

دراسة هيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية في المنطقة الواقعة بين نهري الصنوبر والكبير الشمالي

الدكتور أحمد محمد*

الدكتور شريف حايك**

كنان راعي***

(تاريخ الإيداع 26 / 3 / 2013. قُبِلَ للنشر في 15 / 5 / 2013)

□ ملخص □

يتضمن هذا البحث دراسة هيدروجيوكيميائية لبعض آبار المياه الجوفية المختارة من المنطقة الواقعة بين نهري الصنوبر والكبير الشمالي بهدف تحديد نوعية مياهها ومنشأ هذه المياه من أجل التخطيط المستقبلي الأمثل لاستعمالات الموارد المائية في هذه المنطقة.

وقد تبين من خلال هذه الدراسة وجود نمطين هيدروجيوكيميائيين أساسيين: الأول هيدروكربوناتى ————— مغنيزي، كلسي، صودي للمياه، والثاني سولفاتي ————— كلسي، مغنيزي، صودي، وهذه الأنماط الجيوكيميائية تشير إلى وجود عدد من الأملاح في المياه الجوفية تمّ حسابها إذ تبين تشكل ملحي كبريتات الصوديوم وهيدروكربونات الصوديوم واللذين يشيران إلى المنشأ الجوي الراشح للمياه (عميق وسطحي)، وملح كلور المغنيزيوم الذي يشير إلى المنشأ البحري، وأن المياه في كافة الآبار صالحة لأغراض الري.

الكلمات المفتاحية: هيدروجيوكيمياء، نهر الكبير الشمالي، نهر الصنوبر، نوعية المياه الجوفية.

* أستاذ — قسم الجيولوجيا — كلية العلوم — جامعة تشرين — سورية.

** أستاذ مساعد — قسم الهندسة المائية والري — كلية الهندسة المدنية — جامعة تشرين — سورية.

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) — قسم الجيولوجيا — كلية العلوم — جامعة تشرين — سورية.

A Hydrogeochemical Study of Ground water In the Region between AL-Snobar and ALKabir AL-Shimali Rivers

Dr. Ahmed Mohammed*

Dr. Sharif Hayek**

Kinan Raee***

(Received 26 / 3 / 2013. Accepted 15 / 5 /2013)

□ ABSTRACT □

This research includes a Hydrogeochemical study of specific ground water wells between AL-Snobar and AL-Kabir AL-Shimali Rivers. This aims at specifying water quality and origin in order to plan the optimum future ways of using water supplies in the region.

This study finds out two main hydrochemical types: a hydrocarbon type of water having a high content of magnesium, lime or sodium, and a sulpharic type of water having a high content of lime, magnesium or sodium. These two geochemical types show that a number of minerals can be found in groundwater such as Na_2SO_4 and NaHCO_3 which indicates the air origin of filtrated water, and MgCl_2 which indicates the sea origin. In addition, it indicates that groundwater in all wells can be used for irrigation.

Key words: Hydrogeocheimstry, ALKabir AL-Shimali River, AL-Snobar River, groundwater quality.

*Professor , Department Of Geology , Faculty of Science , Tishreen University , Syria .

** Associate Professor at the Irrigation and Drainage Engineering Department, Faculty of Civil Engineering , Tishreen University , Syria.

*** Postgraduate student, Department of Geology, Faculty of Science, Tishreen University , Syria

مقدمة:

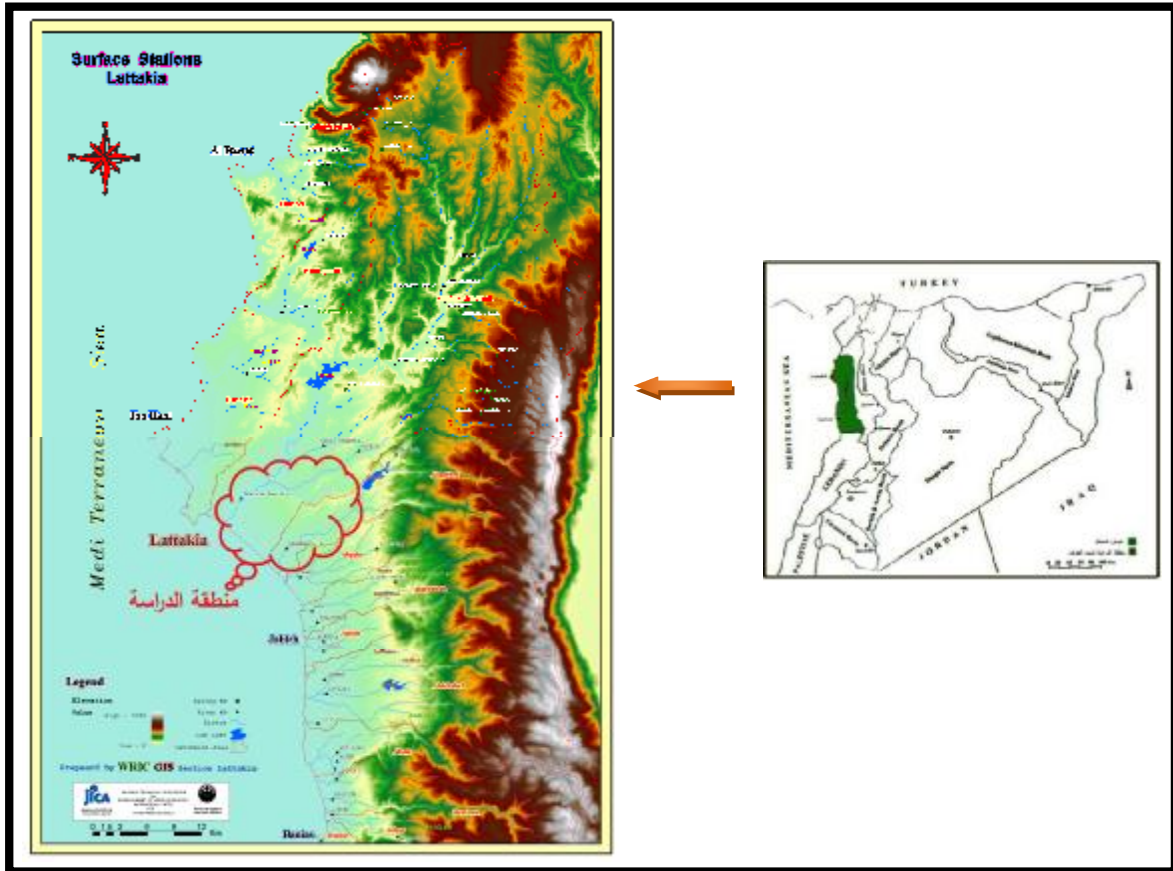
تشكل الدراسة الهيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية القاعدة الأساس لتفسير خصائص هذه المياه، فهي تقدم المعلومات الضرورية عن أصلها ونوعها، والمناخ السائد، والاستعمالات، كما تشمل وصفاً لمكونات التاريخ الجيولوجي للصخور، بالإضافة إلى أماكن تغذية، وصرف، وحركة المياه.

وهناك العديد من العمليات المؤثرة في التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، الأمر الذي يجعل كل خزان مائي يملك بصمات كيميائية خاصة به، ولهذا السبب تُجرى التحاليل الكيميائية المفصلة التي تعد وسيلة، وأداة أساسية تساعد في تفسير وفهم الوضع الهيدروجيولوجي السائد، باعتبار أن التركيب الكيميائي للمياه الجوفية يتشكل نتيجة تأثير مختلف الظروف الطبيعية التي تحدد وبدقة مصادر هذا التركيب، كما تحدد التحاليل الكيميائية كل ما يتعلق بمفاهيم استعمالات المياه المختلفة للأغراض المنزلية، والزراعة، والصناعة، وللأغراض العلاجية، وغيرها من الاستعمالات الأخرى. وتتضمن التحاليل الأساسية تحديد محتوى كل من الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيزيوم، البيكربونات، السلفات، الكلور كشوارد رئيسية إضافة إلى بعض الشوارد الأخرى.

