

دراسة هيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية في مناطق مختارة من حوض اللاذقية

الدكتور أحمد محمد*
نداء رجب**

(تاريخ الإيداع 26 / 2 / 2014. قُبِلَ للنشر في 13 / 3 / 2014)

□ ملخص □

جمعت عينات من المياه الجوفية من سبعة مواقع في حوض اللاذقية، خلال موسمي شتاء وصيف 2013 وقد عولجت العينات كيميائياً وإحصائياً بهدف تقييم نوعية وكيميائية المياه، بغرض تقييم صلاحيتها، وفهم الوضع الهيدروجيولوجي السائد.

وقد لوحظ أن تراكيز العناصر الرئيسية المحددة يقع ضمن الحدود المسموح بها لمياه الشرب والري، كما تبين عدم وجود تغيرات حادة سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه حركة المياه الجوفية. وأن المياه الجوفية في المواقع المختارة متأثرة بشكل كبير بالتركيب الليتولوجي لصخور الحامل المائي وهي عموماً غير ملوثة بالمياه البحرية باستثناء بئر المينا البيضاء القريب من البحر، وهذا ما تم إثباته من خلال حساب بعض النسب الجيوكيميائية، كما أكدت هذه الدراسة أن الجريانات المائية في مختلف الحوامل المائية لحوض اللاذقية تملك علاقة هيدروليكية فيما بينها وبالتالي تشكل جرياناً مائياً واحداً ذا خصائص متجانسة في أغلب أجزائه، ويتطابق اتجاه حركة هذا الجريان في أكثر الأحيان مع الانحدار العام للمنطقة.

الكلمات المفتاحية: حوض اللاذقية، بئر المينا البيضاء، مياه بحرية

* أستاذ - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

A Hydrogeochemical Study of Ground water in Latakia basin

Dr. Ahmed Mohammed*
Nidaa Rajab**

(Received 26 / 2 / 2014. Accepted 13 / 3 /2014)

□ ABSTRACT □

Groundwater Samples were collected from seven locations distributed in Lattakiabasin during the winter and summer seasons of 2013. All samples were treated chemically and calculated statistically to evaluate the quality of the studied water and its chemical properties. The aim was to assess the suitability of the water to be potable and to determine the predominant hydrogeology status.

It was noticed that the concentrations of the detected major elements were within allowed limits cited for drinking and irrigation waters. Also, it was found that there were no sharp changes either in salinity or in geochemical type of the water toward groundwater movement. Furthermore, the groundwater in the studied locations was largely influenced by lithological composition of aquatic holder. In general, these waters were found to be uncontaminated with marine waters with exception of the location called " wall of Al Mena Al Baida" that is located near the sea. This has been proven by calculation of some of geochemical proportions. Also, this study proved that the aquatic flows in the different water holders of Latakia basin have a hydrolytic relationship among them. Consequently, these flows comprise a uniform aquatic flow with homogenous properties in most of its parts. The direction movement of this uniform flow was identical to the general decline of the zone mostly.

Key words: Lattakia basin, wall of Al Mena Al Baida, marine water

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

**Postgraduate Student, Department Of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

تعد الدراسة الهيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية من الدراسات المهمة وذلك من أجل الحصول على مصادر المياه، التي يمكن أن تستخدم لأغراض التنمية البشرية والصناعية والزراعية، وتتعلق هذه الدراسة بشكل أساسي بالخصائص الجيولوجية والجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة بالإضافة إلى المناخ السائد فيها، والذي يرتبط وبشكل وثيق بموقعها الجغرافي على سطح الأرض، فالتركيب الجيولوجي للمنطقة يؤثر تأثيراً كبيراً سواء على طبوغرافيتها، أو على تشكل الظروف المناسبة لتجمع المياه المتسربة ضمن صخورها النفوذة. يتشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية تحت تأثير العديد من العوامل فالتركيب الكيميائي للمياه الجوفية العذبة المتوضعة في النطاقات العليا (كحوض اللاذقية) يرتبط بشكل وثيق بتركيب الهطولات المطرية والمياه السطحية وبشكل عام يخضع تركيب المياه الجوفية إلى تأثير العوامل المناخية والتضاريس وطبيعة الشبكة الهيدروغرافية. إلا أن التأثير الأساسي على نوعية المياه الجوفية يلعبه التركيب الكيميائي للصخور الحاملة للمياه، وكذلك التركيب الكيميائي للمياه الجوفية الأكثر عمقاً والتي تشارك في تغذية المستويات الحاملة للمياه المتوضعة في الأعلى الواردة إليها عبر الفوالق التكتونية والطبقات الفاصلة الضعيفة النفوذية. {1}

ومما لا شك فيه أن هذا التنوع في العوامل والعمليات المؤثرة في التركيب الكيميائي للمياه الجوفية يجعل كل خزان مائي يملك خصائص كيميائية خاصة به، ولهذه الأسباب جميعها تجرى التحاليل الكيميائية المفصلة التي تعتبر 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 والعمليات الفيزيا- كيميائية التي يتم بموجبها نقل المواد وإعادة توزيعها في النظام الهيدروجيولوجي، كما تحدد التحاليل الكيميائية كل ما يتعلق بمفاهيم استعمال المياه المختلفة. {2,3,4}

وهناك العديد من الدراسات التي نفذت في هذا المجال في حوض الساحل بشكل عام حيث قامت شركة (DHV) الهولندية ومديرية الري العامة لحوض الساحل وشركات هولندية أخرى بإنجاز دراسة لإدارة المصادر المائية لحوض الساحل بدأ المشروع في عام 2002 وصدرت النتائج في عام 2004 في ثمانية مجلدات تناولت تقييم الظروف الهيدروجيولوجية في منطقة الدراسة {5}

وفي الأعوام 2000-2004 أجريت دراسة هيدروجيولوجية لمنطقة الساحل ضمن مشروع استثمار فائض مياه الساحل لري مدينة دمشق عن طريق الشركة السويسرية (IBG) {6}

أنجزت الهيئة العامة للاستشعار عن بعد مشروع الإدارة المتكاملة لحوض الساحل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي (GIS) في عام 2005 بالاعتماد على المعطيات الطبيعية والبيئية حيث تم إعداد العديد من الخرائط الرقمية التي يمكن استخدامها كقاعدة بيانات تمكن أصحاب القرار من وضع الخطط الاستثمارية المطلوبة. {7}

