

استخدام تقنيتي رادار الاختراق الارضي وقياس التوصيلية الكهربائية الارضية في الكشف عن مستوى المياه الجوفية

حسن علوان عطار احمد عمران عبد الكريم حيدر عبد الزهرة علوان فراس صبحي حميد
وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة الفضاء والاتصالات - مركز الجيوفيزياء والموارد المائية
بغداد-العراق

الخلاصة

اجريت دراسة باستخدام التقنية الرادارية (GPR) وتقنية قياس التوصيلية الكهربائية الارضية، للكشف عن مستوى المياه الجوفية. اختيرت ثلاثة مواقع لاجراء الدراسة، اثنان منها في العراق وهي موقع الجادرية في مدينة بغداد وموقع المحاويل في محافظة بابل واستخدمت فيها كلتا التقنيتين، والموقع الثالث في مدينة اسبارطة في تركيا استخدمت فيه تقنية قياس التوصيلية الكهربائية الارضية فقط. استخدم هوائيان من النوع المغلف (Shielded Antenna) بتردد (100,250MHz) للتقنية الرادارية، لبيان قدرة اختراق الاشارة الرادارية للاوساط المختارة، وجهاز نوع (EM34-3) لتقنية قياس التوصيلية الارضية، وباستخدام ثلاثة قابلات (Cables) باطوال 40,20,10 متر. اجريت عدة مسوحات للمواقع المختارة، وتم مقارنة النتائج لبيان افضل التقنيات المستخدمة في الكشف عن مستوى المياه الجوفية. كان تاثير زيادة قيم التوصيلية الكهربائية الارضية للمواقع المختارة واضحا في الحد من قدرة اختراق الاشارة الرادارية. كانت تقنية قياس التوصيلية الكهربائية الارضية اكثر فائدة في تحديد مستوى المياه الجوفية من التقنية الرادارية.

الكلمات المفتاحية: الهوائيات المغلفة، التوصيلية الكهربائية الارضية ومستوى المياه الجوفية.

Application of GPR and Ground Conductivity Measurement Techniques to Detect Watertable

Hasan Alwan Attar Ahmed Omran Abdulkareem Haydar Abdulzahra Alwan
Firas Subhi Hammeed

Ministry of Science and Technology/ Space and Communication Directorate - Center of
Geophysics and Water Resources
Baghdad- Iraq
E-mail: ahmed196534@gmail.com

Abstract

GPR and ground conductivity measurement techniques were used to detect water table. Three sites were selected, Jadria in Baghdad city, Mahaweel in Babylon city and Sparta in Turkey. Frequencies 100 and 250 MHz were used for the GPR technique. The (EM34-3) device was used as the ground conductivity device. for which, three cables 10, 20 and 40m were used. Several surveys on the selected sites with these devices were conducted to determine the watertable. A comparison between the data from these techniques was made to determine which method was the best to detect the watertable for the three sites. The comparison showed that due to the effect of ground conductivity on the penetration ability of Radar signal, the ground conductivity measurement method appeared to be more useful than the GPR technique in determining the watertable.

Keywords: Shielded Antenna, Ground Conductivity and Watertable.

المقدمة

ان معرفة عمق مستوى المياه الجوفية من العناصر المهمة في الكثير من استكشافات علم المياه، مثل ادارة الاراضي الزراعية المالحة ومواقع دفن النفايات والتلوث الكيميائي بالاضافة الى دراسات الاستخراجات المائية (Buchanan and Triantafis, 2009) ومن طرائق القياس الجيوفيزيائية المهمة في تحديد مستوى المياه الجوفية تقنية رادار الاختراق الارضي وتقنية التوصيلية الكهربائية الارضية. اذ تعتمد على ارسال موجات كهرومغناطيسية الى داخل الارض عن طريق هوائي الارسال، واستلام الموجات العائدة عن طريق هوائي الاستقبال. يعتبر الرادار الارضي (GPR) تقنية قياس جيوفيزيائية عالية الدقة اذ تعتمد على ارسال ترددات عالية الى داخل الوسط، تنعكس تلك الترددات عن السطوح الفاصلة بين مكونات الوسط بسبب التباين (Contrast) في العزل الكهربائي (Johansson and Friborg, 2005) (Harry, 2009). تم استخدام هذه التقنية من قبل الباحثين في الكشف عن مستوى المياه الجوفية الضحلة، اذ اثبت (Salih, 2008) قدرة الرادار الارضي على تمييز الاختلاف في مستوى المياه الجوفية القريبة من بئر، قبل عملية سحب المياه وبعدها، فتراوح العمق بين 4.5 - 6.7 متر، في مدينة طوكيو/ اليابان. كما حدد (Segeer and Nashait, 2011) عمق المياه الجوفية 2.6 متر في قضاء اليوسفية/ بغداد. تعتمد تقنية قياس التوصيلية الكهربائية الارضية على ارسال مجال مغناطيسي عن طريق ملف الارسال