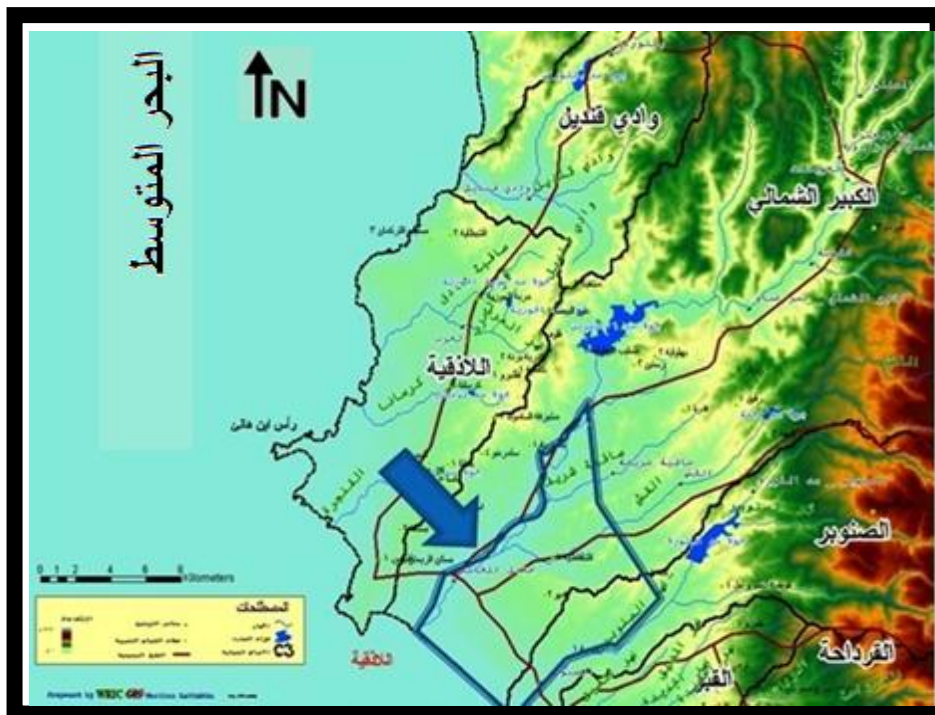
إذ تناولت الدراسات تغيير الظروف الهيدروجيولوجية في منطقة ري سد السادس عشر من تشرين الواقعة بين نهري الصنوبر والكبير الشمالي وترشيد استهلاك موارد المياه الجوفية فيها، ودراسة هيدروجيوكيميائية للمصادر المائية في الجزء الأدنى من حوض نهر الكبير الشمالي، تم فيها تقييم التأثير الجيوبيئي على هذه المصادر وخواص التربة في تلك المنطقة [2,1] ، فضلاً على العديد من الدراسات الأخرى [4,3] شملت 10000 هكتار لإرواء منطقة السد على نهر الكبير الشمالي، وتناولت أيضاً الظروف الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية لتشكيل المياه الجوفية في الأحواض الأربعة في سورية.

الموقع والميزات العامة لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة ضمن المنطقة الساحلية - شرق مدينة اللاذقية - في الجزء الشمالي من حوض الساحل، (الشكل 1) وتمتد بين خطي طول $31^{\circ} 27' 35''$ - $33^{\circ} 33' 35''$ شرق خط غرينتش، وبين خطي عرض $36^{\circ} 48' 35''$ - $49^{\circ} 57' 35''$ شمال خط الاستواء. يحدها من الجنوب الغربي البحر المتوسط، ومن الشمال الغربي نهر الكبير الشمالي، ويحدها من الجنوب الشرقي نهر الصنوبر، ومن الشمال الشرقي تلال قرיתי المشيرفة وستخيرس، (الشكل 2). وتتألف المنطقة المدروسة من الأراضي المروية، التي تشغل القسم السفلي الجنوبي لحوض نهر الكبير الشمالي، والقسم السفلي الشمالي لحوض نهر الصنوبر. وتبلغ مساحة المنطقة المدروسة حوالي 70 كم²، وتوجد فيها تجمعات سكنية مهمة.



الشكل (1) خريطة الأحواض المائية في سورية وموقع حوض الساحل ومنطقة الدراسة ضمنه
(عن الوكالة اليابانية للتعاون الدولي جايكا — JICA)



الشكل (2) حدود منطقة الدراسة (عن الوكالة اليابانية للتعاون الدولي جاياكا — JICA)

تمتاز منطقة الدراسة بمناخ متوسطي حار وجاف صيفاً، معتدل ورطب شتاءً. ويمكن تقسيمها وفقاً لطبيعة التضاريس فيها إلى منطقتين: الأولى منطقة السهل الساحلي ويتألف بدوره من سهل ملاصق لشاطئ البحر حيث تنمو أشجار الحمضيات، وتزرع الخضار بأنواعها، وتحده من الغرب تلول البحر المؤلفة من كثبان رملية حيث تنمو أشجار الصنوبر وبعض الأشجار الحراجية والحمضيات. والثانية هي المنطقة التلالية، وفيها تزرع الحمضيات بكثرة بالإضافة إلى أشجار الزيتون وبعض الخضروات. عموماً تتراوح الارتفاعات في منطقة الدراسة بين (3-190) م. [5]

يتكون الخزان المائي الجوفي في منطقة الدراسة من توضعات رباعية لحقية وبحرية تتألف من حجر رملي متطبق، وحجر رملي بحري، وكونغولوميرا نهريّة، وتوضعات ريحية [3]. وتوضعات نيوجينية تتألف بشكل رئيسي من الغضار، والحجر الرملي، والحجر الكلسي الشيلي، وكونغولوميرا [4]. وهذه التوضعات تؤلف بمجموعها منظومة هيدروجيولوجية واحدة يتطور فيها جريان مائي واحد يتميز بغياب التغيرات الحادة بخصائصه الكيميائية سواء بالملوحة أم بالتركيب الكيميائي.

أهمية البحث وأهدافه:

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة أصل ونوع المياه الجوفية في منطقة الدراسة والسحنات الهيدروكيميائية السائدة فيها، وإمكانية استخدام تلك المياه لأغراض الري.

طرائق البحث و مواد:

أجريت الدراسة على بعض الآبار المحفورة من قبل المزارعين المحليين، وقد بلغ عددها عشرة آبار، تم خلالها مراعاة توزيع هذه الآبار بحيث تشمل كافة أرجاء منطقة الدراسة، الشكل (3)، وكافة التوضعات الجيولوجية السائدة فيها.

شملت القياسات تحديد إحداثيات تلك الآبار باستخدام جهاز GPS، فضلاً على ارتفاعات فوهات الآبار عن سطح البحر، والطبقة الحاملة للمياه في كل منها (الجدول 1).

حيث أن :

fQ_4 : التوضعات اللحقية الحديثة.

fQ_3 : توضعات الرباعي الأعلى اللحقية.

eQ_3 : توضعات الرباعي الأعلى الريحية.

