

استخدام المسح الجيوفيزيائي لدراسة ظاهرة ارتفاع منسوب المياه الجوفية (دراسة حالة مصفى بيجي)

نبيل حميد الصائغ

مركز بحوث السدود والموارد المائية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2006/4/18 ، تاريخ القبول 2007/1/21)

الملخص

أرتفع منسوب المياه الجوفية في مصفى نفط صلاح الدين / بيجي تحت مباني المنشأة من عمق 13 متر إلى أقل من 1 متر تحت سطح الأرض خلال خمسة عشر سنة. وقد تم حفر عدد كبير من الآبار في المنشأة لمراقبة منسوب وتصرف حركة المياه الجوفية. أستخدم المسح الجيوفيزيائي (الزلزالي الانكساري والمقاومة النوعية الكهربائية) للكشف عن وجود تكهفات أو قنوات تحت سطحية في المنشأة.

أظهر المسح الجيوفيزيائي عن وجود عدد من الفجوات أو التكهفات تحت السطحية في المنشأة والتي أغلبها مرتبط بوجود مجاري (مانهولات Manholes) وأنايبب وكيبلات تحت سطحية وأن هذه التكهفات ضحلة العمق (أقل من 5م) وقد تكونت نتيجة تسرب المياه من هذه الأنايبب والمانهولات مما أدى إلى انجراف التربة الحاوية على الجبس الثانوي في المنطقة مكونا تلك الفجوات والتكهفات.

غير أن النتيجة الأهم التي أظهرها المسح الجيوفيزيائي ولم تكن معروفة سابقا والتي فسرت تصرف حركة المياه الجوفية في المنشأة هو أن المنشأة قد بنيت برمتها فوق مجرى قديم (قناة تحت سطحية Meander) لنهر دجلة وأن هذه القناة مملوءة بالترسبات النهرية المختلفة (الحصى والرمل والغرين والطين)، حيث تكون هذه الترسبات على شكل عدسات متداخلة. وأن هذه القناة تتجه من الشرق إلى الغرب ثم تتحني جنوبا حيث أن المنشأة قد بنيت في وسط الانحناء. وأن سمك الترسبات النهرية في منطقة الانحناء يتجاوز العشرين متراً.

وقد ظهر أن المياه المتسربة من المجاري والأنايبب تتجمع في وسط الانحناء حيث تكون ما يشبه بحيرة جوفية لأنها تشكل أوطاً نقطة في القناة. ومن هذه المنطقة يتم تصريف الماء داخل القناة إلى جنوب المنشأة. وقد تم تتبع القناة خارج المنشأة حيث شوهد عدد من الينايبب كما لوحظ وجود تراكيب التطبيق

المتقاطع Cross-bedding في بعض المقاطع ضمن طبقة الحصى وأن هذه التراكيب تتجه إلى الجنوب مما يؤكد بدلالة قاطعة أنها مجرى قديم Meander لنهر دجلة. وقد تم التوصية بحفر قنوات في المنطقة التي تظهر فيها الينابيع وسط القناة للمساعدة في تصريف المياه.

Application of Geophysical Survey to Study the Rising of Ground Water Level (A Case Study of Beiji Refinery)

Nabeel H. Al-Saigh

*Dams and Water Resources Research Center
Mosul University*

ABSTRACT

At Beiji Refinery the level of ground water raised from 13m below ground surface to less than 1m within fifteen years. Number of boreholes was drilled to monitor the level and movement of ground water.

Geophysical techniques (Seismic refraction and resistivity) have been used to detect subsurface cavities and channels in the refinery. It has been found number of subsurface cavities and holes most of them related to the presence of manholes and subsurface pipes and cables. The cavities are shallow (less than 5m deep) and had been formed due to the leakage water from these manholes and pipes which lead subsequently to the leaching of soil that is contain secondary gypsum.

The most important result, however, which is not known before and lead to the clarification of ground water movement in the refinery is that the refinery had been built over a subsurface channel (old meander of Tigris river). This channel had been filled with river sediments (Pebbles, Sand, silt and clay). These sediments are presents as lentils. The direction of the subsurface channel is from east towards the west bending southwards, where the refinery had been built at the bending area where the thickness of the river sediments in this part is over 20m.

It has been found that the water leakage from manholes and pipes are accumulating in the bending area where it forms as subsurface lake since it is the lowest part in the channel. From this area the water discharges to the southern refinery. The subsurface channel has been followed outside the refinery where it has been observed number of springs, cross-bedding and imbricate structures.

An advice has been forward to the refinery to dig channels in the spring's area to help discharging subsurface water.

المشكلة وأهداف الدراسة

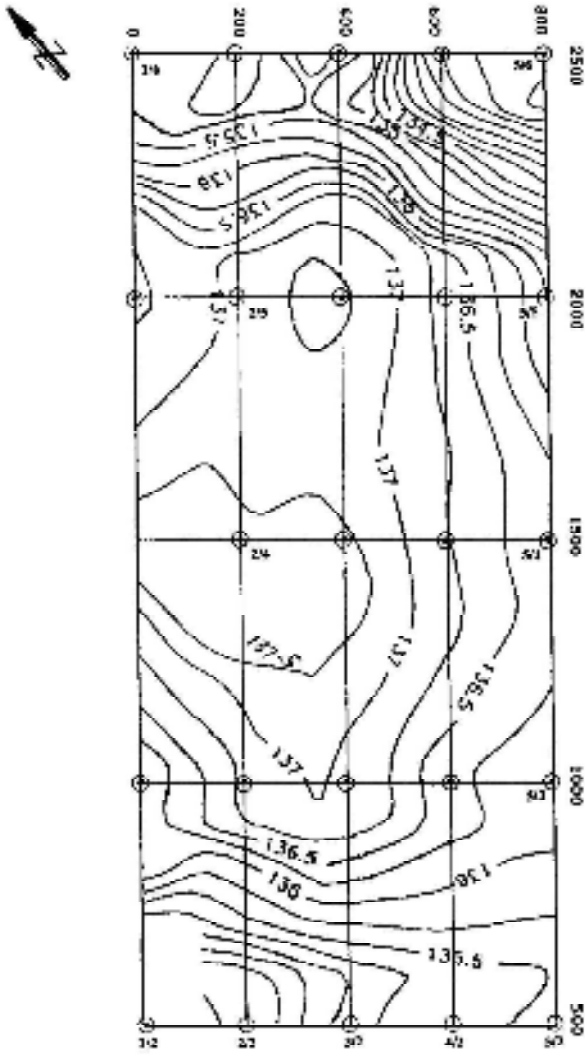
ظهرت مشكلة ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مصفى نفط صلاح الدين / بيجي بصورة ملحّة في السنوات الأخيرة. حيث أن عمق المياه الجوفية كان بحدود 13م تحت سطح الأرض عام 1980 ووصل

المنسوب إلى 4 أمتار عام 1990 والى منسوب (2-3 م) عام 1994 في حين وصل المنسوب إلى أقل من 1 م عن سطح الأرض عام 1996، مما أخذ يهدد بشكل جدي أسس الأبنية وخصوصا المداخل العالية. لقد طرحت عدة آراء حول مصدر المياه الجوفية وكيفية معالجة المصدر للعمل على تخفيض المناسيب. لقد كانت الآراء متباينة ففي حين كان يصر البعض بأن مصدر المياه جوفية ارتوازية كانت تعتقد آراء أخرى بأن هذه المياه تأتي من خارج المصفي إلى داخل المصفي بجريان تحت سطح الأرض، وفريق ثالث أعتقد بأن مصدر المياه الجوفية هي المنشأة نفسها (تقرير المكتب الاستشاري الهندسي، جامعة الموصل 1996).

وعلى هذا الأساس قام المكتب الاستشاري الهندسي في جامعة الموصل بدراسة المشكلة لتحديد مناطق تسرب المياه وإيجاد المناطق العالية للمياه Ground Water Mound والمناطق المنخفضة فيه Ground Water Depression وتحديد حركة المياه واتجاهاتها من خلال رصد الارتفاع والانخفاض في مستوى المياه في منظومة الآبار التي تم اقتراحها من قبل المكتب الاستشاري الهندسي. حيث تم حفر ٦٣ بئرا لملاحظة مناسيب المياه الجوفية. توزعت الآبار على شكل شبكة Grid system وحددت المسافة بين الخطوط العرضية بـ ٥٠٠ م والخطوط الطولية بـ ٢٠٠ م حيث أن الخط الطولي الأول يمتد مع السياج الداخلي للمنشأة (الشكل ١). كما تم حفر ٨ آبار إضافية داخل هذه الشبكة ليصل مجموع الآبار المحفورة ٧١ بئرا والى أعماق تتراوح بين ٦ و ١٠ م تحت مستوى سطح الأرض.

