تقييم نوعية المياه الجوفية في منطقة انتشار الصخور الأفيوليتية (البايـر- البسيط) شمال غرب سورية

الدكتورة أريج عدره*

الدكتور محمد هشام أبظلي**

عبدالله افرنجي***

(تاريخ الإيداع 28 / 11 / 2019. قُبِل للنشر في 17 / 2 /2020)

□ ملخّص □

هدفت الدراسة لتقييم نوعية المياه الجوفية في منطقة انتشار صخور المعقد الأفيوليتي (البايـر- البسيط) ومدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري حسب المواصفة القياسية السورية. جُمعت عينات المياه الجوفية من آبار وينابيع قرى المنطقة (النملة، الإيمان، الزيتونة، الفجر، الضحى، قره فلاح، البلوطة، الدفلة). قيست بعض البارامترات الفيزيائية (درجة الحرارة T^O و درجة الحموضة pH والناقلية الكهربائية Ec)، وبعض البارامترات الكيميائية المتمثلة بتحديد تركيز أيونات العناصر الرئيسة (Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^+، Na^+، Cl^-، SO_4^{2-}، HCO_3^-)، وبعض العناصر الثقيلة (Cr، Ni، Co). أظهرت النتائج أن المياه الجوفية متأثرة بشكل كبير بتجوية الصخور الأفيوليتية وهي عموماً ذات طبيعة قلوية من نمط بيكربوناتية-مغنيزية ($Mg\text{-}HCO_3$) حسب تصنيف بايبر، حيث كان تركيز أيونات المغنيزيوم والبيكربونات هي السائدة في أغلب العينات المائية، وقد تجاوزت الحد المسموح به لمياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية، بينما كان تركيز الأيونات (Ca^{2+}،K^+،Na^+)(Cl^-،SO_4^{2-}،NO_3^-) ضمن الحدود المسموح بها في مياه الشرب. تراوح تركيز الكروم ضمن المجال (0.12ppb-15.89)، والكوبالت ما بين (0.29 ppb- 1.92)، والنيكل ما بين (3.68 ppb - 15.68) وكانت هذه القيم ضمن الحدود المسموح بها باستثناء أربع عينات (نبع النملة1، نبع النملة2، نبع الزيتونة، بئر الضحى) كانت ذات قيم تركيز مرتفعة من النيكل تجاوزت الحد المسموح به لمياه الشرب. بينت معايير الخطورة الصودية (SAR، Na%) أن المياه منخفضة خطورة الصوديوم ومرتفعة الملوحة فهي تعد ضمن الحدود المسموح بها للري، ولكن بالنسبة للخطورة المغنيزية (MAR) كانت مرتفعة في معظم العينات المائية فهي تسبب ضرر للمحاصيل مع مرور الزمن.

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، العناصر الثقيلة، الصخور الأفيوليتية، منطقة البايـر البسيط.

* مدرسة – قسم الكيمياء البيئية- المعهد العالي لبحوث البيئة- جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

**أستاذ – قسم الكيمياء – كلية العلوم- جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

***طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم الكيمياء البيئية- المعهد العالي لبحوث البيئة- جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

Groundwater quality assessment in the ophiolite area of (BAER-BASSIT) in north-western Syria

Dr. Areej Adra*
Dr. Mhamd Hicham Abazli**
Aballah Franji***

(Received 28 / 11 / 2019. Accepted 17 / 2 /2020)

□ ABSTRACT □

The aim of this study was to evaluate the quality of groundwater in the spread area of the (Baer-Al-Bassit) Ophiolitc complex and their suitability for drinking and irrigation purposes according to the Syrian standards. Groundwater samples were collected from the wells and springs in the villages of the area (Al namlah، AlEman، Al Zaytouna، Al Fajr، Al Doha، Qarah Falah، Al Balouta، Al Daflah).Some of physical parameters were measured (temperature T،pH،electrical conductivity Ec)، And Some of chemical parameters represented by the determination of the main element ions. (Ca^{2+}، Mg^{2+} ،K^{+}، Na^{+}، Cl^{-}، SO_4^{2-}، HCO_3^{-}) and some heavy metals (chromium، nickel، cobalt) .

The results showed that groundwater is highly influenced by the weathering of ophiolitic rocks which is slightly alkaline and shows (Mg HCO_3) water type as a major type using Piper plot.The concentration of magnesium and bicarbonate ions were predominant in most water samples and exceeding maximum permissible limit according to the Syrian standards.While the concentrations of ions (Ca^{2+}، K^{+}، Na^{+}) (Cl^{-}، SO_4^{2-}، NO_3^{-}) were within the limits of drinking water. Chromium ions concentration in the range (0.12 - 15.89) ppb، cobalt between (0.29 - 1.92) ppb، and nickel between (3.68 - 15.68) ppb. These concentrations were within the permissible limits except for 4 samples (Al namlah spring 1، Al namlah spring 2، Zaitouna spring، Al-Duha well) that have revealed high concentrations of nickel exceeding maximum permissible. Based on sodium hazard criteria (SAR، Na(%)، groundwater samples were suitable for irrigation، while the magnesium hazard (MAR) in most of the groundwater samples were high (>50) and it may be causes damage to agricultural crops with the passage of time.

Keywords: groundwater، heavy metals، ophiolite rocks، area BAER-BASSIT

* **Assistant Professor, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Syria.**
** **Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science ,Tishreen University, Syria.**
*** **Master Student, Department of Environmental Chemistry, Higher Institute for Environmental Research, Tishreen University, Syria.**

مقدمة :

يؤدي التناقص المستمر في نصيب الفرد من الموارد المائية المتاحة نتيجة للزيادة السكانية والتطور السريع في كافة المجالات [1،2] إلى التوسع في الدراسات والأبحاث للكشف عن المياه الجوفية واستثمارها، وفي أي دراسة فإن نوعية المياه لا تقل أهمية عن كميتها، لتحديد مدى صلاحيتها لأغراض الشرب و الري [3]. تُعرف المياه الجوفية بأنها المياه الموجودة تحت سطح الأرض، وتتجمع غالباً في خزانات كبيرة يطلق عليها اسم الخزانات الجوفية **(Aquifers)** أو الطبقات الحاملة للمياه **(Water Bearing Strata)**، وتنفذ إلى سطح الأرض عن طريق الينابيع أو حفر الآبار، وتستخدم كمصدر أساس لمياه الشرب. تتلقى المياه الجوفية تغذيتها من تسرب مياه الأمطار ومياه المجاري المائية السطحية الطبيعية والاصطناعية كالأنهار وأقنية الري [4]، وهي تعتمد على الظروف الجيولوجية، الهيدروجيولوجية، المناخية، البيئية وعوامل تكوين التربة. تُستخرج المياه الجوفية من أنواع مختلفة من الصخور الموجودة في الطبيعة، سواء كانت صخور رسوبية أم نارية أم متحولة، ولكل نوع من هذه الصخور خصائصه المعدنية والكيميائية التي تحدد بشكل أساس الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه، حيث تقوم المياه الجوفية خلال مسيرها في طبقات الأرض على إذابة المعادن والأملاح وزيادة تركيزها، فمثلاً تمتاز المياه الجوفية المستخرجة من الصخور البازلتية بقيم تركيز مرتفع للسليكا والصوديوم والبوتاسيوم، كما الحال في حوض اليرموك جنوب سورية [5]، فيما أن المياه الجوفية المستخرجة من الصخور الكلسية تكون ذات قساوة كلية كبيرة، مع قيم تركيز مرتفعة للكالسيوم والمغنيزيوم كما الحال في معظم المياه الجوفية المنتشرة في الساحل السوري [6،7]، من جهة أخرى تمتاز المياه الجوفية المستخرجة من الصخور الأفيوليتية بأنها ذات طبيعة قلوية مع قيم تركيز مرتفعة للمغنيزيوم [8،9]، تنتشر مثل هذه الصخور في منطقة البابر والبسيط وتغطي معظم مساحتها. أغلب الدراسات في هذه المنطقة تطرقت إلى كيفية نشوء الصخور الأفيوليتية وتركيبها و تكتونية المنطقة، والخامات المعدنية الاقتصادية الموجودة فيها، كالمنغنيز والنحاس والكروم والأسبستوس[10،11،12،13،14] لكن لا توجد دراسة محلية تظهر تأثير هذه الصخور على نوعية وجودة المياه الجوفية التي يستخدمها السكان بالمنطقة على الرغم من احتوائها على قيم تركيز مرتفع من العناصر الثقيلة كالكروم والنيكل والكوبالت [11،12]، والتي قد تتعرض للانتقال إلى المياه الجوفية نتيجة عمليات تجوية الصخور، وبالتالي إحداث تلوث للمصادر المائية.