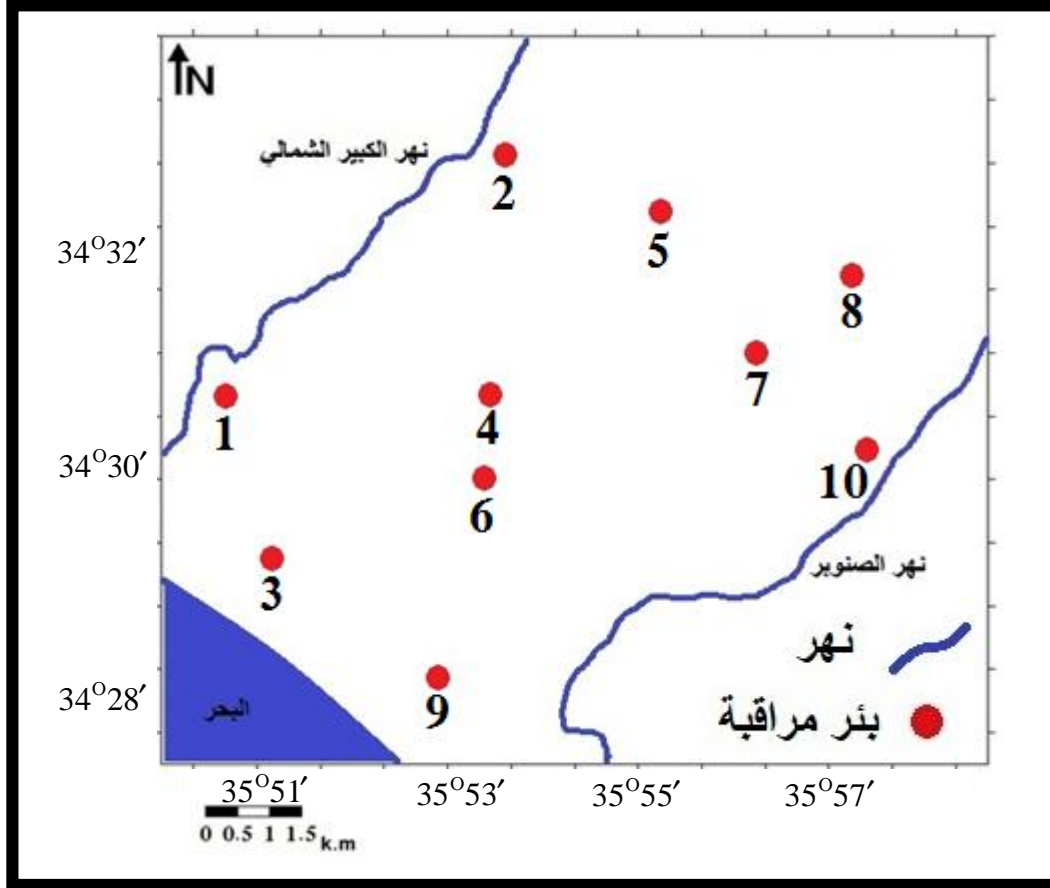
mQ_2 : توضعات الرباعي الأوسط البحرية.

mQ_1 : توضعات الرباعي الأدنى البحرية.

N_2 : توضعات البليوسين.

كما شملت القياسات أيضاً إجراء تحليل حقلي شمل كلاً من الملوحة - التي ترتبط بالناقلية الكهربائية - ودرجة الحرارة، والحموضة، وذلك باستخدام جهاز تحليل نوعية المياه (HORIBA). وفيما يتعلق بالتركيب الكيميائي للمياه الجوفية، تم أخذ العينات من الآبار المدروسة الممتلئة في منطقة الدراسة، وكذلك اختيار فترتين لأخذ

العينات (فترة التحريك (الجفاف) في شهر آب وفترة الهطولات المطرية في شهر تشرين الثاني من العام 2012) واختيار الطرائق التحليلية بعناية للوصول إلى نتائج دقيقة.



الشكل (3) خريطة توضيحية لأماكن الآبار المعتمدة في الدراسة

الجدول (1) يبين إحداثيات الآبار المعتمدة في الدراسة

الرقم	المنطقة	الطبقة الحاملة للمياه	الإحداثيات		
			x	y	Z (m)
1	معمل المعاكس	fQ ₃	35° 31' 14.1	035° 50' 27.7	5
2	رويسة الحرش	fQ ₃	35° 33' 21.3	035° 53' 24.8	15
3	الحمى	eQ ₃	35° 29' 48.0	035° 51' 06.1	22
4	فديو	N ₂	35° 30' 59.1	035° 53' 26.4	94
5	منجبالا	fQ ₄	35° 32' 50.6	035° 55' 13.9	55
6	البارد	mQ ₂	35° 30' 18.1	035° 53' 18.4	62
7	المشيرة	mQ ₁	35° 31' 41.4	035° 56' 14.0	190
8	القاقعية	N ₂	35° 32' 13.6	035° 57' 14.2	84

9	السنوبر	mQ ₂	35° 28' 42.6"	035° 52' 54.7"	24
10	الضاهرية	N ₂	35° 30' 36.2"	035° 57' 26.8"	105

إن عملية أخذ العينات أو ما يسمى (الاعتيان أو قطف العينات) هي عملية مهمة جداً، لأن نتائج التحاليل المخبرية تتوقف أساساً على سلامة العينات المختبرة.

لذلك كان لابد من مراعاة عدة أمور منها: أن يكون حجم العينة كافياً لإتمام الإجراءات المخبرية، وأن تمثل العينة تمثيلاً كاملاً المصدر المائي المأخوذة منه، وأن تحفظ بحالتها أثناء الجمع، وأن نراعي عدم تعرضها لأيّة ملوثات تؤدي إلى تغيير خصائصها خلال الفترة منذ جمعها، وحتى إجراء الاختبارات عليها، فإذا لم تكن العينات صالحة فإن نتائج التحليل قد تكون مضللة.

تمت عمليات الاعتيان باستخدام عبوات بلاستيكية بسعة (500 مل)، وذلك بعد غسل العبوة من (3 - 4) مرات بماء العينة، ثم ملئها بالكامل، وإغلاقها بإحكام، مع تثبيت شريط ورقي لاصق على العبوة يكتب عليه: رقم العينة - الموقع - pH - درجة الحرارة - الناقلية الكهربائية، ثم نقلت العينات بواسطة حاوية مبردة إلى مخابر مديرية الموارد المائية في اللاذقية، من أجل إجراء التحاليل المختلفة، باستخدام الأجهزة المختلفة، وطرائق المعايرة للكشف عن الشوارد الرئيسية للمياه.

إذ تم استخدام جهاز (Flame photo meter) من أجل قياس تركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم، وجهاز قياس العكارة (Nephelometer) ومنه يحدد تركيز شوارد الكبريتات من منحنى المعايرة، فضلاً على طرائق المعايرة للكشف عن شوارد الكلور والكربونات والبيكربونات.

تمت معالجة نتائج التحاليل بعد إعادة حساب هذه النتائج من الشكل الوزني الأيوني (ppm) إلى الشكل المكافئ (epm) والمكافئ النسبي (%epm)، إذ اعتمدنا القيمة المتوسطة لنتائج التحاليل والقياسات التي أجريناها في الفترتين المذكورتين أعلاه، الجدول (2)، وذلك مكننا من معرفة أصل ونوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة من خلال تصنيف سولين، وتطبيق علاقة كورولوف.

