

تقويم موارد المياه الجوفية الحرّة في سهل جبلة

الدكتور علي محمد الأسعد*

الدكتور شريف بدر حايك**

ديما يوسف عباس***

(تاريخ الإيداع 27 / 9 / 2010. قُبل للنشر في 23 / 1 / 2011)

□ ملخص □

تشكّل المنطقة المدروسة جزءاً من سهل جبلة الذي يعدّ من المناطق المهمّة اقتصادياً وسياحياً، وتبلغ مساحتها حوالي 12 km².

يهدف البحث إلى دراسة ظروف توضع المياه الجوفية في المنطقة، وتقويم موارد المياه الجوفية فيها. اعتمدت الدراسة على القياسات في شبكة رصد موزّعة بشكل شبه منتظم في المنطقة، وتتألف الشبكة من 23 بئر مراقبة محفورة في توضعات الرباعي.

تتراوح تغيّرات مناسيب المياه الجوفية في توضعات الرباعي بين 0.53 و 3.7 م، بسبب التغذية الراشحة من مياه الأمطار شتاءً، وتسرب مياه الري صيفاً. وتتناقص مناسيبها صيفاً بسبب الضخ لأغراض الري. تتراوح الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية بين 407 و 1932 ميكروموس/سم، إذ تُسهم مياه البحر في زيادة ملوحة المياه الجوفية في منطقة سوّكاس القريبة من شاطئ البحر. تتراوح قيم عامل الرشح k للطبقة المائية المؤلفة من غضار مع رمل وحصى بين 0.03 - 1.5 م/يوم في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: موارد المياه الجوفية، التغيّرات الهيدروجيولوجية، الناقلية الكهربائية.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Evaluation of Shallow Groundwater Resources in Jableh Plain

Dr. Ali Alasaad *
Dr. Sharif Hayek**
Dima Abbass ***

(Received 27 / 9 / 2010. Accepted 23 / 1 / 2011)

□ ABSTRACT □

The study area constitutes a part of Jableh Plain which is considered a region which has economic and tourist importance. The study area is about 12 km².

The research aims to study and evaluate the groundwater resources in the area. The study depends on measuring on monitoring network, which regularly is distributed in the region. The network consists of 23 wells drilled in the Quaternary deposits.

The changes of groundwater levels in the Quaternary deposits fluctuate between 0.53 and 3.7m, due to the infiltrated recharge of the rainfall in winter, and irrigation water infiltration in the Summer. The Groundwater levels decrease due to pumping for irrigation.

The electrical conductivity of the groundwater amounts to 407-1932 $\mu\text{s/cm}$, with sea water contributing to increase the saltiness of groundwater at Soukas which is near the beach. The hydraulic conductivity (k) of aquifer which consists of clay with sand and stones ranges between 0.03-1.5 m/day in the research area.

Key words: groundwater resources; hydrogeological changes, electrical conductivity.

*Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

**Assistant professor., Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة:

إنّ الطلب المتزايد على المياه المنزلية، والزراعية، والصناعية، يجعل مياه الشرب النظيفة مصدراً طبيعياً مثيراً للخوف في العديد من مناطق العالم، خاصةً تلك التي تعاني من الزيادة السكانية، التي لا تُشكّل ضغطاً على قدرة المصادر المائية الموجودة فحسب، بل تجعل مصادر المياه عرضةً لخطر التلوث.

تُعدّ المياه الجوفية من الموارد المائية المتجددة، المرتبطة بعناصر الدورة الهيدرولوجية، وتتأثر بالتغيرات المناخية؛ لذلك فإنّ فهم التفاعل بين العناصر المتنوعة في الدورة الهيدرولوجية hydrologic cycle ضروري لإدارة الأحواض المائية، وللتأكد من نوعية quality، واستدامة sustainability مصادر مياه الشرب النظيفة الآمنة.

ترتبط المياه الجوفية بالتغيرات المناخية من خلال العلاقة المباشرة مع مصادر المياه السطحية، كالبحيرات والأنهار، وبشكل غير مباشر من خلال عملية التغذية المتمثلة بشكل رئيسي بالهطل المطري، إذ اختبر French et al. تكرار حدوث الهطل المطري الذي يؤدي إلى اختراق عميق للرطوبة في غطاء التربة من أجل عدة

مقاييس زمنية في منطقة Nevada Test Site (NTS) وبيّن أن أفضل مقياس زمني بمعدل 2 حتى 3 أشهر خلال فترة الشتاء وأن قيم الهطل السنوية تُظهر مؤشراً مناسباً لعتبات الهطل المطري، وأن قيم الهطل المطري في الصيف ليس لها علاقة بعتبات الهطل المطري التي تؤدي إلى تغذية المياه الجوفية. [1]

وُجد أن للهطل المطري تأثيراً مهماً على سطح المياه الجوفية الحرّة في منطقة Wakool إذ يتراوح معامل الارتباط بين الهطل المطري وتغير سطح المياه الجوفية (R^2) بين 0.7~0.9 للفترات الزمنية المعتدلة. [2]

وَدَرَس Hong et al. تأثير تسرب مياه العاصفة في مناسيب المياه الجوفية المتوضعة ضمن الطبقات الحاملة المنتشقة في المناطق المدنية باستخدام طريقة Fuzzy modeling، وأعطت نتائج تنبؤية بدقة كبيرة، وتمثيلاً تفسيريّاً للسلوك الديناميكي لنظام المياه الجوفية. [3]

لقد دُرست المنطقة الساحلية من قبل العديد من البعثات [4]، ودرست الشركة العامة للدراسات المائية حوض السن بشكل خاص، فُقدّر رشح الهطل المطري لتغذية المياه الجوفية في الجزء الشمالي من الحوض بـ80%، وفي الجزء الجنوبي منه بـ58% [5].

وبلغ طول إسفين المياه المالحة ضمن الطبقة الحاملة للمياه الحرّة في المنطقة الواقعة بين اللاذقية وبيانياس 1-0.5 كم داخل اليابسة [6].

وَدُرَس التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وصلاحية مياه الينابيع والآبار للشرب في منطقة تغذية نبع السن، فتبيّن أن المياه صالحة للشرب من الناحيتين الكيميائية والجرثومية مع بعض التحفظات [7].

أهمية البحث وأهدافه:

تُعدّ منطقة سهل جبلة من المناطق الزراعية المهمّة في القطر العربي السوري، إذ تسهم في دعم الاقتصاد الوطني، وتوجد فيها تجمعات سكنية عدّة، لذلك يتطلب تطويرها تأمين مياه جيدة كميّاً ونوعياً. يهدف البحث إلى دراسة ظروف توضع المياه الجوفية في المنطقة، ودراسة التغيرات الهيدروجيولوجية، وتقويم موارد المياه الجوفية فيها، لحمايتها من التلوث والنضوب.

موقع منطقة البحث The site of the research area

تُشكّل المنطقة المدروسة جزءاً من سهل جبلة، الذي يشغل الجزء الغربي الشاطئي من حوض السن، وتقع جنوب مدينة جبلة على بُعد 3 كم (الشكل 1)، وتقع فيها قرى الزهيرات، وأرض الصفراء، وسوكاس، والأشرفية، إضافةً إلى مزارع عدة منها بستان صالح، (الشكل 2).

تقع منطقة البحث بين خطي عرض "35°17'52" و "35°20'1" شمال خط الاستواء، وبين خطي طول "35°55'7" و "35°57'45" شرق خط غرينيتش.

يحدّ المنطقة المدروسة من الشمال نهر البرغل، ومن الجنوب ساقية سوكاس، ومن الشرق الطريق العام اللاذقية- طرطوس، ومن الغرب البحر المتوسط، وتبلغ مساحتها 11.55 كم²، (الشكل 2).

طرائق البحث ومواده:

تعتمد الدراسات المتعلقة بتغيّر نظام المياه الجوفية في الأراضي المروية على إنشاء شبكة رصد هيدروجيولوجية خاصة، تتألف من آبار مراقبة منتشرة على مساحة المنطقة كلّها، وتتحدّد المسافة بين هذه الآبار إذ تكون أقل من المسافة التي تحدث فيها تغيرات مهمة في الشروط الهيدروجيولوجية، وتكون قريبة من المجاري المائية، وأماكن تقاطع الطبقة المائية مع المياه السطحية، وبما يتناسب مع الظروف الطبيعية والاستثمارية للمنطقة المدروسة. [8] اعتمدت الدراسة على شبكة رصد موزعة بشكل شبه منتظم ضمن قطاعات تكشف التشكيلات الجيولوجية في أرجاء منطقة الدراسة، وتتألف الشبكة من آبار، حفرها المزارعون المحليون في توضعات الرباعي، وتستخدم هذه الآبار للري، وللاستخدامات المنزلية، وللشرب أحياناً.