أهمية البحث وأهدافه :

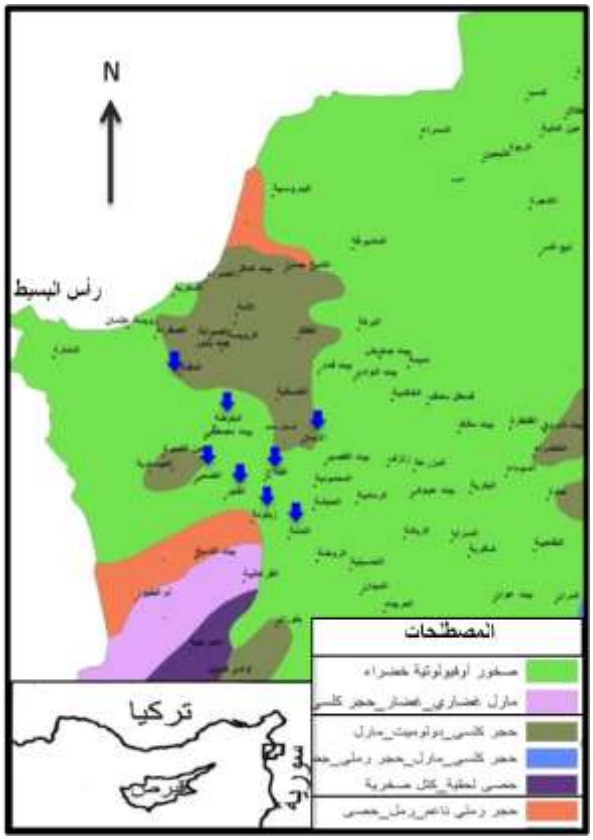
تأتي أهمية البحث في تقديم دراسة ميدانية تبين واقع المياه الجوفية في المنطقة ومدى صلاحيتها لأغراض الشرب والري، وهذا قد يسهم في خدمة برنامج التنمية المستدامة للموارد المائية.

أهداف البحث:

1. تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقة البابر والبسيط.
2. تحديد تركيز العناصر الثقيلة (Co،Ni،Cr) في المياه الجوفية .
3. تقييم مدى صلاحية المياه الجوفية لأغراض الشرب والري.

طرائق البحث ومواده :

1.منطقة الدراسة: تقع منطقة الباير والبسيط في شمال غرب سورية وتشغل مساحة ($180\ Km^2$)، يحدها شمالاً كتلة جبل الأقرع ومن الجنوب و الشرق نهر الكبير الشمالي ومن الغرب البحر المتوسط الشكل (1)، وتمثل عموماً منطقة جبلية متوسطة الارتفاع. تسود المنطقة رياح غربية بحرية وشرقية وجنوبية خلال العام. تتميز بغطاء نباتي كثيف من غابات الصنوبر والسنديان مما جعلها منطقة حراجية من الدرجة الأولى. تعد المنطقة ذات كثافة سكانية منخفضة، يمارس السكان فيها الزراعة على نطاق ضيق بسبب قلة المياه، لا توجد أنشطة صناعية بالمنطقة لكن يوجد فيها مناجم قديمة مغلقة للكروم والأسبستوس منذ عام 1930م .



الشكل (1): وصف ليتولوجي لمنطقة الباير والبسيط مع تحديد مواقع أخذ العينات المائية (الهيئة العامة للاستشعار عن بعد–اللاذقية).

أما من الناحية الجيولوجية تتميز منطقة الباير والبسيط بالتعقيد البنيوي و بالتنوع الكبير للزمر الصخرية الموجودة فيها، حيث يرجع parrot [10] الصخور الأفيوليتية (الخضراء) المتكشفة بالمنطقة إلى أجزاء من قشرة محيطية تشكلت في قعر محيط التيتس، ثم اندفعت من قاع المحيط وتراكبت على الطرف الشمالي الغربي للصفيحة العربية أثناء الحركات الأوراسية الألبية (عصر الماستريختيان) على شكل مجموعة من الطيات أو الأغطية، وتقدر ثخانتها بحوالي (5 Km). يمكن إجمال التتابع في شمال غرب سورية من الأسفل للأعلى كالآتي حسب [10]:

A.صخور الركيزة (صخور الصفيحة العربية): تتكشف في جبل الأقرع، تتكون بشكل رئيس من صخور كربوناتية مارنيه متجانسة ومتعاقبة من جوراسي الأوسط حتى الماستريختيان الأسفل ثخانتها (1600 m).

B.صخور المعقد الأفيوليتي تضم مجموعة الصخور الرسوبية البركانية الناجمة عن البركنة القلوية أو عن البركنة نيفلينة سيانتية، ومجموعة الصخور المهلية التي تضم الصخور القاعدية وفوق القاعدية (كالبيريدوتيت، الغابرو، الدياباز، انسكابات بازلتية) ومجموعة الصخور المتحولة مثل (امفيبوليت، رخام، كوارتزيت).

C.صخور الغطاء الرسوبي: تغطي صخور المعقد الأفيوليتي من الجنوب الغربي ومن الشرق عمرها من الماستريختيان العلوي وحتى الرباعي مثل صخور الراديولاريت والأرجيليت ثخانتها (1400 m).

يظهر الشكل (1) وصفاً ليتولوجياً للصخور المتكشفة على السطح حيث يلاحظ أن معظم المنطقة مغطاة بالصخور الأفيوليتية الخضراء باستثناء بعض المناطق الصغيرة التي تتكشف فيها صخور كلسية دولوميتية مارنية أو صخور رملية ناعمة او صخور مارنية غضارية.

2.جمع العينات: جُمعت أربعة عشرة عينة مائية في فصل الشتاء من آبار وينابيع قرى منطقة الباير والبسيط حيث تم الأخذ من الينابيع في القرى التي لا يوجد فيها آبار وهي (ينابيع النملة W1،W2 ، W3، نبع الإيمان W4، نبع الزيتونة W5، بئري الضحى W6،W7 على ، آبار الفجر W8،W9 ، W10 ، بئر ونبع قره فلاح W11،W12، بئر بلوطة W13، نبع الدفلة W14) كما يظهر بالشكل (1)، أُخذت العينات بعد أن تُركت المياه تتدفق مدة 30 دقيقة ووضعت ضمن عبوات من البولي ايتلين سعتها 200 ml بعد أن غُسلت بالماء المقطر وبماء العينة ثلاث مرات. نُقلت العينات بواسطة حافظة مبردة إلى المختبر حيث حفظت في البراد بدرجة (4C°) ريثما يتم تحليلها. كما تم تحميض قسم من العينات المائية بحمض الأزوت (1%) من أجل تحليل العناصر الثقيلة. أجريت في مواقع الاعتيان قياسات حقلية مباشرة تمثلت بقياس درجة الحرارة بواسطة ميزان حرارة زئبقي مدرج، وقياس الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة بجهاز حقلي.

3.تحديد تركيز الأيونات الرئيسة: حُدد تركيز بعض الأيونات الموجبة (Ca^{2+}،Mg^{2+} ،Na^{+}،K^{+}) والأيونات السالبة (SO_4^{2-}،Cl^{-}،NO_3^{-}) في المياه الجوفية باستخدام جهاز تحليل الكروماتوغرافيا الشاردية (Ion chromatography- IC Shimadzu) عند درجة حرارة فرن (40 C°)، بعد أن تم ترشيح العينات بقمع بوخنر بورق ترشيح (0.45 µm). تعتمد هذه التقانة على أمثال التناسب لتفاعل الكيميائي (Stoichiometric) بين الأيونات في المحلول والطور الثابت الحامل للزمر الوظيفية والتي يمكنها تثبيت الأيونات كنتيجة للقوى الكهربائية، وبالتالي في حال فصل الأيونات السالبة، يجب أن تكون الزمر الوظيفية الموجودة على الطور الثابت موجبة الشحنة والعكس بالعكس في حال فصل الأيونات الموجبة. تم تحديد تركيز (HCO_3^{-}) بطريقة المعايرة الحجمية باستخدام حمض كلور الماء (0.001N) بوجود مشعر برتقالي الميثيل[15].