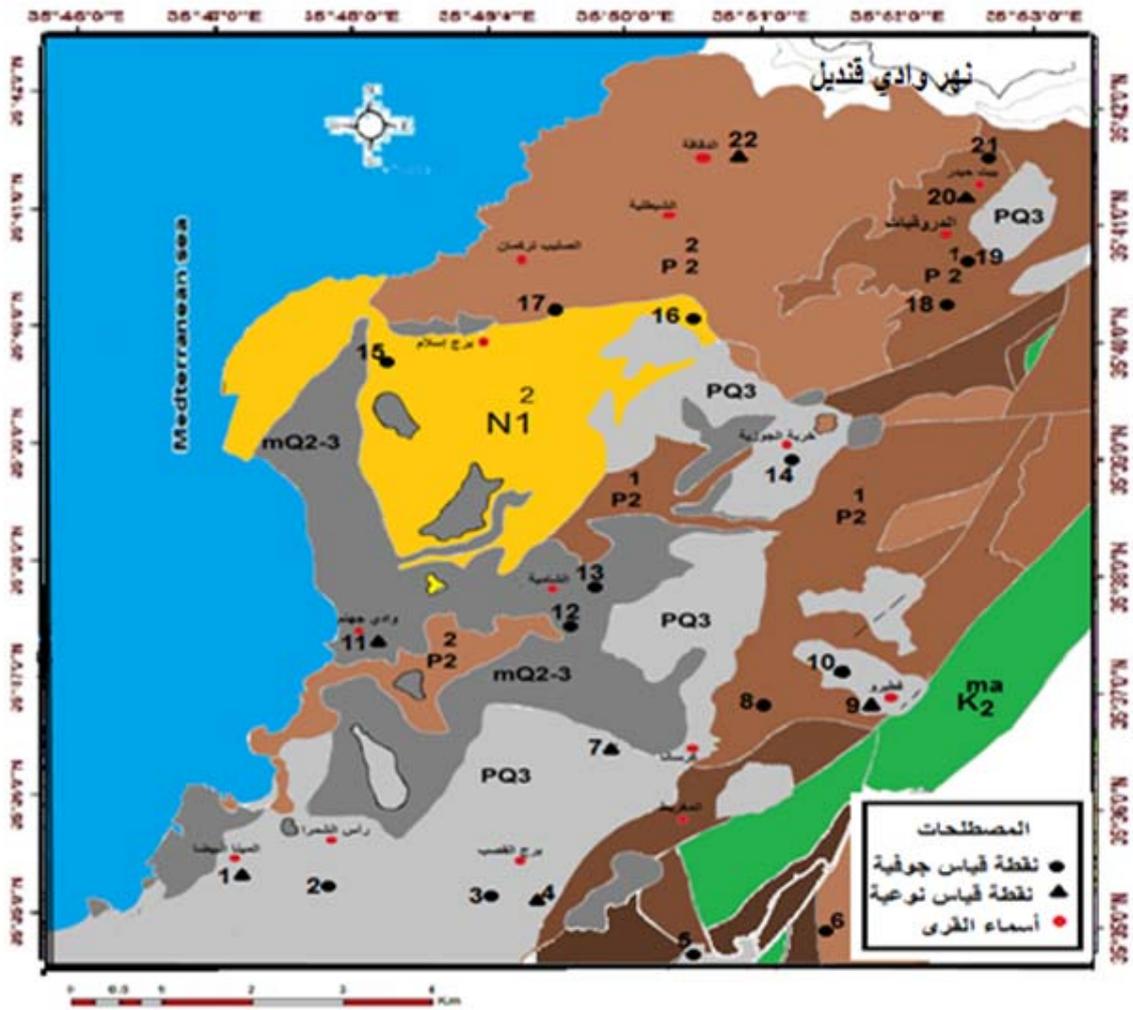
إضافة لما سبق قدمت بعض الدراسات والرسائل الجامعية التي تناولت هيدروجيولوجية حوض الساحل (الحايك شريف 1998، راعي كنان 2010، علي أحمد سيد لمى 2011، علي حازم 2012، عباس ديماس 2012، مناع ديماس 2012) معلومات هامة عن الظروف الهيدروجيولوجية والأوضاع الطبيعية النازمة لتشكل الموارد المائية في حوض الساحل بشكل عام {8,9,10}

لم تتطرق جميع هذه الدراسات بالتفصيل إلى الوضع الهيدروكيميائي السائد في منطقة الدراسة وخصائص وظروف تشكل تركيبها الكيميائي والعوامل الأساسية المؤثرة على هذا التركيب وتغيراته زمنياً ومكانياً الأمر الذي اعتبر أحد الأهداف الأساسية لهذا البحث.

الموقع والميزات العامة لمنطقة الدراسة:

يعتبر حوض اللاذقية (منطقة الدراسة) جزءاً من حوض الساحل، وهو يقع شمال مدينة اللاذقية بين خطي العرض / 35° 35' / و / 35° 42' شمال خط الاستواء وبين خطي الطول / 35° 46' / و / 35° 53' شرق خط غرينتش، ويحده من الغرب البحر الأبيض المتوسط، من الجنوب والشرق نهر الكبير الشمالي، ومن الشمال نهر وادي قنديل، حيث تبلغ مساحة المنطقة المدروسة (130 km²)، ويقع في منطقة البحث العديد من التجمعات السكانية. شكل (1)

طبوغرافياً: تتميز المنطقة بصفات جيومورفولوجية متنوعة، وهي تقسم حسب طبيعة تضاريسها إلى منطقتين هما: منطقة السهل الساحلي، والمنطقة التلالية عموماً تشكلت منطقة السهل الساحلي من تجاوزات البحر ورسوبيات الأنهار، ويصل ارتفاعها حتى (50م) فوق سطح البحر ويصل ارتفاع المنطقة التلالية إلى (150 م) ويخترق المنطقة بعض المجاري المائية عموماً، تتدرج الارتفاعات الطبوغرافية بالانخفاض من الأطراف الشمالية والشرقية باتجاه الجنوب والغرب، وهذه التفاضلات تتمتع بانعكاسات جيولوجية وهيدروجيولوجية هامة. {10}



توضعات الرباعي الأعلى البروفيقالية (القارية) ،	PQ3
توضعات الرباعي الأوسط والأعلى البحرية ،	mQ2-3
توضعات النيوجين (الميوسين الأوسط) ،	N ₁ ²
الكريتاسي الأعلى (الماسترختان)	ma K ₂
توضعات الباليوجين (الإيوسين الأوسط)	P ₂ ²
توضعات الباليوجين (الإيوسين الأدنى)	P ₂ ¹

الشكل (1) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة موضحاً عليها موقع آبار شبكة الرصد المختارة للدراسة

يعد مناخ حوض اللاذقية مناخاً متوسطياً مثالياً يتميز بفصلين رئيسيين هما الصيف والشتاء، فهو يتميز بشتاء مطر ومعتدل إلى بارد وصيف حار. يمتد فصل الشتاء من شهر تشرين الثاني وحتى آذار، ويهطل فيه أكثر من (90%) من الهطولات السنوية، أما فصل الصيف فيمتد من نيسان وحتى شهر تشرين الأول، ولا تهطل فيه الأمطار إلا نادراً [9]. بشكل عام يلاحظ وبصورة واضحة، تغير الظروف المناخية في حوض الساحل حسب طبيعة المناطق وتتباين من كونها جبلية أو سهلية أو قريبة من شاطئ البحر وبشكل عام يزداد المعدل السنوي للهطولات المطرية مع ازدياد الارتفاع الطبوغرافي والقرب من البحر.

يساهم في البنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة تشكيلات الباليوجين والنيوجين والرباعي. تتمثل توضعات الباليوجين بالإيوسين الأدنى (p_2^1) والأوسط (p_2^2) وتتألف ليتولوجياً من حجر كلسي غضاري متطبق وحجر كلسي

سيليسي وصوان وحجر كلسي نوموليتي ناعم الحبيبات يحتوي أحياناً في قاعدته على حبيبات الغلوكونيت وحصي كلسية، أما توضعات النيوجين فتتمثل بتوضعات الميوسين الأوسط (N_1^2) ، وتتألف ليتولوجياً من الحجر الرملي الرمادي اللون الحاوي على الصوان، والغضار الكلسي، والحجر الكلسي الكتلّي مع عدسات من الحجر الكلسي الشيلي كما تنتشر توضعات الرباعي على طول شاطئ البحر المتوسط، وتتمثل بتنوعها من المصاطب والبيلاجات والكثبان الرملية. في الجزء الأوسط والجزء الغربي لمنطقة الدراسة تنتشر توضعات بحرية عائدة إلى البليستوسين (الأوسط - الأعلى) ($m(Q_{2,3})$ ، وتتألف من حجر كلسي شيلي، وحجر رملي، وكونغوميرا بالإضافة لوجود توضعات قارية عائدة للبليستوسين الأعلى (PQ_3) مؤلفة من حطام الصخور الأقدم وركام المنحدرات. الشكل (1).{10}

أهمية البحث وأهدافه:

تهدف الدراسة إلى معرفة أصل ونوع المياه الجوفية في منطقة الدراسة والسحنات الهيدروكيميائية السائدة فيها. وربط ذلك بالبنية الهيدروجيولوجية والهيدرودينامية والتاريخ الجيولوجي لمنطقة الدراسة وإمكانية استخدام المياه للأغراض الحياتية المختلفة.