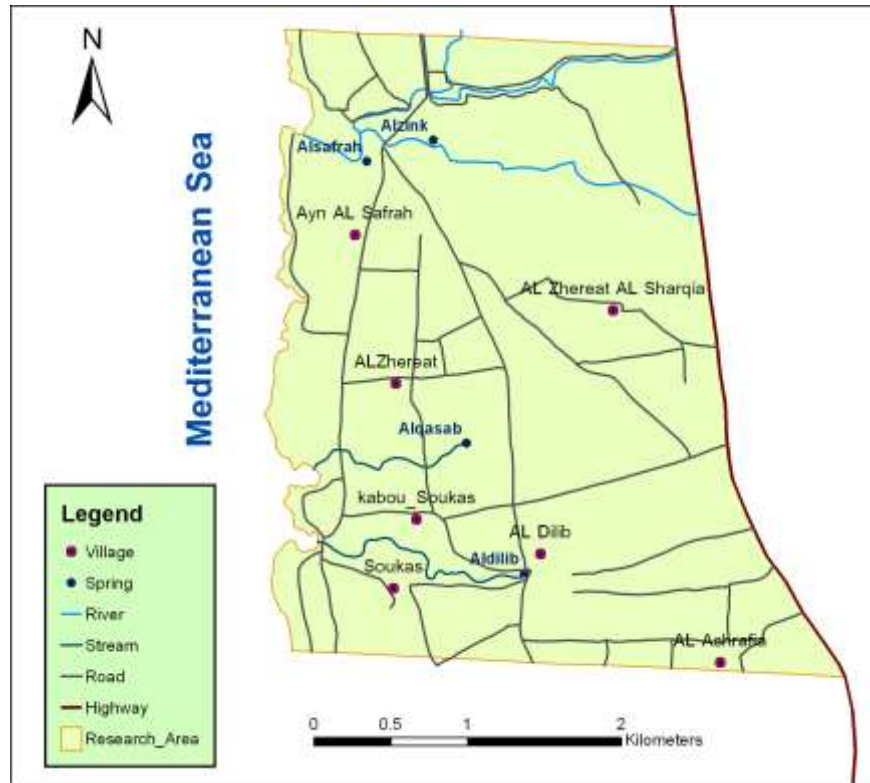
بلغ عدد نقاط شبكة الرصد 23 نقطة مائية موزعة في منطقة البحث، بما يتناسب مع البنية الجيولوجية والطبوغرافية للمنطقة، (الشكل 3)، بدأ القياس فيها منذ شهر تشرين الثاني عام 2009 إلى شهر آب 2010. شملت القياسات:

- ❖ العمق الكلي للآبار باستخدام جهاز قياس الأعماق، بدقة القياس $\pm 0,5$ سم.
- ❖ العمق الستاتيكي Static water depth بواسطة جهاز قياس كهربائي ضوئي، مزود بكابل مدرج بالسنتيمتر، دقة القياس $\pm 0,5$ سم.
- ❖ الناقلية الكهربائية Electrical conductivity لمياه الآبار باستخدام جهاز قياس كهربائي رقمي نموذج، بدقة ± 1 ميكروموس/سم.
- ❖ درجة حرارة المياه الجوفية Groundwater temperature في آبار شبكة الرصد باستخدام جهاز قياس رقمي بدقة ± 0.1 درجة سيلزيوس.

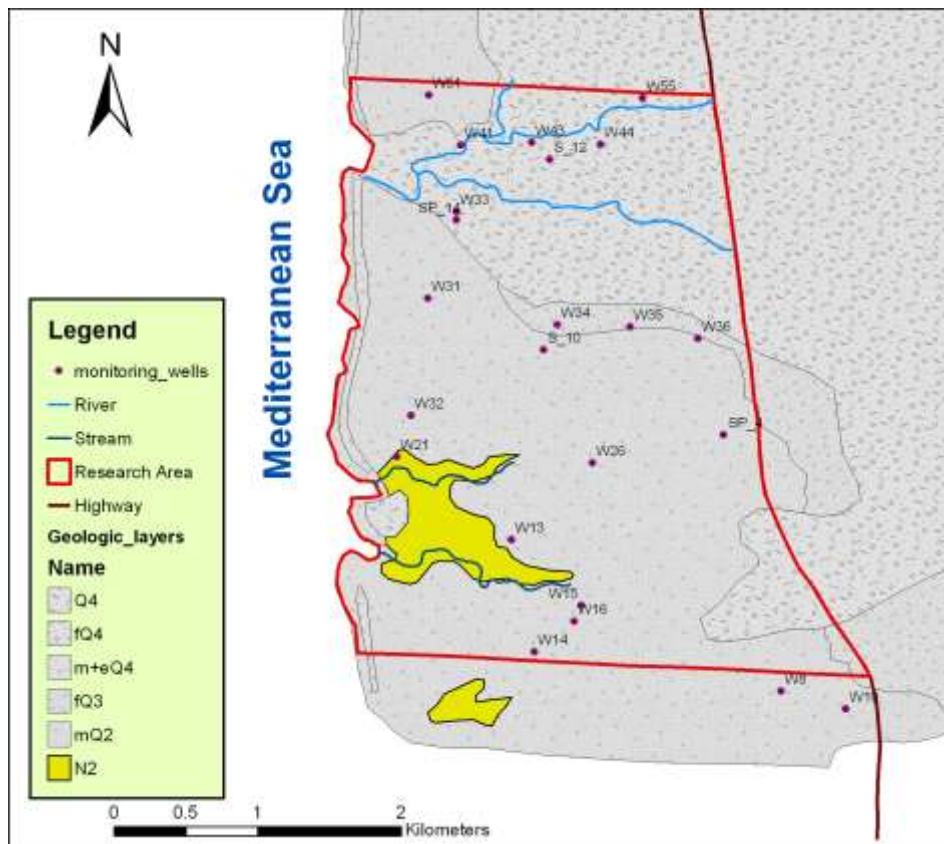


الشكل 1. خارطة الموقع العام لمنطقة البحث

حددنا إحداثيات شبكة الرصد باستخدام الإحداثيات الجغرافية بواسطة جهاز GPS، طراز GPSMAP 60CSx، وبلاستعانة بالخارطة الطبوغرافية للمنطقة بمقياس 1:25000. اعتمدنا برنامجي Excel و Surfer في رسم منحنيات مناسيب المياه الجوفية وأعماقها، وبرنامج (GIS) Geographic Information System الذي استخدم من أجل رقمنة الخرائط ووضع الآبار عليها.



الشكل 2. خارطة موقع منطقة البحث وحدودها



الشكل 3. توزيع آبار شبكة الرصد في منطقة البحث

الخصائص الطبيعية والمناخية The physical and climatic properties

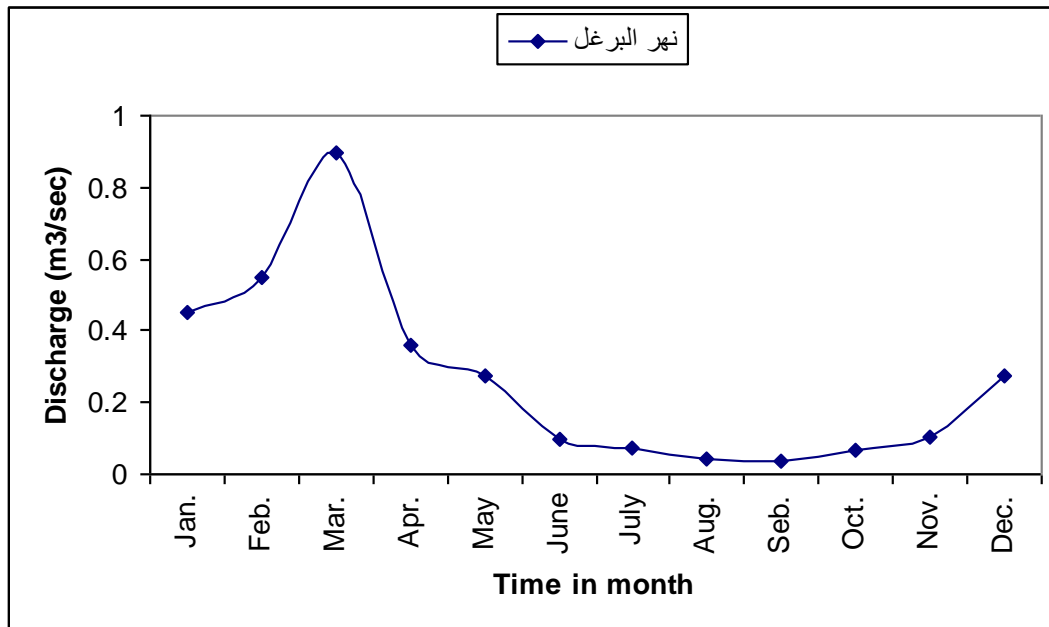
تتميز المنطقة بمناخ حار وجاف صيفاً، ومعتدل رطب شتاءً، يبلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة 16.55°C ، وهي مرتفعة نسبياً في الصيف، إذ يُعدّ شهر آب أحرّ أشهر السنة، ومنخفضة في الشتاء، ويُعدّ شهر كانون الثاني أبرد أشهر السنة. [9]

يتوزع الهطل المطري في المنطقة بشكل غير منتظم خلال شهور السنة، فتَهطل معظم الأمطار شتاءً، ويبلغ متوسط الهطل السنوي حوالي 934 مم. ويبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية للهواء 69 %، وتبلغ قيمها الدنيا في أواخر الخريف، وقيمها العظمى في الصيف.