4. تحديد تركيز العناصر الثقيلة: حُدد تراكيز العناصر الثقيلة الكروم والنيكل والكوبالت (Cr،Ni،CO) في عينات المياه الجوفية باستخدام جهاز الامتصاص الذري بتقنية الفرن الغرافيتي (SHIMADZU AA-6800) والتي تتميز بحدود كشف منخفضة من مرتبة جزء بالبليون(ppb)،حُضرت السلسلة العيارية لعنصري (Cr،Co) ppb (5،10،20) ولعنصر(Ni) ppb (2،6،10)، وتم القياس حسب الشروط الموضحة بالجدول (1).

الجدول (1): الشروط الآلية لعمل مطيافية الامتصاص الذري بتقانة الفرن الغرافيتي.

العنصر المدروس	طول الموجة (nm)	عرض الشق (nm)	شدة تيار اللمبة (mA)	حد الكشف (ppb)
Cr	357.9	0.5	12	0.10
Ni	232	0.5	10	0.40
CO	240.7	0.5	10	0.28

استخدمت الطريقة الطيفية اللونية لتحديد تركيز أيونات النيكل المرتفعة القيمة (ppm) [16]، تعتمد هذه الطريقة على تشكيل معقد لوني من النيكل (خمري) باستخدام كاشف دي ميتيل غليوكسيم ثنائي الصوديوم، وقياس الامتصاصية عند طول موجة nm(520). تم إجراء جميع التحاليل السابقة في مخابر المعهد العالي لبحوث البيئة.

النتائج والمناقشة :

أولاً: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية:

يوضح الجدول (2) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه الجوفية متمثلة بدرجة الحموضة pH، درجة الحرارة T، الناقلية الكهربائية EC، الأملاح المنحلة TDS، القساوة الكلية (TH) وتراكيز الأيونات الرئيسة والعناصر الثقيلة.

1.درجة الحموضة (pH) ودرجة الحرارة (T):

تعطي درجة الحموضة (pH) معلومات هامة عن التوازن الجيوكيميائي وذوبانية مكونات المياه [17]. تراوحت قيم (pH) لينابيع وآبار المنطقة المدروسة بين (7-8.13) بمتوسط قدره (7.43)، كما يظهر بالجدول (2)، وهذا يعكس ميل المياه الجوفية باتجاه القلوية ولكنها ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية [18]. كما تراوحت قيم درجة الحرارة ما بين C^o (18.1-21.5) وهي ضمن المجال المسموح به.

2. الناقلية الكهربائية (EC) وكمية الأملاح المنحلة (TDS):

تعكس الناقلية الكهربائية (EC) للمياه محتواها من الأملاح المنحلة (TDS) والتي ترشح للمياه الجوفية بفعل عمليات الغسل وذوبان الأملاح بالصخور والتربة [19]. تراوحت قيم الناقلية الكهربائية بين (840-1400 µs/cm)، بمتوسط قدره (1064.5 µs/cm)، حيث كانت أعلى قيمة للناقلية (1400µs/cm) في العينة W9 (بئر الفجر)، وهذا يتناسب مع أعلى قيمة لتركيز الأملاح المنحلة (910 ppm)، بينما كانت أخفض قيمة للناقلية (840µs/cm) في العينة W8 (بئر الضحى) وهذا يتناسب مع أخفض قيمة للأملاح (546 ppm) كما يظهر بالجدول (2). بمقارنة هذه القيم بالحدود الواردة بالمواصفة القياسية السورية لمياه الشرب [18]، وجد أن جميع القيم كانت ضمن الحدود المسموح بها.

الجدول (2): القياسات الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية في منطقة الدراسة.[1]

رمز العينة	مصدر المياه	العمق (m)	T (C°)	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	TH (ppm)	تركيز الأيونات الرئيسة (ppm)								تراكيز العناصر الثقيلة (ppb)		
								Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	Cr	Ni	Co
W1	نبع النملة		20.2	7.22	1175	763.7	660.23	33.28	140.25	0.06	21.88	649.98	10.39	39.74	11.3	15.89	904	-
W2	نبع النملة		19.7	7.11	1188	772.2	584.07	34.13	121.23	0.925	27.12	519.90	27.06	53.91	32.83	15.24	359	1.92
W3	نبع النملة		19.9	8.13	910	591.5	462.11	29.83	94.20	0.145	21.76	420.51	33.20	38.82	5.89	6.74	12.05	-
W4	نبع الإيمان		19.5	7.22	1000	650.0	421.86	104.2	39.30	2.72	21.48	374.75	29.54	43.32	21.09	–	7.05	0.98
W5	نبع الزيتونة		18.5	7.61	1230	799.5	682.73	27.05	149.50	5.014	21.48	644.74	18.86	45.49	39.21	–	152	-
W6	بئر الضحى	70	21.2	7.53	840	546.0	439.96	25.23	91.61	0.48	15.92	440.16	18.06	25.65	13.52	0.12	15.68	0.77
W7	بئر الضحى	30	20.7	7.43	1220	793.0	683.79	27.15	149.70	0.115	11.96	732.84	7.60	17.58	0.41	6.52	385	0.62
W8	بئر الفجر	31	20.1	7.00	940	611.0	359.82	53.99	54.68	0.227	48.25	289.94	99.42	45.24	72.49	6.25	11.48	-
W9	بئر الفجر	40	20.4	7.24	1400	910.0	532.29	83.82	78.49	0.182	52.24	314.04	127.90	106.19	41.04	–	3.63	0.79
W10	بئر الفجر	30	19.5	7.00	1110	721.5	464.65	64.07	73.96	0.999	40.31	385.26	45.72	65.58	21.90	3.14	8.19	-
W11	بئر قره فلاح	30	21.5	7.23	1020	663.0	500.92	28.83	104.23	0.103	44.32	557.97	13.80	35.70	13.21	1.24	8.41	0.29
w12	نبع قره فلاح		18.1	7.91	930	604.5	740.58	11.66	172.90	0.122	17.76	710.32	19.45	27.83	10.25	6.09	7.44	0.33
W13	بئر بلوطة	24	19.5	8.00	1000	650.0	394.47	52.21	64.18	0.813	29.43	324.65	39.08	57.73	9.13	0.88	4.91	0.45
W14	نبع الدفلة		19.1	7.52	940	611.0	378.66	100.32	31.14	0.073	45.14	397.87	25.99	40.99	11.99	–	–	1.12

3. القساوة الكلية (TH):

تعتمد قيمة القساوة للمياه (TH) على تركيز الأيونات ثنائية التكافؤ، ويعد الكالسيوم والمغنيزيوم من أكثر الأيونات المسببة لقساوة المياه [20] وهذا مرتبط بشكل رئيسي بطبيعة مكونات الطبقة الصخرية الحاملة للمياه [21]. وتم حساب القساوة من تطبيق العلاقة الأتية [21]: $TH=2.49Ca^{2+}+4.11Mg^{2+}$

(تركيز الكالسيوم Ca^{2+} والمغنيزيوم Mg^{2+} بواحدة ppm)

تراوحت قيمة القساوة الكلية للعينات (359.82 ppm-740.58) بمتوسط قدره (521.84 ppm) كما يظهر بالجدول(2). صُنفت العينات المائية بالمنطقة اعتماداً على القساوة الكلية بدلالة كربونات الكالسيوم او المغنيزيوم [21، 22] ضمن صنف المياه عالية القساوة.