ثم تم تقييم صلاحية هذه المياه لأغراض الري بالاعتماد على ثلاثة معايير وهي:

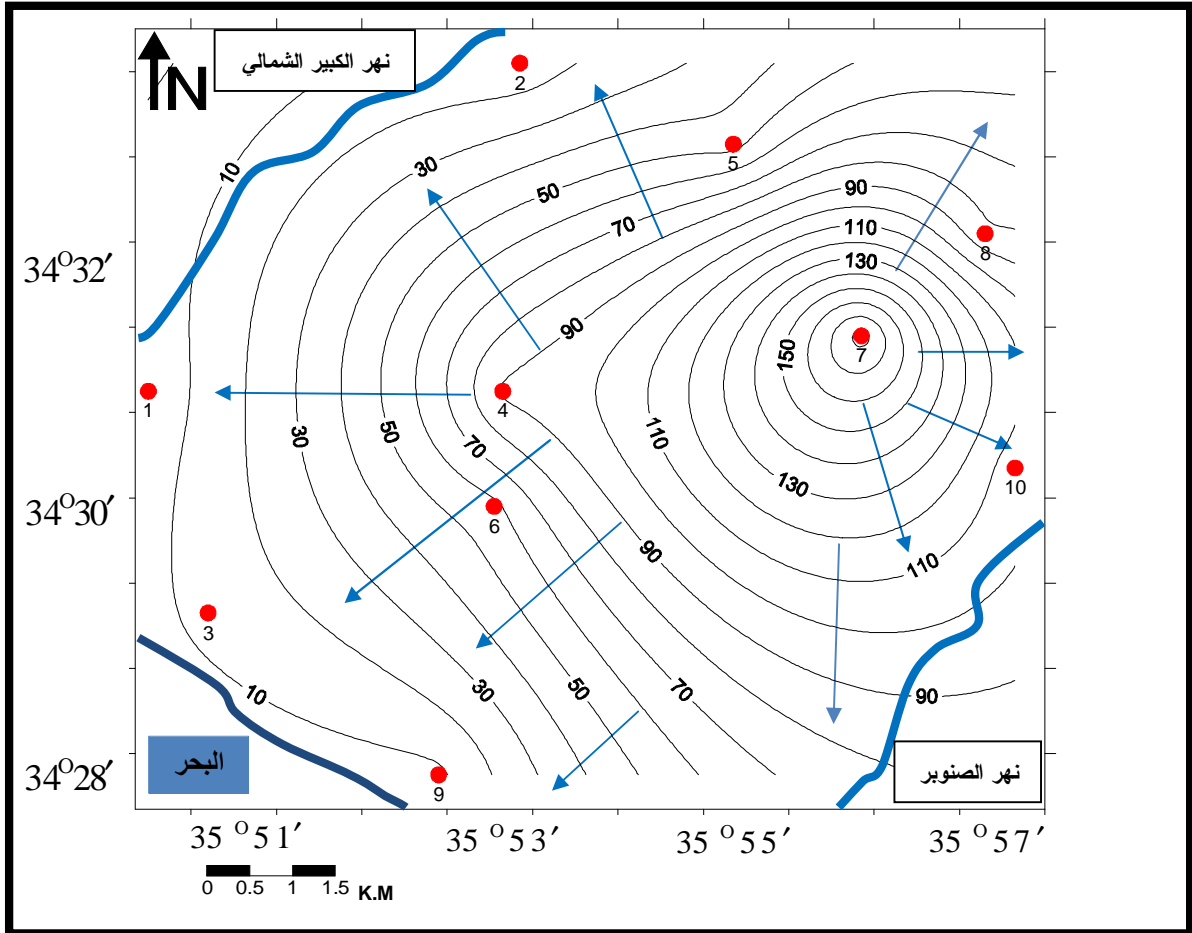
- ȳ مجمل الأملاح المنحلة (TDS).
- ȳ نسبة الصوديوم (%Na).
- ȳ نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR).

النتائج والمناقشة:

يُدرس اتجاه حركة المياه الجوفية عادةً كعامل أساسي في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه طالما أن هذا العامل يجسد قابلية الحركة [6]. ويُميز في منطقة الدراسة عدة اتجاهات لحركة المياه الجوفية (الشكل 4)، كما أن الشكل العام للشبكة الهيدروديناميكية لا يتغير خلال العام الهيدرولوجي.

إن من أهم مظاهر تأثير اتجاه حركة المياه الجوفية على تركيبها الكيميائي التغيرات في الملوحة وفي النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه الحركة، الذي لا يخضع لهذه القاعدة ظاهرة نادرة، فعلى سبيل المثال لا تُلاحظ التغيرات الملموسة على الأجزاء التي تتصف بطريق رشح قصير، وهذا يفسر على الأغلب قصر الفترة الزمنية لتأثير العمليات الفيزيوكيميائية بين المياه والصخور، وانتشار التوضعات الغضارية والمارلية ذات الصفات الرشحية التي لا

تسمح بالنقل الجيد لنواتج العمليات الفيزيوكيميائية التي تتم بين المياه والصخور، وأن المياه قد تأثرت بالتجاوزات البحرية المتقاطعة مع الظروف القارية عبر الدورات الرسوبية للتشكيلات البحرية (أي تأثرت بالرسوبات البحرية).



الشكل (4) خريطة بيزومترية لمنطقة الدراسة للعام 2012

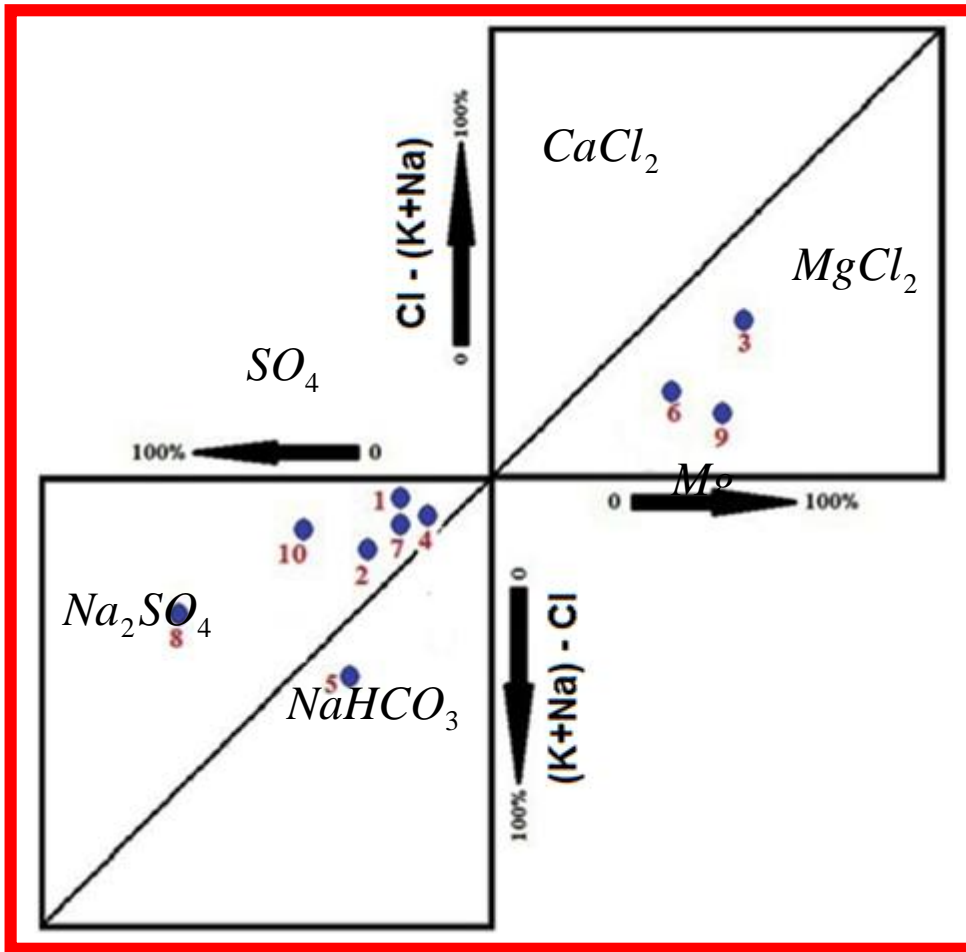
تصنيف المياه الجوفية في منطقة الدراسة وفقاً لمنشئها

منشأ المياه الجوفية وطريقة تشكلها مسألة في غاية التعقيد. ويعود هذا لسببين رئيسيين: أولاً: قابلية المياه للحركة وبالتالي إمكانية مزج مختلف أنماط المياه المختلفة المنشأ. وثانياً: تنوع التراكيب الكيميائية والخصائص الفيزيائية لمختلف التشكيلات الحاملة للمياه.