طرائق البحث ومواده:

قطفت عيّنات من آبار مائية متعددة لتحديد نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة، حيث تم اختيار سبع آبار من شبكة المراقبة التي اعتمدها لدراسة النظام المائي للمياه الجوفية محددة وفق الشروط المخبرية المتبعة. أخذت عيّنات مياه من الآبار للعام 2012-2013 على فترتين ، الفترة الأولى كانت في أواخر فصل الشتاء (نهاية شباط) حيث يكون المنسوب المائي خلال هذه الفترة في أعلى حدوده، أما الفترة الثانية فهي خلال موسم الري (الصيف). أجريت التحاليل الكيميائية التفصيلية للعيّنات المأخوذة في مخبر المديرية العامة للموارد المائية في اللاذقية وتضمنت التحاليل بشكل خاص، الناقلية الكهربائية ودرجة الحموضة PH، والشوارد الرئيسية الموجبة (K^+ , Na^+ , Ca^+ , Mg^+) والشوارد الرئيسية السالبة (SO_4^{-2} , HCO_3^{-} , Cl^{-}) والنترات (NO_3^{-}) ومن ثم حساب بعض المعاملات والنسب الكيميائية لتقويم نوعيتها وكذلك للمقارنة بمياه البحر مثل نسبة الصوديوم الممتص (أو الممتز) ، درجة القساوة وحساب بعض النسب الجيوكيميائية مثل النسبة ($HCO_3^{-}Cl^{-}$)، والنسبة ($Ca^{+2}+ Mg^{+2}/Na^++K^+$).

وقد تم استخدام جهاز (Specterum Photometer) من أجل قياس تركيز شوارد النترات كما استخدم جهاز قياس العكارة (Nephelometer) والذي يحدد تركيز شوارد الكبريتات من منحنى المعايرة ، وجهاز (FlamPhotometer) من أجل قياس تركيز شوارد الصوديوم والبوتاسيوم. استخدمت طرائق المعايرة للكشف عن شوارد الكلور والكربونات والبيكربونات والقساوة بأنواعها، وكذلك القلوية.

كما شملت القياسات، أيضاً إجراء تحليل حقلي شمل كل من الملوحة - التي ترتبط بالناقلية الكهربائية ودرجة الحرارة والحموضة، وذلك باستخدام جهاز تحليل نوعية المياه (Horiba) وتم اختيار الطرائق التحليلية بعناية للوصول إلى نتائج دقيقة. كما تم التعبير عن نتائج التحليل الكيميائي للمياه الجوفية بثلاث صيغ: ((الصيغة الوزنية الأيونية(ppm)، والصيغة المكافئة (epm) ، والصيغة المكافئة النسبية (%epm)) جدول (2,3)

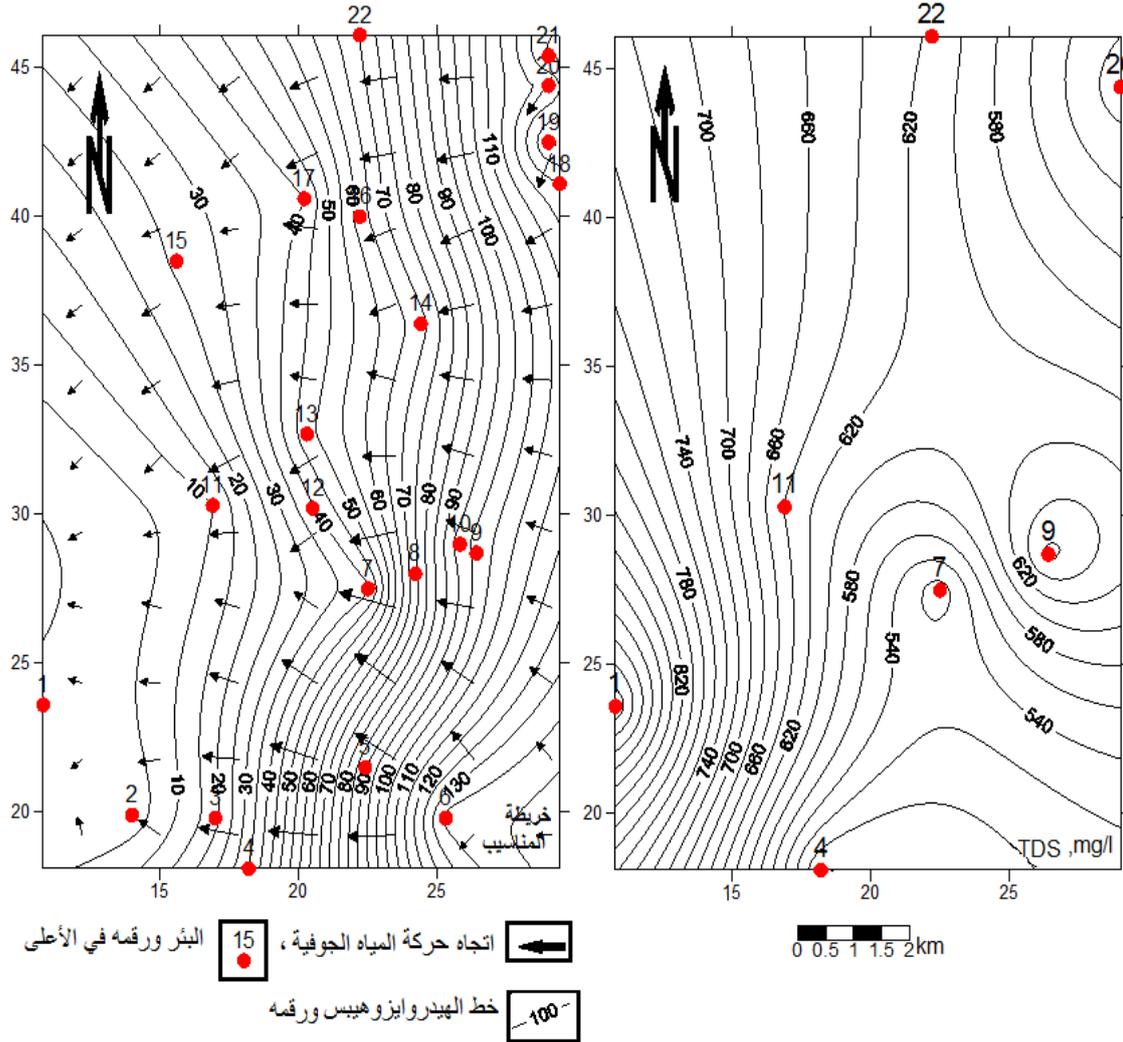
النتائج والمناقشة:

تعدّ دراسة اتجاه حركة المياه الجوفية عاملاً أساسياً من عوامل تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية لأن من أهم مظاهر تأثير اتجاه حركة المياه الجوفية على تركيبها الكيميائي هو التغيرات في الملوحة، وفي النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه الحركة {11,12,13}. قمنا برسم خريطة تساوي المناسيب من خلال المعطيات التي تم رصدها خلال عامي 2012 - 2013 باستخدام متوسط المناسيب في آبار شبكة الرصد لهذين العامين جدول (1)