4. تركيز الأيونات الرئيسة في العينات المائية:

يوضح الجدول (2) تركيز الأيونات الرئيسة في عينات المياه الجوفية للمنطقة المدروسة متمثلة بالأيونات الموجبة (Ca^{2+}، Mg^{2+} ، Na^{+}، K^{+}) والأيونات السالبة(HCO_3^{-}، SO_4^{2-} ، Cl^{-} ، NO_3^{-}).

الكالسيوم (Ca^{2+}) والمغنيزيوم (Mg^{2+}):

تراوح تركيز أيون الكالسيوم بين (11.66 ppm- 104.19) بمتوسط قدره (48 ppm)، وتراكيز أيون المغنيزيوم ما بين (31.14 ppm- 172.89) بمتوسط قدره (98 ppm) كما يظهر بالجدول (2) والشكل (2)، يلاحظ زيادة تركيز المغنيزيوم على تركيز الكالسيوم في معظم العينات المائية بخلاف ما هو سائد في المياه الطبيعية، يعزى هذا الارتفاع

(-) تحت حد الكشف لجهاز الامتصاص الذري(AAS).

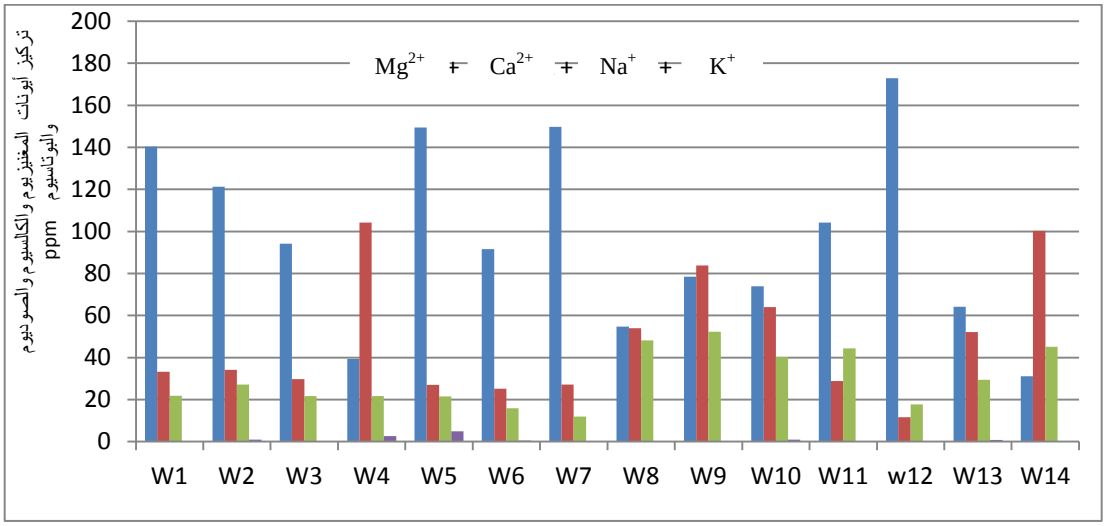
في تركيز المغنيزيوم بمياه المنطقة بشكل رئيس لتأثرها بالصخور الأفيوليتية المنتشرة والحاوية على الفلزات الحديدية المغنيزية كالأولفين والبيروكسين والسربنتين والتي نتيجة تجويتها يتحرر المغنيزيوم في المياه وفق التفاعل الآتي [23] :

$$(Mg,Fe)_2SiO_4+4(H_2O+CO_2)=2Mg^{2+}+4HCO_3^- + 2Fe^{3+} + H_4SiO_{4\,(aq)}$$ (أوليفين) (1)

بالنسبة للعينات (نبع الإيمان W4، نبع الدفلة W14) لوحظ ازدياد تركيز أيون الكالسيوم مقارنة مع تركيز أيون المغنيزيوم ويعزى ذلك لانتشار الصخور الكلسية و المارنيه على السطح في قريتي الإيمان والدفلة حسب [10] وكما هو موضح بالوصف الليتولوجي الشكل (1). بالمقارنة مع الحدود المسموح بها في مياه الشرب لكلا العنصرين (50m pp للمغنيزيوم و100 ppm للكالسيوم) حسب المواصفة القياسية السورية [18]، نجد أن المغنيزيوم تجاوز الحد المسموح به بينما كان الكالسيوم ضمن الحدود المسموحة.

الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+):

يمتاز الصوديوم والبوتاسيوم بقابليتهما العالية على الحركة والذوبان في المياه، ويعد الصوديوم عموماً أكثر وفرة في المياه من البوتاسيوم [17]. تراوح تركيز أيون الصوديوم في المياه الجوفية ما بين (11.96 - 52.24 ppm) بمتوسط قدره (29.96 ppm)، والبوتاسيوم ما بين (0.06 -5.01 ppm) بمتوسط قدره (0.85 ppm) كما يظهر بالجدول (2) والشكل (2). بمقارنة النتائج مع الحدود المسموح بها في مياه الشرب لكلا الأيونيين (200 ppm للصوديوم ، 12ppm للبوتاسيوم) حسب المواصفة القياسية السورية [18]، وجد أنهما ضمن الحدود المسموح بها. يعزى الانخفاض بمحتوى البوتاسيوم مقارنة بالصوديوم في المياه نظراً لمقاومة الفلزات الحاملة للبوتاسيوم لعمليات التجوية الكيميائية كالفلدسبار البوتاسي ومعادن الطين [24].



الشكل (2) : تركيز أيونات المغنيزيوم والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم في عينات المياه الجوفية للمنطقة المدروسة.

الكبريتات (SO_4^{2-}) والكلوريد (Cl^-):

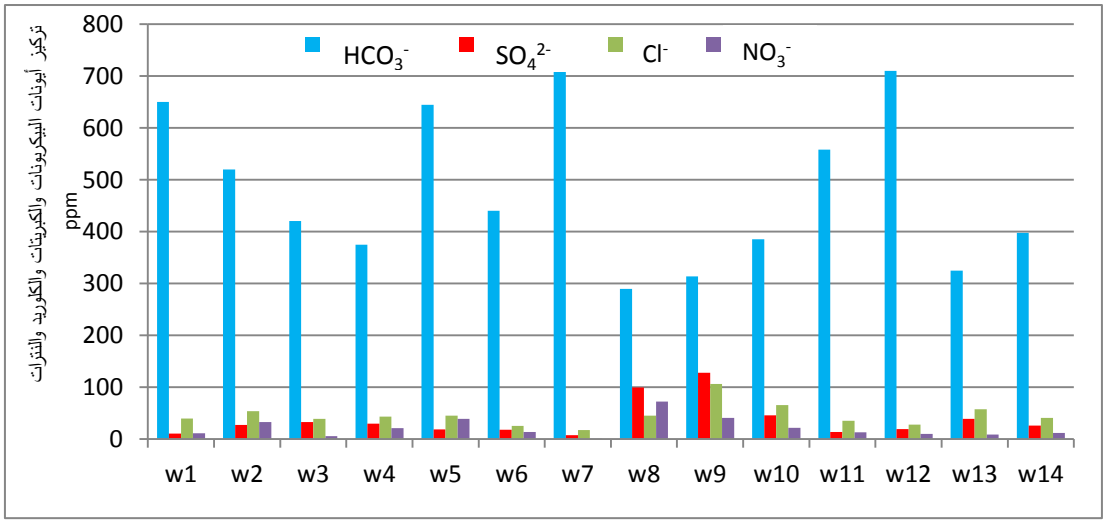
تراوح تركيز أيون الكبريتات في عينات المياه الجوفية ما بين (7.6-127.9ppm) بمتوسط قدره (36.86 ppm) وتراوح تركيز أيون الكلوريد ما بين (17.58-106.19 ppm)، بمتوسط قدره (45.95 ppm)، كما يظهر بالجدول (2) والشكل (3) ، يعود وجودهما بشكل رئيس لذوبان صخور المتبخرات كالجص والانهيدريت والهالايت. بمقارنة النتائج للكلوريد و الكبريتات مع الحدود الواردة في المواصفة السورية [18] (250 ppm للكلوريد،250 ppm للكبريتات) وجد أن جميع القيم كانت أقل من الحدود المسموح بها.

