

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية لحقل كبريت المشراق (M-1) / شمال العراق

بشار عزيز الجريسي

ثابت داؤد محضر باشي

مروان متعب

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام ٢٠٠٨/٦/١٠ ، تاريخ القبول ٢٠٠٨/١٠/٣٠)

الملخص

تضمن البحث إجراء دراسة تحت سطحية لصخور الجزء السفلي من تكوين الفتحة (نطاق الإنتاج) في منطقة حقل كبريت المشراق-١، شمال العراق قبل عملية استخراج خام الكبريت، وقد شملت هذه الدراسة تحديد المعاملات الجيوكهربائية لصخور النطاق عن طريق تحليل سجل المقاومة الاعتيادي الطويل (N"٦٤) لواحد وأربعين بئراً موزعةً في المنطقة والتي سجلت قبل البدء بعملية استخراج خام الكبريت. كما تم مقارنة خرائط هذه المعاملات مع خرائط المتغيرات الصخرية المختلفة للنطاق وتحديد العلاقة بينهم باستخدام التحليل الإحصائي للقيم المختلفة. كما بينت الدراسة وجود علاقة واضحة بين قيم المعاملات الجيوكهربائية والتراكيب الجيولوجية للفوالق.

أوضحت نتائج التحليل لبيانات الجس البئري أن العامل المسيطر في سلوك المعاملات الجيوكهربائية لصخور نطاق الإنتاج هو محتوى تلك الصخور من المواد القيرية وكذلك مقدار ناقليتها المائية. كما أوضحت عدم وجود تأثير ذي قيمة لمحتوى صخور النطاق من خام الكبريت على معاملاتها الجيوكهربائية.

The Impact of Some Lithological and Structural Variables

on Geoelectrical Properties of Mishraq Sulphur Field (M-1) Northern Iraq

Marwa'n Muti'b Thabit D. Mahder-Bashi Bashar A. Al-Juraisy

Department of Geology
College of Science
Mosul University

ABSTRACT

The research includes subsurface study of Lower part of Fat'ha Formation (productive zone) at Mishraq sulphur field, northern Iraq, before the process of sulphur extraction. The study included the determination of geoelectrical parameters of the zone by mean of analyses to the records of normal resistivity log (N^{64}) of 41 boreholes distributed in the area recorded before sulphur extraction.

Comparison between the maps elaborated from the geoelectrical parameters and the maps of lithological variables was carried out to find their relationships using statistical analysis. The study indicated a clear relationship between geoelectrical parameters and structural faults, Data analysis of the resistivity maps show that the dominant factors in the behavior of the geoelectrical parameters of the productive zone is the bituminous content and the transmissivity value, and show no significant effect of sulphur content on the geoelectrical parameters.

المقدمة

تعد منطقة الدراسة احد حقول الكبريت المهمة في الشرق الأوسط كونها تحتوي على كميات هائلة من خام الكبريت والمنتشر بأشكال مختلفة ضمن أجزاء من الصخور الجيرية العائدة الى تكوين الفتحة بأعماق تتراوح بين ٨٠-٢٣٠م. تقع منطقة الدراسة (حقل المشراق - ١) في الجزء الشمالي من العراق عند الجهة الغربية المقابلة لالتقاء نهر دجلة برافد الزاب الكبير على بعد حوالي ٤٥ كم جنوب شرق مدينة الموصل، وحقل المشراق ١- (M-1) هو الحقل الوحيد الذي تمت فيه عملية استخراج الكبريت من بين ثلاثة حقول (M-1, M-2, M-3). أما الحقلان (M-2, M-3) فيقعان عند الجزء الشرقي للنهر ويفصل بينهما رافد الزاب الكبير (الشكل ١).

تكونياً تقع المنطقة ضمن نطاق أقدام التلال (Foot hill zone) العائد للرصيف غير المستقر (Unstable shelf) حسب تقسيم الكاظمي وآخرين (١٩٩٦)، وبسبب موقعها عند تقاطع منطقة دجلة للفوالق (Al-Shaikh, ١٩٧٥) مع نظام فوالق الحضر-بخمة (Buday and Jassim, 1987) تعد منطقة المشراق من المناطق المتميزة في طبيعتها البنيوية والترسيبية إذ تحوي فضلاً عن التركيب الرئيس والمتمثل بطية المشراق المحدبة على عدد من التراكيب الثانوية مثل الطيات الثانوية والفوالق متعددة الأنواع والاتجاهات.

تعد طية المشراق المحدبة واحدة من مجموعة طيات متجاوزة ذات اتجاه شمالي غربي _ جنوبي شرقي ويبلغ طول الطية حوالي ١١ كم وعرضها حوالي ٣.٨ كم وهي ذات غاطس مزدوج ومضرب باتجاه $N40^{\circ}W$

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية....

يتغير الى $N50^{\circ}W$ عند الغاطس الشمالي الغربي، ويتباين ميل طرفي الطية الجنوبي الغربي والشمالي الشرقي حيث يتراوح بين 10° - 20° و 4° - 10° على التوالي. يتركز وجود الطيات الثانوية في المنطقة عند الطرف الجنوبي الغربي لطيّة المشرق المحدبة، ويتراوح طول هذه الطيات بين عدة أمتار الى اقل من 1000 م، وعرضها بين عدة أمتار الى 400 م، توازي محاور معظم هذه الطيات محور الطية الرئيسة، ويكون طرفها الشمالي الشرقي عمودياً أو مقلوباً، وتكون ذات زوايا داخلية حادة (Centrozap, 1971) تبين الخارطة الجيولوجية للمنطقة (الشكل ١) وجود عدد من الفوالق الاعتيادية والمضربية التي يتخذ معظمها احد اتجاهين رئيسين الأول شمالي شرقي _ جنوبي غربي عمودي تقريبا على اتجاه محورالطية الرئيسة والثاني شمالي غربي_جنوبي شرقي موازٍ تقريبا لمحورها، هذه الفوالق تم تحديدها عن طريق شبكة الآبار التي حفرتها شركة سنترولزاب في المنطقة (Centrozap, 1971)، كما توضح الخارطة العديد من مناطق الزحف (Thrust). ينكشف تكوين الفتحة في معظم أجزاء المنطقة ما عدا بعض أجزاءها المحدودة حيث يغطيه تكوين إنجانه (الشكل ١).

