.1989	0.0995	0.3087	Sw1
125.5887	18.8383	0.1200	1.9776	0.1516	0.0560	0.1075	5.5533	0.9400	8.7957	0.6502	0.1226	0.0612	0.3026	Sw2
156.9519	23.5428	0.1200	2.5968	0.5800	0.0848	0.4750	6.2475	0.4500	11.6508	0.7303	0.2225	0.1122	0.2729	Sw3
90.3159	13.5474	0.3200	1.5328	0.1516	0.0512	0.2450	4.8592	1.4300	3.9723	0.4592	0.1343	0.0672	0.3247	Sw4
323.9415	48.5912	0.0080	0.5680	0.2224	0.5339	0.2475	38.8733	2.6700	4.2560	0.6793	0.1194	0.0595	0.3539	Ss4
55.7045	8.3557	0.4000	0.2368	0.4267	0.0448	0.1750	4.1650	0.8100	1.4187	0.2133	0.0888	0.0444	0.3322	Sw5
194.9248	29.2387	0.0040	0.1504	0.2931	0.4544	0.2025	24.2958	0.9600	2.1280	0.2779	0.0907	0.0454	0.3365	Ss5
107.1707	16.0756	0.1200	3.2768	0.3538	0.0448	0.2375	1.3883	2.2400	7.1111	0.7693	0.1458	0.0729	0.3153	Sw6
99.6984	14.9548	0.0400	3.0208	0.3033	0.0336	0.1600	1.3883	2.2000	6.5436	0.7308	0.1398	0.0699	0.3247	Sw7
150.0943	22.5141	0.2000	3.5040	0.7581	0.0624	0.1200	4.8592	3.1600	8.3524	0.9907	0.1343	0.0672	0.3059	Sw8
147.3593	22.1039	0.3200	4.1648	0.2022	0.0832	0.4250	3.4708	2.1900	9.7533	0.9099	0.1852	0.0926	0.3068	Sw9
329.8704	49.4806	0.7000	0.8064	1.0614	2.1462	0.5175	27.0725	7.8000	7.0933	1.6837	0.2042	0.1021	0.2932	Ss9
127.3210	19.0981	0.1200	3.4064	0.4043	0.0736	0.2375	2.0825	1.9500	9.4341	0.8524	0.1527	0.0763	0.3082	Sw10
191.7432	28.7615	0.0040	1.2576	0.3639	0.7043	0.2950	13.8833	3.0000	7.8027	0.9334	0.1406	0.0703	0.3064	Ss10
147.3277	22.0992	0.2000	3.3632	0.3033	0.0288	0.0800	2.7767	2.5500	11.2429	1.0531	0.1081	0.0543	0.3388	Sw11
152.5720	22.8858	0.8400	1.0416	0.3033	0.2840	0.0175	6.9417	1.7600	10.3563	0.8731	0.1053	0.0526	0.3106	Ss11
149.8586	22.4788	0.2800	4.1152	0.2527	0.0512	0.0850	2.7767	3.0400	10.3031	1.0808	0.1076	0.0538	0.3327	Sw12
148.5405	22.2811	0.2000	3.4720	0.5054	0.0448	0.0325	4.8592	2.4300	9.3277	0.9254	0.1040	0.0520	0.3280	Sw13
160.1263	24.0189	0.0040	0.9520	0.5307	0.1688	0.0250	10.4125	1.4800	9.2213	0.7630	0.0994	0.0497	0.3125	Ss13
152.3318	22.8498	0.1600	3.7472	0.2527	0.0560	0.0500	4.8592	3.4000	8.7780	1.0542	0.1194	0.0597	0.3134	Sw14
184.1218	27.6183	1.4000	3.8304	0.1516	0.0400	0.1000	8.3300	3.1600	9.0795	1.0316	0.1136	0.0568	0.3247	Sw15
139.6545	20.9482	0.2400	4.0640	0.2022	0.0448	0.0550	2.7767	3.0400	9.0085	1.0079	0.1074	0.0535	0.3482	Sw16
30.5586	4.5838	0.1200	0.1744	0.2610	0.0448	0.0500	1.3883	0.2400	1.7733	0.1394	0.0151	0.0076	0.3699	Sw17