يبلغ المعدل السنوي للتبخّر من سطح الماء 1078 مم، ويتناقص خلال فصل الشتاء حينما تنخفض درجات الحرارة، فيبلغ المتوسط الشهري للتبخّر 66.6 مم، ثمّ يزداد في فصل الصيف، فيبلغ متوسطه الشهري 107 مم. تنتشر أشجار الحمضيات بشكل كبير في المنطقة المدروسة (الأشرفية، الدلب، والزهيريّات)، وتنتشر زراعة الخضراوات في الجزء الغربي من منطقة الدراسة (أرض عين الصفرة، وسوكاس)، إضافةً إلى بعض الأشجار الحراجية التي تؤدّي دور مصدّات رياح، ويَزرع معظم المزارعين في منطقة البحث الخضراوات بأنواعها، وتنتشر الزراعات المحميّة أيضاً في المنطقة.

تتراوح القيم الوسطية لتدفق نهر البرغل بين $0.039 \text{ م}^3/\text{ثا}$ إلى $0.89 \text{ م}^3/\text{ثا}$ ، وقد تصل القيم العظمى إلى $9 \text{ م}^3/\text{ثا}$ في أثناء الفيضان في الربيع، بينما تنخفض إلى أقل من $0.1 \text{ م}^3/\text{ثا}$ خلال بقية فصول السنة، (الشكل 4). [9]

يزداد تدفق المياه في نهر البرغل خلال الفترة كانون الأول- آذار، ليعود منسوب مياهه للانخفاض حتى شهر حزيران، ويحافظ على أدنى منسوب له حتى أيلول، ويرتبط التدفق بكمية الهطل المطري وغازرته.



الشكل 4. التدفق الوسطي لنهر البرغل

الجيومورفولوجيا Geomorphology

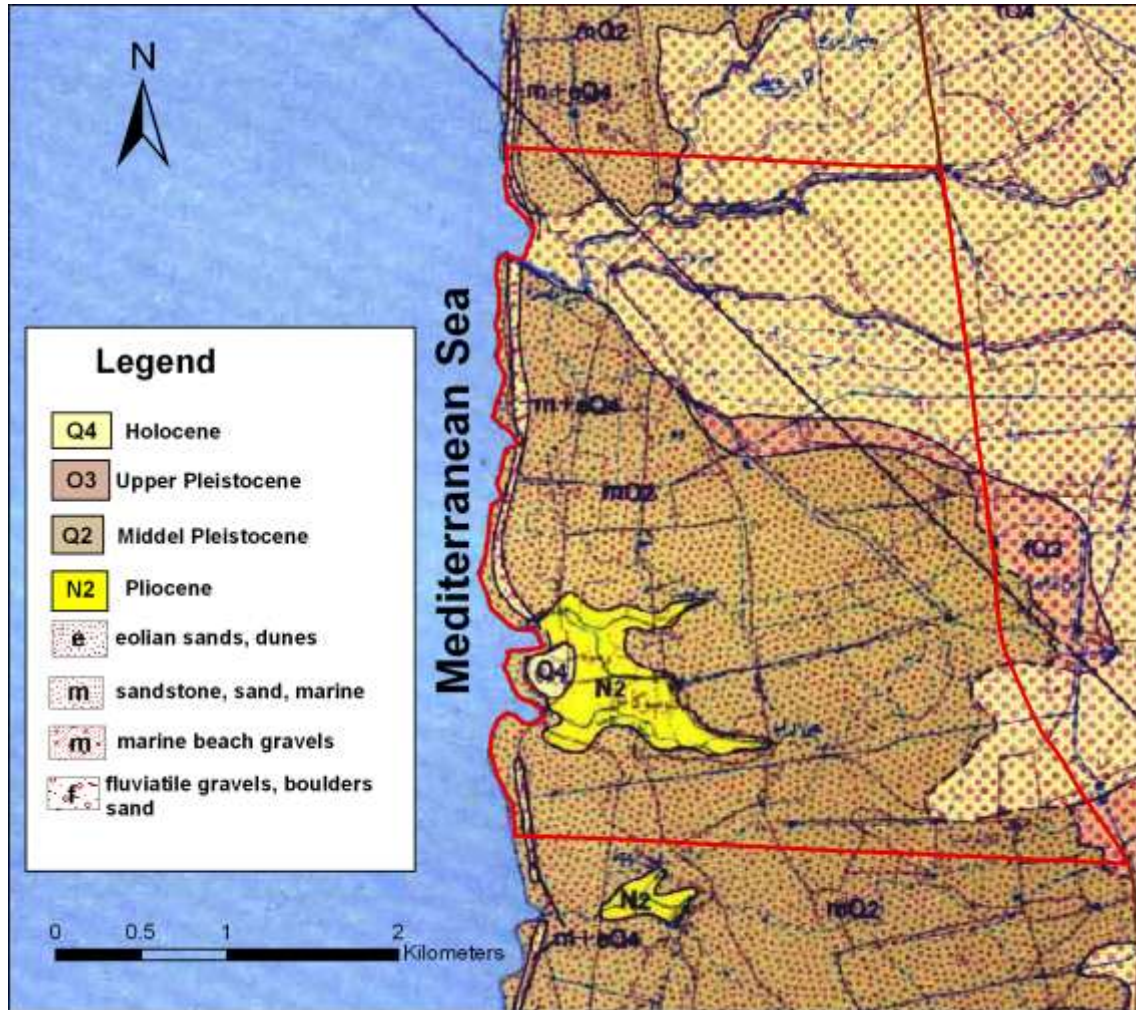
تقع المنطقة المدروسة ضمن سهل السن، الممتد من شاطئ البحر المتوسط حتى بداية التلال الهضابية شرقاً، وتعدّ المنطقة من حيث التضاريس منطقة سهل ساحلي، يصل ارتفاعها إلى 25 م فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ مساحتها 11.55 كم²، وتخترق المنطقة بعض المجاري المؤقتة مثل (عين القصب، وعين الدلب، وساقية سوкас). تتكشف توضعات الرباعي بطواقه كافة في المنطقة المدروسة، كما تتكشف توضعات النيوجين في تلال عديدة ضمن المنطقة (طابق البليوسين N_2) تتوزع على الشريط الساحلي، منها قبو سوкас، (الشكل 5).

الستراتغرافيا والظروف الهيدروجيولوجية

Stratigraphy and the hydrogeological conditions

يتألف التركيب الجيولوجي لمنطقة البحث من البنية الستراتغرافية الآتية (الشكل 5):

- النيوجين (البليوسين N_2)؛
- الرباعي (البلستوسين $Q_{2,3}$ ، الهولوسين Q_4).



الشكل 5. الخارطة الجيولوجية لمنطقة البحث [الخارطة الجيولوجية لرقعة جبلة 1:50000، 1978]

▪ النيوجين Neogene

✓ البليوسين (N_2)

تكتشف صخور النيوجين في القسم الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة، وهي تعود إلى البليوسين، وتظهر على سطح الأرض في منطقة قبو سوكاس، أما في باقي منطقة الدراسة فهو يتوضع تحت الرباعي، (الشكل 5)، ويتألف من المارل أو الحجر الكلسي المارلي، والحجر الرملي والسيلت، وتتراوح السماكة الإجمالية لهذا الطابق بين (100-200) م. [10]

إنّ البنية الفراغية لهذه الصخور لا تؤهلها لتشكيل حامل مائي، بل تشكّل طبقة الأساس الكتيمة تحت توضعات الرباعي النفوذة الحاملة للمياه.

▪ الرباعي Quaternary

تغطي توضعات الرباعي منطقة الدراسة، وهي تعود من حيث انتشارها إلى ترسبات نهريّة وبحرية. يظهر نظام الرباعي بتوضع ثلاث سلاسل، تنتمي السلسلتان السفليتان إلى البليوسين Pleistocene والسلسلة العليا إلى الهولوسين Holocene. وتضم منطقة الدراسة توضعات الرباعي الآتية:

✓ البليستوسين الأوسط (Q_2)

تتألف توضعات البليستوسين الأوسط من الحجر الكلسي ذي الفراغات الكبيرة، ومن الحجر الرملي مع شرائح من الكونغلوميرا، وتتوضع على الحجر الكلسي الحواري والبليوسين، وتنتشر من سطح البحر حتى ارتفاع (25-30) م، [4].

تسيطر التوضعات البحرية العائدة للبليستوسين الأوسط mQ_2 على منطقة الدراسة، وتتألف من الحجر الرملي مع بعض الحصى المفككة والمستديرة، وتختلف سماكة هذه التوضعات من مكان إلى آخر.

تشكّل هذه التوضعات طبقة مستمرة حاملة للمياه، ويتوضع سطح المياه الجوفية فيها على عمق يتراوح بين 1.5 و 5 م، أما الصخور الحاجزة للمياه فتتألف من مارل وغضار بليوسيني ماستريختي، وتحرك المياه الجوفية بشكل رئيسي من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي لتتصرف في البحر.