أظهرت الدراسة أن المياه الجوفية مرتفعة بصورة خاصة في المنطقة (II) وأن خطوط تساوي المناسيب Contours لم تتغلق في الفسحة المقابلة لبئر ٢/٤ (الشكل ١). كما ظهر بأن المياه تتجه بصورة رئيسة باتجاه الجنوب والجنوب الشرقي. وأكد التقرير أن السبب الأساسي لارتفاع مستوى المياه الجوفية هو ارتشاح المياه من المنظومات المختلفة للمنشأة. كما اقترحت الدراسة حفر ١٥-٢٠ بئرا إضافية في المنطقة التي لم يتم فيها غلق خط تساوي المنسوب ١٣٧.٥ م Contour (الفسحة المقابلة لبئر ٢/٤) وذلك لإكمال الصورة فيما يخص حركة المياه الجوفية.

وعلى هذا الأساس كان يخشى أن ارتشاح المياه الجوفية في المنطقة ربما أدى إلى انجراف التربة الحاوية على الجبس وحصول بعض التكهفات التي ربما تؤثر على المنشآت المختلفة في المنشأة. وبناءا عليه اقترح إجراء دراسة جيوفيزيائية (زلزالية انكسارية وجيوكهربائية) لتحديد مواقع التكهفات والفجوات ومناطق الضعف التي يحتمل وجودها في المصفي والى عمق ١٠ م.



الشكل ١: خارطة كنتورية لتساوي منسوب المياه الجوفية، حيث يظهر عدم انغلاق خط المنسوب ١٣٧.٥ أمام البئر ٢/٤. كما يظهر جزء من منظومة الآبار التي تم حفرها في المصفي. (تقرير المكتب الاستشاري الهندسي، جامعة الموصل ١٩٦٦).

إن طرق الفحص المباشرة للتحري الموقعي (كحفر الآبار والخنادق وفحص النماذج) تعطي معلومات محددة في النقطة أو الموقع الذي جرى فيه الحفر أو الفحص ولكنها لا تخبرنا شيئاً عن طبيعة الأرض بين هذه المواقع أو الآبار والتي قد تحوي على فجوات أو شقوق أو تغير فيزيائي كبير في طبيعة التربة. بينما الطرق الجيوفيزيائية لها الخاصية على إعطائنا معلومات عن طبيعة التربة والصخور بين هذه الآبار أو المواقع. ولهذا فإن اشتراك الطرق المباشرة وغير مباشرة (أي حفر الآبار والفحص الموقعي والمعلومات الجيوفيزيائية) تعطينا تحري موقعي أفضل وخصوصاً في المناطق التي يحتمل تواجد كهوف أو شقوق فيها. في العقود الثلاث الأخيرة تم استخدام الطريقة الزلزالية الإنكسارية وطريقة المقاومة الكهربائية بصورة مكثفة في التحري الموقعي وذلك لقابلية هذه الطرق على إعطاء صورة واضحة عن طبيعة وسمك ونوعية وصلابة الطبقات والى أعماق مختلفة وكذلك الكشف عن الفجوات والشقوق تحت السطحية وعمق المياه الجوفية وبهذا فإن استخدام هذه الطرق تقلل من عدد الآبار الواجب حفرها أو الفحوصات الواجب إجرائها بمقدار العشر (١/١٠) (Engineering Group Working Party, 1988).

جيولوجية المنطقة

تتميز منطقة الدراسة بصورة عامة بكونها مستوية، محاطة من الشمال الشرقي بمنطقة جبلية متمثلة بوجود سلسلتي مكحول وحميرين المحدبتين واللذين يكونان متراكبين (en 'echelon) بالإضافة إلى نهاية طية سامراء المقعرة والتي سميت بهذا الاسم من قبل (1959) NEDECO وسميت من قبل (1976) Al-Mubark and Youkana بطية مكحول المقعرة. يمتد محور هذه الطية باتجاه الشمال الغربي وتعتبر منطقة الدراسة الحالية جزء من طرفها الشمالي الشرقي والذي تغطيه ترسبات تكوين انجانه. يكون ميل الطبقات قليل نسبياً في طرفي الطية ولذلك يمكن اعتبارها طية ضحلة ولو أن طرفها الشمالي الشرقي أكثر ميلاً من طرفها الجنوبي الغربي.

ينكشف في طيبي مكحول وحميرين تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط)، يعلوه تكوين إنجانه (المايوسين الأعلى). وهذين التكوينين واسع الامتداد والانتشار في منطقة الفتحة والمناطق المجاورة لها. يشكل تكوين الفتحة المظهر التركيبي للطيات المحدبة ويظهر على شكل مكاشف صخرية طولية في هذه التراكيب الجيولوجية. بصورة عامة تعتبر صخور المارل والحجر الجيري وحجر الجبس الأنواع الرئيسية للصخور في هذا التكوين وتمثل دورات رسوبية بعضها كاملة وبعضها غير كامل وقسم منها اعتيادية والقسم الآخر معكوس (Al-Naqib and Aghwan, 1993).

أما تكوين إنجانه فيغطي مساحة شاسعة وبالذات في امتداد طية سامراء المقعرة ويظهر مكاشف صخرية واسعة. سمك التكوين يتراوح بين ١٠٠-٢٥٠م بالاستناد إلى باكوس (1985) و NEDECO (1959). قسم التكوين إلى وحدتين طباقيتين من قبل Bakos and Sissakian (1975)، فالوحدة السفلى تتكون من الحجر الرملي والسلت في حين تتكون الوحدة العليا من تعاقب صخور المارل والسلت والطين والحجر الرملي في منطقة بيجي - تكريت - الثرثار. كما يتخلل مختلف طبقات التكوين ترسبات كيميائية للجبس الثانوي (Secondary gypsum). وفي منطقة الدراسة الحالية (المنشأة) وكما هو واضح من معلومات الآبار المحفورة يتبين ظهور الطبقات العليا من تكوين إنجانه، والتي تتكون من حجر الطين (Claystone) وحجر الطين الغريني (Silty claystone) وطبقة من الحجر الرملي (Sandstone) تظهر في البئر (٦/٤).

يظهر إلى السطح في منطقة الدراسة أنواع من الترب التي يشكل الرمل والسلت (الغرين) والطين والحصى غالبية مكوناتها. وبحكم تواجد الجبس الثانوي بين حبيباتها وقابلية ذوبانه السريع بالماء فإن الترابط بين حبيبات التربة يكون ضعيفاً وبالتالي تكون هذه الترب هشة.

لقد اعتبرت الشركة الجيوكوسلفاكية التي قامت بإعداد التقرير الخاص بالهندسة المدنية للمنشأة (Techno Export, 1982) بأن ترسبات هذه الترب تعود إلى العصر الثلاثي Tertiary sediments وذلك بالاستناد إلى التقارير المعدة للمنشأة من قبل مختبر الرافدين الهندسي ومختبر بغداد الهندسي وتقرير المنشأة العامة للمعادن.

أظهرت الدراسة الحالية أن هذا الاعتقاد خاطئ حيث أن هذه الترسبات تعود إلى العصر الرباعي (Quaternary sediments) وهي تمثل ترسبات الشرفات النهرية وترسبات السهل الفيضي القديم لنهر دجلة. تتميز ترسبات الشرفات النهرية باحتوائها على الحصى والرمل مع جبس ثانوي (باكوس، ١٩٨٥)، وتكون حشوتها (Matrix) متكونة من الرمل والسلت (الغرين) والطين، ويختلف سمكها من مكان إلى آخر في منطقة الدراسة حيث يتراوح بين (٢-١٥م)، وقد تختفي في أماكن أخرى وذلك لأن طبيعة ترسيبها تكون قنوات نهريّة. وتتميز ترسبات الشرفات النهرية بكونها محيط خزّان للمياه الجوفية، (Al-Mubark and Youkana, ١٩٧٦) وذلك بسبب عدم التماسك التام لمكوناتها مما يعطيها نفاذية عالية نسبياً.