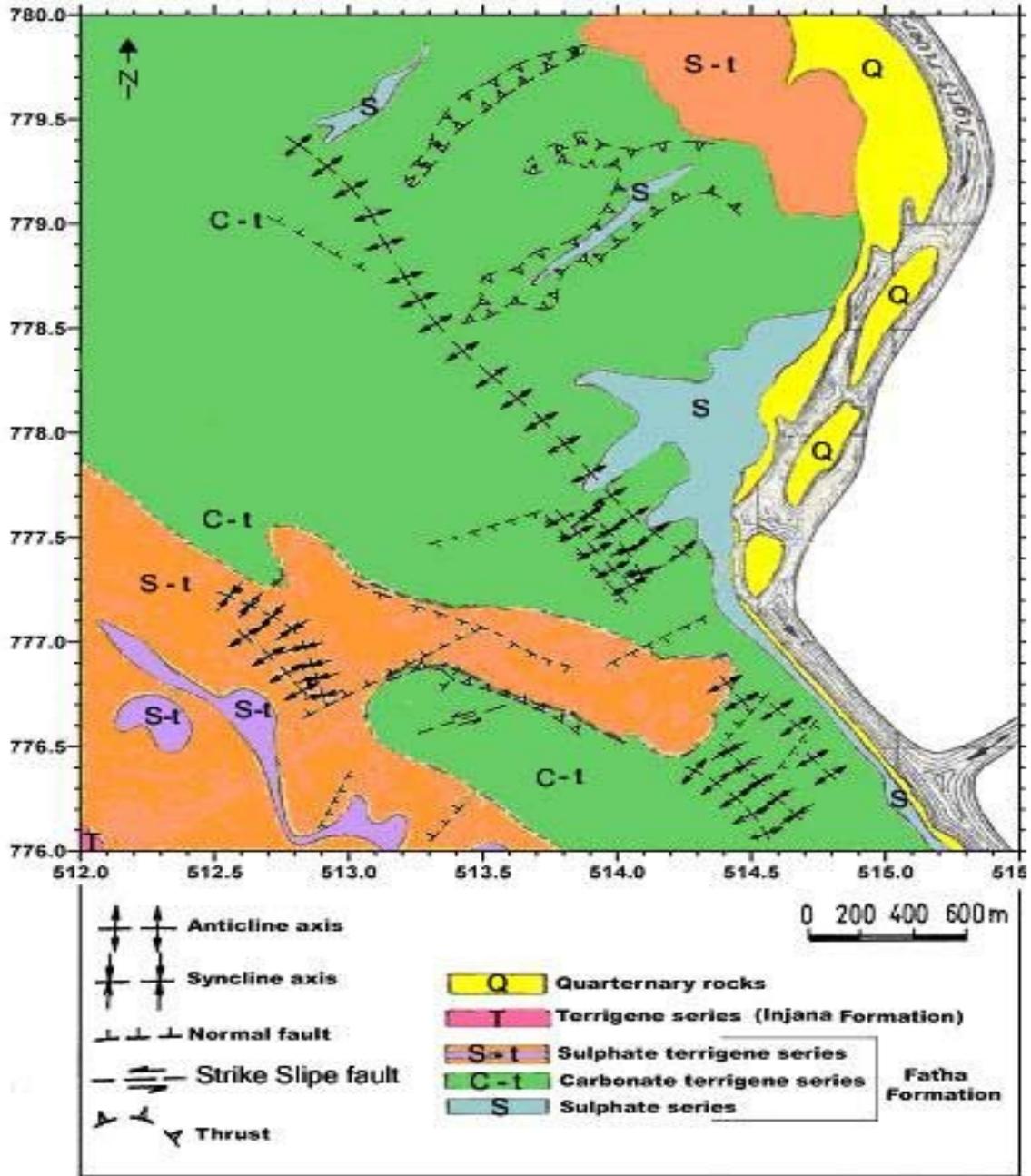
وفيما يأتي وصف للتتابعات الطباقية من الأقدم الى الأحدث :-

- تكوين الفرات الجيري (المايوسين الأسفل) Euphrates Fn.

يتواجد بأعماق مختلفة تتراوح بين 176 - 250 م عن سطح الأرض ويتكون من حجر جيرى مارلي يحوي على المواد القيرية (Bituminous) في بعض أجزائه خاصة العلوية منها، على حين تزداد بعض أنواع المتحجرات في أجزائه السفلى. لا يوجد تغاير كبير في الصخرية بين الجزء العلوي لهذا التكوين وبين الجزء السفلي من تكوين فتحة الذي يعلوه، وقد تم تحديد السطح الفاصل بينهما عن طريق المتحجرات الدقيقة وبعض أنواع سجلات الآبار (Centrozap, 1971).

- تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط) Fat'ha Fn.

تتكشف صخور هذا التكوين في معظم أجزاء المنطقة (الشكل ١)، وهي الأكثر أهمية كونها تحوي على خام الكبريت في بعض أجزائها. وبشكل عام وبسبب أهمية هذا التكوين من الناحية الاقتصادية وامتداده عبر مساحات شاسعة من العراق، فقد اهتم به عدد من الباحثين وشركات النفط والتعدين وقاموا بتقسيمه بعدة أشكال (Chebaneco, 1962)، (Youkhanna and Al-Mubarak, 1976).



الشكل ١: الخارطة الجيولوجية لمنطقة المشرق محورة عن (Centrozap, 1971).

يتكون تكوين الفتحة في منطقة الدراسة من دورات ترسيبية تتراوح بين ١٠-١٦ دورة حيث يتراوح سمك الدورة بين ١-٢٠م وتتكون من ترتيب متجانس من الطين والمارل والجبس والحجر الجيري. قسم من هذه الدورات كاملة والقسم الآخر ينقصها واحد أو أكثر من المكونات الأربعة المذكورة في أعلاه. كما تتميز منطقة المشرق بتحول صخور الجبس وصخور الأنهايدرايت الى صخور جيرية كبريتية متبلورة (Recrystallized sulphureous limestone) وحجر جيري ثانوي (Secondary limestone)

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية....

وفي بعض الأجزاء من المنطقة تتغير ترسبات الجبسم والأنهيدرايت جانبيا الى ترسبات طينية. يقسم التكوين في منطقة الدراسة طبقا لشييبانكو (Chebaneco, 1962) الى أربعة أقسام من الأسفل هي:

أ- سلسلة الترسبات المنتجة (Productive deposits series)

ب- سلسلة نطاق الغطاء: - وهو لا يحوي على كميات كبيرة من خام الكبريت ويشمل:

١- سلسلة الكبريتات (Sulphate series).

٢- سلسلة الكاربونات-الفتاتية (Carbonate – Clastic series).

٣- سلسلة الكبريتات-الفتاتية (Sulphate- terrigene series).

• تكوين انجانه (المايوسين الأعلى) Injanah Fn.

يتواجد تكوين انجانه على طول الحافة الجنوبية الغربية للمنطقة ويتكون من طبقات من الطين

الفتاتي والمارل والحجر الرملي.

• الترسبات النهرية (ترسبات العصر الرباعي) Quaternary sediments :

تغطي هذه الترسبات بعض المساحات في المنطقة وتتكون من الحصى والرمل مختلف الإحجام

مع عدسات الطين ويصل سمك هذه الترسبات ٢٥م في بعض الاماكن.

حظيت هيدروجيولوجية المنطقة باهتمام عدد من الباحثين 1971 (Centrozap,

١٩٧٥, Al-Samarie, 1977; Al-Sawaf, 1976; Al-Noori, 1976; Mahder-Bashi, ١٩٨٦; عبدالرحيم,

١٩٨٩, العمري وآخرون, ١٩٩٨ و الهسنياني, ٢٠٠٣). وقد بينت هذه الدراسات بان هنالك خزانات عدة

للمياه الجوفية تحكمها مجموعة عوامل أهمها الطبيعة الصخرية، مسامية ونفاذية صخور الخزان وتأثير العوامل والظواهر التكتونية والتركيبية والجيومورفولوجية على امتدادات وأعماق مياه الخزان. هذه الخزانات

هي:

١ - خزان الطبقات الغطائية الذي يتكون من خمسة طبقات حاوية على المياه وهي ترسبات العصر الرباعي،

سلسلة الكبريتات-الفتاتية، الجزء العلوي و السفلي من سلسلة الكاربونات-الفتاتية، والجزء الأوسط من

طبقات سلسلة الكبريتات.

٢ - خزان الطبقات الإنتاجية والذي يتكون من ثلاث طبقات حاوية على المياه، الطبقة الإنتاجية الأولى،

الطبقة الإنتاجية الثانية والطبقة الإنتاجية الثالثة، حيث تفصل أمتار عدة من طبقة الجبسم وصخور

المارل الطينية بين خزان الطبقات الغطائية وخزان الطبقات الإنتاجية. أما ما يفصل بين الطبقات

الإنتاجية الأولى والثانية والثالثة فهي صخور دولومايتية وجيرية قليلة المسامية.

٣ - خزان صخور تكوين الفرات، يتكون من طبقات جيرية ذات مسامية عالية نسبياً تحتوي على المياه التي عادة ما تكون على أعماق تزيد عن ٢٠٠م.