النترات (NO_3^-):

تراوح تركيز أيون النترات في المياه الجوفية (0.41-41.04 ppm) بمتوسط قدره (17.8ppm) كما يظهر بالجدول (2) والشكل (3) وكانت هذه القيم أقل من الحد المسموح به حسب المواصفة القياسية السورية (70 ppm) [18]، باستثناء العينة (W8) بئر الفجر حيث بلغ التركيز (72.48 ppm)، يعزى ارتفاع هذه القيمة بالبئر لوقوعه ضمن أرض زراعية حيث يتم استخدام الأسمدة بالإضافة لتسرب مياه الصرف الصحي القريبة منه.

البيكربونات (HCO_3^-):

يُمثل أيون البيكربونات مصدراً للقلوية (Alkalinity) وهي قابلية الماء للتفاعل مع (H^+)، أما القلوية الكلية فهي قياس للبيكربونات والكربونات والهيدروكسيل (OH^-) المذابة في المياه [25] ففي ظروف (pH) أكبر من (8.2) فإن الكربونات توجد بشكل أكبر من البيكربونات، أما عند (pH) أصغر من (8.2) فان معظم الكربونات الموجودة في المياه تتحول الى بيكربونات، وهذا هو حال المياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث تتراوح درجة (pH) ما بين (7–8.13) وبالتالي القلوية الكلية تتمثل بوجود أيونات البيكربونات التي تراوح تركيزها في المجال (289.9 ppm - 732.8) بمتوسط قدره (483 ppm) كما يظهر بالجدول (2) وبالشكل (3). يتبين من هذه القيم أن ايونات البيكربونات هي الأيونات السالبة السائدة في المياه الجوفية بمنطقة الدراسة، وهذا يتوافق مع دراسات عالمية في مناطق انتشار الصخور الافيوليتية كما في اليونان [26] وايران [27]. حيث يعزى ارتفاع تركيز (HCO_3^-) بشكل رئيس لانحلال الفلزات الحديدية المغنيزية (اوليفين، بيروكسين، سربنتين) الموجودة في الصخور الأفيوليتية وذلك حسب التفاعل (1)، فعندما تتسرب مياه الامطار المحملة بغاز ثاني اوكسيد الكربون داخل الطبقات الجيولوجية تقوم بحل هذه الصخور وبالتالي اغناء المياه بالبيكربونات والمغنيزيوم، كما قد تنتج من انحلال الصخور الكلسية و الدولوميتية ولكن انتشار هذه الصخور محدود في منطقة الدراسة فبالتالي تكون ذات تأثير ثانوي.

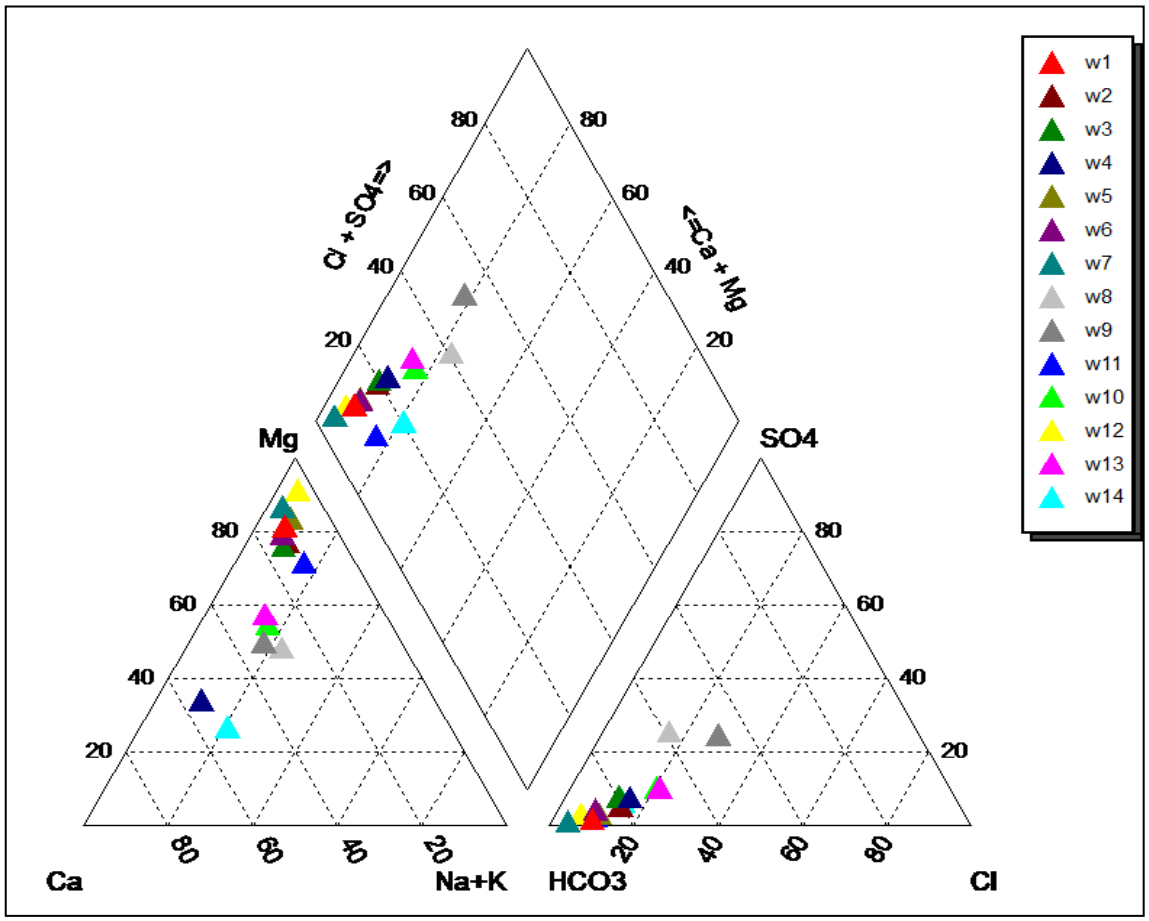


الشكل (3): تركيز أيونات البيكربونات والكبريتات والكلوريد والنترات في عينات المياه الجوفية للمنطقة المدروسة.

5. تقييم نوعية المياه:

تم تحديد نوعية المياه الجوفية بمنطقة الدراسة من خلال التصنيف باستخدام مخطط بايبر [28] حيث يعتمد المخطط على طريقة الرسم الثلاثي في التحليل الكيميائي للمياه الجوفية حيث تُسقط الأيونات الموجبة (Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^+ ،

والأيونات السالبة (HCO_3^-،SO_4^{2-}،Cl^-،NO_3^-) كنسب مئوية بالميللي المكافئ (m.eq%) على المخطط كما (K^+ يظهر بالشكل (4). يتضح من نتائج التصنيف تأثر نوعية المياه الجوفية بعمليات التجوية للصخور الأفيوليتية في معظم العينات المائية من حيث كونها مياه ذات طبيعة قلوية من نوع بيكربوناتية مغنيزية- كلسية، في معظم العينات كان النمط المسيطر هو البيكربوناتي-المغنيزي ($Mg\text{-}HCO_3$) حيث تحتوي المياه على نسب مرتفعة من أيون المغنيزيوم ونسب قليلة من أيوني الكالسيوم والصوديوم مع سيطرة لأيونات البيكربونات وهذا مشابه لمثيلاتها في اليونان [9] وقبرص [8] حيث تنتشر فيها الصخور الأفيوليتية. أما العينتين [W4(قرية الإيمان، w14(قرية الدفلة)] حيث تتكشف فيهما الصخور الكلسية كانتا من النمط البيكربوناتي-الكلسي ($Ca\text{-}HCO_3$).