المسح الجيوفيزيائي

تم في هذه الدراسة استخدام طريقتين من المسح الجيوفيزيائي، المسح الزلزالي الانكساري ومسح المقاومة النوعية الكهربائية. حيث أن كلتا الطريقتين تعتبر مكملة للأخرى، وهو ما يوصي بهما في هكذا نوع من الدراسة. استغرق المسح الجيوفيزيائي لمدة شهرين كاملين للفترة من ١٩٩٦/٢/٧ ولغاية ١٩٩٦/٤/٧. تعتمد الطريقة الزلزالية الإنكسارية بالأساس على إيجاد عدم الاستمرارية في الصفات المرنة (Elastic moduli) للترب والصخور بواسطة تسجيل الموجات الزلزالية العائدة من تلك الطبقات إلى سطح الأرض وهذا يتم بإرسال موجة صوتية (زلزالية) من مصدر واستلام الموجة الزلزالية بواسطة لاقطة بعد مرورها وانكسارها خلال الطبقات المختلفة. وبسبب كون الأنواع المختلفة من الترب والصخور تمتلك معاملات مرونة مختلفة فإن الموجات الزلزالية سوف تسير بسرّع مختلفة في هذه الطبقات، فإذا ما تم قياس سرعة هذه الموجات فإنه من الممكن معرفة الخواص الفيزيائية للأوساط التي تمر بها هذه الموجات كالصلابة Hardness والكثافة وكذلك الكشف عن مناطق الشقوق والفجوات. كما يمكن تحديد عمق الاستكشاف وذلك بواسطة التحكم بالمسافة بين مصدر الطاقة ومستلم الموجة الزلزالية (اللاقطة). فعمق الاستكشاف بصورة عامة هو بحدود ١/٣ من المسافة بين مصدر الطاقة وبين اللاقطة (مسافة تشر المسار الزلزالي). إن كل خط زلزالي يمكن تصوره على أنه خندق Trench يظهر سمك ونوعية ووضعية الطبقات على طول الخط الزلزالي.

أما طريقة قياس المقاومة النوعية الكهربائية فتعتبر من إحدى الطرق الجيوفيزيائية المهمة التي تستخدم في تعيين مواقع وحجوم التكهفات تحت السطحية وذلك بسبب التغيرات في قيمة المقاومة النوعية الكهربائية بين الفجوات والصخور المحيطة بها. حيث أن الفجوات تكون ذات مقاومة نوعية كهربائية عالية جداً مقارنة بالصخور المحيطة بها، وذلك بسبب رداءة التوصيل الكهربائي لهذه الفجوات.

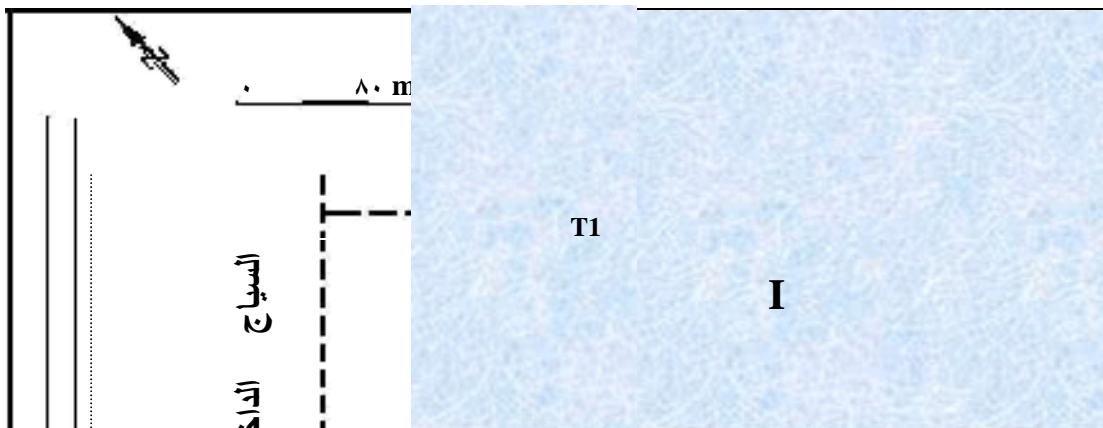
تعتمد هذه الطريقة على إمرار تيار كهربائي إلى داخل الأرض بواسطة قطبين كهربائيين ثم قياس فرق الجهد بواسطة قطبين آخرين. لذلك فإن أي تغيرات تحت سطحية في التوصيل الكهربائي (المقاومة

النوعية) سوف تغير من تدفق خطوط التيار الكهربائي وهذا بدوره يؤثر على توزيع الجهد الكهربائي داخل الأرض. وبذلك يمكن التعرف على طبيعة وتوزيع الطبقات الصخرية تحت السطحية من قياس الجهد الكهربائي على سطح الأرض.

هنالك نوعين من الجس الكهربائي؛ الجس الكهربائي العمودي Vertical Electrical Sounding (VES) والجس الكهربائي الأفقي Electrical Profiling. وقد تم في هذه الدراسة استخدام كلا النوعين من الجس الكهربائي وذلك باستخدام جهاز قياس المقاومة النوعية الكهربائية نوع (ABEM (SAS 300).

المسح الزلزالي الانكساري

تم في هذا المسح استخدام جهاز المسح الزلزالي الانكساري ذي المطرقة Single-channel signal enhancement hammer seismograph موديل MODII وهو عبارة عن جهاز تماثلي (Analog) ذو شاشة إلكترونية بدون سجل لقياس الموجات الزلزالية. وتبلغ دقة الجهاز (٠.٠٤) جزء بالألف من الثانية. شمل المسح إجراء قياس زمن الوصول الأولي للموجات الطولية لـ (١٨) خطأ بطول كلي مقداره (٢٤٨٥) متراً، (الشكل ٢). كل خط من هذه الخطوط يتضمن مساراً (Traverse) واحداً أو أكثر. طول هذه المسارات تراوح بين (٣٠-٦٠) متراً اعتماداً على درجة الضوضاء (Noise) في موقع المسار عند إجراء القياسات، وعلى وجود العوارض الصناعية لمد هذه المسارات وذلك للوصول إلى أعماق تصل إلى حوالي ١٠-٢٠ م. عدا (٥) مسارات تم أخذها بجانب أبراج التبريد (Cooling Tower 1) تراوحت أطوالها بين ١٥-٤٠ م وذلك نتيجة الضوضاء العالية في المنطقة. تراوحت المسافة بين محطة مطرقة وأخرى بين (٢.٥-٥) م اعتماداً على البعد عن موقع اللاقطة. دقة القراءة تراوحت بين (٠.٠٤-٠.٠٨) جزء بالألف من الثانية اعتماداً على المسافة بين محطة المطرقة (Hammer station) وبين اللاقطة المثبتة (Geophone). وقد اتبع في نظام الخطوط الزلزالية نظام التغطية المزدوجة (Overlap) لبعض أجزاء المسار في حين أن القياس في بعض المسارات تم باتجاهين الأمامي والعكسي (Reverse shooting).



الشكل ٢ : خارطة المصفي تظهر فيها مواقع المسح الجيوفيزيائي الزلزالي والكهربي وكذلك موقع القناة تحت السطحية المكتشفة بواسطة المسح الجيوفيزيائي. المنطقة المضللة تشير إلى منطقة أبنية ومنشآت هندسية.

وقد تم نشر الخطوط الزلزالية بموازاة الشوارع المحيطة بالمنشأة وبعيداً عن الأبنية وخطوط الأنابيب والكيبلات ما أمكن ذلك (الشكل ٢)، حيث أن أي قناة مصدرها المصفي سوف يتم اكتشافها في هذه الخطوط. ولكون وجود فسحة أمام البئر ٢/٤ وبسبب أن خطوط تساوي مناسيب المياه الجوفية (Contours) لم تتعلق في هذه المنطقة (تقرير المكتب الاستشاري الهندسي ١٩٩٦) فقد تم تكثيف خطوط المسح الزلزالي في هذه المنطقة لدراستها بصورة مفصلة وسوف نطلق عليها في هذه الدراسة أسم (الفسحة).

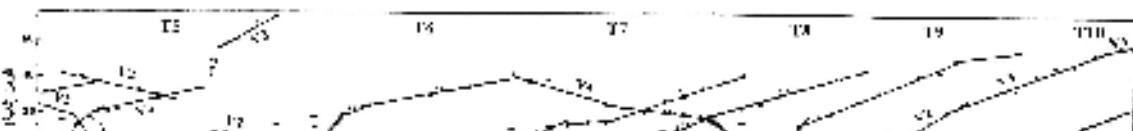
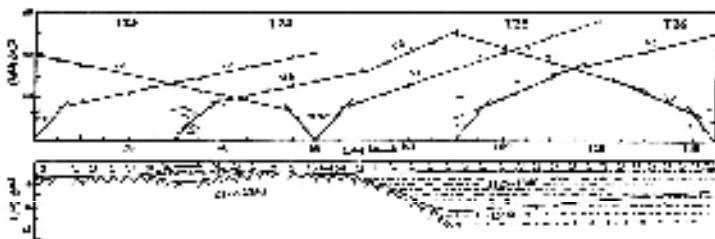
تفسير نتائج المسح الزلزالي الانكساري

تم تفسير النتائج الحقلية بتسقيط قراءات الزمن الأولي لوصول الموجة المقاسة في الحقل مع المسافة بين اللاقطة ومحطة المطرقة على ورق بياني. ومن ثم نسبت كل مجموعة من القراءات إلى سطح كاسر

معين (تحديد السطح الكاسر على منحني زمن-مسافة). وقد تم الاستعانة بمعلومات الآبار المحفورة في المنطقة والملاحظات الحقلية في إجراء التفاسير لمنحنيات زمن-مسافة. وقد لوحظ أن بعض المنحنيات تحوي قراءات شاذة لزمن وصول الموجة والتي تؤدي إلى تغيير ميل الخط الذي يمثل سطحاً كاسراً معيناً. هذه القراءات ربما تكون بسبب التراكيب تحت السطحية أو بسبب وجود قنوات أو تكهفات أو بسبب وجود أنابيب وكيبلات مدفونة. حيث أن وجود شق أو تكهف تحت سطحي يؤدي إلى حدوث تشتت طاقة الموجات الزلزالية وبالتالي يؤدي إلى حصول تأخير ملحوظ في زمن وصول الموجة على منحني زمن-مسافة.