باتجاه الارض، يقوم هذا المجال بتوليد تيار محتث خلال المادة الموصلة للارض، والذي بدوره يولد مجال مغناطيسي ثانوي محتث، يتم استلامه عن طريق ملف الاستلام، ليولد خلاله تيار كهربائي محتث اخر كدالة لقيم التوصيلية الارضية (Jardani, et al., 2007). قام (Buchanan and Triantafis, 2009) باستخدام هذه الطريقة بتحديد مستوى المياه الجوفية لمناطق مختلفة و على اعماق تتراوح بين 6-12 متر في مدينة Bourke في استراليا. وكذلك حدد (Pauzi., et al., 2011) المياه الجوفية على عمق 7.5 متر قرب مطار KLIA Sepang. يهدف البحث الى اجراء مقارنة بين التقنية الرادارية وتقنية قياس التوصيلية الارضية في الكشف عن مستوى المياه الجوفية لموقعين في العراق ومقارنة اداء تقنية التوصيلية الارضية بين الموقعين العراقيين وموقع في تركيا.

المواد وطرق العمل

موقع الدراسة

اختيرت ثلاث مواقع لاجراء الجانب العملي وهي موقع الجادرية في مدينة بغداد والمحاول في محافظة بابل والموقع الثالث في مدينة اسبارطة في تركيا وهو يختلف جيولوجيا عن هذين الموقعين. تقع منطقة الدراسة في العراق ضمن نطاق السهل الرسوبي وتتألف بصورة عامة من طبقات رقيقة من الرمل الناعم والغرين والطين والغرين الطيني (Parsons, 1957). اما منطقة العمل المختارة في تركيا فانها ذات طبيعة متموجة (تكوينات صخرية وترابية) (Bozkurt and Satir, 2000).

العمل الحقل

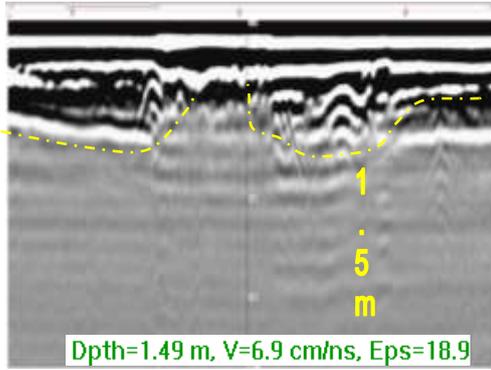
1. جهاز الرادار الارضي

والافقي في موقع الجادرية وبمسار واحد، واستخدم كذلك بطريقة الجس الافقي فقط لعمل جس شبكي لخمس مسارات بفاصلة 2 متر بين مسار واخر في نفس الموقع. اما في موقع المحاويل فقد استخدم القابلون 10 و 20 متر بطريقتي الجس العمودي والافقي بمسار واحد للوصول الى العمق المطلوب. كما تم استخدام القابلوات 10, 20 و 40 متر في موقع اسبارطة بطريقتي الجس العمودي والافقي للوصول الى اقصى عمق للجهاز المستخدم. كما استخدم برنامج EM34-2D لحساب قيم التوصيلية وفق الاعمق المقابلة لها، وتم استخدام برنامج Surfer لرسم قيم التوصيلية.

النتائج والمناقشة

رادار الاختراق الارضي

نلاحظ في الاشكال (1, 2 و 3) العائدة الى موقع الجادرية، ان قدرة اختراق الاشارة الرادارية لم تتجاوز 1.5 متر عند استخدام الهوائي 250MHz و 1.8 متر عند استخدام الهوائي 100MHz.