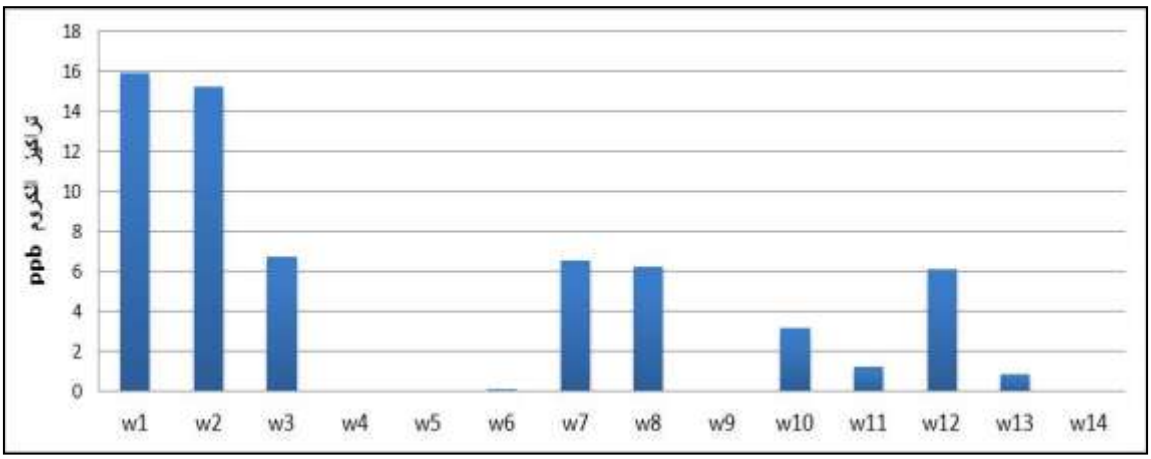


الشكل(4): نوعية المياه الجوفية حسب تصنيف بايبر في منطقة الدراسة بالاعتماد على برنامج (Aquachem-1 -2011).

6. تركيز العناصر الثقيلة (Co، Ni،Cr) في المياه الجوفية:

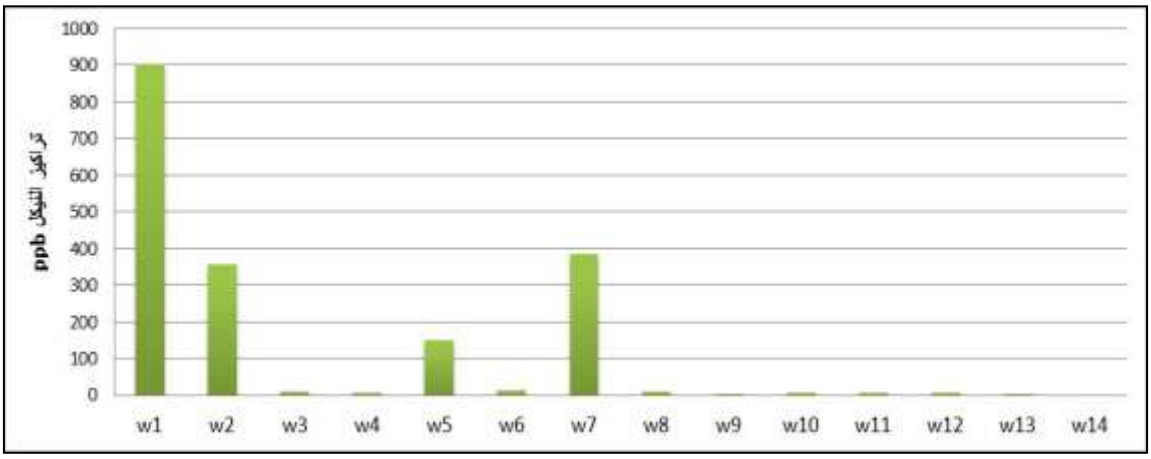
الكروم (Cr): تراوح تركيز الكروم في عينات المياه الجوفية لمنطقة الدراسة في المجال (0.12-15.89 ppb)، بمتوسط قدره (6.2 ppb) كما يظهر بالجدول (2) والشكل (5) ، حيث وجد أن تركيز الكروم في بئر الضحى (W6) هي الأدنى (0.12 ppb) بينما تميزت مياه ينابيع النملة (W2،W1) باحتوائها على تركيز عالي نسبياً من الكروم وصلت لحدود (15 ppb) وهذا مؤشر لتأثر المياه الجوفية بالصخور الأفيوليتية المنتشرة بالمنطقة حيث يتراوح محتواها من الكروم بين (10-450 ppm) حسب [11] . لوحظ من خلال هذه النتائج أن تركيز الكروم في معظم المصادر

المائية في منطقة الدراسة أعلى من الحد الطبيعي لوجود الكروم بالمياه (1 ppb) [29]، ولكن أقل من الحد المسموح به في مياه الشرب (50 ppb) وفق المواصفة السورية [18] وهذا يتوافق مع دراسات [8,9]، في اليونان بمناطق انتشار الصخور الأفيوليتية.



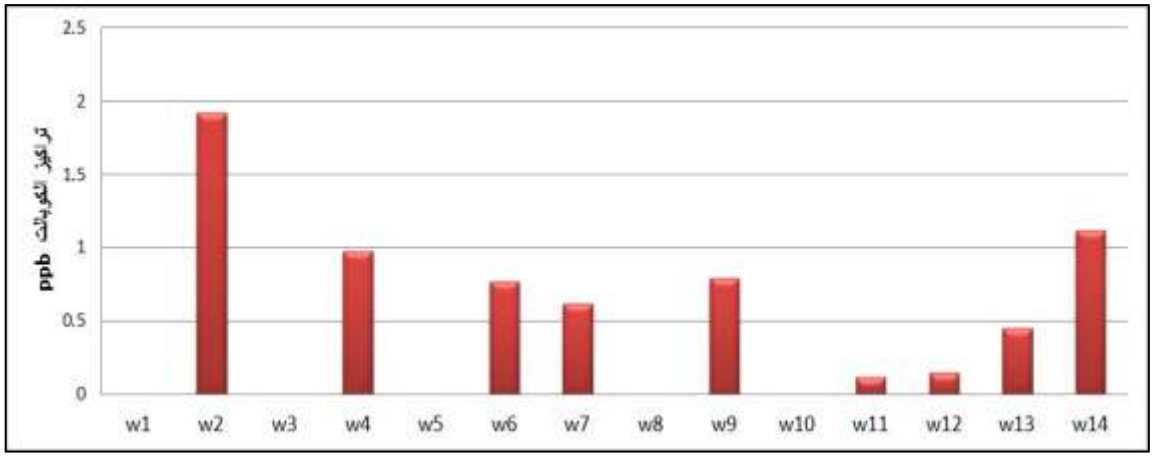
الشكل (5): تركيز الكروم (Cr) في عينات المياه الجوفية بالمنطقة المدروسة.

النيكل (Ni): يلاحظ من خلال الجدول (2) والشكل (6) وجود مستويين لتركيز النيكل في عينات المياه الجوفية: الأول: مستوي تركيز منخفض في معظم العينات حيث تراوحت القيم في مجال (3.68-15.68 ppb) بمتوسط قدره (8.76 ppb) وهي أقل من الحد المسموح به لمياه الشرب ppb (20) حسب [18] وهذا يتوافق مرجعيا" مع دراسة[9]، والثاني: مستوى تركيز مرتفع في أربعة عينات (ينابيع النملة W2،W1، نبع الزيتونة W5، بئر الضحى W7) والتي وصل تركيز النيكل فيها على التوالي (385،152،359،904 ppb)، وهي أعلى من الحد المسموح به لمياه الشرب، يمكن أن تعزى القيم المرتفعة لتركيز النيكل في عينات الينابيع إلى غنى الترب المحيطة الناتجة عن تجوية الصخور الأفيوليتية بالنيكل وبما أنه لا يوجد نطاق حماية للينابيع في تلك القرى فبالتالي احتمالية وصول الملوث للنبع تكون أكبر وخصوصاً في فصل الشتاء. لوحظت مثل هذه القيم المرتفعة للنيكل في المياه في إيران [30].



الشكل (6) : تركيز النيكل (Ni) في عينات المياه الجوفية بالمنطقة المدروسة.

الكوبالت (Co): تراوح تركيز الكوبالت في منطقة الدراسة في المجال (1.92-0.29 ppb)، بمتوسط قدره (0.51 ppb) كما يظهر بالجدول (2) والشكل (7) وهذه القيمة أقل من الحد المسموح به (50 ppb) بالنسبة للمواصفة السورية [18].