تم استخدام معاملات موتا (Mota, 1954) لتفسير منحني زمن-مسافة على افتراض أن السطح الكاسر مستو وذلك لسهولة إجرائها وكذلك لكون السطح الكاسر يظهر تحت المسار بأكمله، والشكل (٣) يمثل منحنيات زمن-مسافة لبعض الخطوط الزلزالية وتفسيراتها الجيولوجية. حيث أظهر المسح الزلزالي عن وجود عدد من الفجوات والتكهفات والتي أغلبها مرتبط بوجود مجاري وأنابيب وكيبلات تحت سطحية وأن هذه التكهفات هي ضحلة العمق (أقل من ٥٥ م).

غير أن النتيجة التي هي أكثر أهمية للمنشأة والتي ألفت الضوء على صورة حركة المياه الجوفية ووضعية المناطق المرتفعة والمنخفضة فيه هو إظهار المسح الزلزالي عن وجود قناة قديمة لمجرى نهر دجلة (Meander) وأن هذه القناة تتجه من الشرق إلى الغرب ثم تتحني جنوباً عند السياج الداخلي للمنشأة وأن معظم منشآت المصفي قد بنيت برمتها فوق هذه القناة (الشكل ٢). وهو ما يفسر بوضوح سبب عدم غلق خط تساوي منسوب المياه 137.5 Contour عند سياج المنشأة. وهذا ما أيده المقاطع الجيولوجية التي تم إعدادها فيما بعد من معلومات الآبار المحفورة (الشكل ٤)، حيث تظهر هذه المقاطع بصورة واضحة عن وجود قناة قديمة لمجرى نهر قديم (Meander).

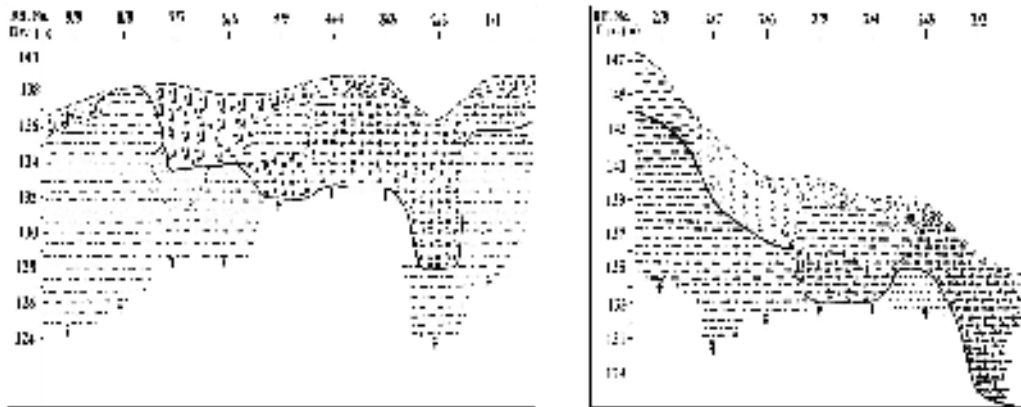


الشكل ٣: منحنيات زمن مسافة لبعض الخطوط الزلزالية وتفسيراتها الجيولوجية.

مسح المقاومة النوعية الكهربائية

١. الجس الكهربائي العمودي:

يستعمل هذا الجس لتحديد التغيرات العمودي للمقاومة النوعية للطبقات تحت السطحية بالإضافة إلى تحديد العمق إلى السطوح البينية الفاصلة بين الطبقات، أي إعطاء معلومات كمية مع العمق. استخدم ترتيب شلمبرجر لأخذ قياسات المقاومة النوعية الظاهرية في خمس عشرة نقطة جس كهربائي موزعة في المنطقة (الشكل ٢). وفي إحدى نقاط الجس (S7) تم القياس بترتيب فينر



الشكل ٤: بعض المقاطع الجيولوجية المستنبطة من الآبار المحفورة.

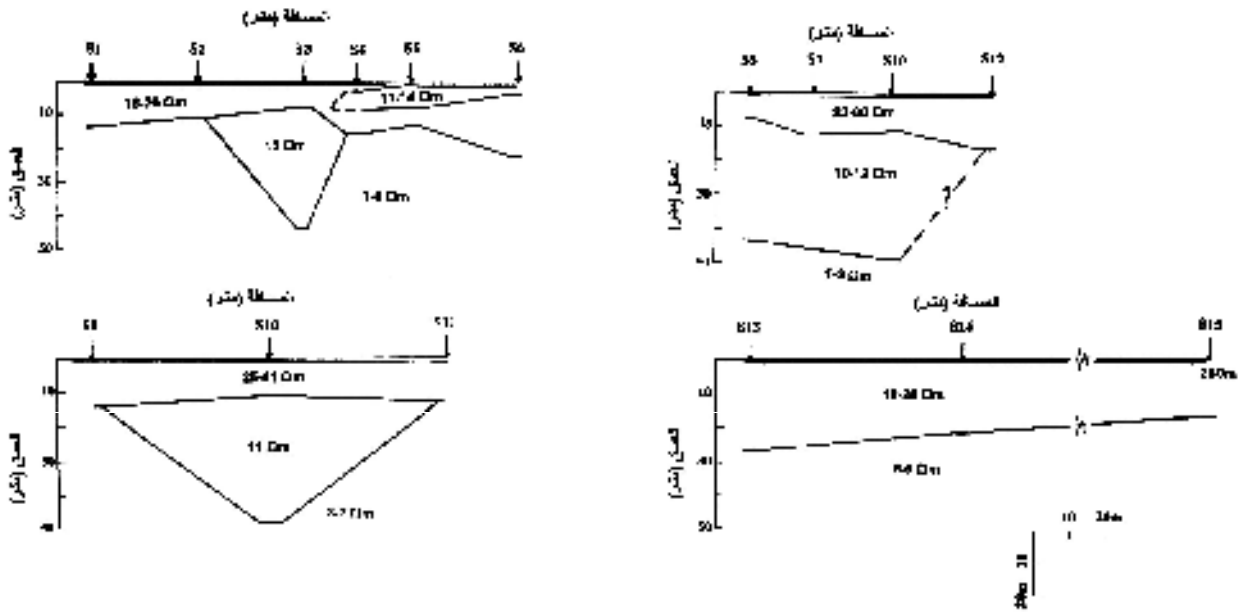
بالإضافة إلى شلمبرجر. حيث تم أخذ (12) نقطة جس كهربائي عمودي في الفسحة المقابلة للبيئر 2/4 وثلاثة نقاط في أماكن أخرى. في كل نقطة بدأت المسافة بين أقطاب فرق الجهد MN بـ 1م وبين قطبي

التيار AB بـ ٣م، ثم زادت المسافة باستمرار لتصل 20 م و200م على التوالي بين قطبي فرق الجهد وقطبي التيار، وذلك للوصول إلى أعماق تصل إلى أكثر من 50متر .

تفسير نتائج الجس الكهربي العمودي

ظهر أن أغلب المنحنيات الحقلية التي تم الحصول عليها في المصفي هي من نوع K و KQ والتي تمثل حالة ثلاث وأربع طبقات على التوالي. إن هذه الأنواع من المنحنيات تعكس حالة نقصان المقاومة النوعية الكهربائية مع العمق وذلك ربما نتيجة تشبع الطبقات تحت السطحية بالمياه.

جرى تفسير المنحنيات الحقلية لقياسات المقاومة النوعية الظاهرية بمظاهاتها مع المنحنيات النظرية وبمساعدة المخططات المساعدة وتم حساب المقاومة النوعية الحقيقية للطبقات وسمكها. والشكل (٥) يمثل مقاطع جيوكهربائية تربط بين نقاط الجس المختلفة.



الشكل ٥: مقاطع جيوكهربائية تربط نقاط الجس المختلفة.

وقد تم مقارنة نتائج الجس الكهربي العمودي مع نتائج المقاطع الزلزالية ومع الآبار الضحلة المحفورة في المنطقة وتبين بأن النطاق الجيوكهربي الأول ذات قيمة مقاومة نوعية كهربائية تتراوح بين ٧-١١٠ أوم-متر وسمك يتراوح بين ٠.٦-١.٢ متر. وهذا النطاق يمثل طبقة التربة السطحية الجافة الممزوجة مع قليل من الحصى وكذلك يمثل عمق الماء الجوفي. وأن القيم العالية للمقاومة قد تكون نتيجة لوجود الحصى أو انضغاط التربة في تلك المنطقة.