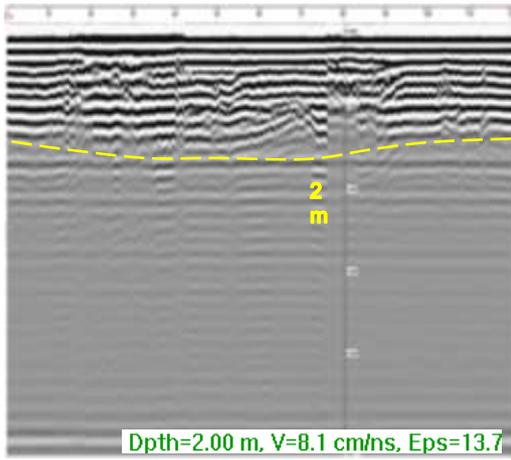


شكل (1) رسم راداري يبين قدرة اختراق الاشارة الرادارية بعمق لم يتجاوز 1.5 متر، وسرعة الموجة الرادارية عند هذا العمق 6.9cm/ns، في مدينة بغداد/ الجادرية، باستخدام الهوائي 250MHz.

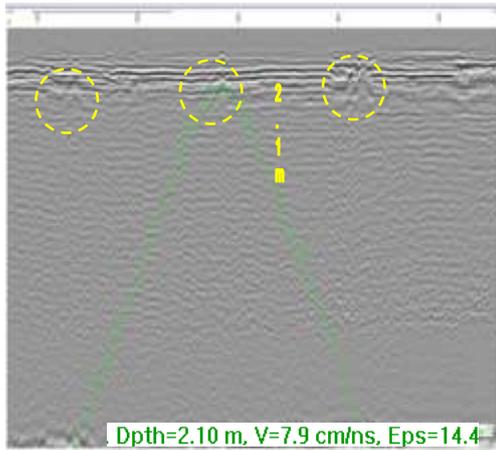
اجريت مسوحات رادارية في المواقع العراقية المختارين باستخدام جهاز رادار الاختراق الارضي (GPR)، من انتاج شركة Mala Geosciences السويدية، اذ استخدم هوائيان مغلفان بتردد (100 and 250MHz) وباطوال مختلفة عدد 15 مسار لكل من موقعي الدراسة (الجادرية والمحاويل)، حيث استخدمت المعاملات التالية: (Sampling Frequency 886MHz, Number of Samples 512, Time window 578ns, Trace Interval 0.1m) لتشغيل الهوائي (100MHz)، والمعاملات التالية: (Sampling Frequency 2600MHz, Number of Samples 512, Time window 141ns, Trace Interval 0.05m) لتشغيل الهوائي (250MHz). كما استخدمت برامج التشغيل والتفسير من نفس الشركة المصنعة وهي: البرنامج التشخيصي Ground Vision وبرنامج التحليل والتفسير RadExplorer

2. جهاز قياس التوصيلية الكهربائية الارضية

اجريت مسوحات لقياس قيم التوصيلية الارضية لمواقع الدراسة (الجادرية، المحاويل و اسبارطة) وبتطبيق جهاز قياس التوصيلية الكهربائية الارضية Ground Conductivity Meter (EM34-3) من انتاج شركة Geonics الكندية بطريقتي الجس الافقي (Horizontal Dipole HD) والعمودي (Vertical Dipole VD)، كما استخدمت ثلاثة قابلووات (Separation Cables) باطوال 10, 20 و 40 متر، كلما اقتضت الحاجة الى ذلك، اذ استخدم القابلو 10 متر بطريقتي الجس العمودي

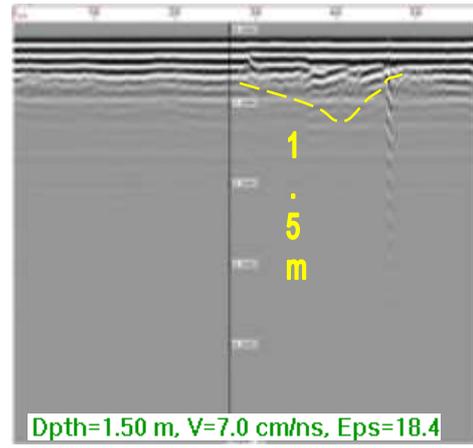


شكل (4) رسم راداري يبين قدرة اختراق الإشارة الرادارية بعمق لم يتجاوز 2 متر، وسرعة الموجة الرادارية عند هذا العمق 8.1 cm/ns . في محافظة بابل/ المحاويل، الهوائي المستخدم 250 MHz .