الشكل (7): تركيز الكوبالت (Co) في عينات المياه الجوفية بالمنطقة المدروسة.

بناءً على نتائج تركيز العناصر الثقيلة (Co، Ni،Cr) تبين أن جميع المصادر المائية صالحة للشرب ما عدا (ينابيع النملة W2،W1، نبع الزيتونة W5، بئر الضحىW7).

ثانياً: تحديد صلاحية المياه الجوفية لأغراض الري:

تم استخدام بعض المعايير الكيميائية لتصنيف المياه الجوفية بمنطقة الدراسة وبيان مدى صلاحيتها لأغراض الري مثل الخطورة الصودية متمثلة بتحديد النسبة المئوية للصوديوم (Na%) ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) والخطورة المغنيزية متمثلة بتحديد نسبة ادمصاص المغنيزيوم (MAR) كما يظهر بالجدول (3).

الجدول (3): المعايير الكيميائية المستخدمة في تصنيف المياه الجوفية لأغراض الري في منطقة الدراسة.

رمز العينة	مصدر المياه	Na%	SAR	MAR
w1	نبع النملة	6.75	0.37	87.6
w2	نبع النملة	9.36	0.49	85.6
w3	نبع النملة	9.35	0.44	84.1
w4	نبع الإيمان	10.75	0.46	38.7
w5	نبع الزيتونة	3.39	0.36	90.2
w6	بئر الضحى	8.48	0.33	85.9
w7	بئر الضحى	3.69	0.20	90.2
w8	بئر الفجر	22.76	1.11	62.9
w9	بئر الفجر	17.73	0.99	61.1
w10	بئر الفجر	16.16	0.82	65.9
w11	بئر قره فلاح	16.20	0.86	85.8
w12	نبع قره فلاح	4.98	0.28	96.1

w13	بئر بلوطة	14.23	0.65	20.9
w14	نبع الدفلة	20.81	1.02	17.5

1- النسبة المئوية للصوديوم (Na%):

يسبب وجود أيون الصوديوم بتركيز مرتفع انخفاضاً في نفاذية التربة مما يؤثر على النباتات بسبب تراكمه السمي في أوراقها [31]، وقد تم حساب نسبة الصوديوم (Na%) من العلاقة التالية[32]:

$$Na\% = [\frac{(Na^+ + k^+)}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)}] \times 100$$

يعبر عن تراكيز الأيونات الموجبة بالميللي مكافئ (m.eq). تراوحت النسبة المئوية للصوديوم (Na%) في آبار وينابيع منطقة الدراسة ما بين (% 3.39 - 22.76) كما يظهر بالجدول (3)، تعد جميع العينات ضمن الحدود المسموح بها لأغراض الري (أقل من 60%) حسب [21,32] .

2. نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) :

تم حساب نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) حسب [22] :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}}$$

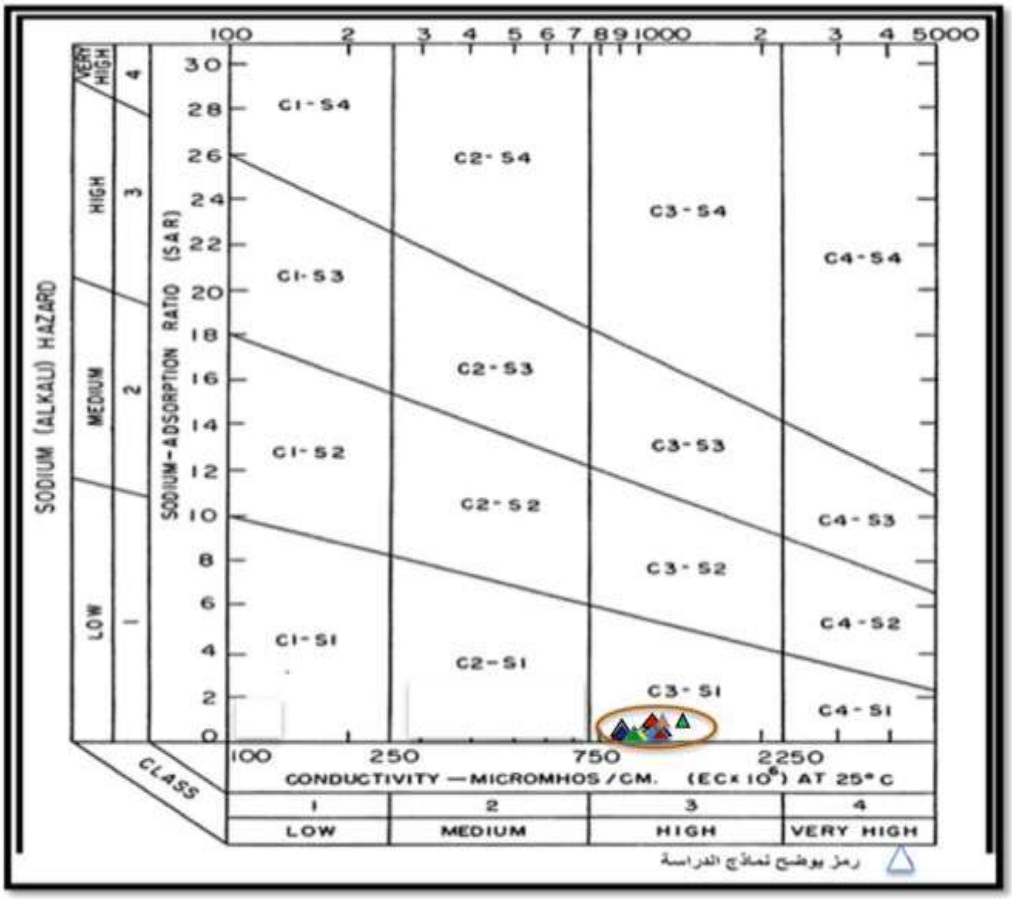
يعبر عن تراكيز الأيونات الموجبة بالميللي مكافئ (m.eq). تراوحت قيم نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) في العينات ما بين (0.20-1.11) كما يظهر بالجدول (3)، أي أنها ذات نسبة ادمصاص منخفضة. تم تمثيل العينات على مخطط ويلكوس [32] كما بالشكل (8)، حيث نلاحظ أن العينات تقع ضمن منطقة (C3-S1) أي منخفضة خطورة الصوديوم ومرتفعة الملوحة وهي ضمن الحدود المسموح بها لأغراض الري [32].

3.نسبة ادمصاص المغنيزيوم (MAR):

يعبر عن الخطورة المغنيزية في مياه الري بحساب نسبة ادمصاص المغنيزيوم حسب [33]:

$$MAR = [\frac{Mg^{2+}}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}] \times 100$$

يعبر عن تراكيز الأيونات الموجبة بالميللي مكافئ (m.eq)، وتكون المياه مناسبة للري عندما تكون قيمة MAR<50 وغير ملائمة للري عندما تكون MAR>50 حيث تسبب ضرراً للمحاصيل الزراعية [34]. تراوحت نسبة ادمصاص المغنيزيوم بين (61.1-96.1) لمعظم العينات كما يظهر بالجدول (3)، فهي لا ينصح بها للري لأنها تسبب أضرار للمحاصيل، باستثناء العينات (W14،W13،W4) حيث كانت القيم أقل من 50.



الشكل(8) موقع العينات المائية المأخوذة من منطقة الدراسة على مخطط ويلكوس [32]

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

ـ وجود تأثير كبير للمكونات الصخرية على زيادة الأيونات المنحلة في المياه الجوفية بالمنطقة المدروسة، فالمياه الجوفية في منطقة الدراسة عالية القساوة بمتوسط قدرة (521ppm) وذات طبيعة قلوية حيث تراوحت درجة pH في المجال (7-8.13).

ـ كانت قيم تركيز الأيونات الرئيسة في المياه الجوفية لمنطقة الباير البسيط ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة السورية لمياه الشرب باستثناء ايونات المغنيزيوم والبيكربونات التي كانت مسيطرة في أغلب العينات وقد تجاوزت الحدود المسموح بها لمياه الشرب حيث تعد غير مستساغة للاستهلاك البشري .