النطاق الثاني ذات قيم مقاومة نوعية تتراوح بين ١٠-٧٠ أوم -متر وسمك يتراوح بين ١.٩-٤٣ متر. وهذا النطاق يمثل طبقة من الترسبات النهرية (عدسات الغرين والرمل والطين مع الحصى المشبع بالماء).

أما النطاق الثالث فهو ذو قيم مقاومة نوعية تتراوح بين ١-٧ أوم . م وعمق يتراوح بين ١٣-٥١ متر وهو على الأغلب يمثل الطبقة الصلبة Hard bed ضمن تكون إنجانه والتي تتكون على الأغلب من الغرين والطين المشبع بالماء . إن هذه القيمة الواطنة جداً للمقاومة الكهربائية هي على الأغلب بسبب تشبع الطبقات بالمياه كما إنها ربما تعكس وجود بعض الحوامض في المياه .

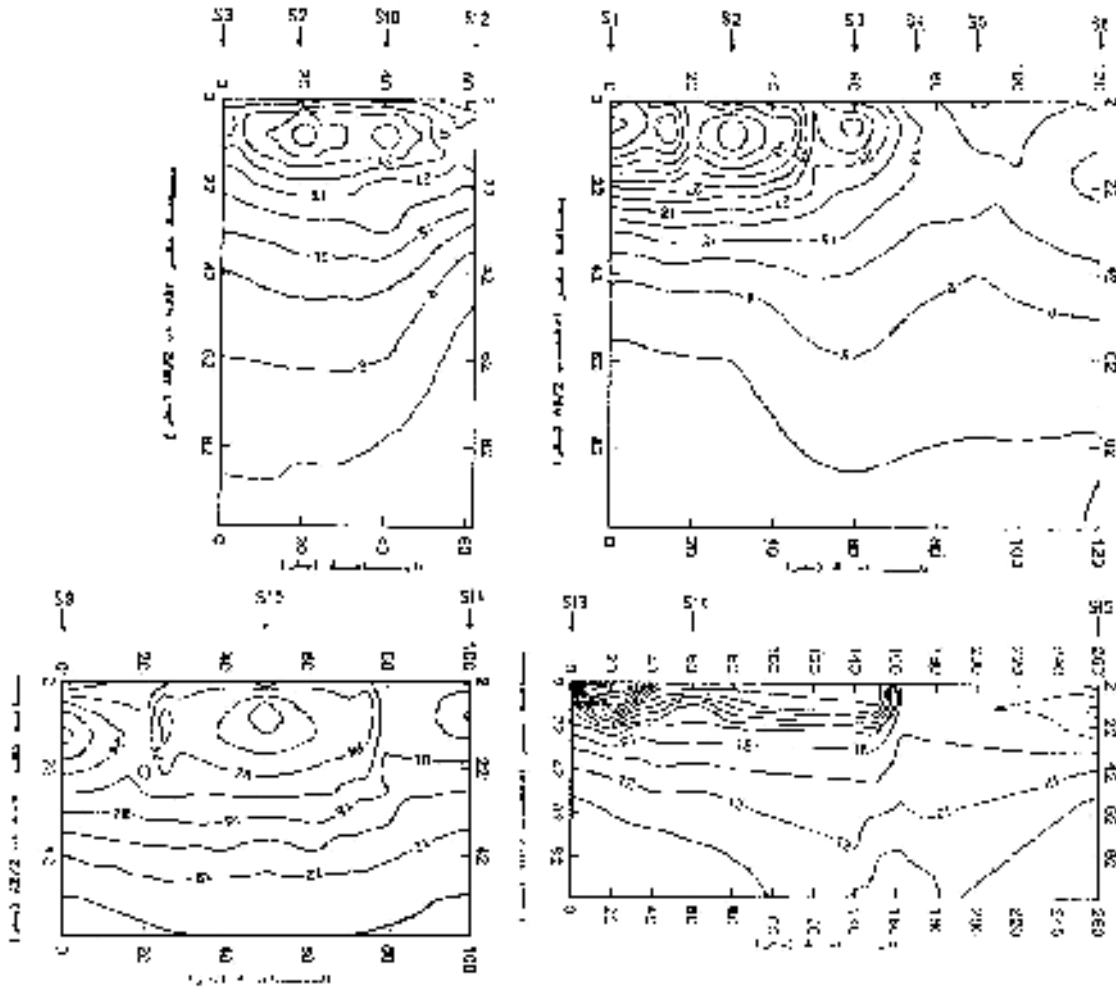
تظهر المقاطع الجيوكهربائية أن هناك جزء من النطاق الجيوكهربائي الثاني محصور ضمن النطاق الجيوكهربائي الثالث له مقاومة نوعية تتراوح بين ١٠-١٢ أوم . متر، وأن هذا النطاق يقع تحت نقاط الجس S10, S7, S3 ويكون ما يشبه القناة التي تمتد من نقطة الجس S3 إلى نقطة الجس S10 بينما تختفي عند نقطة الجس S12. إن عمق هذه القناة يصل إلى حوالي ٤٥م وعرضها بحدود ٣٠م وأن هذه القناة على الأغلب مملوءة بترسبات الحصى والرمل المشبع بالماء . وهذا ما ينطبق بصورة لا تقبل الشك مع نتائج المقاطع الزلزالية في المنطقة وكذلك تأييد المقاطع الجيولوجية المستنبطة من الآبار المحفورة .

الشكل (٦) يمثل مقاطع جيوكهربائية كاذبة للمقاومة النوعية الظاهرية Pseudo-resistivity sections مع مسافة النشر AB/2 حيث يظهر ما يدل على وجود عدسات ضمن مسافة النشر ٣٠م وضمن عمق بحدود ١٥-٢٠م. كما يلاحظ أنه عند مسافة نشر أكثر من ٣٠م تصبح قيم المقاومة متجانسة وهذا على الأغلب يعكس الوصول إلى أسفل القناة وظهور الطبقة الصلبة Hard bed ضمن تكوين إنجانه. كما يظهر أيضا ما يشير إلى وجود قناة بين نقاط الجس S10, S7, S3 وأن هذه القناة تختفي بالقرب من نقطة الجس S12 حيث يظهر بوضوح من الشكل (٦) إلى ارتفاع الطبقة الصلبة بالقرب من السطح . من الجدير بالملاحظة أن جميع قيم المقاومة النوعية الكهربائية للطبقات المختلفة كانت واطئة (أقل من ٧٠ أوم-متر) مع وجود تباين قليل بين الطبقات. أن انخفاض قيمة المقاومة النوعية الكهربائية هو بصورة كبيرة نتيجة تشبع الطبقات بالمياه ووجود الأيونات الحرة التي تمتاز بها المعادن الطينية.

الجس الكهربائي الأفقي

تستعمل هذه الطريقة لتحديد التباين الأفقي للمقاومة النوعية الظاهرية والى عمق معين تحت سطح الأرض. وقد استعمل ترتيب فنر (Wenner) لنشر الأقطاب حيث تكون المسافة ثابتة بين الأقطاب الأربعة عند كل نقطة من مسار المسح وبذلك يمكن الحصول على معلومات وصفية لعمق معين. وفي هذا النوع من المسح الكهربائي يكون تحديد المسافة الفاصلة بين الأقطاب (a) مهم جداً لأنه العامل الذي يحدد العمق المراد دراسته. لذلك تم الاعتماد على نتائج الجس الكهربائي العمودي في تحديد

الفاصلة القطبية حيث تم اختيار أربعة فواصل قطبية هي ٤، ١٠، ٢٠، ٣٠ م تغطي أعماق تصل إلى حوالي ٢٤ متراً.

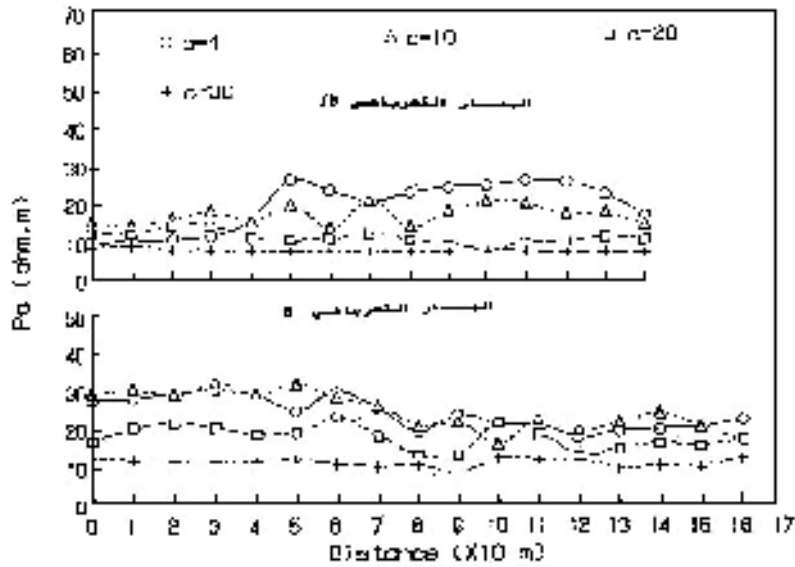


الشكل ٦: مقاطع جيوكهربائية كاذبة Pseudo-resistivity sections تبين تساوي المقاومة النوعية الظاهرية مع مسافة نشر الأقطاب AB/2.