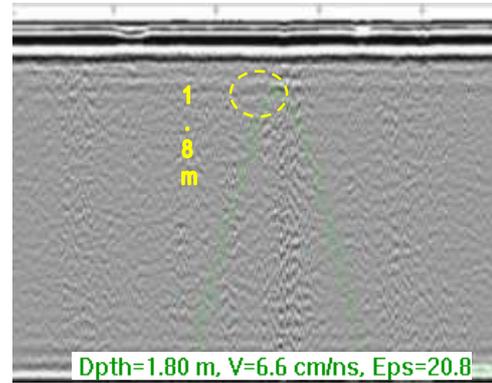


شكل (5) رسم راداري يبين قدرة اختراق الإشارة الرادارية بعمق لم يتجاوز 2.1 متر، وسرعة الموجة الرادارية عند هذا العمق 7.9 cm/ns ، في محافظة بابل/ المحاويل. باستخدام هوائي بتردد 100 MHz

كما ان سرعة الموجة الرادارية خلال الوسطين كانت تقترب من سرعة الموجة في الاوساط الطينية (سرعة الموجة الرادارية خلال الاوساط الطينية الرطبة تبلغ 0.06 m/ns ، وفي الاوساط الطينية الجافة 0.12 m/ns وكما مبين في جدول(1).



شكل (2) رسم راداري يبين قدرة اختراق الإشارة الرادارية بعمق لم يتجاوز 1.5 متر، وسرعة الموجة الرادارية عند هذا العمق 7.0 cm/ns . في مدينة بغداد/ الجادرية، الهوائي المستخدم 250 MHz .



شكل (3) رسم راداري يبين قدرة اختراق الإشارة الرادارية بعمق لم يتجاوز 1.8 متر وسرعة الموجة الرادارية عند هذا العمق 6.6 cm/ns ، في مدينة بغداد/ الجادرية، باستخدام هوائي بتردد 100 MHz .

بينما في الشكلين (4 و 5) العائدة الى موقع المحاويل، فان الإشارة الرادارية قد بلغت 2 متر و 2.1 متر باستخدام نفس الهوائيات.

جدول (1) سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

والتوصيلية الكهربائية

(Electrical Conductivity) ومقدار التوهين

(Attenuation) للإشارة و السماحية النسبية

(Relative Permittivity) لايوساط

مختلفة (Kun, et al., 2009).

Material	Typical Relative Permittivity	Electrical Conductivity, nS/m	Velocity, m/s	Attenuation, dB/m
Air	1	0	0,30	0
Distilled Water	80	0,01	0,033	0,002
Fresh Water	80	0,5	0,033	0,1
Sea Water	80	3000	0,01	1000
Dry Sand	3 - 5	0,01	0,15	0,001
Saturated Sand	20 - 30	0,1 - 1,0	0,06	0,03 - 0,3
Limestone	4 - 8	0,5 - 2	0,112	0,4 - 1
Shales	5 - 15	1 - 100	0,09	1 - 100
Silts	5 - 10	1 - 100	0,07	1 - 100
Clays	5 - 40	2 - 1000	0,06	1 - 100
Granite	4 - 6	0,01 - 1	0,13	0,01 - 1
Dry Salt	5 - 6	0,01 - 1	0,13	0,01 - 1
Ice	3 - 4	0,01	0,16	0,01

(زيادة التوصيلية الكهربائية). حيث يزداد توهين الموجة الرادارية بزيادة قيم التوصيلية الكهربائية للوسط، فالمجال الكهربائي للإشارة الرادارية المرسله تتفاعل فيزيائيا مع جزيئات الوسط فتكون ثنائي قطب كهربائي محتث يعمل على توليد مجال كهربائي معاكس لمجال الاشارة الساقطة، فيؤدي الى توهينها ويحد من اختراقها، وكلما كانت قيم توصيلية الوسط كبيرة فان توهين الاشارة الرادارية سيكون كبير ايضا (Johansson and Friberg, 2005). وهذا ما نلاحظه في اختلاف قدرة اختراق الاشارة بين منطقة الجارية والمحاويل، اذ نلاحظ في الشكل (6) ان قيم التوصيلية الكهربائية لغاية عمق 4 متر تتراوح بين 50-43 mS/m لموقع الجارية في حين تتراوح قيم التوصيلية لنفس العمق بين 30-26 mS/m لموقع المحاويل كما في الشكل (7).