فضلاً عن الدراسات المذكورة في أعلاه فقد أجريت بعض الدراسات الجيوفيزيائية في المنطقة منها ما هو متعلق بالمسح الشامل التي قامت به شركة سنتروزاب (Centrozap, 1971) حيث أجرت مسحاً جدياً للمنطقة ورسمت خريطة جديية حددت بموجبها مناطق تركيز الكبريت فضلاً عن إجراء عمليات الجس الجيوفيزيائي لبعض الآبار التي تم حفرها بها. أما الصائغ وآخرون (١٩٩٩) فقد قاموا بإجراء مسح للمقاومة الكهربائية في المناطق التي تمت فيها عملية الإستخراج وحددت بعض مناطق تسرب المياه.

تهدف الدراسة الحالية الى حساب وتقييم المعاملات الجيوكهربائية في واحد وأربعون بئراً تتوفر فيها سجلات المقاومة وكذلك تحديد تأثير ومقارنة بعض المتغيرات الصخرية (نسبة تركيز خام الكبريت %SU، نسبة تركيز المواد القيرية %AS، الناقلية المائية T_r) والتركيبية المهمة على المعاملات الجيوكهربائية. وتعد بيانات المقاومة الحقيقية المحسوبة من سجلات الآبار مهمة جداً في إعطاء صورة واضحة عن توزيع المقاومة داخل الصخور تحت السطحية، وهي بذلك تمثل سيطرة على نتائج تفسير المسوحات الجيوكهربائية السطحية (Telford et al., 1976)، كما إنها تمثل البيانات الوحيدة التي تعطي معلومات كمية عن المعاملات الجيوكهربائية للأعمدة الرسوبية المختلفة (Keller ١٩٨٢) ; (Sharma, 2004 and Frischknecht).

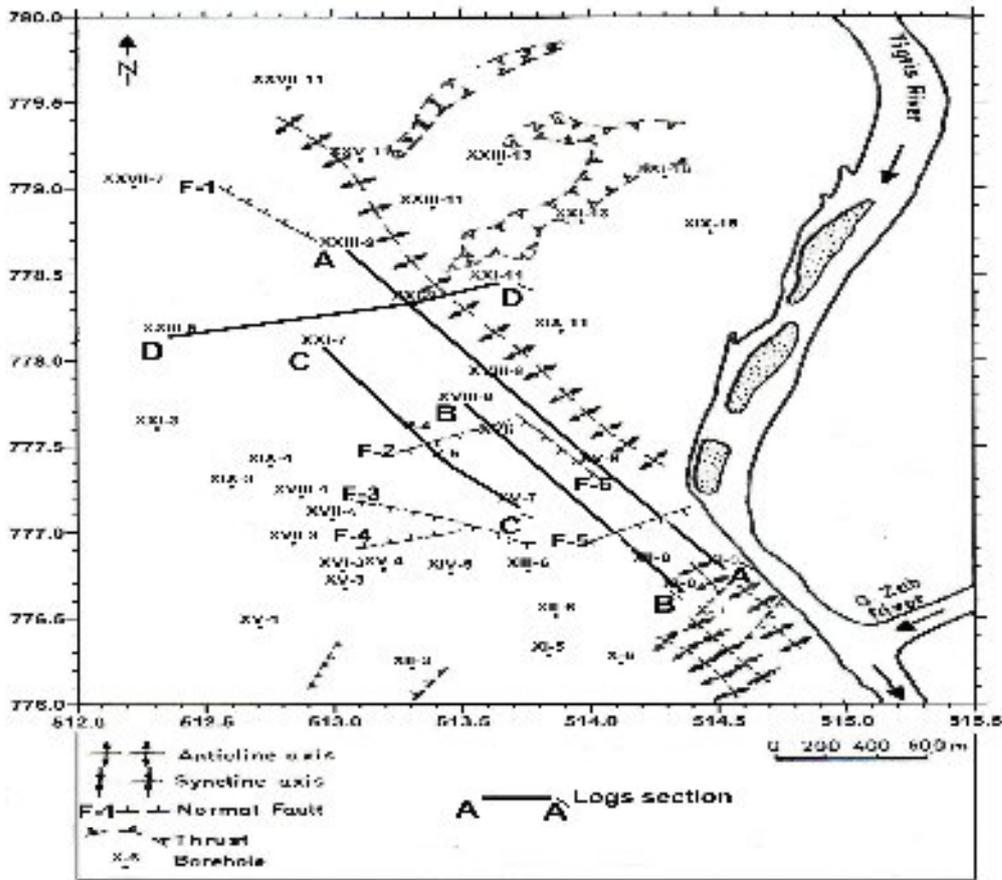
جمع وتحليل وتمثيل بيانات سجلات آبار المقاومة

قامت شركة سنتروزاب (Centrozap, 1971) بحفر ٨٨ بئراً استكشافياً غطت منطقة الدراسة الحالية (M-1) بشكل كامل حيث تراوحت المسافة بين بئر وآخر بين ٢٠٠-٤٠٠م وبأعماق تراوحت بين ١٧٩-٢٨٦م تقريباً مخترقة تكوين الفتحة بالكامل. تضمنت أعمال الشركة عدداً من أنواع القياسات البئرية (أشعة كاما Gamma ray logs، الجهد الذاتي SP logs، المقاومة الكهربائية Elect.resistivity logs، الحرارة Temperature logs، قطر البئر Caliper logs). وقد احتوت سجلات المقاومة الكهربائية عدداً من الأنواع (القطب الواحد، SPR، الاعتيادي القصير، 16"N، الاعتيادي الطويل، 6٤"N، الجانبي القصير، 6'L)، حيث اقتصرت القياسات على نطاق الإنتاج وبعض الصخور التي تعلوها وذلك اعتماداً على عمق المياه الجوفية داخل الآبار، إذ تمثل هذه المياه الوسط المهم في عملية التوصيل الكهربائي بين أقطاب القياس وجدران البئر خاصة في أجهزة القياس التي لا تحتوي على نابض يدفع أقطاب القياس باتجاه جدار البئر. لقد تم إجراء عملية الجس البئر في الآبار المحفورة في

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية.....

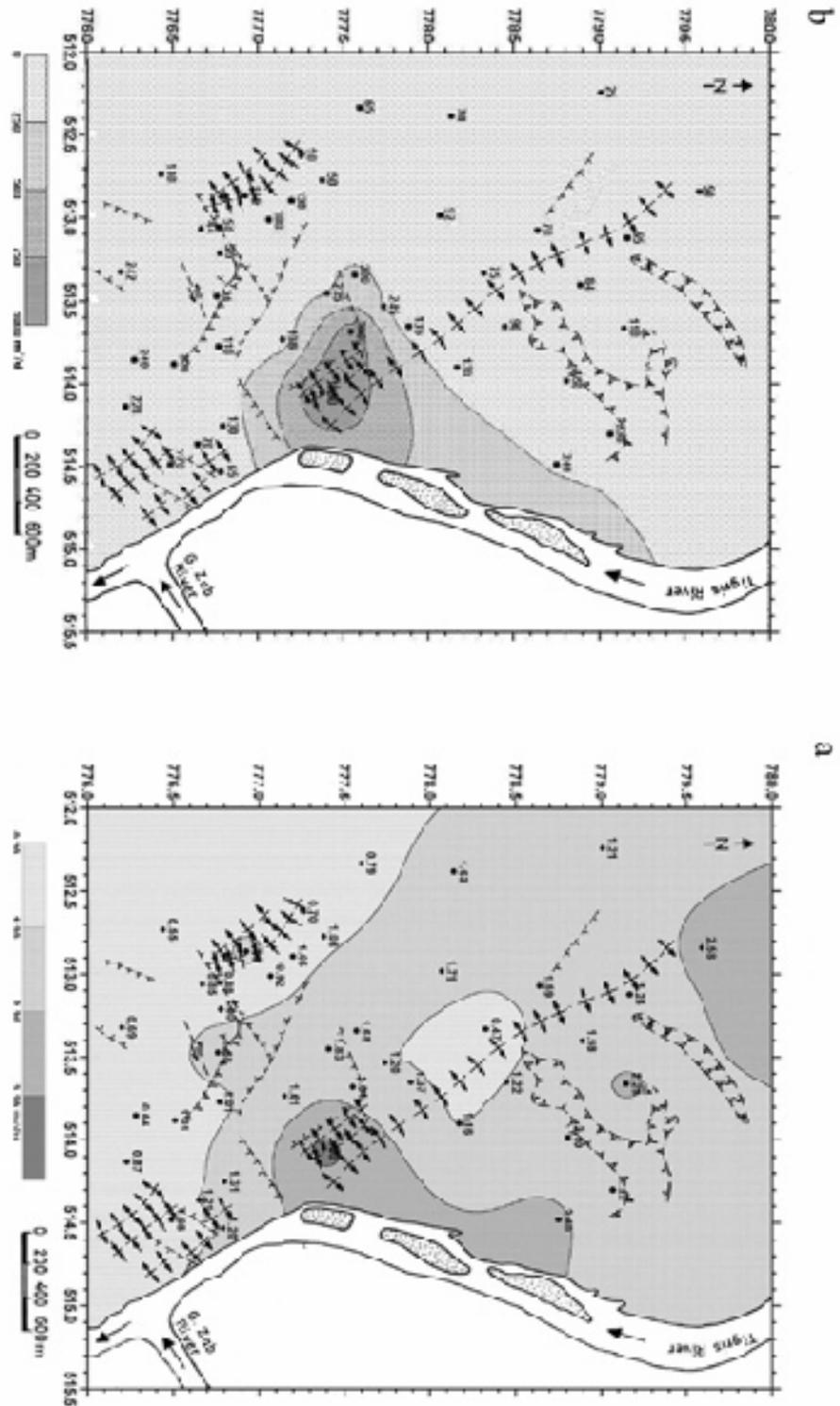
منطقة الدراسة بعد عملية غسل الآبار من طين الحفر، وبذلك استخدمت المياه الجوفية الموجودة داخل هذه الآبار كوسط موصل للكهربائية بين جدار الآبار وأقطاب القياس بدلاً من طين الحفر حيث تراوحت قيم المقاومة للمياه الجوفية (ρ_w) بين ٥ و ١٠ أوم م (Centrozap, 1971).