الفاصلة القطبية ٤ م تغطي أعماق تتراوح بين ٢-٣ م تقريباً بينما الفاصلة القطبية ١٠ م تغطي أعماق تتراوح بين ٣-٨ م والفاصلة القطبية ٢٠ م تغطي أعماق تتراوح تقريباً بين ١٠-١٨ م. في حين أن الفاصلة القطبية ٣٠ م تغطي أعماق تتراوح بين ١٥-٢٤ م تقريباً.

تم أخذ القياسات على امتداد ٢٣ مساراً Profiles تغطي المنطقة (الشكل ٢) وبطول كلي حوالي ٢.٦ كم، وقد بلغ مجموع نقاط القياس ٣٩٢ نقطة قياس (نقطة جس كهربائي أفقي). كل مسار تضمن ما لا يقل عن أربعة نقاط قياس وكانت المسافة بين نقطة قياس وأخرى ١٠ م. وفي كل نقطة قياس تم أخذ أربعة قراءات، حيث تم رسم مقاطع Profiles تمثل قيمة المقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية (pa) في كل نقطة

من نقاط القياس، والشكل (٧) يمثل بعض هذه المسارات الكهربائية. وقد تم أخذ ١٠ من هذه المسارات ضمن الفسحة القابلة لبئر ٢/٤. أي أن القياس تم في هذه الفسحة على شكل شبكة بفاصلة ١٠ م. كما تم رسم أربعة خرائط كنتورية للمقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية (ρ_a) باستخدام الحاسوب لكل من المنطقة المقابلة لبئر ٢/٤ وللمصفي ككل (الأشكال ٨ و ٩). ومن هذه الخرائط يمكن التعرف على التغيرات الجانبية للمقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية في المنطقة.



الشكل ٧: بعض المسارات الجيوكهربائية الأفقية.

تفسير نتائج الجس الكهربائي الأفقي

١- المسارات الكهربائية:

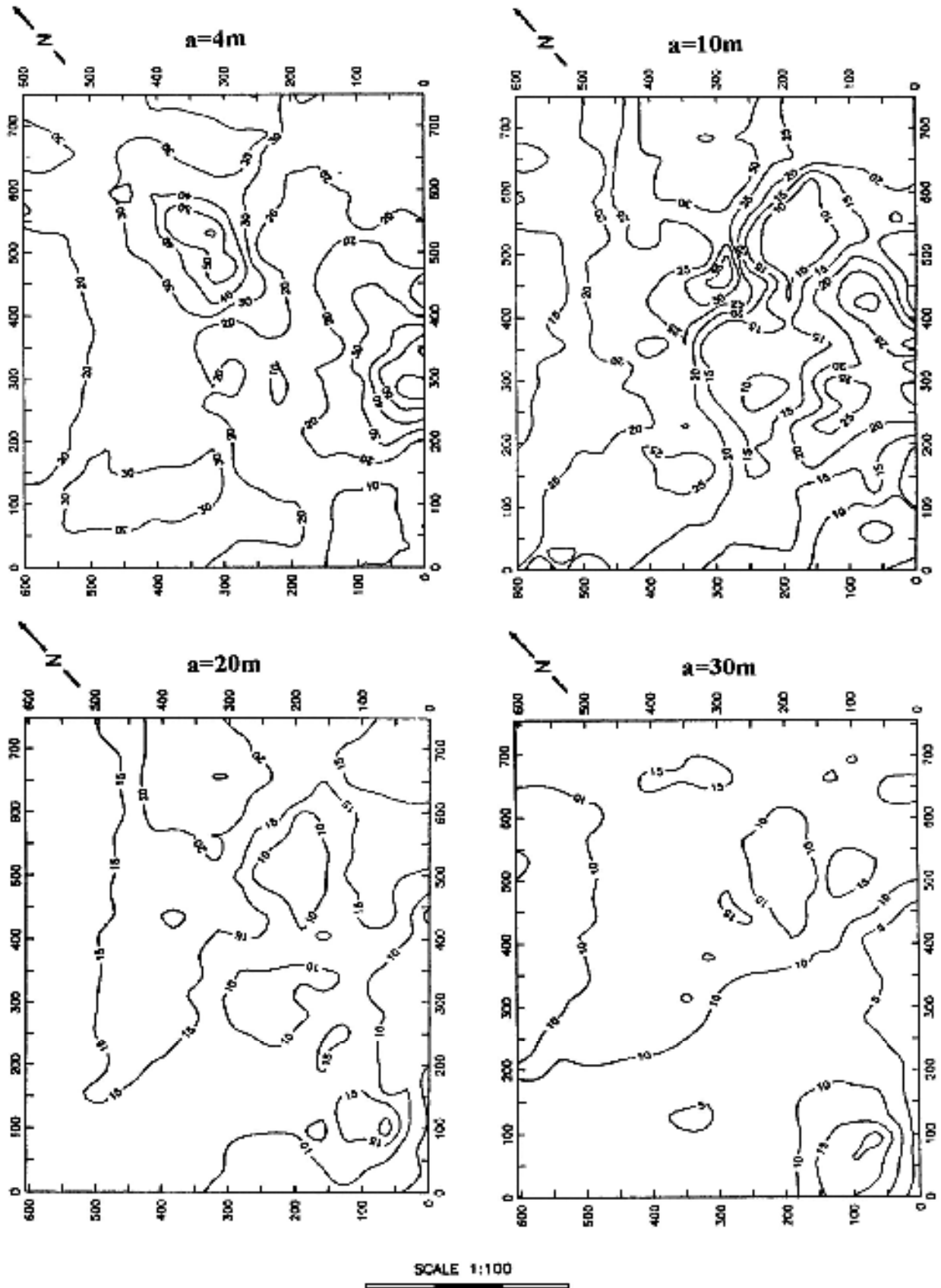
بصورة عامة يلاحظ في كافة المسارات الكهربائية أن المقاومة النوعية الكهربائية تقل مع ازدياد الفاصلة القطبية (a) أي انه تقل مع العمق . وهذا يدل على أن الطبقات الصخرية تصبح أكثر تجانساً مع العمق. بينما تشير على وجود تباين أفقي في المقاومة الكهربائية وخصوصاً ضمن الفاصلة القطبية ٤ و ١٠ (ضمن عمق ٦ م) أي ضمن الأعماق الضحلة وهذا ما تم الحصول عليه من المقاطع الزلزالية وأكدته الآبار المحفورة في المنطقة، حيث أن الترسبات النهرية الموجودة في المنطقة تتباين جانبياً لتكون عدسات من الحصى والرمل والغرين والطين. أما على عمق أكبر بحدود ١٠-١٥ م فتظهر الطبقة الصلبة العائدة لتكوين إنجانه والتي تكون متجانسة نسبياً تحت المنطقة مما يعطينا مقاومة كهربائية متجانسة. لم تظهر المسارات الكهربائية ما يدل على وجود تكهفات وذلك على الأغلب لعدم وجود تكهفات محسوسة بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المنطقة وتشبع الصخور بالمياه مما يعطي تبايناً بسيطاً وغير محسوس في حالة وجود تكهفات مملوءة بالماء.