ان الرطوبة العالية وارتفاع قيم التوصيلية الكهربائية لمنطقتي الدراسة قد جعل من تقنية الـ (GPR) غير مجدية في الكشف عن مستوى المياه الجوفية. لذا تم اللجوء الى تقنية قياس التوصيلية الكهربائية الارضية.

قياس التوصيلية الارضية

نلاحظ في الشكل (6) ان قيم التوصيلية الكهربائية لمادة الوسط تتزايد تدريجيا بزيادة العمق، بسبب طبيعة الوسط الطينية، اذ نشاهد بوضوح طبقات متتابعة ذات قيم توصيلية متقاربة، بسبب تفاوت نسب الرطوبة بين طبقة واخرى، والتفاوت في مكونات طبقات التربة. اذ ان ذوبان الاملاح نتيجة الزيادة في رطوبة التربة ادى الى زيادة قيم التوصيلية الكهربائية بزيادة العمق، اذ نلاحظ ان نسبة الزيادة في قيم التوصيلية من عمق 1-6 متر كان 10mS/m، في حين ان هذه النسبة قد ازدادت الى 15mS/m للعمق من 6-9 متر. بسبب ازدياد نسبة الايونات (الاملاح الذائبة في التربة المشبعة بالمياه) المكونة

اذ تعتبر الاوساط الطينية الرطبة والمياه من المحددات المؤثرة في سرعة الاشارة الرادارية (Suvarna, 2004). اذ تعتمد سرعة الموجة الرادارية على ثابت العزل الكهربائي للوسط كما في العلاقة التالية:

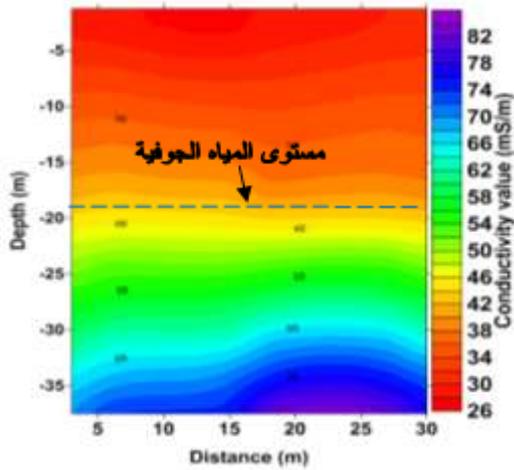
$$v_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

حيث تمثل (c) سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ و (ϵ_r) يمثل ثابت العزل الكهربائي للوسط.

(Uduwawala, et al., 2005)

(Suvarna, 2004)

ومن معرفة سرعة الموجة الرادارية خلال الاوساط، بالاضافة الى المعلومات الجيولوجية لمنطقة الدراسة، يمكن تحديد نوع الوسط ومقدار رطوبته. اذ كانت سرعة الموجة الرادارية في موقع المحاويل اكبر منها في موقع الجارية، وهذا يدل على ان الاوساط الطينية في موقع المحاويل اقل رطوبة من الاوساط الطينية في موقع الجارية. ومن ناحية اخرى فان ارتفاع قيم التوصيلية الكهربائية لموقع الجارية كانت اكبر من موقع المحاويل بسبب التفاوت في رطوبة الموقعين

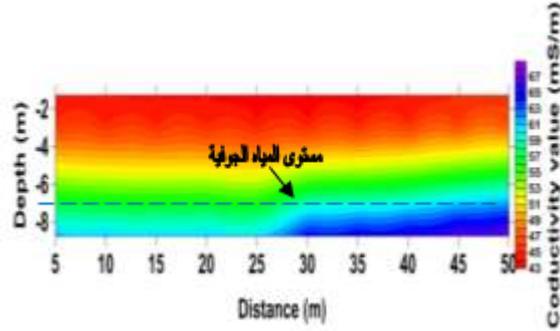


شكل (8) قيم التوصيلية الكهربائية لطبقات التربة لاعمق تصل الى 40 متر ، اذ يظهر مستوى المياه الجوفية (Watertable) على عمق 20 متر. منطقة العمل في محافظة بابل/ المحاويل. الجهاز المستخدم نوع (EM34-3)