يتغذى الحامل المائي من تسرب مياه الهطل المطري، كما يتغذى على حساب تسرب مياه الري صيفاً. تُستثمر مياه هذا الحامل بوساطة مئات الآبار العادية، والسبور القليلة العمق لأغراض الشرب والري والصناعات المحلية، ولا يتعدى تصريف هذه الآبار 30 ل/ثا مقابل انخفاض في المنسوب يصل إلى 5 م. [4]

✓ البليستوسين الأعلى (Q_3)

تتألف توضعات البليستوسين الأعلى من كتل وحصى مستديرة أو زاوية من الحجر الكلسي، والصوان، والدولوميت.

تتألف الصخور الحاملة للمياه الجوفية من حصى تجمعي، ورمل غضاري، مع بحص وحصى غير مصنفة. ولا تزيد سماكة هذا الحامل على 3-5 م، ويتألف الحاجر المائي من غضار ومارل بليوسيني ومن طابق الماستريخت، وبدرجة أقل من الحجر الكلسي الغضاري الباليوجيني. [4]

يتغير تركيب هذه الطبقة جانبياً من الغضار السيلتي أو السيلت الغضاري مع آثار من الرمل والحصى، وتبلغ السماكة الأعظمية 9 م في البئر SP-11، (الشكل 6).

يتراوح عمق توضع المياه الجوفية بين 1 و 5 م، وتتحرك المياه الجوفية من الشرق نحو الغرب، وتتغذى من تسرب الهطل المطري، ومن تسرب مياه الأنهار خلال فترة الفيضانات، وتلعب مياه هذا الحامل دوراً كبيراً في الري والشرب رغم المأمولية المائية الضعيفة لهذا الحامل فهي تُستثمر من خلال آبار عادية وسبور قليلة العمق ذات تصاريح تتراوح بين 1 حتى 4 ل/ثا. [4]

تتراوح قيم عامل الرشح بين 0.03 - 1.5 م/يوم في الطبقة الحاملة والمؤلفة من غضار كربوناتية مع رمل وحصى، [10]

✓ الهولوسين (Q_4)

تتكشف رسوبيات الرباعي الحديث في السهول الفيضية، وعلى شاطئ البحر المتوسط وفي الخلجان، وهي ذات منشأ بحري، ونهري (fQ_4)، كما تشكل التوضعات البحرية ($e+mQ_4$) حزاماً على شاطئ البحر المتوسط، يرتفع حتى 4 م فوق سطح البحر، (الشكلان 3،5) وتتألف توضعات الهولوسين من حصى ورمال مختلطة، وتبلغ سماكة هذه الرسوبيات (2-0.5) م، [10].

تتوضع المياه الجوفية الحرة على عمق 3 م من سطح الأرض، وتتغذى على حساب تسرب مياه الهطل المطري، ومن الفيضانات النهرية، وبدرجة أقل من الجريان الجوفي من جهة المنحدرات الأساسية للأودية، وتتصرف مياهه في المجاري النهرية، وتحت سطح البحر عبر قطاع تكشف الطبقة الحاملة للمياه، [4]. وتُستثمر المياه الجوفية من هذه الطبقة بوساطة الآبار، وتُستخدم للري والشرب، وتتراوح تصاريح الآبار بين (10-15) ل/ثا، مع انخفاض في المنسوب من 1 حتى 2 م.

رقم السبر: SP-11	تاريخ بدء الحفر: 13-3-2005	X= -293253.58 m
موقع السبر: أرض عين الصفرة	تاريخ انتهاء الحفر: 16-3-2005	Y=129119.01 m
نوع السبر: بئر للضح	قطر الحفر: 219 mm	Z= 9.69 m

العمق حدى أسفل الطبقة (m)	سماكة الطبقة (m)	العمود الليتولوجي	وصف الطبقات	عمق سطح الماء (m)	التقنية على
1	1	Q	soil	1.9	k=0.03m/d
3	2		gravely-silty clay		
10	7		silty clay with sand & gravel		
12	2		silty clay		
14	2	N2	marl		

الشكل 6. العمود الليتولوجي للبئر SP-11 [الشركة العامة للدراسات المائية، 2008]

التكتونية Tectonics

تقع منطقة سهل السن على أطراف الركيزة العربية ضمن سلسلة الانهدام العربي الإفريقي الممتد من البحر الأحمر، مروراً بخليج العقبة، وانهدام البحر الميت حتى وادي الأردن - لبنان، ثم منخفض الغاب في سورية، وشرق البحر المتوسط، إذ تأثر تكوينها بالنشاط التكتوني للسلسلة الساحلية.

يوجد في منطقة حوض السن مجموعة من الفوالق يمكن تقسيمها كما يأتي [5]:

- فوالق ذات اتجاه شمال شرق - جنوب غرب، ترافقت مع الفالق السوري اللبناني الذي شكّل منخفض الغاب، ويعدّ فالق نهر السن من هذا النوع، وتصل رميته إلى 1000 م، يتفرّع منه فالق ثانوي باتجاه شمال - شمال شرق، يمتد حتى مدينة القرداحة.
 - فوالق ذات اتجاه شمال - جنوب، ويوجد فالق وحيد يمتد من شمال السن إلى جنوب القرداحة.
 - فوالق متعامدة أو متقاطعة مع الفوالق السابقة، وتنتشر بشكل محدود في حوض السن.
- تعدّ منطقة الدراسة منطقة هادئة من حيث انتشار الفوالق، إذ لم تُظهر الخارطة التكتونية وجود فوالق تحت سطحية في منطقة سهل السن - جبلة.

النتائج والمناقشة:

1.تغير مناسيب المياه الجوفية The changes of Groundwater levels

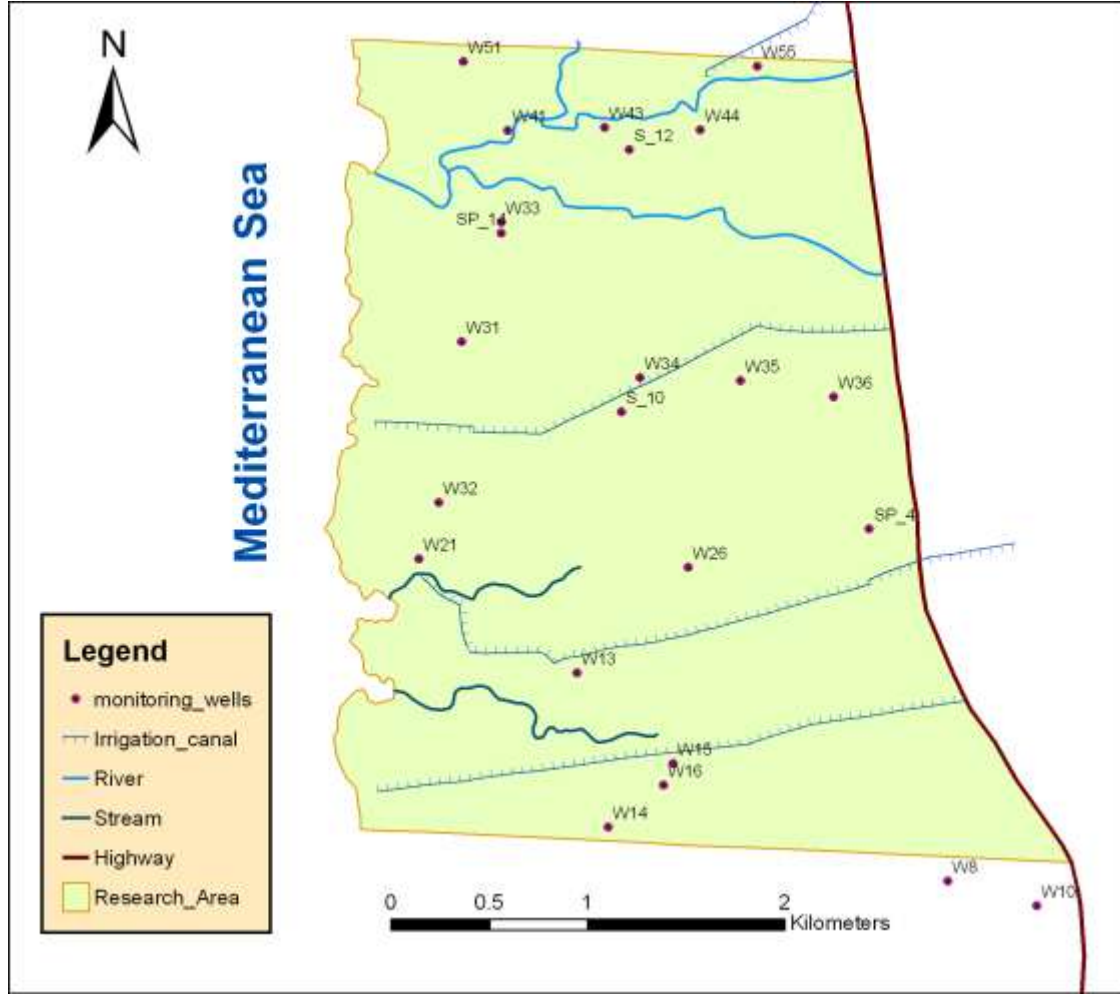
تتغير مناسيب المياه الجوفية بتأثير مجموعة من العوامل الطبيعية (الهطل المطري، التبخر، تغيرات تدفقات المجاري المائية)، والاصطناعية (الضخ، التسرب من أقبية الري).