٢- خرائط المقاومة النوعية الكهربائية:

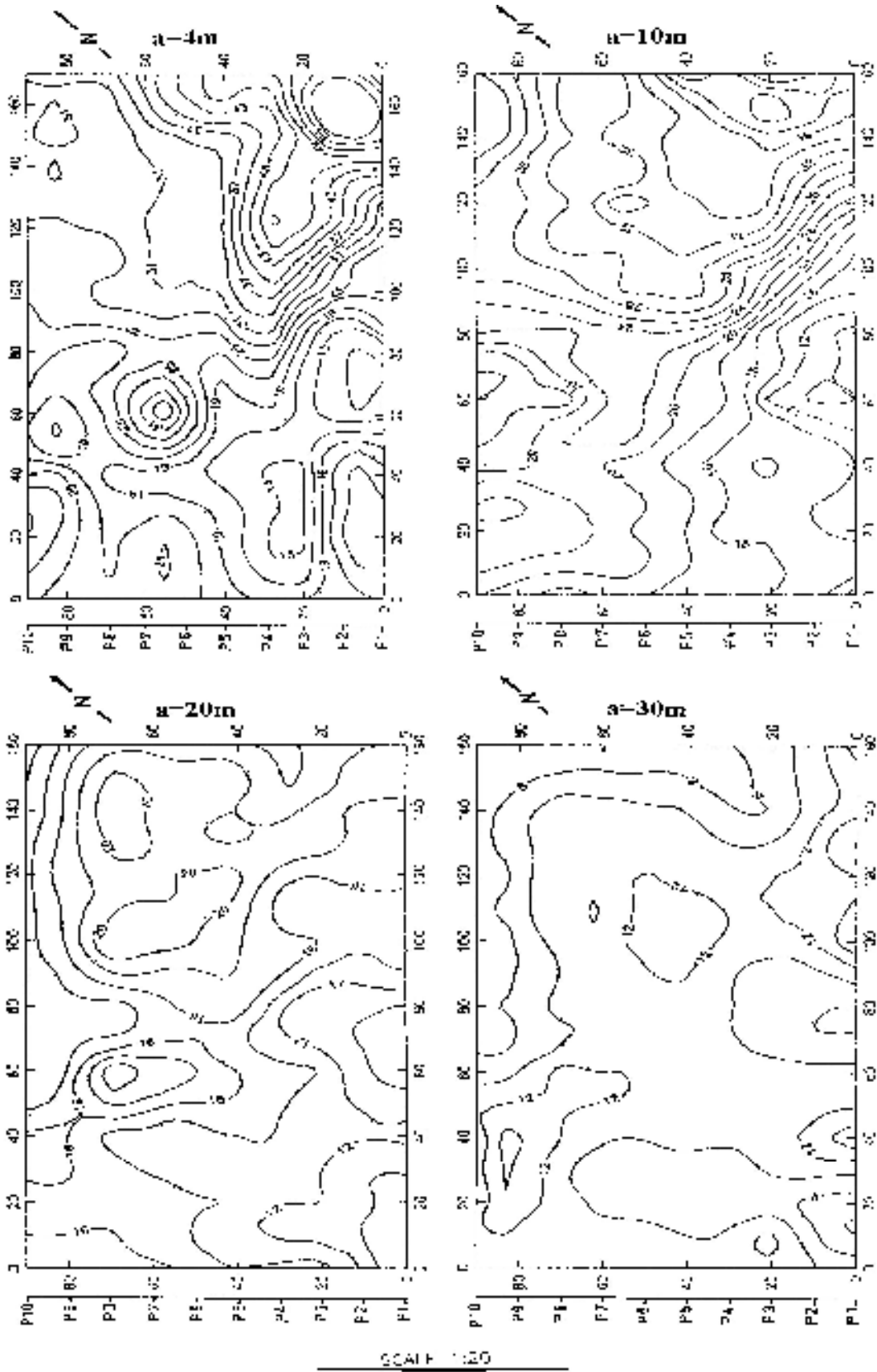
الشكل (٨) يمثل خرائط المقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية للمصفي ككل. أظهرت هذه الخرائط بأن قيم المقاومة النوعية الظاهرية تتراوح بين ١٠-٧٠ أوم-متر عند الفاصلة القطبية ٤ متر، وأن أعلى قيم للمقاومة تقع في شرق المنطقة ووسطها وهي تعكس ترسبات العدسات المختلفة. في حين يلاحظ بأن قيم المقاومة تتراوح بين ١٠-٤٠ أوم-متر الفاصلة القطبية ١٠م، وأن قيم المقاومة هي أعلى في وسط الخارطة وشرقها وأن الشكل العام للخطوط الكنتورية هي نفس الشكل في الخارطة السابقة. عند الفاصلة القطبية ٢٠ متراً يلاحظ بأن قيم المقاومة تتراوح بين ١٠-٢٥ أوم-متر وأن الخطوط الكنتورية أصبحت متجانسة عدا عن منطقة مرتفعة في جنوب الخارطة. في حين يلاحظ بأن قيم المقاومة انخفضت إلى ٥-١٥ أوم-متر عند الفاصلة القطبية ٣٠م، وهي على الأغلب تعكس قيمة المقاومة النوعية الظاهرية للطبقة الصلبة Hard bed ضمن تكوين الفارس الأعلى.

يلاحظ في الخرائط الأربعة بأن الخطوط الكنتورية بصورة عامة تأخذ شكل قوس إبتداءً من الشرق ثم تنحني في وسط المنطقة نحو الجنوب مما يشير إلى وجود تراكيب جيولوجية تأخذ هذا الشكل. هذا الشيء فسر استناداً إلى نتائج الجس الكهربائي العمودي ونتائج المسح الزلزالي الانكساري ومقاطع الآبار المحفورة على انه قناة قديمة لمجرى نهر دجلة (منطقة التواء النهر Meander) مملوءة بالترسبات النهرية (حصى ورمل.. الخ). وان هذه القناة واضحة في الخرائط الثلاث الأولى. أما في الخارطة ذات الفاصلة القطبية 30م فأن معالم القناة تضحل وذلك لوصول الجس إلى أسفل القناة وظهور الطبقة الصلبة ضمن تكوين الفارس الأعلى والتي تتكون بصورة عامة من الغرين والطين المشبع بالماء.

يلاحظ في الخرائط الأربعة لمنطقة الفسحة المقابلة لبئر ٢/٤ (الشكل ٩) أن الخطوط الكنتورية بصورة عامة تأخذ نفس شكل الخرائط السابقة للمصفي حيث أن الخطوط الكنتورية تنحني على شكل قوس إبتداءً من الشارع B قرب الدائرة الهندسية ثم تأخذ اتجاه الجنوب بالقرب من سياج المنشأة. كما يلاحظ في الخارطتين ذات الفاصلة القطبية ٤ و ١٠ أن المسافة الفاصلة بين الخطوط الكنتورية تضيق بين النقاط ١٢ و ١٥ للمسارات الكهربائية P1 و P2 وان امتداد هذه الخطوط الكنتورية هو باتجاه شرق-غرب وان هذه الخطوط الكنتورية تتفتح في وسط الفسحة. أما في الخارطتين ذات الفاصلة القطبية ٢٠ و ٣٠ فتكون الخطوط الكنتورية أكثر تجانساً. أن موقع هذه الخطوط الكنتورية ينطبق عند الحد الفاصل بين الطبقة الصلبة والترسبات النهرية والذي ظهر في المقاطع الزلزالية. وهذا نتيجة التغيرات في صخارية المنطقة ووجود الحصى وانضغاط التربة الواقعة في الزاوية الشرقية من الخارطة مما أعطى مقاومة كهربائية عالية نسبياً. هذا الشيء ربما يشير أيضاً إلى وجود تسرب للمياه من جهة الشرق وعلى الأغلب من مضخات الماء لأبراج التبريد (Cooling tower 2) ومن ثم فأن منطقة التسرب تتفتح في وسط الفسحة وهذا ما تم اكتشافه من المسح الزلزالي الانكساري.



الشكل ٨: خرائط تساوي المقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية للمصفي ككل.



الشكل ٩: خرائط تساوي المقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية لمنطقة الفسحة المقابلة لبئر ٢/٤.

الاستنتاجات

عند مقارنة نتائج المسح الجيوفيزيائي مع معلومات الآبار المحفورة في المنطقة ظهر أن هنالك تطابق جيد بين المسح الجيوفيزيائي وهذه الآبار. حيث أظهرت نتائج المسح الجيوفيزيائي عن وجود ثلاث طبقات جيولوجية في منطقة المصفي.

الطبقة الأولى تمثل طبقة التربة السطحية الجافة وأيضاً تمثل عمق الماء الجوفي وهي ذات سرعة زلزالية تتراوح بين ٣٢٠-٦٥٠ م/ثا وسمك يتراوح بين ٠.٤-٥م. في حين أن المقاومة الكهربائية لهذه الطبقة تتراوح بين ٧-١١٠ أوم-متر.