الجدول 17. تصنيف مياه مناطق الدراسة للموسمين الشتوي Sw و الصيفي Ss اعتمادا على WQI

قيم WQI	نوعية المياه	الاستخدامات	النماذج
0-25	ممتازة	للشرب،الري و الصناعة	
26-50	جيدة	للشرب،الري و الصناعة	Sw17
51-75	ضعيفة	للري والصناعة	Sw5
76-100	ضعيفة جدا	للري	Sw4
>100	غير مقبولة	تحتاج الى معالجة قبل الأستخدام	Sw1.Sw2. Sw3.Sw6. Sw8.Sw9. Sw10.Sw11. Sw12.Sw13. Sw14.Sw15. Sw16/ Ss4.Ss5. Ss9.Ss10. Ss11.Ss13

الاستنتاجات

1. كانت مياه عيون منطقة الدراسة ذات لون اخضر او مائل الى الاخضرار او اصفر وذات رائحة كبريتية نفاذة بسبب زيادة أيون الكبريتات المسبب الاول للون والرائحة.
2. ان نوعية المياه في جميع نماذج الدراسة للموسمين هي من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة الكبريتات والكلوريدات بنسبة (83%) من النماذج الكلية ماعدا النموذج (Sw5) فهو من نوع المياه القلوية الارضية مع زيادة القلويات وسيادة الكبريتات، والنموذج (Sw17) فهو من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة البيكربونات، والنموذج (Ss13) فقد كان من نوع المياه القلوية الارضية الاعتيادية مع سيادة البيكربونات والكبريتات او الكلوريدات، والنموذج (Ss4) فهو من نوع المياه القلوية مع زيادة القلويات ونسبة الكبريتات والكلوريدات. وتشكل هذه النماذج (17%) من النماذج الكلية.
3. اظهرت نتائج التحاليل سيادة أيون الكالسيوم على بقية الكتايونات، يليه كل من K^+,Na^+,Mg^{2+} ويليه سيادة SO_4^{2-} على بقية الانايونات يليها HCO_3^- , Cl^-,NO_3^- بسبب الطبيعة الجيولوجية للمنطقة التابعة لتكوين فتحة المكون من صخور الجبس والانهيدرايت.
4. تردي نوعية مصادر المياه المدروسة حسب قيم WQI، اذ كانت من نوع المياه الرديئة عند استخدامها للشرب بسبب ارتفاع تراكيز بعض الايونات كالكالسيوم الذي يعطي للماء طعما غير مستساغ وايونات الكبريتات التي تعطي للماء الطعم المر وتسبب الاسهال عدا النموذج رقم S17 كانت نوعية المياه جيدة حسب WQI.
5. ارتفاع تركيز ايونات الكالسيوم (المسبب الرئيس للعسرة) الذي يعمل على تردي نوعية المياه عند استخدامها للأستحمام او الغسيل بسبب فقدان الصابون ومواد التنظيف فعاليتها، فضلا عن الاضرار الاخرى.
6. ينابيع منطقة الدراسة ممتازة للري حيث اظهرت قيماً منخفضة (RSC. SAR. %Na) وذلك بأستخدام معادلات وتصانيف كل من (Eaton, 1950 Turgeon, 2000;Don, 1950).
7. بشكل عام تتحسن نوعية مياه الينابيع كلما اتجهنا نحو الشمال حيث تقل نسب الكبريتات وقيم الايصالية الكهربائية والمواد الصلبة المذابة والعسرة الكلية.

المصادر

Al-Dabbagh, S.M.A., 2011. Geochemistry. Model House for Printing and Publishing. Sidon, Beirut, Lebanon. 368 P.

Al-Heety, E.A.M, Turki A.M., and Al-Othman E.M., 2011. Assessment of the Water Quality Index of Euphrates River between Heet and Ramadi cities. Inter. J. Basic APPI. Sci. 11(6), pp. 38-47.