تم في هذه الدراسة حساب النسبة بين المقاومة المقاسة عن طريق منحني سجل المقاومة البئر القصير (ρ_{16}) ومقاومة المياه الجوفية عند جميع الآبار (ρ_w / ρ_{16})، وتبين أن الصخور في جميع الآبار تكون ذات مقاومة واطئة ومتوسطة بحسب تقسيم شلمبرجر (Schlumberger, 1989). وبناءً على ذلك تم اعتماد سجلات آبار المقاومة الطويلة (N 64) ثم التقطت قيم المقاومة الظاهرية في ٤١ بئراً (الشكل ٢) اختيرت من أصل الآبار الثمانية والثمانين المحفورة في المنطقة اعتماداً على توفر ووضوح سجلات المقاومة مع الأخذ بنظر الإعتبار التوزيع المقبول لهذه الآبار في منطقة الدراسة، كما تم حساب قيم المعاملات الجيوكهربائية للآبار.



الشكل ٢ : خارطة مواقع الآبار التي تم اختيارها في تحليل قيم المقاومة ومواقع مقاطع المقاومة.

رسمت خرائط قيم المعاملات الجيوكهربائية والمتغيرات الصخرية (الأشكال ٣، ٤، ٥، ٦ و ٧) بهدف مقارنة المعاملات الجيوكهربائية مع بعضها وكذلك مقارنتها مع بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية في المنطقة (نسبة تركيز خام الكبريت %S، نسبة تركيز المواد القيرية %AS، الناقلية المائية والفوالق).