ـ بالنسبة للعناصر الثقيلة كانت تركيز أيوني الكروم والكوبالت ضمن الحدود المسموح بها حسب المواصفة السورية لمياه الشرب ومعظم تراكيز النيكل في العينات المائية ضمن الحدود المسموح بها باستثناء 4 عينات (نبع النملة W1، ونبع النملة W2 ، ونبع الزيتونة W5 وبئر الضحى W7) ، كانت أعلى من الحدود المسموحة، ويعزى ذلك لتأثرها الشديد بترب المنطقة وبالتالي هذه المياه غير صالحة للشرب.

ـ حسب تصنيف بايبر تميزت المياه في المنطقة بسيطرة نمط هيدروجيوكيميائي وهو النمط البيكربوناتي ـ المغنيزي الكلسي في معظم العينات المدروسة.

ـ تعد المياه الجوفية بمنطقة الدراسة منخفضة الخطورة الصودية حسب معايير (Na%،SAR) ومرتفعة الملوحة وهي ضمن الحدود المسموح بها لأغراض الري ولكن بالنسبة للخطورة المغنيزية (MAR) فهي مرتفعة في معظم العينات (أكبر من 50) وقد تسبب ضرر للمحاصيل الزراعية باستثناء العينات (W4،W13،W14).

التوصيات :

– من خلال مما سبق نوصي بإنشاء شبكة مراقبة لرصد نوعية المياه الجوفية بشكل منتظم ومستمر وذلك من خلال إجراء كافة التحاليل الكيميائية والفيزيائية والجرثومية لتقييم صلاحيتها للشرب.

– القيام بالدراسات اللازمة لإجراء معالجة للمياه الجوفية في منطقة الدراسة للاستفادة منها كمياه للشرب، لأن أغلبية السكان تعتمد على هذه المياه في الاستخدامات المنزلية.

Reference:

1. Syrian Ministry of Water Resources. Current Water Situation Report and Future Solutions، Damascus، (2013)، p. 4 .

2. Human Development Report، Power، Poverty and the Global Water Crisis، USA: UNDP، 2006، p. 132

3. HAMIL، L.، BELL ، F،G (1986) *Ground water resource Development*، Book. 1st Edition، doi.org/10.1016/C2013-0-04074 .

4. ASHRAM، M. Water Economics in the Arab World. First edition، Center for Arab Unity Studies، Beirut، 124،2001.1-344.

5.KATTAN، Z. *Chemical and environmental isotopes Study of the Basaltic aquifier* . Report on Scientfic field study ، Department of Geology (Syria) Systems of yarmouk Basin. Aug 1994. AECS-G/RSS 88.

6.KASSEM، A. *Using of hydrochemical and environmental isotopes water data for study of the karst aquifers in the coastal area (syria)*. Report on scientific field study، Department of Geology، AECS-G/FRSR 254. Dec 2001.

7.Report of the project of the study of the spring Alsin of the General Company for Water Studies، 1987.

8.NEAL، C.، SHAND، P .*Spring and surface water quality of the Cyprusophiolites* .Hydrology and Earth System Sciences Discussions ،6 2002 817–797،.

9.VOUTSIS، N.، KELEPETZIS، E.، TZIRITIS، E.، KELEPERTSIS، A. *Assessing the hydrogeochemistry of groundwaters in ophiolite areas of Euboea Island، Greece،* using multivariate statistical methods. J. Geochem. Explor. 159،2015، 79–92.

10.PARROT ،J.F. Assemblage ophiolitique du baer-Bassit el termeseffusifs du volcano-sedmentaireTra . Et Doc. De l O. S.T.O.M. (These) ، 1977، 333 p.

11. Al-RIYAMI، K.، ROBERTSON، A.، DIXON، J.، XENOPHONTOS، C. *Origin and emplacement of the Late Cretaceous Baer–Bassitophiolite and its metamorphic sole in NW Syria*. Lithos 65،2002، 225–260.

12.AL-RIYAMI، K & Robertson، A. *Mesozoic sedimentary and magmatic evolution of the Arabian continental margin، northern Syria*: Evidence from the Baer-Bassit Melange. Geological Magazine - GEOL MAG. 139،2002.

13. Al-SAFARJALAN.A، The Amphibolitic rocks in Jabel Al – Gungeryeh (Baer-Bassit Area): Petrographical; Petrological and Geochemical Study- Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences).vol(2) No(1) 2011،1-42

14.MOUSTAFA،M.M. Geochemical Characteristics of Gabbro-Diabase Rocks from Al-Bassit Ophiolite /NW SYRIA.vol(19) No(2) 2010،pp1-28.
15.THOMAS،J.F.J AND LYNCH. *Determination of carbonat alkalinity natural waters. J. Amer*. Water Works Assoc. 52:259، 1960.
16.CZYRKLIS، W.F.، FERRARO، T.A. *Photometric Methods for the Determination of Iron*، Ti، Al، Si، and Nickelin Boron Carbide ،20 1971.
17.HEM، J. D. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. Department of the Interior، US Geological Survey. vol. 2254،1985.
18. Syrian Arab Organization Standards and Metrology، Syrian Drinking Water Standard No. 45 of 2007، Ministry of Industry، Damascus، Syria.
19.DAVIS and DEWIEST .*Hydrogeology John Wiley and Sons* ،Inc.، Hoboken، 1966،463.
20.MANAHAM، S.E. *Environmental Chemistry*. CRC Press LLC، New York،8th Edition، 2005.
21.TODD، D. K. *Groundwater hydrology*. NY: John Wiley and Sons، 2nd edn،(1980)، p. 535.
22.TODD، D. and MAYS، L. *Groundwater Hydrology*. John Wiley and Sons، Inc.، Hoboken، 3rd Edition، 2005، 652 p.
23.GARRELS، R. M. *"Genesis of some groundwaters from igneous rocks"*. In Abelson، P. (ed.). Researches in Geochemistry، V: 2،1967، Pp: 405-420.
24. Nesbitt، H.W.، Fedo، C.M. and Grant، M.Y. (1997) Quartz and feldspar stability، steady and non-steady-state weathering، and petrogenesis of siliciclastic sands and muds. J. Geol.، 105،173-191.
25. Gill، R. (ed.). *Modern analytical geochemistry، an introduction to quantitative chemical analysis for earth،*environmental and materials scientists. Longman، London،1997،329p.
26. Dermatas،D، Mpouras،T، Chrysochoou،M، Panagiotakis،I، Vatseris،C، Linardos،N، Theologou،E، Boboti،N، Xenidis،A، Papassiopi،N، Sakellariou،L. *Origin and concentration profile of chromium in a Greek aquifer*. Journal of Hazardous Materials.281: 2015،35-46p.
27. Ghasemi، A. Razmara، M. *Hydrogeochemical factors governing the originand transport of Cr from ophiolitic complex to water resources in the Pangi area*.Journal of Middle East Applied Science and Technology. 15(2)،2014، pp. 397-404.
28. Piper AM. *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis*. Am Geophys Union Trans 1944;**25**:914
29. Document for Public Consultation . *Chromium in Drinking Water،Prepared by the Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water*.Health Canada،2015، p 3.
30. Nazarai ، E and Razmara، M. Evalution of the heavey metal contaminations in water resources in ophiolitic complex of pangi area، (Kadkan، Iran). journal (JMEAST)، Issue 6(2)، March 2014، pp152-156.
31. Hakim، M.A.، Juraimi، A.S.، Begum، M.، Hasanuzzaman، M.، Uddin، M.K. and Islam، M.M. *Suitability Evaluation of Groundwater for Irrigation، Drinking and Industrial Purposes*. American Journal of Environmental Sciences، 5 (3)،2009، 413-419.
32.WILCOX، L.V. *Classification and use of irrigation water. U.S. Dep.Agriculture*. Circ. Washington D. C ،1955، 969.
33. Szabolcs، I. and Darab، C. *The influence of irrigation water of high sodium carbonate content of soil،* In proceeding of 8th International Congress of Isss، Trans، II،1964،803-812.
34. Ayers، R.S. and Westcott، D.W. *Water quality for agriculture*. Fao Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1)، Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations، Rome، Italy،1985.