عموماً تقسم المياه الجوفية وفق المنشأ إلى ثلاث فئات رئيسية: مياه جوية، مياه بحرية، ومياه عذرية. [7] وقد وضعت مخططات بيانية كثيرة من قبل العلماء لتصنيف المياه الجوفية وفق منشئها من أهمها مخطط سولين الذي يستند إلى تحديد النسب المئوية للشوارد الرئيسية في المياه [8]، وقد تم تطبيق هذا المبدأ على الآبار المدروسة. الشكل (5).

إذ وقعت العينات (1، 2، 4، 7، 8، 10) في المثلث العلوي من المربع السفلي، الذي يعبر عن منشأ قاري عميق للمياه، وهي من النمط الكبريتاتي السوداني، إذ يوجد ملح (Na_2SO_4)، كما وقعت العينة رقم (5) في المثلث السفلي من المربع ذاته، الذي يشير إلى منشأ قاري سطحي للمياه أو قريب من السطح، وهي

من النمط الصودي الهيدروكربوناتي، إذ يتواجد ملح (NaHCO_3) ، كما تجاوزت النسبة الجيوكيميائية $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ القيمة (1) ملغ — مكافئ مما يدل على أن هذه المياه تنسب إلى المياه الطبقيّة (ضعيفة الملوحة). بينما وقعت العينات (3 ، 6 ، 9) في المثلث السفلي من المربع العلوي، وفي هذه الآبار قلت النسبة $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ عن (1) مما يدل على أن المياه قد تأثرت بالتجاوزات البحرية المتقاطعة مع الظروف القارية عبر الدورات الرسوبية للتشكيلات البحرية (أي متأثرة بالرسوبات البحرية) وهذا تجلّى بشكل واضح في البئر (3 ، 6) إذ قلت النسبة عن 0.84 وهي تعبر عن مياه بحرية، ويتشكل في هذا المثلث ملح (MgCl_2) الذي يعدّ مميزاً له، والمياه من النمط الكلوري المغنيزي.



الشكل (5) مخطط سولين، يوضح تصنيف مياه آبار منطقة الدراسة

السحنات الهيدروكيميائية السائدة

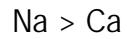
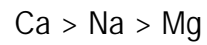
لقد تم طرح العديد من التصنيفات لأنماط الجيوكيميائية للمياه الجوفية، وهي قائمة على أسس مختلفة، وتملك أهمية علمية، وتطبيقية، إلا أنه حتى الوقت الحاضر لا يوجد تصنيف وحيد، وشامل يمكن اعتماده. [9,8,7]

وفي الوقت الحاضر يعد التصنيف الذي يقسم السحنات الهيدروكيميائية وفقاً للشاردة السالبة المسيطرة، هو الأكثر قبولاً واستخداماً، والذي على أساسه يتم التمييز بين ثلاث سحنات رئيسية (إذ تؤخذ الشوارد بالشكل المكافئ النسبي) وهي (هيدروكربوناتية، سولفاتيية، كلوريدية).

وكل سحنة من هذه السحنات ووفق الشاردة الموجبة المسيطرة تقسم بدورها إلى ثلاث مجموعات: كلسية، مغنيزية، وصودية. [8]

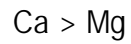
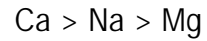
وعموماً نلاحظ السحنات الهيدروكيميائية الأساسية التالية، التي تقسم كل منها إلى عدة مجموعات وفقاً للشاردة الموجبة المسيطرة. الجدول (2):

1. السحنة الهيدروكربوناتية وتتصف في منطقة الدراسة بالتتابع التالي:

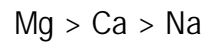


وهذه السحنة توجد في الآبار (1 ، 2 ، 5) وهي تعكس تركيباً بيكربوناتياً مغنيزياً، أو كلسياً، أو صودياً

للمياه الجوفية العذبة، وتشير إلى مرحلة أو طور أولي في تطور النمط الكيميائي للمياه. [8]



وتوجد هذه السحنة في الآبار ذوات الأرقام (3 ، 4 ، 6 ، 9).



وهذه السحنة توجد في البئر (7 ، 10).

2. السحنة السولفاتيية وتأخذ التتابع التالي في البئر رقم (8):



وهذا التتابع يشير إلى أن النمط الكيميائي للمياه غني بالفلزات السولفاتيية الناشئة من انحلال توضعاتها، وربما

من الاستعمال المفرط للأسمدة السولفاتيية.

تشير السيطرة الأيونية (الأنماط الجيوكيميائية) إلى وجود عدد من الأملاح في المياه الجوفية لمنطقة

الدراسة، قمنا بحسابها في عينات المياه المحللة، ونعرض النتائج في الجدول (3) وعلى المخطط البياني الذي

يوضحه الشكل (6).

الجدول (2) التركيب الكيميائي لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة

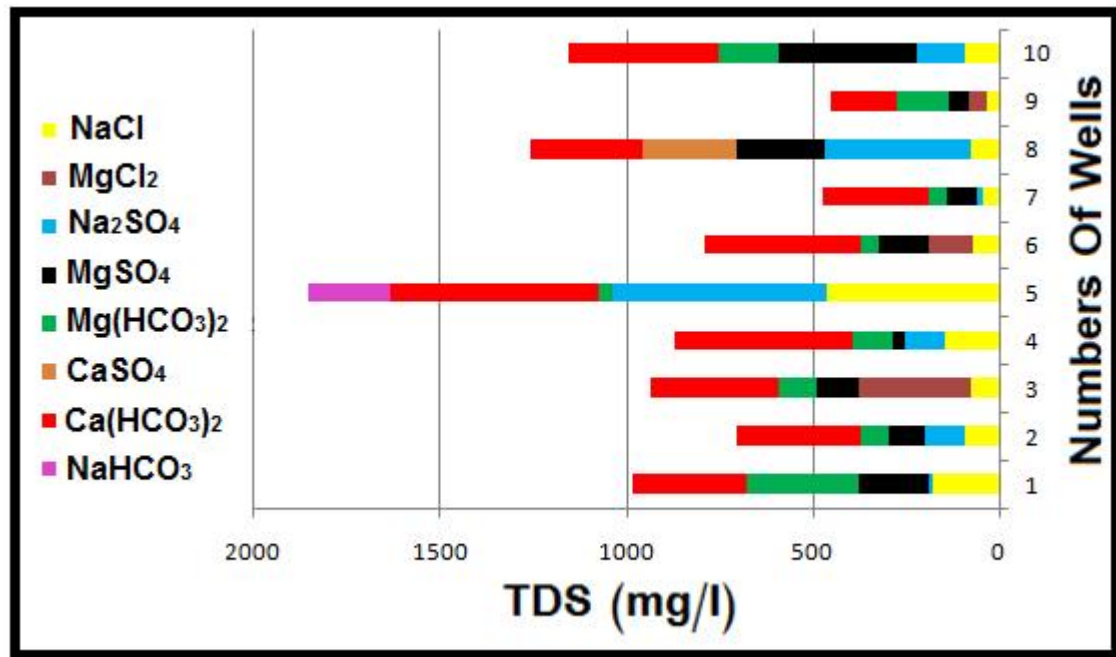
الرقم	المنطقة الطبعة الحاملة	Unit	الكاتيونات				الأنيونات				علاقة التركيب الكيميائي (علاقة كورولوف)
			Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l		
1	معمل المعاكس fQ ₃	ppm	114	114	2.95	79	585	150.5	100	HCO ₃ 61.72 SO ₄ 20.16 Cl 18.10 TDS 982.15 _____ pH 7.63 Mg 50.27 Ca 30.81 Na 18.54	
		epm	5.70	9.30	0.07	3.43	9.58	3.13	2.81		
		epm _%	30.81	50.27	0.37	18.54	61.72	20.16	18.10		
2	رويسة الحرش fQ ₃	ppm	122	39.6	3.1	81.5	400	155	52.5	HCO ₃ 58.27 SO ₄ 28.64 Cl 13.07 TDS 701.35 _____ pH 7.56 Ca 47.21 Na 27.32 Mg 24.92	
		epm	6.10	3.22	0.07	3.53	6.55	3.22	1.47		
		epm _%	47.21	24.92	0.54	27.32	58.27	28.64	13.07		
3	الحمى eQ ₃	ppm	170	150	1.8	38	330	66.5	162.5	HCO ₃ 47.57 Cl 40.26 SO ₄ 12.15 TDS 933.40 _____ pH 7.48 Mg 54.56 Ca 37.89	
		epm	8.50	12.24	0.04	1.65	5.40	1.38	4.57		
		epm _%	37.89	54.56	0.17	7.35	47.57	12.15	40.26		
4	فديو N ₂	ppm	165	28	5.60	91	460	88.50	70	HCO ₃ 66.22 Cl 17.31 SO ₄ 16.18 TDS 866.45 _____ pH 7.41 Ca 54.73 Na 27.75 Mg 16.49	
		epm	7.80	2.35	0.14	3.95	7.54	1.84	1.97		
		epm _%	54.73	16.49	1.00	27.75	66.22	16.18	17.31		
5	منجبل fQ ₄	ppm	192	7.20	27	480	750	430	255	HCO ₃ 43.18 SO ₄ 31.46 Cl 25.22 TDS 1852.50 _____ pH 7.33 Na 65.73 Ca 30.23	
		epm	9.60	0.58	0.69	20.86	12.29	8.95	7.18		
		epm _%	30.23	1.85	2.18	65.73	43.18	31.46	25.22		