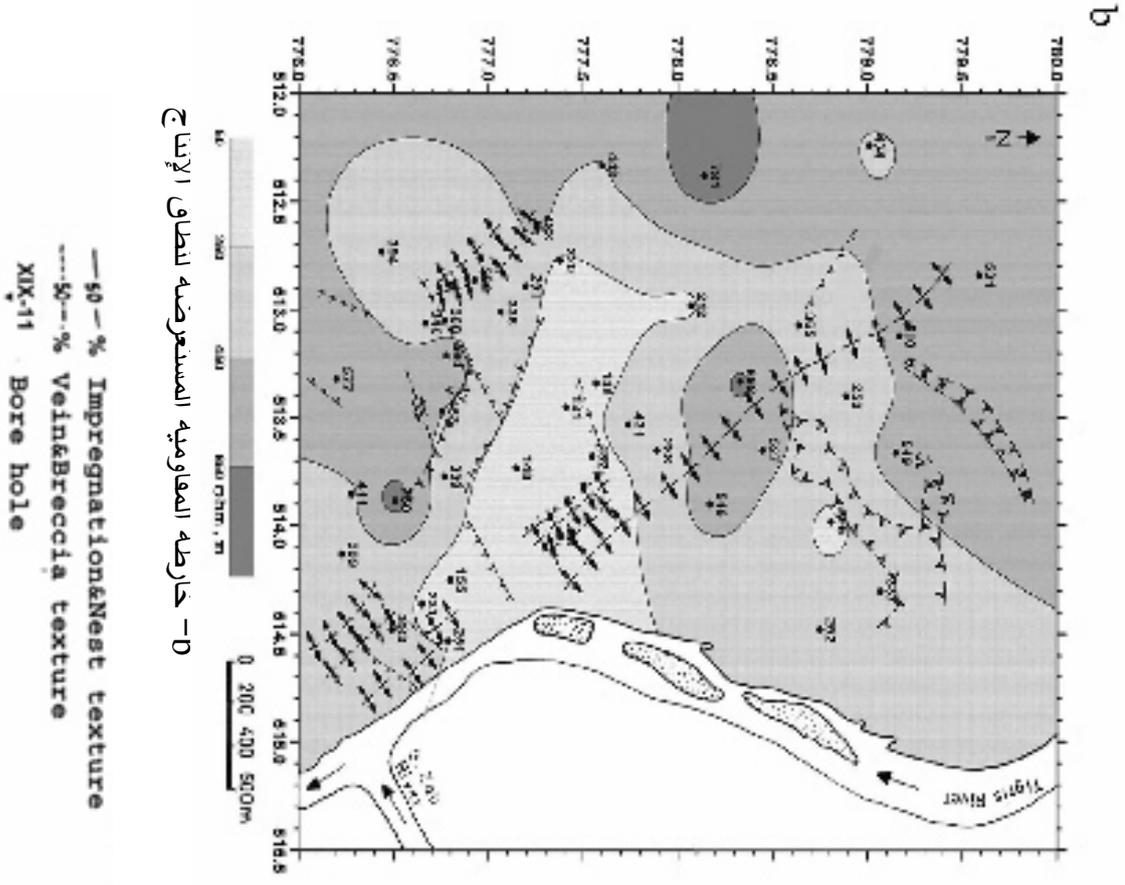


b- خارطة الناقلية المائية لخزان نطاق الإنتاج الجوفي

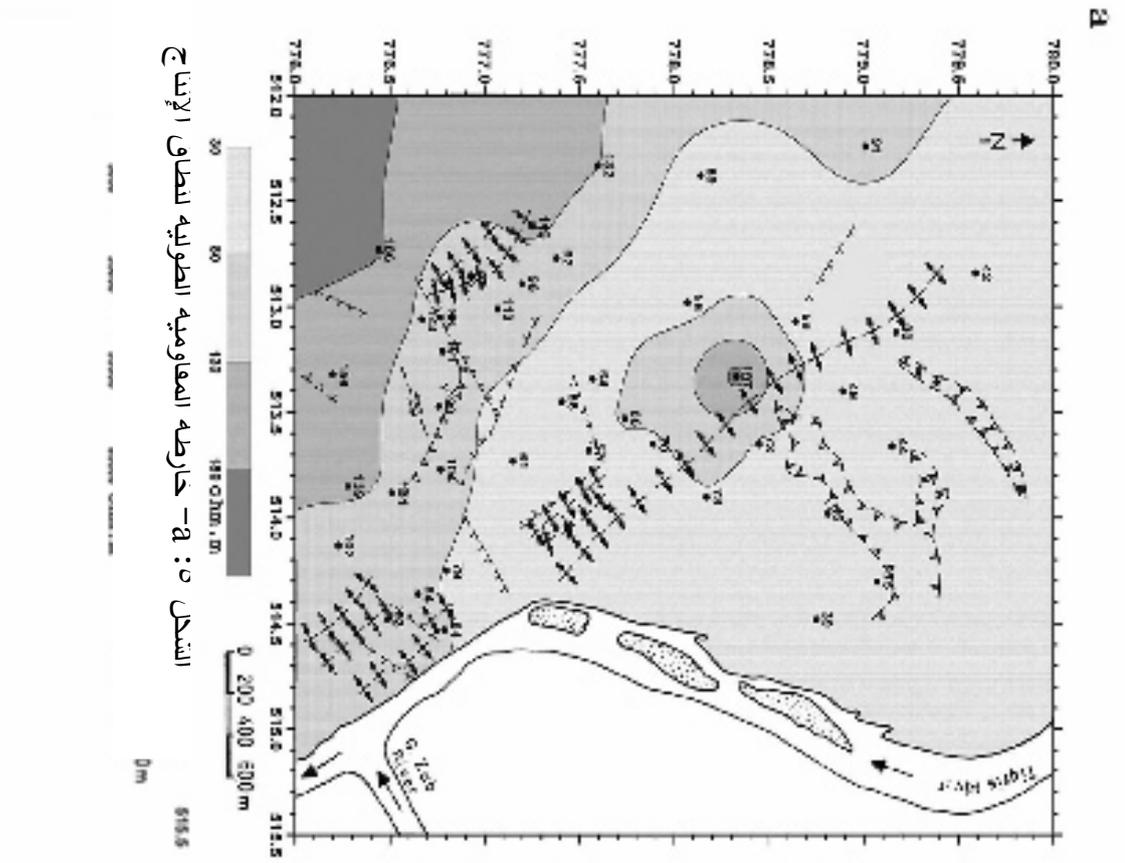
الشكل ٣: a- خارطة الإيصالية الطولية لنطاق الإنتاج

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية.....