الجدول (1) يوضح قيم متوسطات مناسيب المياه الجوفية في آبار شبكة الرصد

رقم البئر	موقع البئر	عمق البئر (م)	الطبقة الحاملة للمياه	الارتفاع المطلق لفوهة البئر (Z) (م)	الارتفاع المطلق لمنسوب المياه الجوفية (م)	الإحداثية		متوسط عمق منسوب المياه خلال فترة المراقبة (م)
						X	Y	
1	المينا البيضاء	8	pQ ₃	4.4	1.88	35° 36' 0.5"	35° 46' 30.6"	2.52
2	رأسالشمرا	9	pQ ₃	6.9	2.3	35° 35' 44.9"	35° 47' 13.1"	4.6
3	برجالقصب	10	pQ ₃	22.4	18.3	35° 35' 33.4"	35° 48' 18.7"	4.1
4	مفرقالفجر	45	pQ ₃	41.2	34.8	35° 35' 15.7"	30° 48' 26.8"	6.4
5	جناتا	6	mQ ₁	92.5	89.8	35° 35' 2.4"	35° 49' 42.8"	2.7
6	ستمرخو	30	p ₂ ¹	139	136.9	35° 35' 2.9"	35° 50' 45.9"	2.11
7	مفرقكرسانا	31	pQ ₃	50	38.5	35° 37' 6.2"	35° 49' 8.6"	11.5
8	كرسانا	32	p ₂ ¹	80	74.3	35° 37' 18"	35° 50' 21.7"	5.7
9	فطيرو (1)	33	pQ ₃	105	100.9	35° 37' 30.1"	35° 51' 0.6"	4.1
10	فطيرو (2)	55	pQ ₃	100	98.2	35° 37' 33.6"	35° 50' 49.2"	1.8
11	واديجهم	50	mQ ₂	40	9.7	35° 37' 57.8"	35° 47' 19.6"	30.3
12	مفرقالشامية	22	mQ ₂	50	39.7	35° 37' 58.5"	35° 48' 57.2"	10.3
13	الشامية	25	mQ ₂	51	48.5	35° 38' 21.2"	35° 49' 6.6"	2.5
14	خربةالجوزية	17	pQ ₃	70.5	67.8	35° 39' 26.4"	35° 50' 22.4"	2.7
15	برجاسلام	90	N ₁ ²	75	26.1	35° 40' 4.1"	35° 47' 24.9"	48.9
16	الشبطلية	40	N ₁ ²	82	62.7	35° 40' 35.5"	35° 49' 43"	19.3
17	الصليبتركما ن	100	N ₁ ²	85	39.8	35° 40' 40"	35° 48' 55.1"	45.2
18	وطالكردي	50	p ₂ ¹	150	124.7	35° 40' 50.1"	35° 51' 56"	25.3
19	الدروقيات	55	p ₂ ¹	141.2	136	35° 41' 7.4"	35° 51' 58.7"	3.2
20	مدرسةالدروقيات	200	p ₂ ¹	121.8	119.5	35° 41' 38"	35° 52' 0.8"	2.3
21	بيبحير	36	p ₂ ¹	138	131.6	35° 41' 55.2"	35° 51' 59.5"	6.4
22	الذقافة	90	p ₂ ²	130	70.1	35° 42' 2.3"	35° 49' 35.2"	59.9

تشير خريطة الهيدروايزوهيسيس الشكل (2) إلى وجود اتجاه عام لحركة المياه الجوفية من الشرق إلى الغرب بميل هيدروليكي (0.005) إلى (0.006) في القسم الشرقي ينحرف بشكل طفيف في الشمال الغربي من منطقة الدراسة باتجاه الجنوب الغربي ويتراوح الميل الهيدروليكي ما بين (0.012-0.25). تتغير الارتفاعات المطلقة لمناسيب المياه الجوفية من (130م) في الجنوب والشمال الشرقي للمنطقة إلى أقل من (2) م في منطقة السهل الساحلي القريب من البحر. بشكل عام يوجد انتظام في الشبكة الهيدروديناميكية يتجلى بانتظام توجه الحركة نحو الغرب (باتجاه البحر).



لقد أظهرت التحاليل الكيميائية توافقاً بين توزيع تراكيز بعض الأيونات الأساسية وزيادة الملوحة، مثل شوارد الكلور والصوديوم، والبوتاسيوم، والكبريتات، أي نلاحظ زيادة تركيز الشوارد مع اتجاه حركة المياه الجوفية. شكل (2). أما بالنسبة لشوارد المغنيزيوم فنلاحظ تناقص تركيز هذه الشاردة من المناطق العالية باتجاه الشاطئ وهذا ربما يعود إلى الانحلالية المنخفضة لصخور الدولوميت وقلة انتشارها وبالمقابل الانتشار الكبير لصخور الحجر الكلسي والمارل والحوار في منطقة الدراسة. كما تبين من نتائج التحاليل الكيميائية لأبار المياه الجوفية الجدولان (2,3) أن المياه الموجودة في التشكيلات الجيولوجية لهذه المنطقة تتصف بتجانس صفاتها في مختلف الأجزاء حيث لا تلاحظ تغيرات

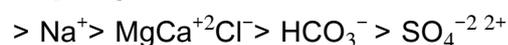
حادة في هذه الصفات. فلقد تبين من نتائج التحاليل أن الملوحة العامة تتراوح بين (479 – 957) ملغ/ل شكل (2) أما قيم pH فهي تتراوح بين (7.03 – 7.59) وهذا يعكس ميلاً للمياه الجوفية باتجاه القلوية وبدل بدوره على وجود كمية كافية من $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ في المياه الجوفية كذلك أظهر تحديد السحنات الهيدروكيميائية الأساسية للمياه الجوفية في هذه المنطقة أنها تنحصر في سحنتين أساسيتين هما :

1- سحنة هيدروكربوناتية تتصف في منطقة الدراسة بالتتابع الآتي :



تملك هذه السحنة انتشاراً واسعاً وتوجد في أغلب الآبار في منطقة الدراسة باستثناء بئر المينا البيضاء وهي تعكس تركيباً بيكربوناتياً كلسياً مغنيزياً للمياه الجوفية العذبة وتشير إلى مرحلة أو طور أولي في تطور النمط الجيوكيميائي للمياه {13}

2- سحنة كلورية تتصف بالتتابع الآتي :



وهذه السحنة ذات انتشار محدود ضمن منطقة الدراسة فقط في المنطقة القريبة من البحر توجد في بئر المينا

البيضا.

جدول (2) التركيب الكيميائي لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة /شباط/ 2013

البئر	Unit	الكاتيونات				الأنيونات				علاقة التركيب الكيميائي
		K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	
المينا البيضاء	ppm	2.6	48	180	7.2	325	100	200	1.844	Cl ⁻ 43.05HCO ₃ ⁻ 40.74 SO ₄ ⁻² 15.99
	epm	0.07	2.09	9	0.2	5.3	2.08	5.6	0.029	TDS ₉₂₄ ----- PH _{7.18} Ca ⁺² 76.53Na ⁺ 17.77Mg ⁺² 5.1
	epm%	0.6	17.77	76.53	5.1	40.74	15.99	43.05	0.22	
مفرق القنطرة	ppm	1.5	24	110	24	335	35	51	1.879	HCO ₃ ⁻ 71.43Cl ⁻ 18.7SO ₄ ⁻² 9.48
	epm	0.03	1.04	5.5	2	5.5	0.73	1.44	0.03	TDS ₅₀₁ ----- PH _{6.89} Ca ⁺² 64.18Mg ⁺² 23.33 Na ⁺ 12.14
	epm%	0.35	12.14	64.18	23.33	71.43	9.48	18.7	0.39	
مفرق كرسانا	ppm	1.2	26	128	7.2	280	50	60	1.966	HCO ₃ ⁻ 62.42Cl ⁻ 23.07 SO ₄ ⁻² 14.11
	epm	0.03	1.13	6.4	0.6	4.6	1.04	1.7	0.03	TDS ₅₀₁ ----- PH _{7.12} Ca ⁺² 43.Na ⁺ 13.85Mg ⁺² 7.35
	epm%	0.37	13.85	78.43	7.35	62.42	14.11	23.07	0.40	
فطير (1)	ppm	2.1	40	144	16.8	325	84	95	1.514	HCO ₃ ⁻ 54.56Cl ⁻ 27.33 SO ₄ ⁻² 17.91
	epm	0.05	1.74	7.2	1.4	5.33	1.75	2.67	0.02	TDS ₇₁₅ ----- PH _{7.04} Ca ⁺² 69.3Na ⁺ 16.75 Mg ⁺² 13.47
	epm%	0.48	16.75	69.3	13.47	54.56	17.91	27.33	0.2	
وادي حنم	ppm	1.42	23	160	4.8	260	37	145	1.913	HCO ₃ ⁻ 46.61Cl ⁻ 44.64SO ₄ ⁻² 8.42
	epm	0.04	1	8	0.4	4.26	0.77	4.08	0.03	TDS ₆₇₉ ----- PH _{7.10} Ca ⁺² 84.75Na ⁺ 10.59Mg ⁺² 4.24
	epm%	0.42	10.59	84.75	4.24	46.61	8.42	44.64	0.33	
مدرسة الدروقيات	ppm	1.3	26	92	22.8	325	49	55	1.48	HCO ₃ ⁻ 67.6Cl ⁻ 19.13SO ₄ ⁻² 13.01
	epm	0.03	1.1	4.6	1.9	5.3	1.02	1.5	0.02	TDS ₄₉₂ ----- PH _{7.65} Ca ⁺² 60.29Mg ⁺² 24.9Na ⁺ 14.42
	epm%	0.39	14.42	60.29	24.9	67.6	13.01	19.13	0.26	
الدفقة	ppm	1.8	30	108	20.4	310	52	85	1.185	HCO ₃ ⁻ 59.3Cl ⁻ 27.91SO ₄ ⁻² 12.56
	epm	0.046	1.3	5.4	1.7	5.1	1.08	2.4	0.02	TDS ₆₁₁ ----- PH _{7.16} Ca ⁺² 63.91Mg ⁺² 20.12 Na ⁺ 15.35
	epm%	0.59	15.38	63.91	20.12	59.3	12.56	27.91	0.23	