تابع الجدول (2) التركيب الكيميائي لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة

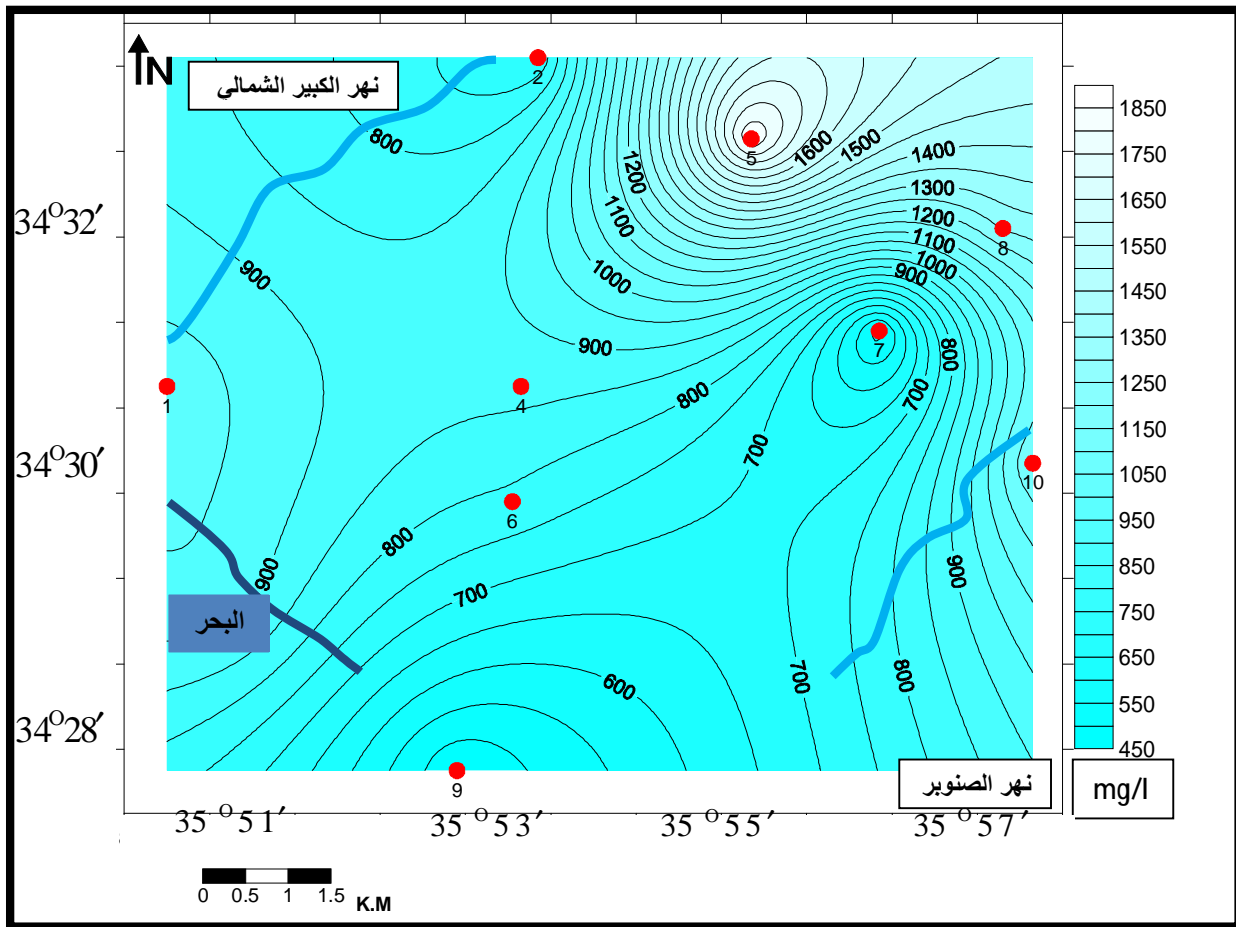
الرقم	المنطقة الطبعة الحاملة	Unit	الكاتيونات					الأنيونات			علاقة التركيب الكيميائي (علاقة كورولوف)
			Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l		
6	البارد mQ ₂	ppm	270	120	2.15	52	400	91	95	HCO ₃ 58.95 Cl 24.03 SO ₄ 17.01	
		epm	13.50	9.79	0.05	2.26	6.55	1.89	2.67	TDS 787.15 pH 7.35	
		epm _%	52.73	38.24	0.19	8.82	58.95	17.01	24.03	Ca 52.73 Mg 38.24	
7	المشيرة mQ ₁	ppm	190	54	1.85	41.5	295	67	22.5	HCO ₃ 70.51 SO ₄ 20.29	
		epm	9.50	4.40	0.04	1.80	4.83	1.39	0.63	TDS 474.50 pH 7.72	
		epm _%	60.35	27.95	0.25	11.43	70.51	20.29	9.19	Ca 60.35 Mg 27.95 Na 11.43	
8	القائمية N ₂	ppm	360	96	16.65	345	325	725	45	SO ₄ 69.64 HCO ₃ 24.53	
		epm	18.00	7.83	0.42	14.99	5.32	15.10	1.26	TDS 1255.15 pH 7.77	
		epm _%	43.64	18.98	1.01	36.34	24.53	69.64	5.81	Ca 43.64 Na 36.34 Mg 18.98	
9	الصفير mQ ₂	ppm	120	96	1.3	23	260	36	40	HCO ₃ 69.55 Cl 18.33 SO ₄ 12.11	
		epm	6.00	7.83	0.03	0.99	4.25	0.74	1.12	TDS 452.72 pH 7.63	
		epm _%	40.40	52.72	0.20	6.66	69.55	12.11	18.33	Mg 52.72 Ca 40.40	
10	الضاهرية N ₂	ppm	270	222	6.8	167.5	480	327.5	47.5	HCO ₃ 49.09 SO ₄ 42.59	
		epm	13.50	18.11	0.17	7.28	7.86	6.82	1.33	TDS 1153.75 pH 7.33	
		epm _%	34.56	46.36	0.43	18.63	49.09	42.59	8.30	Mg 46.36 Ca 34.56 Na 18.63	