تُعرّف التغذية المباشرة direct recharge للمياه الجوفية بأنها إضافة المياه من التسرب الشاقولي vertical infiltration للهطل المطري إلى خزان المياه الجوفية في حال زيادة نقص رطوبة التربة والتبخر - نتح عبر منطقة التهوية [1]. وتحدث التغذية غير المباشرة indirect recharge للمياه الجوفية من خلال أسرة المصادر المائية كالأنهار والبحيرات، أما التغذية الموضعية localized recharge فتنتج من تركيز المياه في المجمعات المحلية، والمنخفضات. [11]

يتفرّع عن قناة الري منسوب +26m التي تأخذ مياهها من نهر السن عدة قنوات فرعية، تقع جنوب نهر البرغل، وتروي جزءاً من منطقة الدراسة، (الشكل 7).

يعدّ الهطل المطري من أهم البارامترات المؤثرة في عملية تغذية المياه الجوفية، واعتماداً على شدة الهطل المطري، نوع التربة، والغطاء النباتي يمكن أن يجري على سطح الأرض، أو يتسرب إلى التربة.

تتحدد العلاقة بين المياه السطحية والجوفية بظروف توضع المياه الجوفية ونمطها، ويتأثير العوامل المناخية والخصائص الهيدرولوجية لنظام الجريان السطحي، فقد تتغذى الجريانات المائية السطحية على حساب المياه الجوفية، أو بالعكس تتغذى المياه الجوفية على حساب تسرب المياه السطحية. [12]

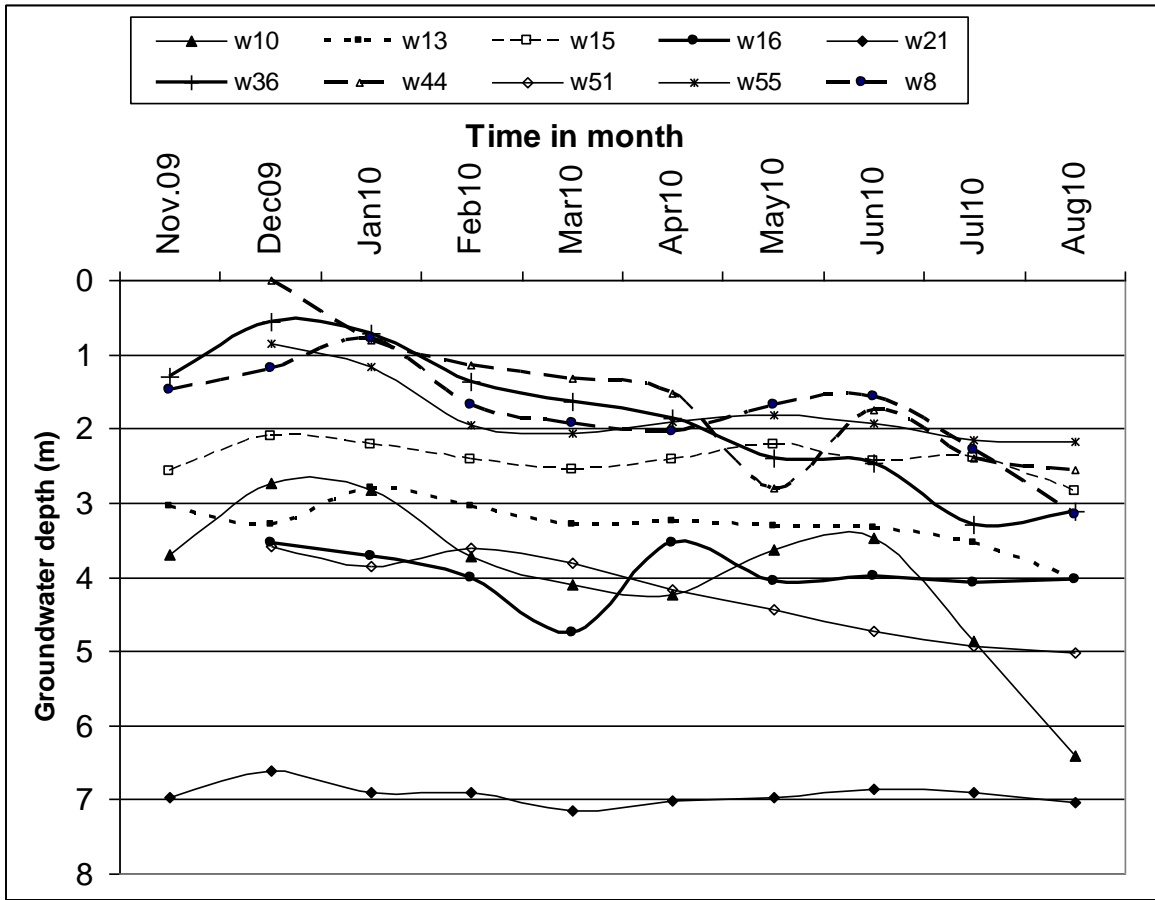


الشكل 7. شبكة الري من نهر السن في منطقة الدراسة

تعمل أنظمة المياه السطحية كمناطق للتصريف أكثر من كونها مناطق للتغذية في المناخ الرطب، وتسهم بشكل ثانوي في الإنتاج الكلي لتغذية المياه الجوفية. بالنسبة للمناطق التي تكون فيها الطبقة الحاملة للمياه قريبة من المياه السطحية، يمكن أن تؤدي التغيرات الفصلية seasonal variations في مناسيب المياه السطحية إلى فترات متناوبة من التغذية والتصريف من الطبقة الحاملة، [11].

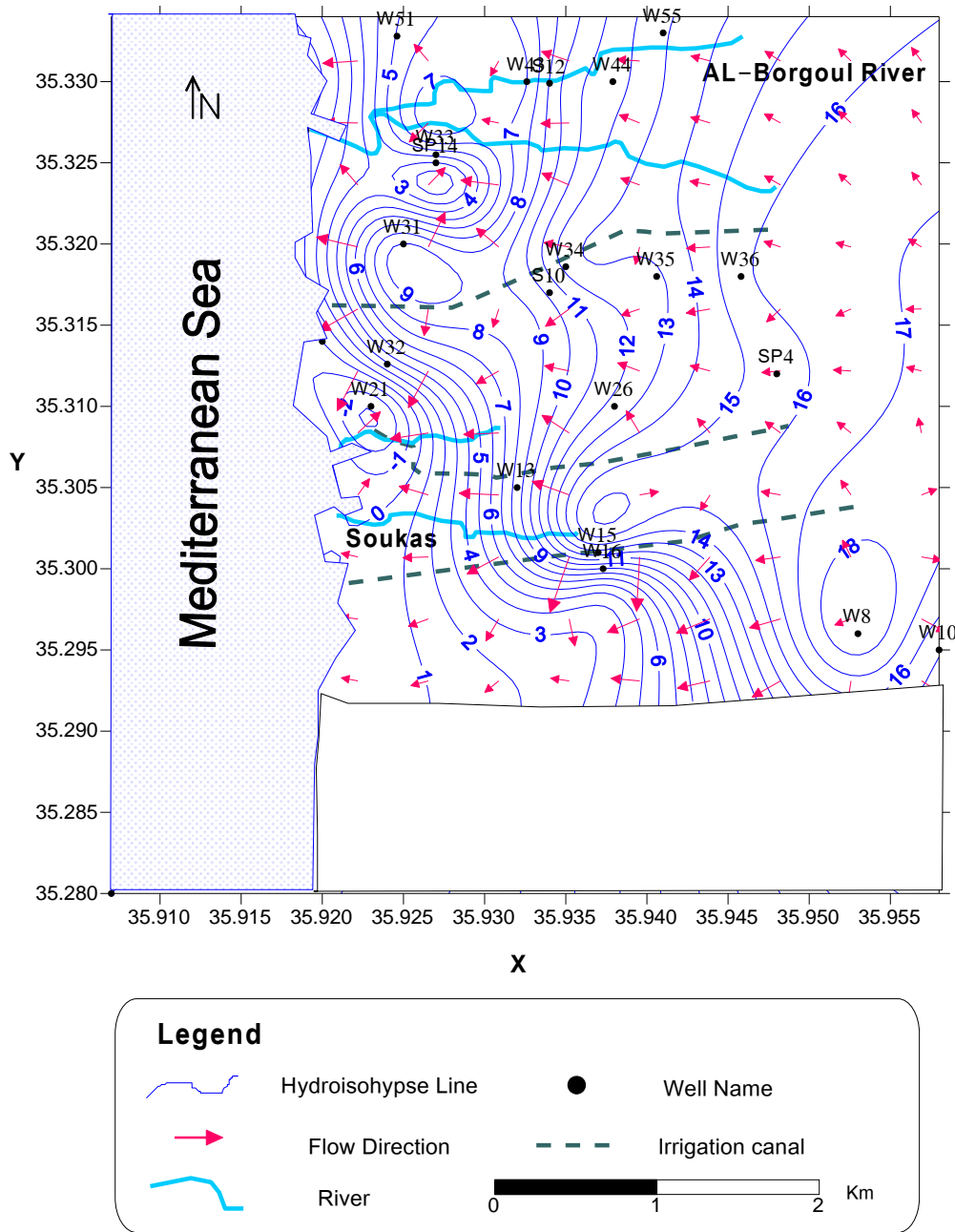
تتغير أعماق المياه الجوفية في توضع الرباعي بين 0.53 - 3.70 م خلال فترة تشرين الثاني 2009 - آب 2010، (الشكل 8)، وتتناقص أعماقها شتاءً بسبب التغذية من الهطل المطري، وتترايد أعماقها صيفاً بسبب عدم وجود مصادر لتغذية المياه الجوفية والضخ من الآبار لأغراض الري.