جدول (3) التركيب الكيميائي لعينات المياه الجوفية في منطقة الدراسة /حزيران /2013

البئر	Unit	الكاتيونات						الأنيونات				علاقة التركيب الكيميائي
		K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻			
المينا البيضاء	ppm	3.2	95	150	16.8	330	52	215	1.566	Cl ⁻ 48.34HCO ₃ ⁻ 42.87SO ₄ ⁻² 8.56		
	epm	0.08	4.1	7.5	1.4	5.41	1.08	6.1	0.03	TDS ₉₈₂ -----PH ₇ Ca ⁺² 57.34Na ⁺² 31.35Mg ⁺² 10.7		
	epm%	0.61	31.35	57.34	10.7	42.87	8.56	48.34	0.23			
مفرق القنطرة	ppm	1.3	22	64	48	320	70	40	1.861	HCO ₃ ⁻ 66.71SO ₄ ⁻² 18.55Cl ⁻ 14.36		
	epm	0.03	0.96	3.2	4	5.25	1.46	1.13	0.03	TDS ₄₇₁ -----PH _{7.13} Mg ⁺² 48.83Ca ⁺² 39.07Na ⁺ 11.72		
	epm%	0.38	11.72	39.07	48.83	66.71	18.55	14.36	0.38			
مفرق كرسانا	ppm	2.3	42	90	25.2	290	80	55	1.68	HCO ₃ ⁻ 359.45SO ₄ ⁻² 20.77Cl ⁻ 19.4		
	epm	0.059	1.826	4.5	2.1	4.75	1.66	1.55	0.03	TDS ₅₁₇ -----PH _{7.10} Ca ⁺² 53.04Mg ⁺² 24.75Na ⁺ 21.52		
	epm%	0.69	21.52	53.04	24.75	59.45	20.77	19.4	0.38			
فطيرو (1)	ppm	1.8	37	92	33.6	310	45	80	1.566	HCO ₃ ⁻ 60.93Cl ⁻ 27.48SO ₄ ⁻² 11.23		
	epm	0.05	1.6	4.6	2.8	5.1	0.94	2.3	0.03	TDS ₇₃₅ -----PH _{7.03} Ca ⁺² 50.83Mg ⁺² 30.94Na ⁺ 17.68		
	epm%	0.55	17.68	50.83	30.94	60.93	11.23	27.48	0.36			
وادي حنم	ppm	2.5	46	68	37.2	250	70	90	1.497	HCO ₃ ⁻ 46.61Cl ⁻ 44.64SO ₄ ⁻² 19.36		
	epm	0.06	2	3.4	3.1	4.1	1.6	2.54	0.024	TDS ₆₂₁ -----PH _{7.08} Ca ⁺² 39.72Mg ⁺² 36.22Na ⁺ 23.36		
	epm%	0.70	23.36	39.72	36.22	49.61	19.36	30.74	0.29			
مدرسة الدروقيات	ppm	1.5	31	62	42	305	40	60	1.948	HCO ₃ ⁻ 66.19Cl ⁻ 22.38SO ₄ ⁻² 22.38		
	epm	0.038	1.35	3.1	3.5	5	0.833	1.69	0.03	TDS ₅₃₄ -----PH _{7.54} Mg ⁺² 43.82Ca ⁺² 38.80Na ⁺ 16.90		
	epm%	0.48	16.90	38.80	43.82	66.19	11.03	22.38	0.4			
الدققة	ppm	2.2	41	36	45.6	340	6	80	1.948	HCO ₃ ⁻ 69.41Cl ⁻ 28.66SO ₄ ⁻² 1.56		
	epm	0.056	1.78	1.8	3.8	5.57	0.125	2.3	0.03	TDS ₆₂₀ -----PH _{7.20} Mg ⁺² 51.10Ca ⁺² 24.21Na ⁺ 23.94		
	epm%	0.75	23.94	24.21	51.10	69.41	1.56	28.66	0.37			

لقد أظهر حسابنا لبعض النسب الجيوكيميائية جدول (4) أن المياه الجوفية في أغلب آبار المنطقة غير ملوثة بالمياه البحرية ففي جميع الآبار تقل النسبة (Cl^-/HCO_3^-) عن (0.5) ما عدا بئري المينا البيضاء ووادي جهنم (بسبب القرب من البحر) حيث كانت قيمتها قريبة من (1)، بينما النسبة ($Ca^{+2} + Mg^{+2}/Na^+ + K^+$) في جميع آبار المنطقة تتجاوز (1) وهذه النسبة تميز المناطق الرطبة التي تتفوق فيها كمية الهطولات على التبخر وتتوضع مياهها على أعماق قليلة نادراً ما تتجاوز بضعة عشرات الأمتار وتتميز حواملها المائية بالطبيعة الكلسية والمارلية والدولوميتية.

جدول (4) النسب الجيوكيميائية للمياه الجوفية

النسب الجيوكيميائية	-1 المينا البيضا	-2 مفرق القفجرة	3-فطير (1)	-4 وادي جهنم	-5 مفرق كرسانا	-6 مدرسة الدروقيات	-7 الدقاقة
Cl^-/HCO_3^-	1.1	0.23	0.34	0.48	0.7	0.31	0.44
$Ca^{+2} + Mg^{+2}/Na^+ + K^+$	2.85	7.14	4.46	4.65	4.81	5.18	3.99

كما دل حساب الأملاح الذائبة (المفترضة) في عينات المياه جدول (5) أنه يتشكل في عينات المياه الأملاح الآتية ($Mg(HCO_3)_2NaCl$, $MgCl_2$) في كافة الآبار، وفي بعض عينات المياه المأخوذة من الآبار مثل البئر رقم (5) يتشكل ملح (Na_2SO_4) وذلك نتيجة لذوبان الفلزات السولفاتيّة (وخصوصاً الجص) الموجودة في اللحقيات الرباعية المنتشرة في هذه المنطقة والتي تصل سماكتها إلى (30م) في بعض المواقع وهذا يدل بدوره على منشأ جوي للمياه (meteoric origin) بينما عينات المياه المأخوذة من بعض الآبار الأخرى ولا سيما الآبار (1,4,5) فقد أظهرت وجوداً لملحي $CaCl_2MgCl_2$ ، معاً وهذا يمكن إرجاعه إلى وجود رسوبيات بحرية في المقطع الستراتيغرافي تحتوي فلزات المغنيزيوم والكلور في هذه المنطقة وبالإضافة إلى قرب هذه الآبار من البحر وبالتالي تأثير مياه البحر كأحد مصادر تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في هذه المنطقة.

تعد الهطولات المطرية أحد مصادر التغذية الأساسية للمياه الجوفية في هذه المنطقة وهي تلعب دوراً أساسياً كأحد مصادر تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية وخصوصاً في منطقة التغذية فعندما تتسرب هذه المياه الحاوية على غاز ثاني أكسيد الكربون داخل طبقات المقطع الجيولوجي الكلسية والدولوميتية تقوم بحل هذه الصخور، وبالتالي تغتني بالكربونات التي يتزايد تركيزها بالماء مع زيادة عمق تسرب هذه المياه والانتشار الواسع للصخور الكربوناتيّة .