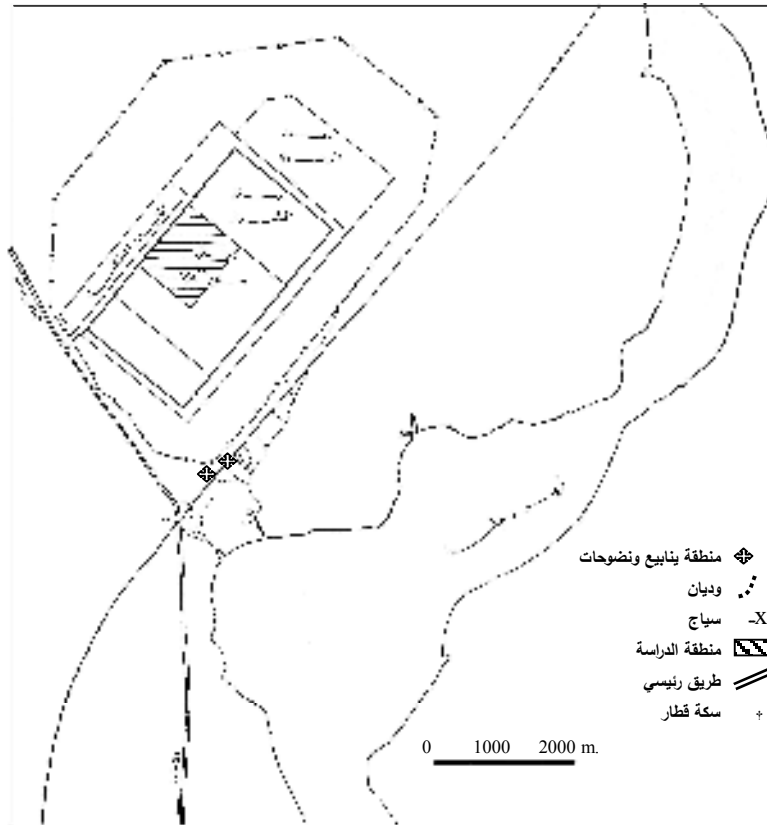
الطبقة الثانية هي طبقات (عدسات) متداخلة من الترسبات النهرية القديمة لنهر دجلة والتي تتكون من الغرين الرملي والطيني تتحول جانبياً إلى طبقات (عدسات) من الحصى والرمل. وقد تقل أو تزيد نسبة الغرين والرمل والحصى ضمن هذه الطبقات تدريجياً. بصورة عامة هذه العدسات هي ذات سرعة زلزالية تتراوح بين ٦٣٠-١٩٠٠ م/ثا وسمك بعضها قد يصل إلى أكثر من ١٥م. في حين أن مقاومتها الكهربائية تتراوح بين ١٠-٧٠ أوم-متر. الطبقة الثالثة وهي ذات سرعة زلزالية أكبر من ٢٠٠٠ م/ثا وعمق يتراوح بين ٢م إلى أكثر من ٢٠م. وأن المقاومة النوعية الكهربائية لهذه الطبقة هو أقل من ١٠ أوم-متر. هذه الطبقة تمثل الطبقة الصلبة Hard bed ضمن السطح العلوي لتكوين أنجانه والتي تتكون على الأغلب من صخور الطين والغرين.

كما اظهر المسح الجيوفيزيائي عن وجود عدد من الفجوات و التكهفات في المنشأة والتي أغلبها مرتبط بوجود مجاري وأنابيب وكيالات تحت سطحية.

وقد أظهر المسح الميداني للمنشأة أن جميع الخسفات الظاهرة على السطح هي تقريباً مرتبطة أما بمانهولات (Manholes) أو بفوهات أنابيب الحريق (Fire hose) أو على أمتداد مجاري تحت سطحية. وهذا يدل على أن هذه الفجوات قد تكونت نتيجة تسرب المياه من هذه الأنابيب والمانهولات مما أدى إلى إنجراف التربة الحاوية على الجبس الثانوي مكوناً هذه الفجوات. وأنه إذا لم يتم معالجة هذه الأنابيب فقد تتطور الخسفات إلى تكهفات كبيرة.

أظهر المسح الجيوفيزيائي عن وجود قناة قديمة لمجرى نهر دجلة (Meander) تتجه من الشرق إلى الغرب وأن هذه القناة تتحني بالقرب من سياج المنشأة الداخلي في الفسحة المقابلة لبئر ٢/٤ لتتجه جنوباً (الشكل ٢). حيث لوحظ إختفاء القناة الحصوية وظهور الطبقة الصلبة Hard bed قريباً من السطح عند الخط الزلزالي ٥ ونقطة الجس الكهربائي العمودي S12. وأن عمق هذه القناة في وسط الفسحة يتجاوز العشرين متراً. وهذا يفسر عدم انغلاق خط تساوي المنسوب 137.5 Contour في هذه المنطقة. أن هذه القناة مملوءة بالترسبات النهرية المختلفة (الحصى والرمل والغرين الطيني)، حيث تكون هذه الترسبات على شكل عدسات متداخلة.

وباعتقادنا بأن منطقة الفسحة والتي تتحني فيها القناة الحصوية القديمة هي المكان الذي يتجمع فيه الماء المتسرب من المنظومات المختلفة لأنها تشكل أوطاً نقطة في القناة وتكون على شكل حوض جوفي Unconfined aquifer مفتوح إلى الجنوب. ومن هذه لمنطقة يتم تصريف الماء داخل القناة إلى جنوب المنشأة، حيث أن القناة في العصور الجيولوجية الحديثة كانت تتسحب باتجاه الجنوب والجنوب الشرقي. وقد تم تتبع القناة خارج المنشأة حيث شوهد عدد من الينابيع في الزاوية الجنوبية من المنشأة بالقرب من الشارع العام المؤدي إلى منطقة الفتحة (الشكل ١٠). كما لوحظ وجود تراكيب التطبق المتقاطع Cross bedding ضمن طبقة الحصى وأن هذه التراكيب تتجه إلى الجنوب مما يؤكد بدلالة قاطعة أنها مجرى قديم (Meander) لنهر دجلة. وقد ذكر أحد المزارعين في المنطقة بأنه يضخ ما تم تقديره بحوالي ٤٠٠-٥٠٠ متراً مكعباً من الماء كل ٤٨ ساعة، حيث أنه قام بحفر حوض في المنطقة التي يظهر فيها الماء على شكل ينابيع. حيث ظهر جلياً تراكيب التطبق المتقاطع Cross bedding ونضوح الماء من منطقة التماس بين طبقة الحصى والطبقة الصلبة العائدة لتكوين الفارس الأسفل. وقد تم التوصية إلى المنشأة بحفر قنوات عند هذه الينابيع للمساعدة في تصريف المياه.



الشكل ١٠: خارطة تبين النضوحات خارج منطقة المصفي.

شكر وتقدير

أتقدم بجزيل الشكر والامتنان للمنشأة العامة لمصافي نفط الشمال لتقديمها الدعم الكامل وكافة التسهيلات العلمية والفنية والتي ساهمت بشكل فعال في الوصول إلى النتائج العلمية للدراسة. وأخص بالذكر السادة سامر عباس وموفق مرعي وباسم إبراهيم والسيدة اكتفاء حسون مهدي المهندسون في المنشأة لجهودهم العلمية ومتابعتهم سير الدراسة وتقديمهم كافة المعلومات المتعلقة بالموضوع. كذلك أتقدم بجزيل الشكر والامتنان للسادة التدريسيون الأستاذ سالم قاسم النقيب والدكتور قتيبة توفيق اليوزكي والسيد طلال يحيى أحمد للمساعدة التي لا تثمن في إجراء العمل الحقلية ورسم بعض الأشكال.

المصادر العربية

باكوس، جورج ياقين، ١٩٨٥. مقابلة الحقيقة الجيولوجية الأرضية مع معلومات التحسس النائي في أجزاء من قطاعي الطيات والمستوي في العراق. رسالة ماجستير، غير منشورة، جامعة الموصل، ١٨٣ صفحة.

تقرير المكتب الاستشاري الهندسي بالتعاون مع مركز بحوث السدود والموارد المائية، ١٩٩٦. دراسة ارتفاع المياه الجوفية في مصفى بيجي. جامعة الموصل، ١٣٥ صفحة.

المصادر الاجنبية

Al-Mubark, M. and Youkhana, R., 1976. The regional geological mapping of Al-Fat'ha-Mosul area. Directory General of Geological Survey and Mineral Investigation, Baghdad, 95p.

Al-Naqib, S. Q. and Aghwan, T. A. 1993. Sedimentological study of the clastic units of the Lower Fars Formation. Iraqi Geological Journal. Vol.26, no.3, pp.89-103.

Bakos, Sh. And Sissakian, V. 1975. Report on the Al-Gezera area (Rawa-Baiji-Tikrit-Al-Baghdadi). Unpublished Report, No. 675, State Organization of Minerals Library, Baghdad.

Engineering Group Working Party 1988. Engineering Geophysics Report by the Geological Society, Quarterly Journal of Engineering Geology, London, vol.21, pp.207-271.

Mota, L. 1954. Determination of dips and depths of geological layers by the seismic refraction method. Geophysics, vol.19, pp.242-254.

NEDECO Co. 1959. Report on Wadi Tharthar study. Report no 153. State Organization of Minerals Library, Baghdad.

Techno Export, Czechoslovakia 1982. Salahaddin Refinery (II) Project, Civil Engineering Part, General Organization of Northern Refineries, Beiji.