تبدي أعماق المياه الجوفية تغيرات واضحة بسبب الضخ منها (W16، W44)، ونقل الأعماق بسبب التغذية من مياه شبكات الري (W10، W8، W15)، (الشكل 8). عموماً تزداد أعماق المياه الجوفية صيفاً بسبب الصرف الطبيعي لها، والضخ لأغراض الري.



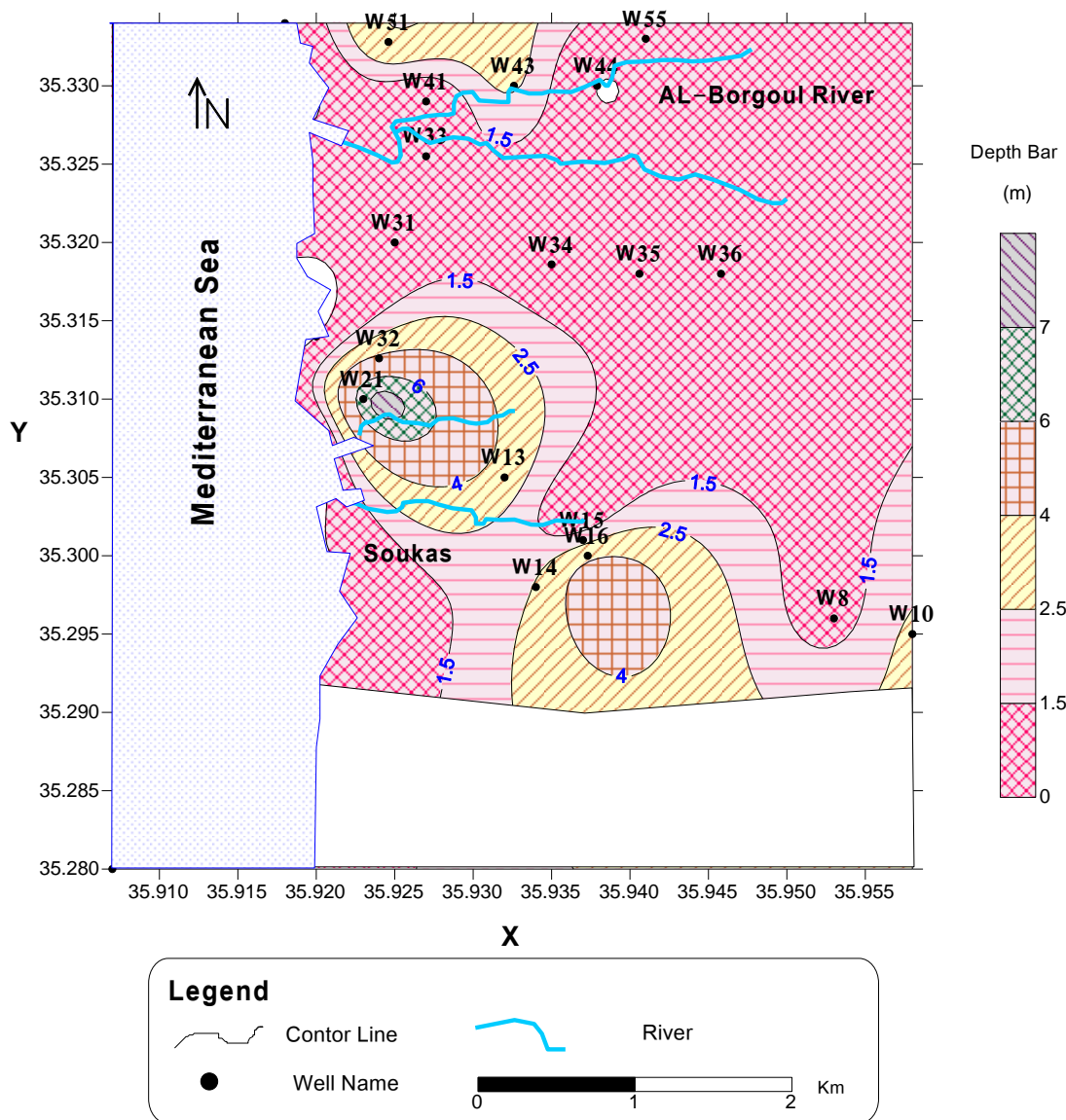
الشكل 8. تغير أعماق سطح المياه الجوفية في توضعات الرباعي خلال ت2 2009- آب 2010

تتحرك المياه الجوفية في معظم أرجاء منطقة البحث من الشرق نحو الغرب، كما ينصرف قسم منها باتجاه نهر البرغل في الأجزاء الشمالية للمنطقة، (الشكل 9).
يُتضح من خارطة أعماق المياه الجوفية في كانون الأول 2010 (الشكل 10)، تناقص أعماق المياه الجوفية في الجزء الشمالي الغربي من منطقة البحث بسبب التغذية الراشحة من الهطل المطري، كما أنه تتركز الأعماق الأقل من 1.5 م وسط منطقة الدراسة، وفي الجزء الغربي منها، إذ بلغت الأعماق أقل من 1 م ، مما يشكل خطر غرق الأراضي والضرر بالمزروعات، لذلك يجب إنشاء شبكات صرف زراعي في المناطق التي تتوضع فيها المياه الجوفية على أعماق أقل من 2.5 م.



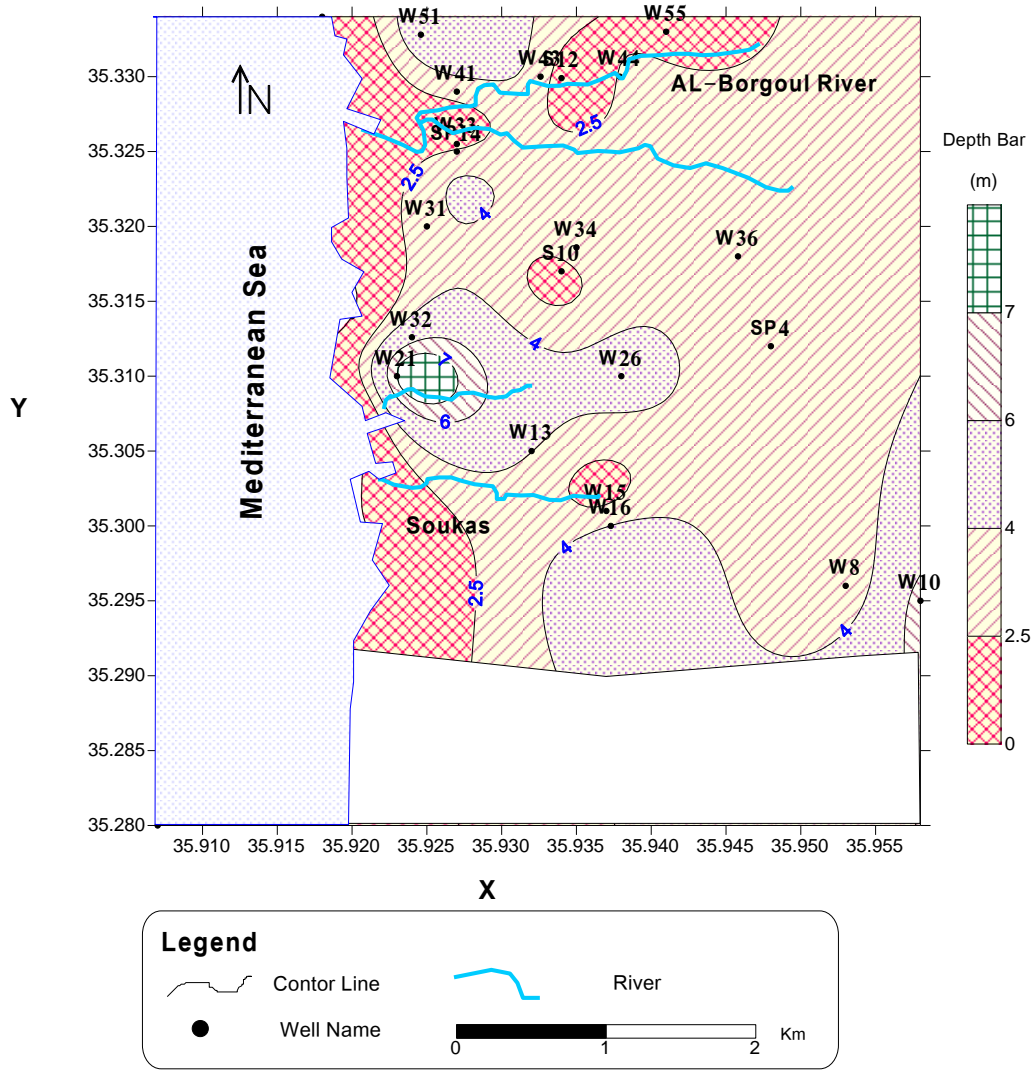
الشكل 9. الشبكة الهيدروديناميكية في منطقة البحث خلال تموز 2010 م

كما يتضح من مقارنة خارطتي أعماق المياه الجوفية (الشكلان 10، 11)، وخارطة فروق الأعماق (الشكل 12) عدم وجود تغيّرات واضحة لأعماق المياه الجوفية في الجزء الغربي والجنوبي الغربي من منطقة البحث بسبب التغذية من شبكة الري، والصرف الطبيعي للمياه الجوفية، وتزايد الأعماق عموماً على كامل منطقة الدراسة، بسبب الضخ من الآبار لأغراض الري، (الشكل 11).