جدول (5) يوضح الأملاح المفترضة (epm%)

اسم البئر	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	$CaCl_2$	$Mg(HCO_3)_2$	$MgSO_4$	$MgCl_2$	$Mg(NO_3)_2$	Na_2SO_4	NaCl
1- المينا البيضا	42	12.3	13			8			24.52
2- مفرق القفجرة	51.63			17.5	14.02	4.63			12
3- فطير (1)	52.67	7.4		5.5	7.19	9.97			17.19
4- وادي جهنم	43.2	4.21	15	4.95	9.7	5.6			17

16.5	1.22		3.7	9.2	3.21	1	7.1	57.73	5- مفرق كرسانا
15.7			5	12.02	17.4			49.6	6- مدرسة الدروقيات
20		6.14	1.6	4.32	23.2		2.4	42	7- الدقاقة

كما هو الحال في بئر الدقاقة حيث بلغ تركيز البيكربونات (340 ملغ/ل)، جدول (3) وتبلغ حد الإشباع عند وصولها إلى منطقة الإشباع بالمياه وهذا يفسر انتشار المياه البيكربوناتية الكلسية في معظم أجزاء المنطقة حيث تتحول إلى مياه هيدروكربوناتية مغنيزية في بعض المواقع وخصوصاً في الأجزاء التي تنتشر فيها فلزات الدولوميت في هذه المنطقة، ويعزى وجود الكلور في المياه الجوفية في منطقة الدراسة بالإضافة إلى القرب من البحر إلى انحلال فلزاته وتحديداً عدسات الهاليت الموجودة في التوضعات الغضارية وهي عموماً لم تتجاوز الحد المسموح به، وهو (250 ملغ/ل) علماً أنها سجلت أعلى القيم في المناطق القريبة من البحر (بئر المينا البيضاء). بينما يعود وجود شاردة السلفات في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة إلى ذوبان الفلزات الجصية التي توجد باللحقيات الرباعية في هذه المنطقة وكذلك على حساب تسرب مياه الصرف الزراعي التي تحتوي على بقايا الأسمدة المحتوية على الكبريتات وتراكيزها عموماً تتراوح بين (29-76) ملغ/ل وعموماً يتوافق توزيع هذه الشاردة والكالسيوم مع اتجاه حركة المياه الجوفية ويبلغ معامل الارتباط بينهما (0.86)، جدول (6). مما يدل على الأصل المشترك لهاتين الشاردين. في حين يفسر وجود كمية كافية بها من شوارد الصوديوم في المياه الجوفية في هذه المنطقة بوجود سماكة لا بأس بها من الغضاريات على السطح تأثرت بعمليات التجوية، مما أدى إلى تشكل رقائق من الهاليت ضمنها تنوب بفعل مياه الأمطار وتتسرب إلى المياه الجوفية وقد تراوحت قيم الصوديوم في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة بين (20-50) ملغ/ل مع تسجيل قيمة شاذة وصلت إلى أكثر من (90 ملغ/ل) في بئر المينا البيضاء وربما هذا يعود إلى قربها من البحر عموماً يتلائم وجود الصوديوم مع الكلور كقاعدة عامة وهذا يدل على أن تشكلهما يتم بطرائق متشابهة، وقد بلغت قيمة معامل الارتباط بينهما في منطقة الدراسة (0.948) جدول (6).

وتوضح الأشكال (4,3) توزيع القيم الوسطية للمكونات الأساسية للمياه الجوفية ضمن حدود منطقة الدراسة، كما يظهر من هذا التوزيع لا توجد تغيرات حادة في قيم المكونات لفترتي الحساب فقيم شاردة البيكربونات تتراوح بين (250 - 330 ملغ/ل)، وتسجل أعلى القيم في المناطق الشمالية الشرقية حيث الارتفاعات العالية والهطولات المطرية الجيدة. شكل (3)

الجدول (6) معاملات الارتباط بين المكونات الكيميائية الأساسية للعينات الكيميائية المحللة

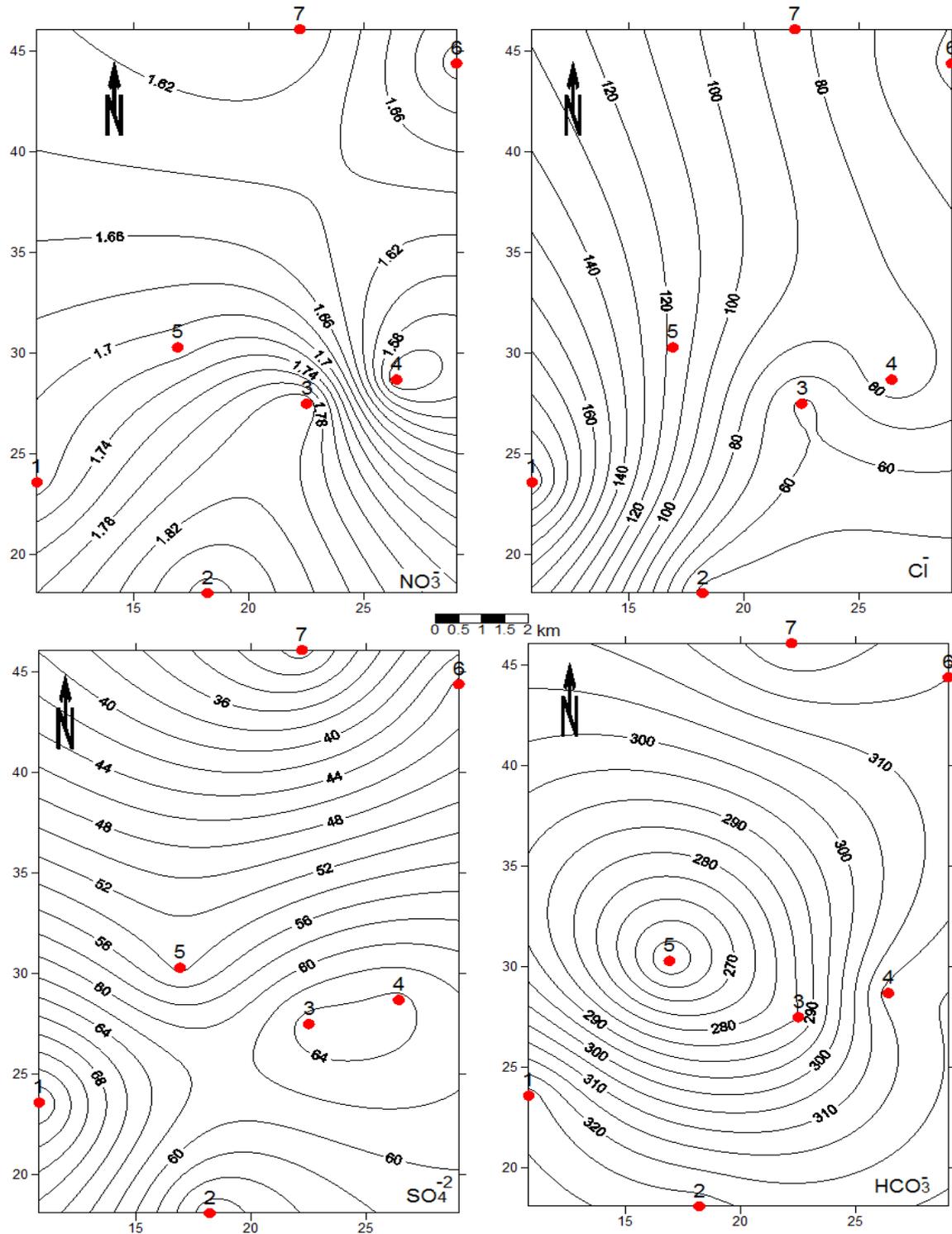
		Correlations								
	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	
TDS	1									
Ca	.872*	1								
Mg	-.655-	-.855*	1							
Na	.968**	.900**	-.746-	1						
K	.972**	.856*	-.731-	.965**	1					
HCO ₃	.186	-.013-	.375	.207	.105	1				
SO ₄	.531	.865*	-.789*	.608	.512	-.078-	1			
Cl	.976**	.882**	-.701-	.948**	.954**	.038	.530	1		
NO ₃	-.374-	-.039-	-.019-	-.246-	-.333-	-.154-	.191	-.246-	1	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