b- خارطة النسبة المئوية لأنسجة خام الكبريت



الشكل 4: a- خارطة المقاومة المستعرضة لنطاق الإنتاج

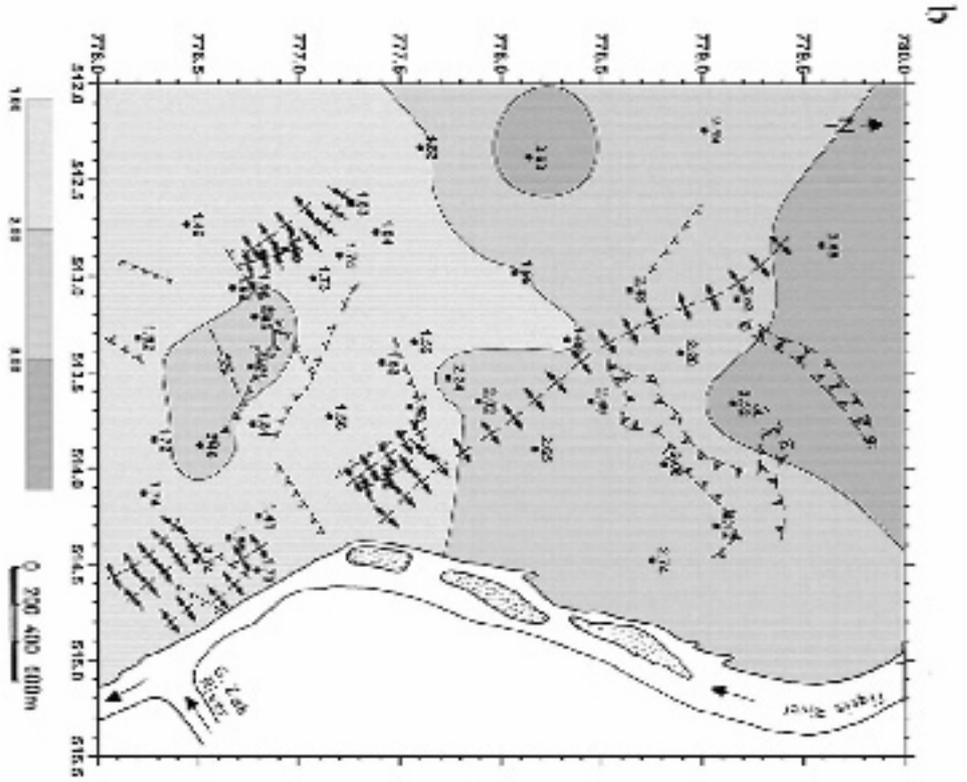


b

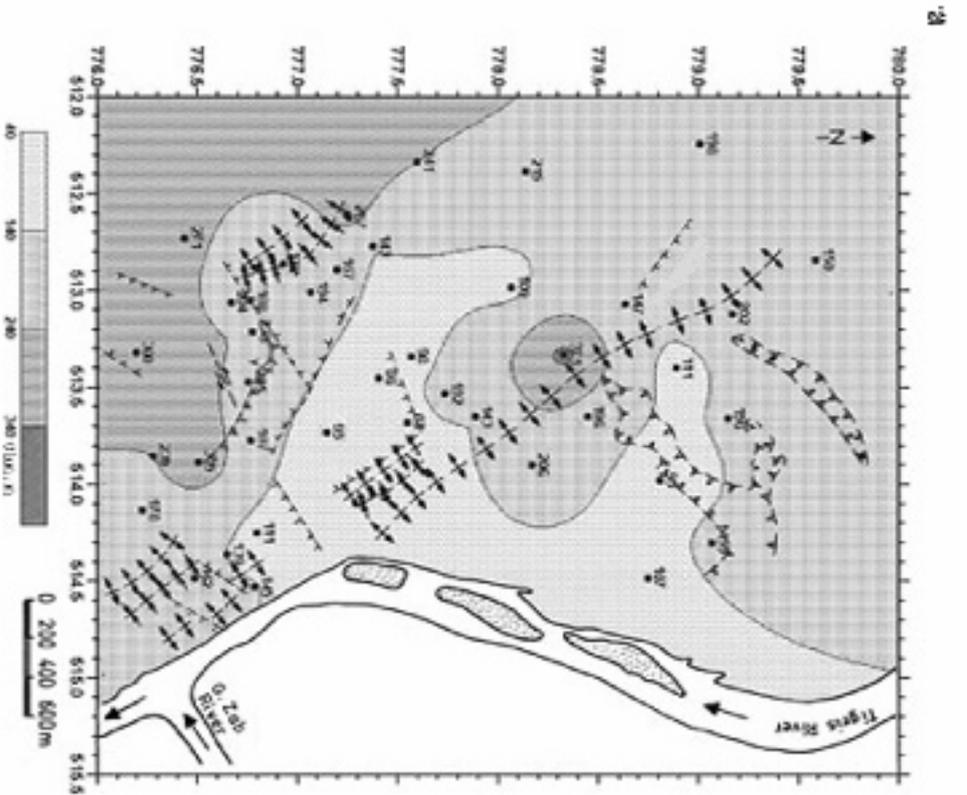
a

د- خارطة المقاومة المستعرضة لنطاق الإنتاج

الشكل 5: a- خارطة المقاومة الطولية لنطاق الإنتاج



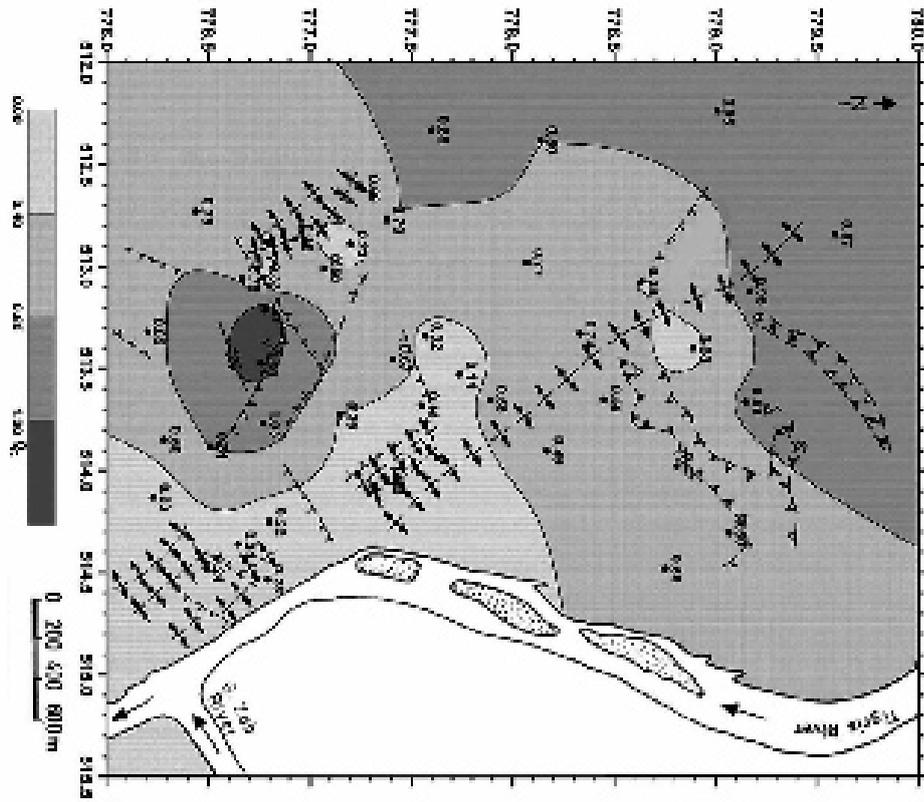
ب- خارطة معمل اللاتماثل لنطاق الإنتاج



الشكل ٦: أ- خارطة المقاومة المعدية لنطاق الإنتاج

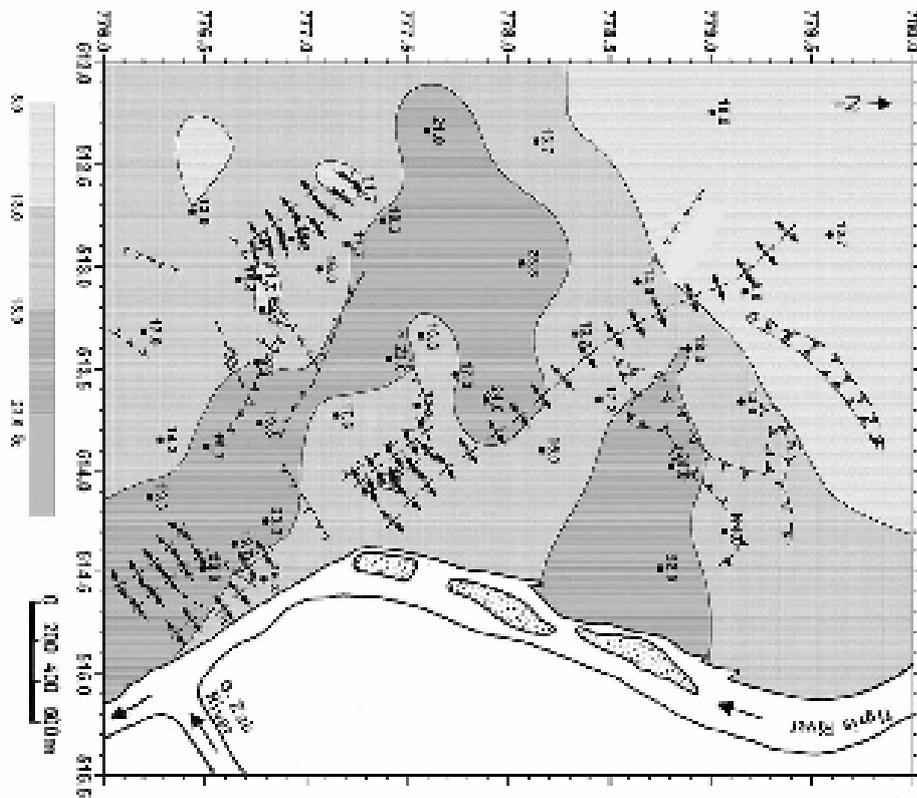
تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية.....

b



b- خارطة النسبة المئوية للمواد القارية.

24



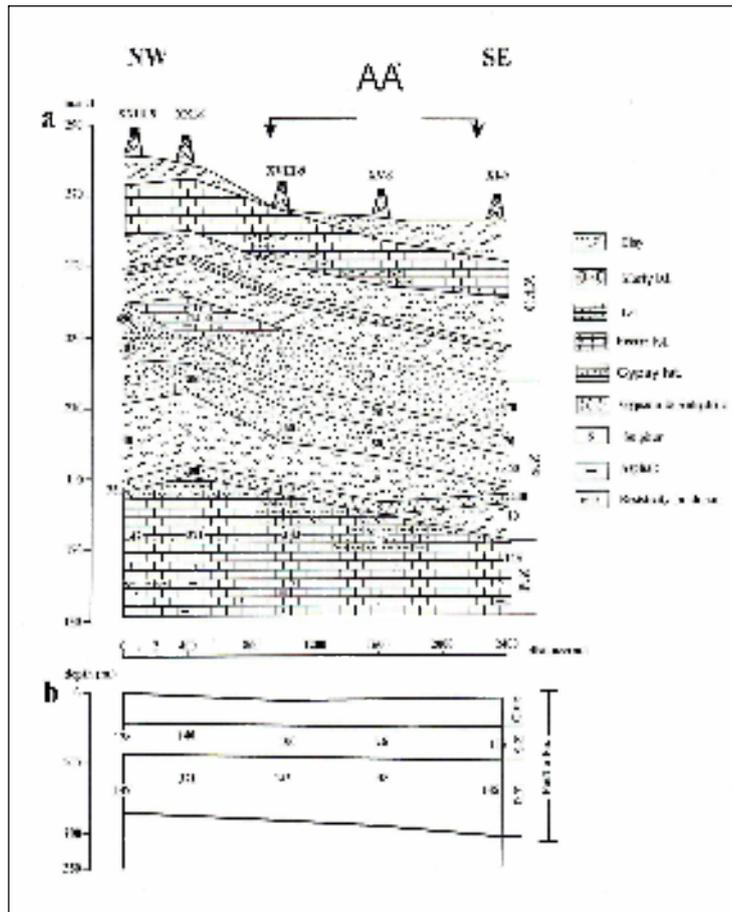
الشكل ٧ : a- خارطة النسبة المئوية لخاص الكبريت.

مقاطع المقاومة-الصخرية (Lithological-Resistivity Sections)

تم في البحث الحالي رسم أربعة مقاطع صخرية-مقاومية (Litho-Resistivity sections) ومقاومية معدلية (Mean Resistivity Sections, ρ_m) للمسارات الأربعة المثبتة في الشكل (٢).

المقطع AA'

يشمل الآبار XXIII-9, XXI-9, XVIII-9, XV-9, XI-9 وتتراوح قيم المقاومة للأنطقة الجيوكهربائية في هذا المقطع (الشكل ٨) بين ٥ اوم.م للصخور الطينية الى أكثر من ١٥٠٠ اوم.م للصخور الجيرية معادة التبلور. يمكن من خلال هذا المقطع ملاحظة التباين في قيم المقاومة للصخور على امتداد المسافة بين البئر XXIII-9 و XVIII-9 وهذا التباين ربما يعكس التغيرات الصخري ونسبة المحتوى المائي للصخور. أما في المسافة الممتدة بين البئر XI-9 والبئر XV-9 فيعود هذا التباين في قيم المقاومة الى وجود الفالق (F-5) والمثبت في الشكل (٢). كما يلاحظ وجود تباين واضح في قيم المقاومة بين البئر XV-9 والبئر XVIII-9 والذي ربما يعكس امتداد الفالق (F-2) (الشكل ٢).