الشكل 10. خارطة أعماق المياه الجوفية مقدرة بـ m في منطقة البحث في كانون الأول 2010م

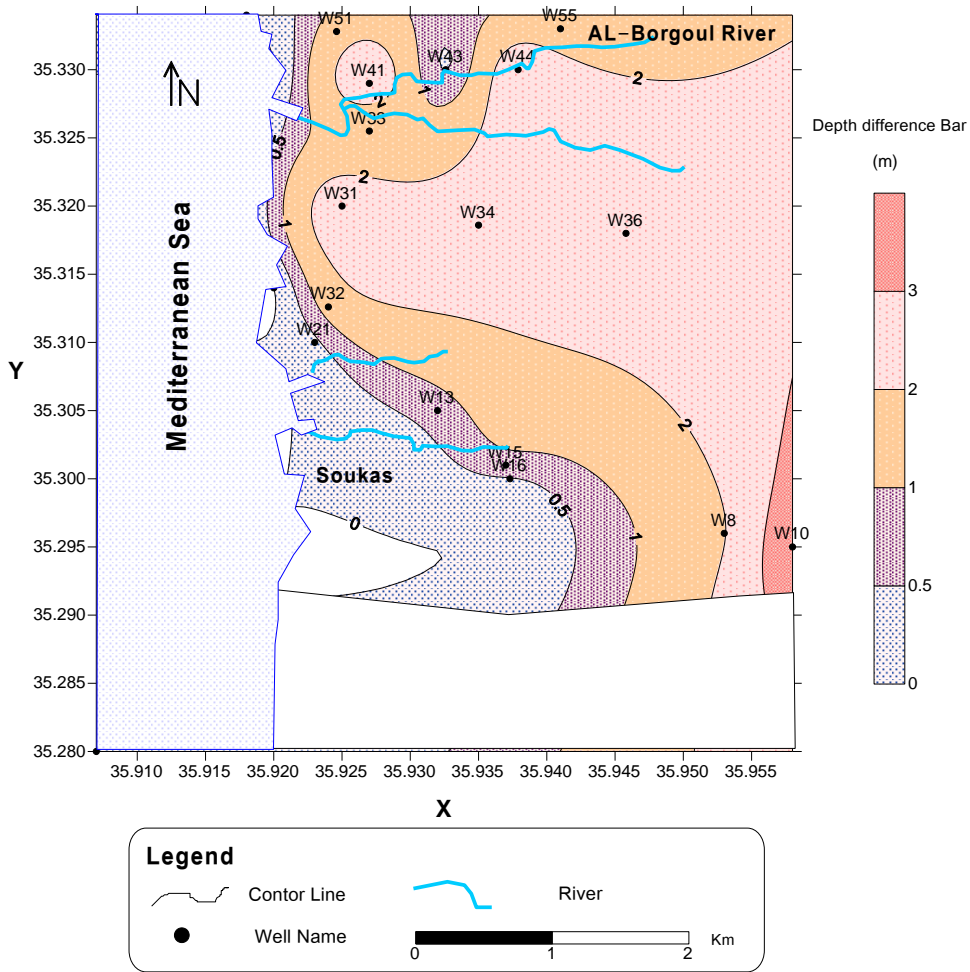
كما يُلاحظ أيضاً عدم وجود تغيرات كبيرة لأعماق المياه الجوفية في المنطقة الواقعة جنوب النهر (الشكلان 11، 12)، إذ بلغت تغيرات أعماق المياه الجوفية 0.4، 1 م في البئرين S-12، SP-14 على التوالي، ويعزى السبب إما لوجود علاقة هيدروليكية بين الطبقة المائية والنهر، أو لأن المنطقة لا تتعرض لعمليات الري، أو بسبب التبخر .



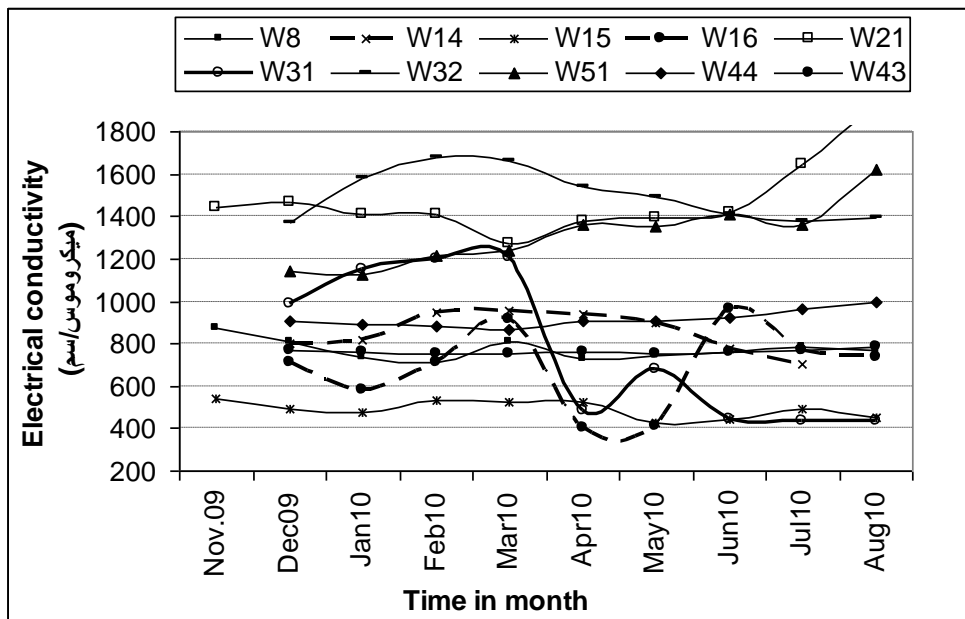
الشكل 11. خارطة أعماق المياه الجوفية مقدرة بـ m في منطقة البحث في آب 2010 م

2. الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية

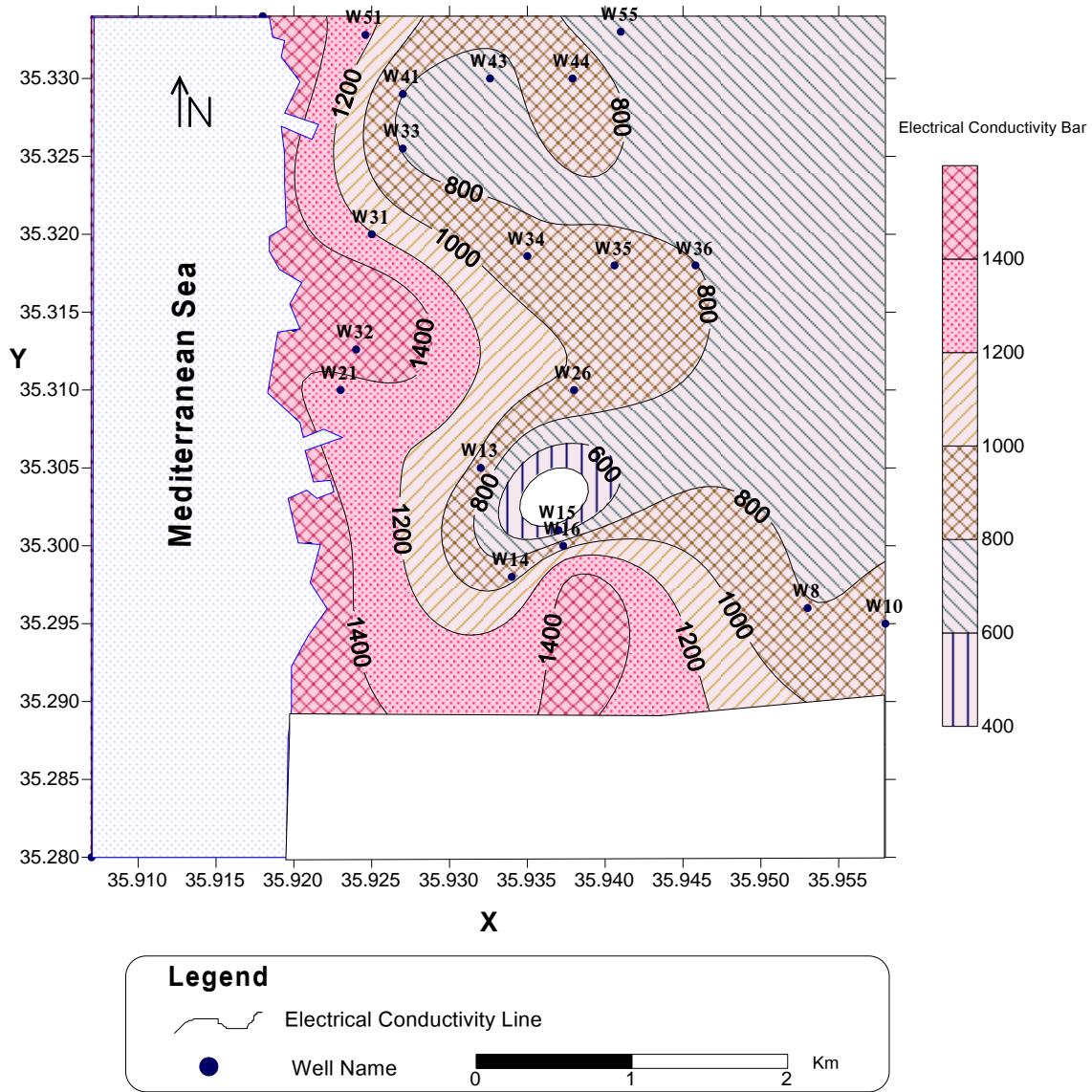
تتراوح الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة البحث بين 407 و 1932 ميكروموس/سم، تزداد الناقلية الكهربائية خلال موسم الأمطار وخلال فترة الري، (W14, W51, W15)، (الشكل 13). بلغت الناقلية الكهربائية في البئر (W21) 1932 ميكروموس/سم، وذلك نتيجة تبعثر مياه البحر في الطبقة المائية، وفي البئر (W51) بلغت 1625 ميكروموس/سم، وفي البئر (W32) 1677 ميكروموس/سم. تزداد الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة البحث من الشرق باتجاه الغرب بسبب انحلال المخصبات الزراعية والأسمدة الكيماوية في المياه الجوفية، بالإضافة إلى أن بعض المناطق المأهولة غير مخدّمة بشبكات الصرف الصحي ممّا يؤدي إلى ارتفاع قيم الناقلية الكهربائية، عموماً تزداد الناقلية الكهربائية عند شاطئ البحر بسبب تداخل مياهه بمياه الطبقة المائية، (الشكل 14).