الجدول (3) التركيب الملحي لعينات المياه المحللة في منطقة الدراسة

رقم البئر	Na Cl epm%	Mg Cl ₂ epm%	NaHCO ₃ epm%	Na ₂ SO ₄ epm%	Mg SO ₄ epm%	Mg (HCO ₃) ₂ epm%	Ca SO ₄ epm%	Ca (HCO ₃) ₂ epm%
1	8	-	-	11	32	14	-	31
2	7	11	-	-	12	12	-	30
3	6	-	-	31	19	12	-	37
4	17	-	-	12	4	11	-	55
5	25	-	12	31	-	2	-	30
6	9	15	-	-	17	6	-	53
7	9	-	-	3	17	11	-	60
8	6	-	-	31	19	-	20	24
9	7	11	-	-	12	30	-	40
10	8	-	-	11	32	14	-	35



إن مجمل الأملاح المنحلة في المياه الجوفية في منطقة الدراسة تتأرجح من 450 إلى 1855 ملغ / ل ، وهذا ما توضحه خريطة تساوي الملوحة الشكل (7)، إذ تشير الخريطة إلى أن القيم العالية للملوحة تتركز في القسم الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة وذلك بسبب قربها من التشكيلات الجصية المنتشرة في هذا الجزء من المنطقة (معمل الزوبار)، وتتناقص في وسط (مركز) الخريطة، لتعود وتزداد في القسم الغربي والجنوب الغربي أي بالقرب من البحر.



الشكل (7) خريطة تساوي الملوحة في منطقة الدراسة

صلاحية المياه لأغراض الري

إن مسألة تقييم المياه لأغراض الري درست خلال العقود الثلاثة الأخيرة بشكلٍ واسعٍ من قبل الكثير من المؤلفين، والمنظمات، والهيئات البحثية على صعيد العالم. وقد اعتبرت خصائص المياه المستعملة للري من أهم العوامل المؤثرة على إنتاج المحاصيل الزراعية. [11,10]

وقد تم تقييم نوعية المياه لأغراض الري في منطقة الدراسة من خلال المعايير التالية:

ȳ مجمل الأملاح المنحلة (TDS).

ȳ نسبة الصوديوم (Na%).

ȳ نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR).

وقد تم توضيح القيم المتوسطة لهذه المعايير بالجدول (4).

الجدول (4) القيم الوسطية لـ (نسبة ادمصاص الصوديوم ، نسبة الصوديوم ، مجمل الأملاح المنحلة) في الآبار

رقم البئر	SAR (epm)	Na (%)	TDS (mg/l)
1	1.25	18.54	982.15
2	1.64	27.32	701.35
3	0.51	7.35	933.40
4	1.75	27.75	866.45
5	9.27	65.73	1852.50
6	0.66	8.82	787.15
7	0.68	11.43	474.50
8	4.17	36.34	1255.15
9	0.37	6.66	452.72
10	1.83	18.63	1153.75

أ . مجمل الأملاح المنحلة TDS

أعطت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) [12]، التصنيف التالي للمياه المستخدمة في الري وفقاً لدرجة ملوحتها كما في الجدول (5):

الجدول (5) تصنيف المياه المستخدمة في الري حسب درجة ملوحتها وفق منظمة الأغذية والزراعة (FAO) [12]

نوعية المياه ودرجة المشكلة	TDS ملغ / ل
مياه ذات مواصفات جيدة ولا يسبب استخدامها أية مشاكل	< 450
يتضمن استخدام هذه المياه بعض المشاكل المتزايدة	2000 – 450
يسبب استخدام هذه المياه مشاكل حادة	> 2000

وفقاً للنتائج التي توصلنا إليها، فإن الملوحة في أغلب عينات المياه الجوفية المحللة أقل من 1000 ملغ / ل ، باستثناء الآبار (5 ، 8 ، 10) إذ تجاوزت هذه القيمة ولكنها لم تصل إلى 2000 ملغ / ل ، وبالتالي يمكن اعتبار المياه صالحة للري، ولكافة المحاصيل .

كما نجد أن قيم (TDS) في العينات كافة قد تراوحت ما بين (450 - 1855) ملغ/ل ، وبالتالي إن استخدام هذه النوعية من المياه يتضمن بعض المشاكل المتزايدة مع تفاوت هذه المشاكل من منطقة لأخرى، وذلك وفق منظمة الأغذية والزراعة (FAO) . [12]

ب. نسبة أيون الصوديوم (Na%)

يلعب الصوديوم دوراً رئيسياً في تحديد صلاحية مياه الري، وبالتالي فإن النسبة المئوية لأيون الصوديوم، تعد من أهم الخواص التي تلعب دوراً أساسياً في تقييم نوعية مياه الري، وقد أوجد "ويلكوس" نسبة الصوديوم بالشكل المبلي المكافئ (epm) ، لمجموع الكاتيونات على النحو التالي [13]:

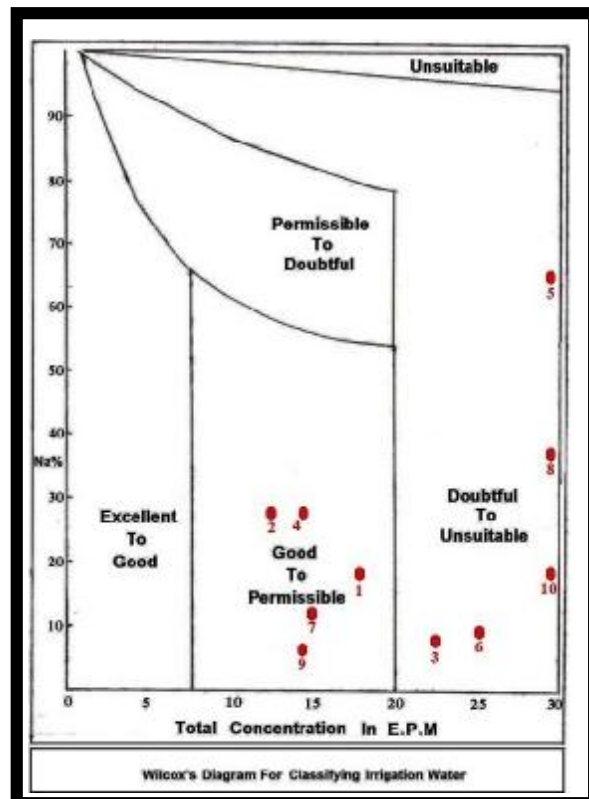
$$Na\% = \frac{Na \text{ or } (Na+K)}{Ca+Mg+Na+K} \times 100$$

وأعطى التصنيف التالي لنوعية مياه الري وفق هذه النسبة:

الجدول (6) تصنيف المياه المستخدمة في الري وفق نسبة الصوديوم [13]

نوعية المياه ودرجة المشكلة	Na%
ممتازة	< 20 %
مسموح بها (مقبولة)	60 - 40 %
غير مضمونة النتائج (مشكوك فيها)	80 - 60 %
غير ملائمة	> 80 %

تمّ تمثيل هذه النسبة للعينات المدروسة على مخطط ويلكوس الذي يُقسّم إلى مناطق وفق خواص المياه، كما يوضح الشكل (8).



الشكل (8) دياغرام "ويلكوس" ومواقع العينات المائية

نلاحظ من الشكل (8) أن عينات المياه المحللة في الآبار (1، 2، 4، 7، 9) وقعت في صف المياه الجيدة إلى الممكنة الاستخدام (مقبولة)، إذ تراوح محتوى الصوديوم بين (6 - 28) %، وبذلك يمكن استخدام هذه المياه في الري كون تلك النسبة مسموح بها ومقبولة.

أما عينات مياه الآبار (3، 5، 6، 8، 10) قد جاءت في صف المشكوك في استخدامها إلى غير المناسب أي أنها غير مضمونة النتائج.