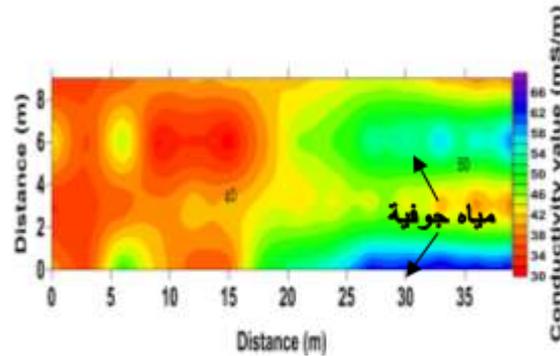
ان منطقة العمل المختارة في تركيا ذات طبيعة متموجة (تكوينات صخرية وترابية)، لذا نلاحظ التباين في قيم التوصيلية من منطقة الى اخرى ومن عمق الى اخر، تبعا لاختلاف مادة الارض. كما ان اجراء الدراسة في فصل الشتاء قد زاد من قيم التوصيلية الارضية للموقع.

نلاحظ في الشكل (9) جزء من خزان مائي (على الارجح) في المنطقة (A) على عمق 45 متر، اذ نلاحظ ارتفاع في قيم التوصيلية الكهربائية، كما يحتمل ان تكون المنطقة المؤشرة بالخطوط المنقطه ممر (تكوين مسامي) لتغذية الخزان من مياه الامطار، اذ نلاحظ ان قيم التوصيلية مرتفعة نسبيا، نتيجة رطوبة الممر (تزداد قيم توصيلية الاوساط بزيادة رطوبتها).

للتيارات المحتثة. لذا يمكن التكهين بمستوى المياه الجوفية عند 6 متر.



شكل (6) قيم التوصيلية الكهربائية لطبقات التربة لاعمق تصل الى 9 متر ، اذ يظهر مستوى المياه الجوفية (Watertable) على عمق 6 متر، منطقة العمل مدينة بغداد/ الجادرية. الجهاز المستخدم نوع (EM34-3).



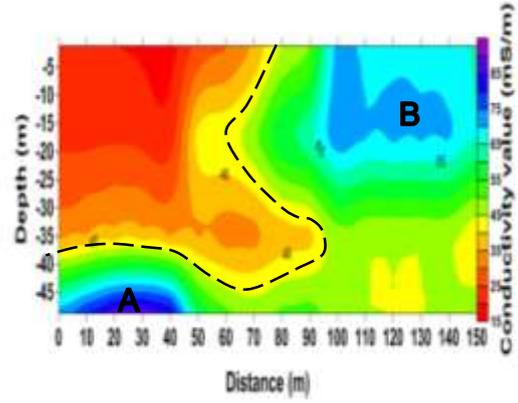
شكل (7) منظر علوي (Top View) لقيم التوصيلية الكهربائية لطبقات التربة لاعمق مختلفة تصل الى 6 متر، منطقة العمل مدينة بغداد/ الجادرية. الجهاز المستخدم نوع (EM34-3).

وكذلك الحال في الشكل (8)، اذ نلاحظ ان نسبة الزيادة في التوصيلية الى العمق قد ازدادت بشكل واضح بعد العمق 20 متر (مستوى المياه الجوفية). هذه الزيادة ناتجة عن تشبع الوسط بالمياه عند ذلك العمق. وقد تم تأكيد هذه النتائج من خلال الاطلاع على عمق مياه الابار القريبة من الموقع.

هذا التباين. ولم يكن ذلك التكهّن سهلاً في الموقعين العراقيين ، بسبب التشابه في مكونات الوسط. فلم يكن تحديد مستوى المياه الجوفية الا من خلال التفاوت في نسبة رطوبة الوسط الى العمق، بالاضافة الى الدعم المعلوماتي لمنطقة الدراسة.

الاستنتاجات والتوصيات

1. إن زيادة نسبة أملاح ورطوبة الوسط قد حد من قدرة اختراق الإشارة الرادارية بشكل ملحوظ
2. التوصيلية الكهربائية لموقع الجادرية اكبر من موقع المحاويل، اذ لم تتجاوز قدرة اختراق الإشارة الرادارية لموقع الجادرية 1.5 متر و 1.8 متر عند استخدام هوائي بالتردد (250MHz) و (100MHz) على التوالي. كما ان قدرة اختراق الاشارة الرادارية في موقع المحاويل لم تتجاوز 2 متر و 2.1 متر عند استخدام نفس الهوائيين.
3. عدم الجدوى من استخدام التقنية الرادارية في الكشف عن مستوى المياه الجوفية في الاوساط ذات التوصيلية العالية.
4. فاعلية استخدام تقنية قياس التوصيلية الارضية في الكشف عن مستوى المياه الجوفية.
5. نوصي باستخدام تقنية قياس المقاومة او التقنية الزلزالية بجانب تقنية قياس التوصيلية الارضية في الكشف عن امتدادات الخزانات الجوفية، لمحدودية الاعماق التي تصل اليها الطريقة الاخيرة.