الشكل 12. خارطة فروق أعماق المياه الجوفية في منطقة البحث خلال ك1-أب 2010م



الشكل 13. تغير الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة البحث خلال تشرين الثاني 2009 م- آب 2010 م

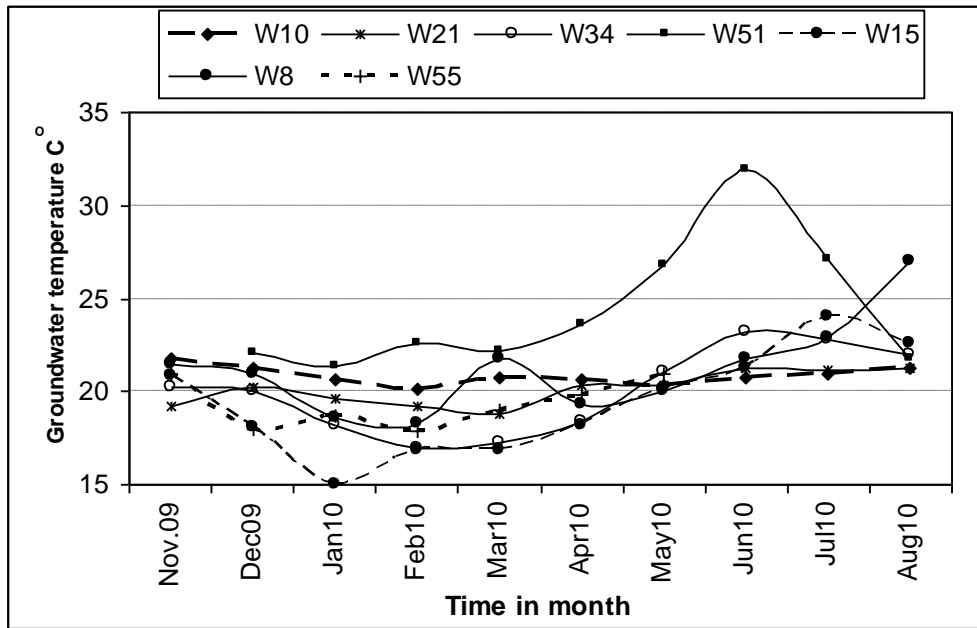


الشكل 14. تغير الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة البحث في آذار 2010 م

3. درجة حرارة المياه الجوفية

تتعلق درجة حرارة المياه الجوفية بالظروف الجغرافية والجيولوجية للمنطقة، وبنظام تغذية المياه الجوفية، فهي تتراوح بين $5-15^{\circ}\text{C}$ ، للمياه الجوفية غير العميقة في المناطق المعتدلة. أما في مناطق النشاط البركاني فتزداد حتى 100°C ، وأكثر أحياناً. وتزداد درجة حرارة المياه الجوفية مع العمق. [12]

تتراوح درجة حرارة المياه الجوفية بين $15 - 31.9$ درجة سيلسيوس، ويؤثر الإشعاع الشمسي صيفاً في زيادة درجة حرارة المياه الجوفية. كما تتغير درجات حرارة المياه الجوفية شهرياً بين $0-2.9$ درجة، وتصل في بعض المواقع إلى 5.3 درجة (البئر W51)، و 4.1 درجة (البئر W8) تبعاً لدرجة الإشعاع الشمسي وظروف تغذية المياه الجوفية وصرفيها، وعمق توطنها (الشكل 15).



الشكل 15. تغير درجة حرارة المياه الجوفية في منطقة البحث خلال تشرين الثاني 2009م - آب 2010م

الاستنتاجات والتوصيات:

1. لا توجد تغيرات كبيرة لأعماق المياه الجوفية (1-0.5) م جنوب غرب نهر البرغل بسبب العلاقة الهيدروليكية بينه وبين الطبقة المائية.
2. تسبب زيادة الضخ من الآبار الواقعة قرب شاطئ البحر المتوسط تبعثر مياه البحر في الطبقة المائية، خاصة في منطقة سوكاس، والقميري.
3. لا توجد تغيرات واضحة لأعماق المياه الجوفية في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة بسبب التغذية من شبكات الري.
4. تُسهم المخصبات الزراعية والأسمدة الكيميائية في زيادة الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية في منطقة البحث من الشرق باتجاه الغرب.

واعتماداً على نتائج البحث يمكن وضع التوصيات الآتية:

1. استمرار مراقبة نظام المياه الجوفية في المنطقة بشكل منتظم، خاصة في الأرجاء التي يقل فيها عمق المياه الجوفية عن 2.5 م، وضرورة إنشاء شبكات صرف زراعي فيها.
2. وضع نموذج رياضي يمثل الظروف الهيدروجيولوجية والشروط الحدية القائمة، للتنبؤ بالتغيرات الهيدروجيولوجية (مناسيب المياه الجوفية، التركيب الكيميائي للمياه).

المراجع:

1. FRENCH, R. H.; JACOBSON, R. L; et al. *Threshold Precipitation Events and Potential Ground water Recharge*. ASCE Journal of Hydraulic Engineering. Vol.122, No.10, 1996; 573-578.
2. WANG, B.; KHAN, S.; et al. *Quantifying Impact of Rainfall on Shallow Groundwater Levels in the Wakool Irrigation District*. CSIRO Land and Water. No.21/04, 2004.
3. HONG,Y.; et al. *Dynamic Fuzzy Modeling of Storm Water Infiltration in Urban Fractured Aquifers*. ASCE Journal of Hydrologic Engineering, Vol.7, No.5, 2002; 380-391.
4. غروز غيروفود خوذ. *التحريات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية في الأحواض الأربعة، حوض الساحل*. تبيليسي، 1979، 166.
5. الشركة العامة للدراسات المائية. *التقرير الهيدروجيولوجي لنبع السن*. حمص 1986، 147.
6. الأسعد، علي محمد. *تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية العذبة بين مدينتي اللاذقية وبانياس*. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية- سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 18، العدد 4، 1996، 9-21.
7. شريف، نعمى. *تحديد مخطط الجودة لمياه نبع السن بالعلاقة مع الظروف الهيدروجيولوجية ومجالات استخدامها*. رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، إشراف أ.د. عادل عوض، أ.د. علي الأسعد. جامعة تشرين، 2000، 146.
8. RUSHTON, K.R. *Groundwater Hydrology Conceptual and Computational Models*. John Willey & Sons Ltd, U.K, 2003, 407.
9. المديرية العامة للموارد المائية والري. *معطيات مناخية*. اللاذقية، 2009.
10. الشركة العامة للدراسات المائية. *التقرير الجيولوجي الهيدروجيولوجي لمشروع دراسة تطوير وتحديث شبكات الري والصرف في سهل السن بمساحة (7500) هكتار ضمن مشروع الضخ الشتوي*. حمص 2008، 65.
11. DELLEUR, J. W. *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC press, U.S.A, 2007, 1348.
12. الأسعد، علي محمد. *الهيدروجيولوجيا*. جامعة تشرين، 2010، 599.