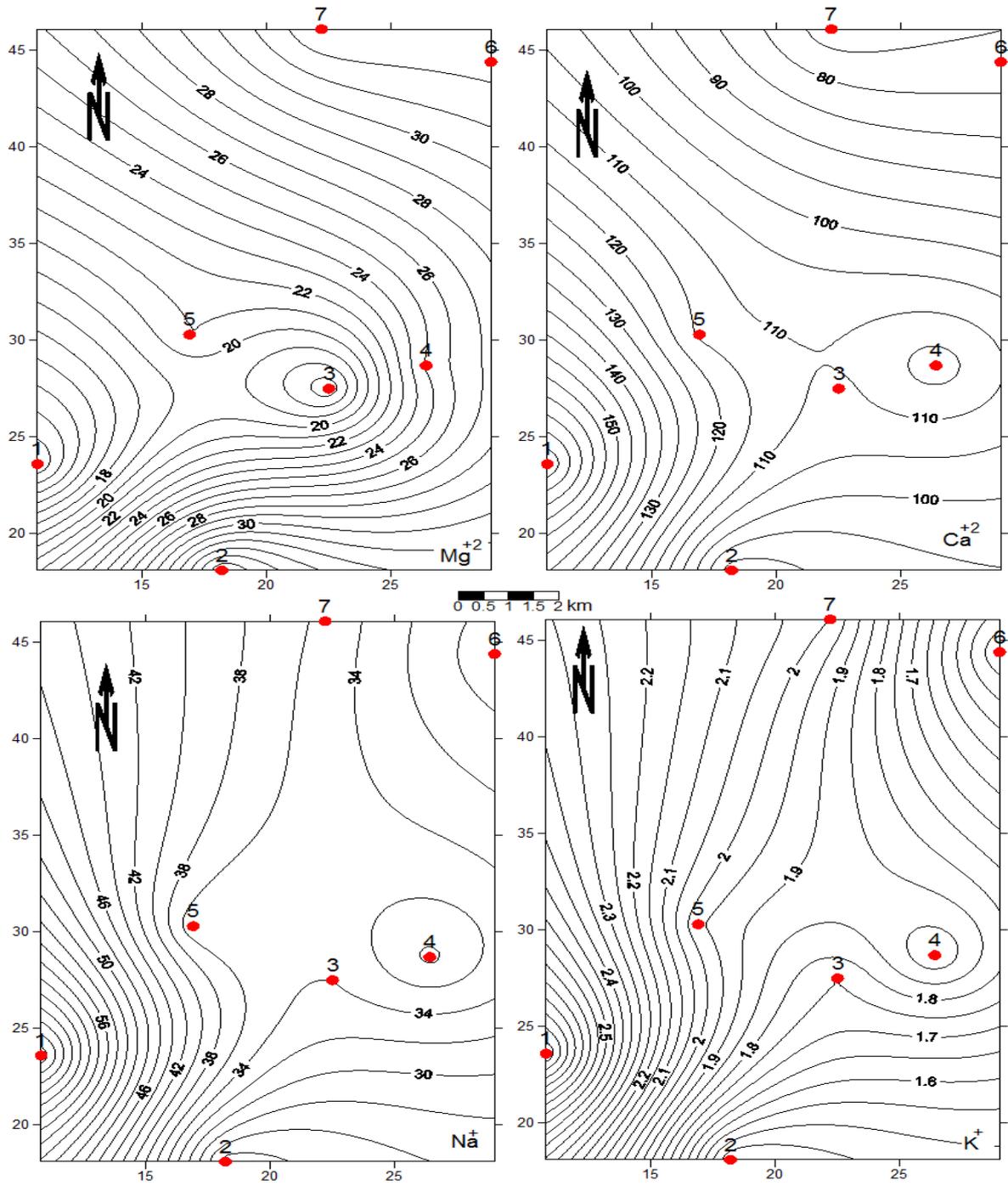
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

أما قيم شاردي الكالسيوم والمغنيزيوم فتتراوح بين (72-180) ملغ/ل و (12-36) ملغ/ل على التوالي حيث تزداد قيم شاردة الكالسيوم من الشمال الشرقي باتجاه الغرب والجنوب الغربي وبما يتوافق مع اتجاه حركة المياه الجوفية أما بالنسبة لتركيز شاردة المغنيزيوم فقد لوحظ تناقص تركيز هذه الشاردة في المناطق العالية باتجاه الشاطئ وهذا ربما يعود إلى الانحلالية المنخفضة لصخور الدولوميت، وقلة انتشارها وبالمقابل الانتشار الكبير لصخور الحجر الكلسي والمارل والحوار في منطقة الدراسة شكل (4)، وهذا ما دلت عليه علاقة الارتباط السلبية بين (Mg^{+2} و Ca^{+2}) حيث $(r=-0.9)$ ، جدول (6).

بشكل عام يلاحظ بأن الملوحة تملك قيمة منخفضة في المناطق المرتفعة في القسم الشمالي الشرقي والجنوب الشرقي وتزداد باتجاه الغرب (البحر) أي تزداد الملوحة على طول مسار الحركة. ولكنها بشكل عام تبقى ضمن الحد المسموح به. وهي تملك علاقة ارتباط إيجابية قوية مع (Ca^{+2} , Na^{+} , K^{+} , SO_4^{-2}) حيث بلغت معاملات الارتباط بين الملوحة وكل من الشوارد على التوالي (0.8 ، 0.9 ، 0.9 ، 0.5)، جدول (6).



الشكل (3) توزيع القيم المتوسطة للأيونات الأساسية ضمن حدود منطقة الدراسة



الشكل (4) توزيع القيم المتوسطة للكاتيونات الأساسية ضمن حدود منطقة الدراسة

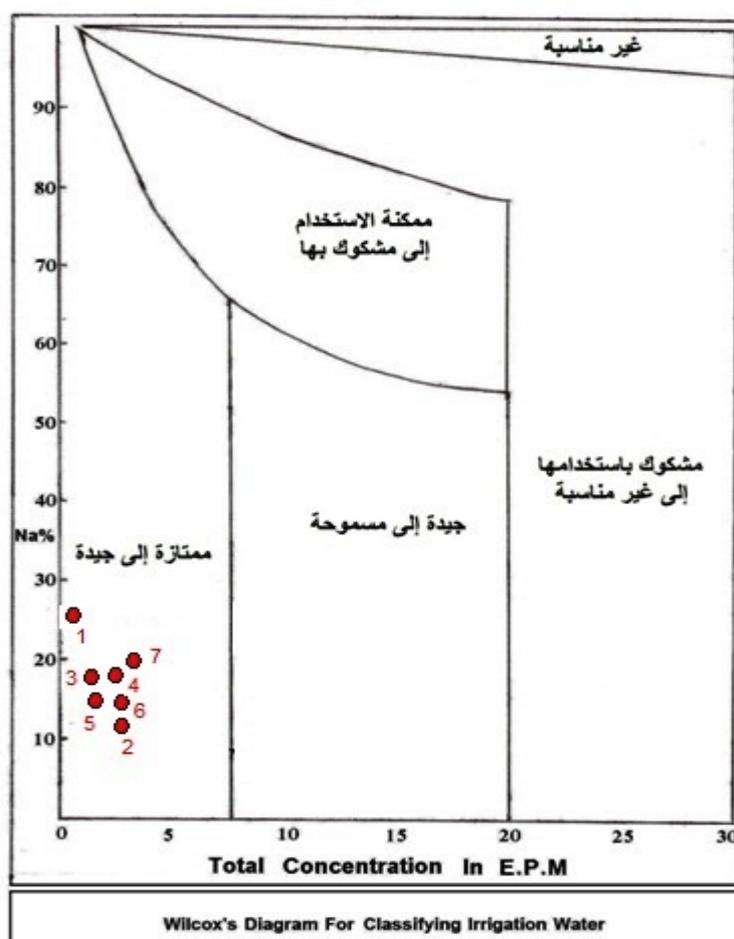
تشير نتائج هذه التحاليل إلى أن جميع العناصر تقع ضمن الحد المسموح بها وفقاً للمواصفات القياسية السورية لمياه الشرب. أما بالنسبة لتقييم صلاحيتها للري فقد اعتمدنا على معيارين أساسيين هما نسبة الصوديوم (Na%) ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR). {17} حيث إن