شكل(9) قيم التوصيلية الكهربائية لطبقات التربة لاعماق تصل الى 50 متر ، منطقة العمل في تركيا في فصل الشتاء. الجهاز المستخدم نوع (EM34-3).

اما المنطقة (B) فتمثل منطقة طينية مشبعة بمياه الامطار، ويحتمل انها مصدر اخر لتغذية الخزان (A) عن طريق الممر اعلاه (قيم التوصيلية للاوساط الطينية 1-200 mS/m)، اذ تعتمد على نسبة الاملاح الموجودة في الوسط وزيادة نسبة الرطوبة، غير ان هذه التكهّنات تفتقر الى ما يؤيدها، عن طريق اجراء قياسات بتقنيات اخرى كجهاز قياس المقاومة، الذي يستطيع الاختراق الى عمق ابعد بكثير من جهاز التوصيلية، وكذلك استخدام التقنية الزلزالية. كما لم تتوفر معلومات وافية عن وجود ابار قريبة من الموقع تدعم تلك التكهّنات. كانت قيم التوصيلية الكهربائية الارضية في الموقع التركي ذو تباين واضح، بسبب الطبيعة الصخرية للموقع، لذا كان بالامكان التكهّن بمكامن المياه الجوفية من خلال

Kun, F. L.; Hongb, R.; Kangc, Y. M.; Wangd, C. S. and Lina, K. A. (2009) "Detecting the Weathering Structure of Shallow Geology via the Ground Penetrating Radar" *International Journal of Applied Science and Engineering*, 6 (3), 207-215.

Parsons, R. (1957) "Groundwater Recourses of Iraq" Ministry of Development, Cover of Iraq.

Pauzi, N. I.; Omar, H. and Yusoff, Z. M. (2011) " Water Detection on the Ground Subsurface Using Electromagnetic Device EM-34 for Airport Runaway" *EJGE, Bund. T, Vol. 16*, 1511-1522

Salih, S. A. (2008)"Applications of Ground Penetrating Radar (GPR) in Detection of Groundwater Table" Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq, 100.

Seger, M. and Nashait, A. (2011)" Detection of Water Table by Using Ground Penetration Radar (GPR)" *Eng. and Tech. Journal*, 29(3), 544-566.

Suvarna, S. S. (2004) "Reconstruction of Ground Penetrating Radar Images Using Techniques Based on Optimization" a Thesis Submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, 88.

Uduwawala, D.; Norgren, M. and Fuks, P. (2005) "A Complete Simulation of a Real GPR Antenna System Operating Above Lossy and Dispersive Grounds" *Progress In Electromagnetic Research*, 50, 209-229.

Reference

Buchanan, S. and Triantafilis, J. (2009) "Mapping Water Table Depth Using Geophysical and Environmental Variables" *GROUND WATER*, 47 (1) , 80–96

Bozkurt, E. and Satir, M. (2000) "The southern Menderes Massif (western Turkey)"geochronology and exhumation history. *Geological Journal*, (35), 285-296.

Eyuboglu, S.; Mahdi, H. and AlShukri, H. (2004) "Detection of Water Leaks Using Ground Penetrating Radar" Department of Applied Science University of Arkansas at Little Rock, USA, 122.

Harry, M. J. (2009) "Ground Penetrating Radar Theory and Applications" First edition, Elsevier, 524.

Johansson, B. and Friborg, J. (2005) "Applied GPR Technology Theory and Practice Handbook, First Edition, Mala Geosciences,150.

Jardani, A.; Revil, A.; Santos, F.; Fauchard,C. and Dupont, J.P. (2007) "Detection of Preferential Infiltration Pathways in Sinkholes Using Joint Inversion of Self-potential and EM-34 Conductivity Data" *Geophysical Prospecting*, 55, 1–12