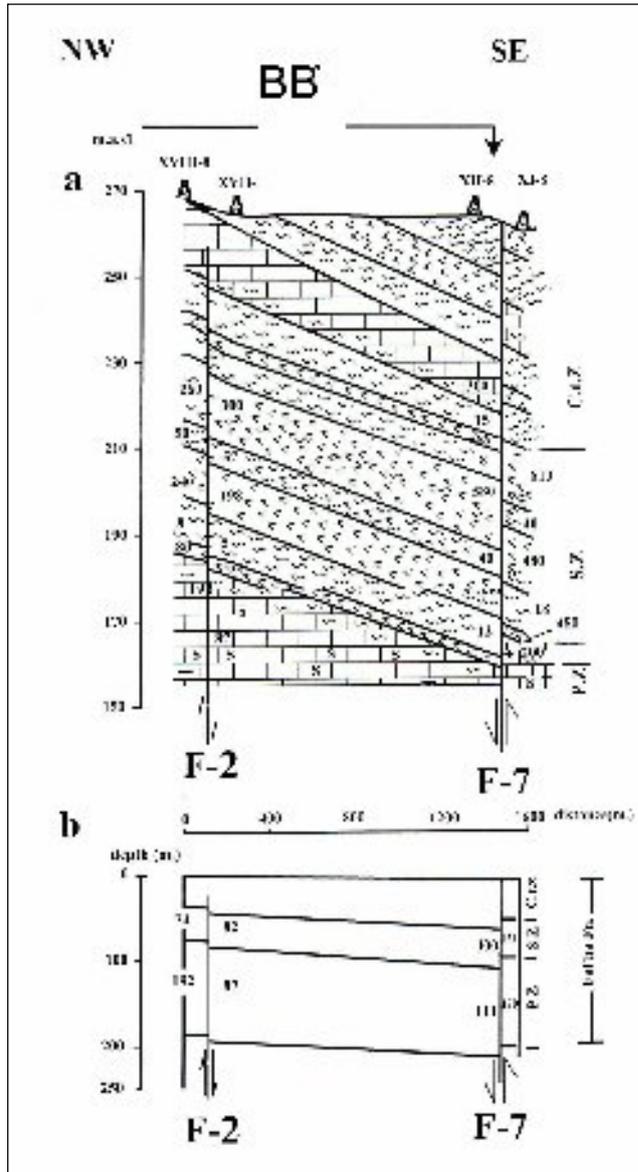


الشكل ٨: a - المقطع الصخري AA' مثبتا عليه قيم المقاومة b - مقطع المقاومة المعدلية للآبار

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية....

المقطع BB'

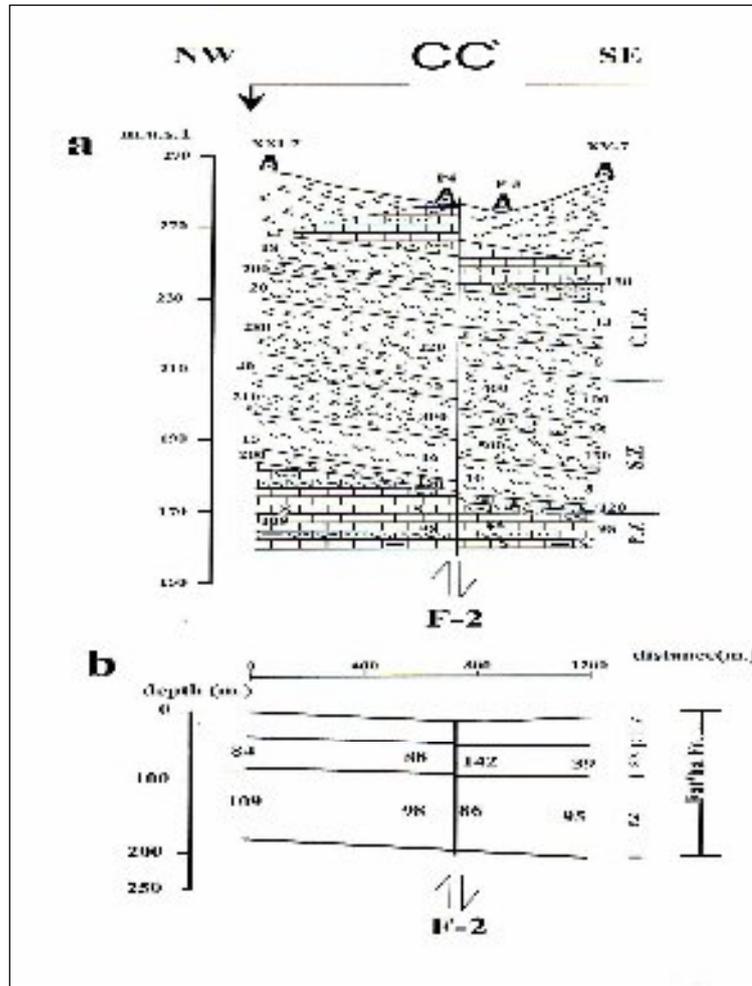
يشمل هذا المقطع الآبار XVIII-8, XVII-8, XII-8, XI-8 وقيم المقاومة لهذا المقطع (الشكل ٩) تتراوح بين ٥ اوم.م للطين و ١٢٨٠ اوم.م لصخور الجبسم والأنهايدريت. ينعكس تأثير الفالق (F-2) على قيم المقاومة عبر المسافة الممتدة بين البئرين XVII-8 و XVIII-8 ، كما يعتقد بوجود فالق آخر (غير مثبت في الخارطة الجيولوجية للمنطقة) يقع بين البئرين XI-8 و XII-8 (F-7) حيث يمكن ملاحظة تأثير هذا الفالق من خلال تباين قيم المقاومة ، ولا يلاحظ تأثير امتداد الفالق (F-5) على قيم المقاومة بشكل واضح في هذا المقطع.



الشكل ٩: a - المقطع الصخري BB' مثبتا عليه قيم المقاومة b - مقطع المقاومة المعدلية للآبار.

المقطع CC'

يشمل الآبار XI-7, P-4, P-5, XV-7 وتتراوح قيم المقاومة في المقطع (الشكل ١٠) بين ٥ اوم.م للطين و ٥٢٠ لصخور الجبسم والأنهيدرايت، ويمكن من خلال تباين قيم المقاومة ملاحظة تأثير الفالق (F-) (2)، كما يمكن ملاحظة مثل هذا التباين بين البئرين XV-7 و P-5 والذي يمثل تأثير امتداد الفالق (F-4) على المقطع.