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad \text{موضحة في الجدول (7)}$$

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

الرقم المتسلسل	اسم البئر	TDS (mg/l)	Na%
1	المينا البيضاء	957	24.6
2	مفرق القنطرة	479	11.9
3	مفرق كرسانا	509	18
4	فطير و 1	666	17
5	وادي جهنم	638	17
6	مدرسة الدروقيات	507	16
7	الدقاقة	616	20

تصنف المياه الجوفية في منطقة الدراسة وفقاً لنسبة SAR بأنها ذات نسبة ادمصاص صوديوم صغيرة تتراوح بين (1 و 4) وبالتالي يمكن استخدامها لكافة التربة {2,15}. أما تمثيل نسبة الصوديوم على مخطط ويلكوس {18} فقد أظهر أن عينات المياه المحللة وقعت في صف الممتازة إلى الجيدة. كما هو مبين في الشكل (5)



الشكل (5) مخطط ويلكوس ومواقع العينات المائية

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تتميز منطقة الدراسة بوجود نمطين هيدروكيميائيين أساسيين
 - مياه جوفية هيدروكربونانية تتمتع بملوحة من بضع مئات من ملغ/ل، ولا تتجاوز 1 غ/ل، وضمن الكاتيونات تسيطر شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم، وأحياناً الصوديوم.
 - مياه جوفية كلورية فقط في الآبار القريبة جداً من البحر، وهذا يدل على تأثير مياه البحر على المياه الجوفية.
 - 2- غياب التغيرات الحادة سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه باتجاه حركة المياه الجوفية، وهذا يفسر بقصر طريق الرشح وبالتالي قصر الفترة الزمنية لتأثير العمليات الفيزيوكيميائية بين المياه والصخور، وأيضاً بانتشار التوضعات الغضارية والمارلية ذات الصفات الرشحية التي لا تسمح بالنقل الجيد لنواتج هذه العمليات
 - 3- المياه الجوفية في أغلب آبار المنطقة غير ملوثة بالمياه البحرية وهذا ما دلت عليه النسبة الجيوكيميائية (Cl^-/HCO_3^-) ويمكن إرجاع وجود ملحي $CaCl_2MgCl_2$ في بعض العينات المحللة إلى وجود رسوبات بحرية في المقطع الستراتيغرافي تحوي فلزات المغنيزيوم والكلور في هذه المنطقة بالإضافة إلى قرب الآبار التي أخذت منها هذه العينات من البحر (بئر المينا البيضاء كمثال)
 - 4- أن حساب بعض المعايير (SAR ، % Na) يؤكد صلاحية المياه الجوفية في هذه المنطقة للري .
 - 5- إن عدم الاختلاف الكبير في الخصائص الهيدروكيميائية (سواء بالملوحة أم بالتركيب الكيميائي) في هذه المنطقة يدل على الجريانات المائية في مختلف الحوامل المائية فيها تملك علاقة هيدروليكية فيما بينها وبالتالي تشكل جرياناً مائياً واحداً ذا خصائص متجانسة في أغلب أجزائه.
- ومن خلال كل ما سبق نوصي بإنشاء شبكة مراقبة منتظمة لرصد نوعية المياه الجوفية بشكل منتظم، ومراقبة تطور تلك النوعية مع الزمن بالإضافة إلى إجراء كافة التحاليل الكيميائية والفيزيائية والجرثومية لتقييم صلاحيتها للشرب بالإضافة إلى تقييم قابلية الطبقة المائية للتلوث وحظر استثمار الطبقة الحاملة للمياه الجوفية الحرة في المناطق القريبة من البحر، لأنها مهددة بتداخل مياه البحر ضمن طبقة المياه الجوفية العذبة واستخدام تقانات النماذج الرياضية في إدارة الموارد المائية المتاحة واستثمارها بشكل أمثل، ودراسة هجرة الملوثات وانتقال الشوارد باتجاه مصادر المياه الجوفية والسطحية لحمايتها من التلوث.

المراجع:

- 1- محمد أحمد، محمد. الهيدروجيولوجيا التطبيقية قسم الجيولوجيا كلية العلوم. منشورات جامعة تشرين، 2013.
- 2- 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=Iist&ArticlelistID=-230309781&_sort=r&_st=13&view=C&_acct=C000228598&_version=1&_urlversion=0&_userid=10&md5=53d5fd99c7266ea93804d4f46c60e70a&searchtype=a>
- 3- غروز غيروفود خوذ - تبيليسي. التحريات الهيدروجيولوجية والهيدروولوجية في الأحواض الأربعة (سورية. حوض الساحل).أربعة مجلدات، 1979.
- 4- شركة DHV ، TON -NITG الهولندية وآخرون. مشروع إدارة الموارد المائية في حوض الساحل في ثمانية مجلدات، 2004.

- 5- شركة IBG/DHV السويسرية - الهولندية. 2002. مشروع تأمين جزء من احتياجات مياه دمشق وريفها من فائض مياه الساحل السوري
- 6- "مشروع الإدارة المتكاملة لحوض الساحل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي GIS" الهيئة العامة للاستشعار عن بعد-دمشق، 2005.
- 7- حايك، شريف. تغير الظروف الهيدروجيولوجية في منطقة ري سد 16 تشرين الواقعة بين نهر الكبير الشمالي ونهر الصنوبر وترشيد استهلاك موارد المياه الجوفية فيها، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المائية- جامعة تشرين- سورية، 1998، 180.
- 8- راعي، كنان جمال. دراسة هيدروجيوكيميائية للمصادر المائية في الجزء الأدنى من حوض نهر الكبير الشمالي وتقييم التأثير الجيويئي على هذه المصادر وخواص التربة في تلك المنطقة، رسالة ماجستير، كلية العلوم - جامعة تشرين- سورية، 2010، 184.
- 9- علي، أحمد سيد، لمى. إدارة موارد المياه الجوفية في منطقة برج إسلام، رسالة ماجستير، كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- سورية، 2011، 135.
- 10- الخارطة الجيولوجية لسورية. (المذكرة الإيضاحية لرقعة اللدقية) بمقياس 1:50000
- 11- غافيتش، إ.ك. الهيدروجيوديناميكا. موسكو، 1988، 349. (باللغة الروسية)
- 12- DOMENICO, P.A. and SCHWARTZ, F.W. Physical and Chemical hydrology. John wiley and sons Inc, 1990, 824.
- 13- بيتيفا، (ك.إ. الهيدروجيوكيمياء- تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية. موسكو، 1978، 328. (باللغة الروسية)
- 14- محمد، أحمد محمد. التقييم الهيدروجيوكيميائي للمياه الجوفية المتوضعة في الصخور الكربوناتيّة لحوض نهر عفرين، مجلة بحوث جامعة تشرين - سوريا، 2004، المجلد (26)، العدد (1)،
15. 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.
16. AYERS, R.S., and D.W. WESTCOT. "Water quality for agriculture" FAO irrigation and drainage paper No 29. FAO publications. Rome .Italy, 1976.
17. TODD, D.K. and MAYS, L.W. Ground water Hydrology. 3rd. ed., John Willey & Sons Inc, USA, 2005, 636.
18. WILCOX, L.V. Classification and use of irrigation water .U.S. Dep. Agriculture. Circ. Washington D.C., 1955, 969.