Ali, N. and Sadanobu, K., 2005. Balneotherapy in Medicine: Areview. *Environmental Health and Preventive Medicine, 10*, pp. 171-179.

Al-Jubouri, M.A., 1988. Geology of the Mosul Region - East of the Tigris River, MSc. Thesis, College of Science - Earth Sciences, University of Mosul, 128 P.

Al-Sayegh, H.B.Y., 2021. Environmental Study of Some Sulfur Springs Within Nineveh Governorate, MSc. Thesis, College of Environmental Sciences and Technologies, University of Mosul, 95 P.

Armah, F.A., Luginaah, I., & Ason, B. (2012). Water quality index in the tarkwa gold mining area in Ghana. The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies, 11(2), 2.

Baird, R.B., 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Water Environment Federation, American Public Health Association, American Water Works Association, 1545 P.

Daghistani, H.S. and Yahya, B.M., 2012. A Study of Quantitative Analysis of Weather Data and its Implications on the Geo-Environmental Classification Map of Nineveh Governorate in Northern Iraq, Proceedings of the First Conference on Dust Storms and their Environmental Impacts - Causes and Treatments, October 17-18, 2012-9

Don, C.M., 1995. A Grows Guide to Water Quality. University College Station, Texas, pp. 601-609.

Eaton, F.M., 1950. Significance of Carbonates in Irrigation Waters. Soil Science, 69(2), pp. 123-134.

Eaton, F. M., 1950.Significance of carbonates in irrigation waters. Soil science, 69(2), 123-134.

Guest, E., 1966. Flora of Iraq Vol.1. Minof Agric. Repub of Iraq.

Hem, J.H., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. US Geologecal Survey Water Supply PAPER (3RD.ED) PP:2254.

Horton, R.K., 1965. An Index Number System for Rating Water Quality. J Water Pollut Control Fed, 37(3), pp. 300-306. https//:bohouti.blogspot.com/2016/08/blog-post65.html?m=1

Iraqi Standards., 2009. Iraq Standards of Drinking Water No.417, Second Modification

Ivanov, V.V., Barbanov, L.N., and Plotnikova G.N.,1968. The Main Genetic Types of the Earth's Crust Mineral Water and Their Distribution in the USSR, Inter. Geol. Cong. Of 23rd. Sessions, Czechoslovakia, Vol. 12. 33 P.

Kannah, A.M.A.H., 2001. Study of the Quality of Sulfurous Groundwater in Nineveh Governorate, MSc. Thesis, College of Science, Department of Life Sciences/Plant, University of Mosul, 81 P.

Piper, A.M. 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union, 25(6), pp. 914-928.

Pius, A., Jerome, C., and Sharma, N., 2012. Evaluation of Groundwater Quality in and Around Peenya Industrial Area of Bangalore, South India Using GIS Techniques. Environmental Monitoring and Assessment, 184 (7), pp. 4067-4077.

Salih, Z.A., 2018. Evaluation of the Efficiency of Some Water Supply Stations in Najaf Governorate Using the Weighted Arithmetic Index Method (WQI). Muthanna Journal of Engineering and Technology (MJET), 6(2), pp. 185-199.

Sheikho, A.A., 1998. Study of the Qualitative Characteristics of Groundwater in the Sinjar Region and the Extent of its Suitability for Civil Uses, Proceedings of the Sixth Scientific Conference of the Authority of Technical Institutes - Baghdad / Iraq, pp. 173-179.

Stiff, H.A., 1951. The Interpretation of Chemical Water Analyses by Means of Patterns, Jour. Petroleum Technology, Vol. 3, No. 10, Section1, pp. 15-17; Section 2,3.

Todd, D.K., 1980. Ground water hydrology, 2nd edition, Inc, New York. 278 P.

Todd, D.K., 2007. Groundwater Hydrology (2nd edit.). John Wiley and Sons, Third Reprint. India, 535 P.

Turgeon, A.J., 2000. Irrigation Water Quality, College of Agricultural sciences, The Pennsylvania State University, USA.

Water, S. and World Health Organization, 2017. Guidelines for Drinking Water Quality [electronic resource]: Incorporating First Addendum, Recommendations., 1.