ج. نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR):

يعدّ الصوديوم من أخطر العناصر الموجودة في مياه الري إذ يؤثر على الخواص الفيزيائية للتربة من خلال تفتيت حبيباتها مما يحولها إلى تربة ذات نفاذية ضعيفة، وبالتالي نمو سيء للنباتات، كما ويؤثر سلباً على النباتات الحساسة بسبب تراكمه السمي في أوراق هذه النباتات، هذا ويحدد خطر الصوديوم في مياه الري وفقاً للتصنيف الأمريكي لمختبر الملح، وذلك بتقدير نسبة الصوديوم إلى كل من الكالسيوم، والمغنيزيوم، وفق العلاقة التالية [14]:

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

ويعبر عن التراكيز الأيونية بـ (epm)، إذ تصنف المياه في أربعة أنماط تبعاً لهذه النسبة وفق صلاحيتها للري، الجدول (7).

الجدول (7) تصنيف المياه المستخدمة في الري حسب نسبة ادمصاص الصوديوم

النمط	SAR	محتوى Na ⁺	الاستعمال
1	0 - 10	منخفض	يمكن استعمالها لكل الترب
2	10 - 18	متوسط	يفضل استعمالها للترب ذات النسيج الخشن أو جيدة النفوذية
3	18 - 26	عالي	يمكن أن تسبب تأثيرات مؤذية
4	26 - 100	عالي جداً	غير ملائمة للأغراض الزراعية

المياه في منطقة الدراسة تصنف وفقاً لهذه النسبة، بأنها ذات نسبة ادمصاص صوديوم تتراوح بين (0 - 10)، وبالتالي يمكن استخدامها لكل الترب، وذلك في جميع الآبار المعتمدة في منطقة الدراسة إذ تراوحت نسبة ادمصاص الصوديوم فيها بين (0.3 - 9.2).

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال هذه الدراسة يمكننا أن نتوصل إلى النتائج التالية:

يتميز منطقة الدراسة بوجود نمطين هيدروكيميائيين أساسيين:

~ مياه جوفية هيدروكربونانية تتمتع بملوحة تتأرجح بين بضعة مئات من الـ ملغ/ل وحتى 2000 ملغ/ل ، وضمن الكاتيونات في هذه المياه تسيطر شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم، وهي تتمتع بالتركيب التالي (HCO₃ Ca Mg) ومع زيادة الملوحة يزداد محتوى جميع العناصر .

~ مياه جوفية سولفاتيّة كلسية نقل ملوحتها عن 1500 ملغ/ل تعود إلى صخور حطامية و كربوناتيّة غنية بالفلزات السولفيديّة أو ذات الملاط الجبسي ————— الأندريتي وأيضاً إلى الصخور السولفاتيّة.

٧ إن الزيادة في نسب الكلور في هذه المياه في عدة حالات (الآبار 3 ، 5 ، 6) تعود إلى وجود سماكة من الغضاريات على السطح تأثرت بعمليات التجوية مما أدى إلى تشكل رقائق من الهاليت ضمن الرسوبات، تذوب بفعل مياه الأمطار وتتسرب إلى المياه الجوفية.

٨ تمّ تمييز عدة مجموعات ملحية في آبار المياه الجوفية يوجد في بعضها Na₂SO₄ وفي واحدٍ منها NaHCO₃ (الدالين على المنشأ الجوي الراشح للمياه الجوفية)، وفي بعضها الآخر ملح MgCl₂ (الدال على المنشأ البحري للمياه)، وهذا ما أكدته النسبة الجيوكيميائية $\frac{Na}{Cl}$.

٩ المياه الجوفية في منطقة الدراسة صالحة لأغراض الري وفقاً للمعايير العالمية المعتمدة.
١٠ غياب التغيرات الحادة سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه حركة المياه الجوفية، ويفسر ذلك بتعدد اتجاهات هذه الحركة وتناقص سرعتها وقصر الفترة الزمنية لتأثير العمليات الفيزيوكيميائية بين المياه والصخور، فضلاً على الانتشار العرضي للتوضعات الغضارية والمارلية ذات الصفات الرشحية الضعيفة التي لا تسمح بالنقل الجيد لنواتج هذه العمليات.

لذلك نوصي بإنشاء شبكة مراقبة منتظمة لرصد نوعية المياه الجوفية، ومراقبة تطور تلك النوعية مع الزمن، فضلاً على إجراء كافة التحاليل الفيزيائية والكيميائية والجرثومية للمياه لتقييم مدى صلاحيتها للشرب. فضلاً على تقييم قابلية الطبقة المائية للتلوث وإيلاء أهمية كبرى في اختيار مواقع المعامل والمصانع المراد إنشاؤها مستقبلاً، واتخاذ إجراءات لحماية المنظومة المائية بكاملها من التلوث في هذه المنطقة، ويعد هذا أحد مكونات السياسة البيئية التي تهدف لتحقيق توازن بين البيئة، والتنمية.

المراجع:

1. حايك، شريف بدر. تغير الظروف الهيدروجيولوجية في منطقة ري سد السادس عشر من تشرين الواقعة بين نهر الكبير الشمالي ونهر الصنوبر وترشيد استهلاك موارد المياه الجوفية فيها، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية — جامعة تشرين — سورية، 1998، 180.
2. راعي، كنان جمال. دراسة هيدروجيوكيميائية للمصادر المائية في الجزء الأدنى من حوض نهر الكبير الشمالي وتقييم التأثير الجيوبيني على هذه المصادر وخواص التربة في تلك المنطقة، رسالة ماجستير، كلية العلوم — جامعة تشرين — سورية، 2010، 184.
3. *Irrigation construction on an area of about 10thos. Hectares at the region of NAHR ALKABIR RIVER DAM in the Arab republic of Syria 2nd stage, General plan, part 1, SOYZGIPROVODKHOZ USSR, 1980, 229.*
4. غروز غيبروفود خوذ ————— تييليسي. التحريات الهيدروجيولوجية والهيدروجيولوجية في الأحواض الأربعة (سورية— حوض الساحل). أربعة مجلدات، 1979.

5. الخارطة الطبوغرافية لسورية. رقعتا (اللاذقية وجبلة)، بمقياس 1:25000، دمشق، 1972.
6. DOMENICO, P.A. and SCHWARTZ, F.W. *Physical and Chemical hydrology*. John Wiley and Sons Inc, 1990, 824.
7. محمد، أحمد محمد. التقييم الهيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية المتوضعة في الصخور الكربوناتية لحوض نهر عفرين، مجلة بحوث جامعة تشرين — سوريا، 2004، المجلد (26)، العدد (1)، 13.
8. بيتيفا، ك.إ. الهيدروجيوكيمياء ——— تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية. موسكو، 1978، 328. (باللغة الروسية)
9. غافيتش، إ.ك. الهيدروجيوديناميكا. موسكو، 1988، 349. (باللغة الروسية)
10. EUGENE, P.; ADINA, P. and BIANCA, P. *Ground water geochemistry of the yucatan peninsula, mexico: Constraints on stratigraphy and Hydrogeology*. Journal of Hydrology 367, 2009, 27 – 40 Science direct . 2012. www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticlistURL&_method=list&_ArticlelistID=-230309781&_sort=r&_st=13&view=C&_acct=C000228598&_version=1&_urlversion=0&_userid=10&md5=53d5fd99c7266ea93804d4f46c60e70a&searchtype=a
11. SANDRA, M.B. and George, L.L. *Regionocl ground water Flow and geochemistry in the Midwestern basins and Arches aquifer sestem in parts of Indiana, ohio, Michigan, ILLionois*, us geology survey. 2000, 103.
12. AYERS, R.S., and D.W. WESTCOT. "Water quality for agriculture" FAO irrigation and drainage paper No 29. FAO publications. Rome .Italy, 1976.
13. WILCOX, L.V. *Classification and use of irrigation water*. U.S. Dep. Agriculture. Circ. Washington D.C., 1955, 969.
14. TODD, D.K. and MAYS, L.W. *Ground water Hydrology*. 3rd. ed., John Willey & Sons Inc, USA, 2005, 636.