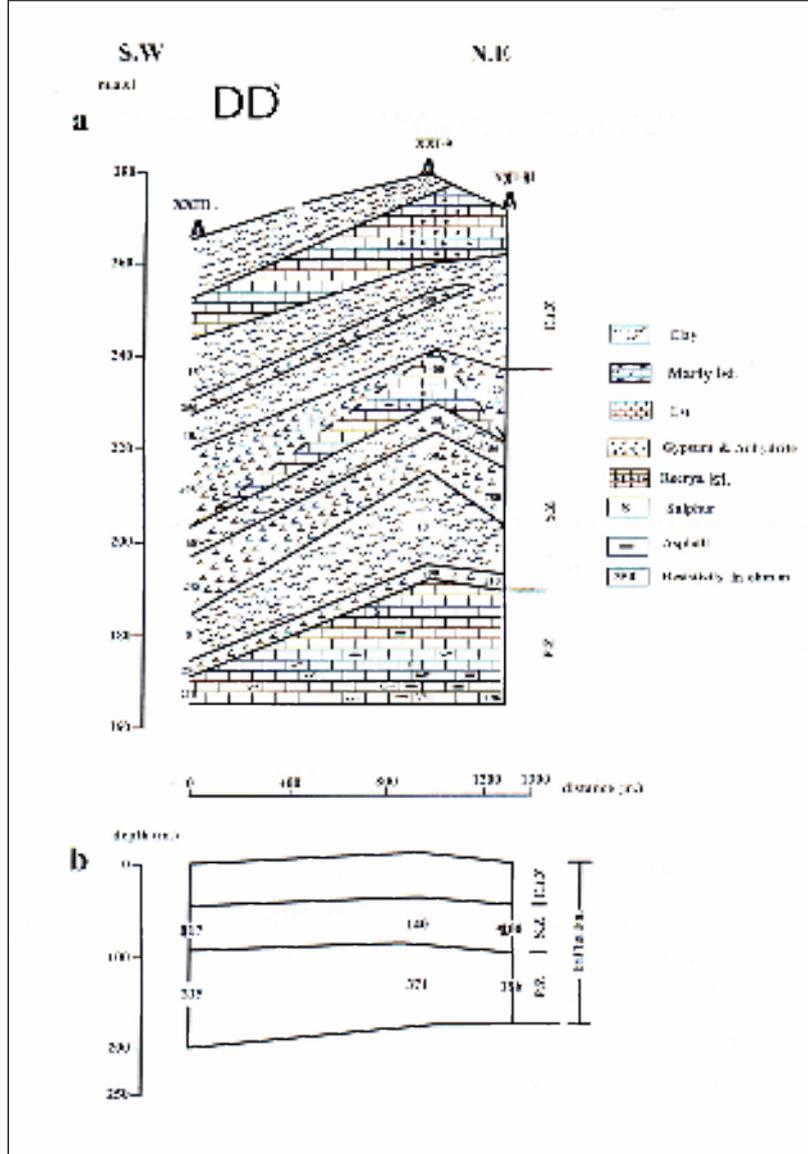


الشكل ١٠: المقطع الصخري CC' مثبتا عليه قيم المقاومة -b مقطع المقاومة المعدلية للآبار

المقطع DD'

يمثل المقطع قيم المقاومة للآبار XXIII-5, XXI-9, XXI-11 وتبلغ أدنى قيمة للمقاومية فيه (الشكل ١١) حوالي ١٠ اوم.م تمثل الطين على حين تبلغ أعلى قيمة لها حوالي ٣١٢٠ اوم.م. يمكن اعتبار التباين في قيم المقاومة على امتداد النطاق ناتج بسبب التغيرات الصخرية والهيدروجيولوجية والنتيجة بفعل ميل الطبقات اذ يلاحظ تزايد قيم المقاومة عند قمة طية المشرق.

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبية على المعاملات الجيوكهربائية....



الشكل ١١: a - المقطع الصخري DD' مثبتا عليه قيم المقاومة -b - مقطع المقاومة المعدلية للأبار

مناقشة النتائج

من خلال مقارنة ومطابقة خرائط المعاملات الجيوكهربائية مع بعضها ومع خرائط المتغيرات الصخرية يمكن ملاحظة عدم التطابق التام بين الخرائط الا أن هنالك إتجاهاً عاماً لانخفاض قيم المقاومة المعدلية (ρ_m) (الشكل a٦) لصخور نطاق الإنتاج بالاتجاه الشرقي من المنطقة (إتجاه النهر)، على حين ترتفع قيمها باتجاه الغرب والجنوب الغربي. هذا السلوك لقيم المقاومة المعدلية ربما يرتبط بدرجة كبيرة بقيم الناقلية المائية لخران نطاق الإنتاج (الشكل b٣) وكذلك يرتبط ربما بالنسبة المئوية لتركيز المواد القيرية (الشكل b٧) حيث ترتفع الناقلية باتجاه النهر وبخاصة قرب الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشراق متوافقة الى حد

ما مع ارتفاع النسبة المئوية للنسيج الشريطي للكبريت (الشكل b٤) والذي من صفاته المهمة احتواؤه على الفراغات المتصلة التي تساعد على نقل المياه الجوفية داخل الصخور، على حين تنخفض النسبة المئوية للمواد القيرية. أما خارطة معامل اللاتماثل المقاومي (٨) (الشكل b٦) فهي تشير بشكل عام إلى انخفاض قيم هذا المعامل بالاتجاه الجنوبي من المنطقة مرتبطة الى حد ما مع خارطة المقاومة المستعرضة (ρ_t) (الشكل b٥) والتي ترتبط بشكل جيد مع نسبة تركيز المواد القيرية، كما ترتبط وبشكل اقل مع المقاومة الطولية (ρ_l) (الشكل a٥). و تشير خارطة الإيصالية الطولية (S) (الشكل ٣ a) الى ارتفاع في القيم باتجاه النهر وبخاصة قرب منطقة الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشراق مرتبطة الى حد كبير مع ارتفاع قيم الناقلية المائية لخزان نطاق الإنتاج.

من ناحية أخرى لوحظ وجود علاقة واضحة بين قيم المعاملات الجيوكهربائية والتراكيب الجيولوجية للفوالق اذ تقل قيم المقاومة المعدلية (الأشكال ٨، ٩، و ١٠) والطولية والمستعرضة في حين تزداد قيم الإيصالية الطولية بالقرب من سطوح هذه الفوالق، ويمكن أعزاء هذه العلاقة الى ارتفاع الناقلية المائية فضلا عن انخفاض النسبة المئوية لتركيز المواد القيرية (الأشكال ٣، ٤، ٥، ٦ و ٧).

تم إجراء عملية التحليل الإحصائي للعلاقة بين المعاملات الجيوكهربائية مع بعضها ومع المتغيرات الصخرية المختلفة حيث أثبتت قيم معامل الارتباط (Correlation factor) (الجدول ١) بأن هنالك علاقة طردية بين المقاومة المعدلية والمقاومية المستعرضة حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ٠.٨٦٢. كما ان هنالك علاقة عكسية واضحة ايضا بين الإيصالية الطولية والمقاومية الطولية حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ٠.٨٣٨-. كما بينت نتائج المقارنة ان هنالك ارتباطا طرديا وثيقا بين معامل اللاتماثل وبين المقاومة المستعرضة اذ بلغت قيمة معامل الارتباط ٠.٦٥٧ وعلى العكس من ذلك لم تظهر نتائج المقارنة أي ارتباط ذي قيمة بين معامل اللاتماثل وبين المقاومة المعدلية لصخور نطاق الإنتاج. كما يلاحظ ان هنالك علاقة قوية بين المقاومة المعدلية والنسبة المئوية لتركيز المواد القيرية على حين توجد هنالك علاقة عكسية ضعيفة بينها وبين النسبة المئوية لتركيز خام الكبريت (الشكل a٧)، وعدم وضوح هذه العلاقة ربما يكون بسبب مرافقة الفراغات والفجوات بأحجام ونسب متباينة والتي عادة ما تكون مملوءة بالمياه الجوفية لتواجد خام الكبريت عالي المقاومة. أما ما يتعلق باللاتماثل المقاومي فيمكن ملاحظة أن قيم هذا المعامل تعتمد على المقاومة المستعرضة أكثر من اعتمادها على المقاومة الطولية، في الوقت نفسه يعتمد هذا اللاتماثل على النسبة المئوية لتركيز المواد القيرية أكثر من اعتمادها على النسبة المئوية لتركيز خام الكبريت ربما لنفس السبب المذكور في أعلاه.

تأثير بعض المتغيرات الصخرية والتركيبيية على المعاملات الجيوكهربائية....

الجدول ١: نتائج التحليل الإحصائي للعلاقة بين المعاملات الجيوكهربائية والمتغيرات الصخرية.

	λ	S	T	ρ_l	ρ_t	ρ_m	SU%	AS%	T_r	H
λ	1.000	.313*	.611**	-.337*	.657**	.145	-.230	.375*	-.271	-.020
S	.313*	1.000	-.317*	-.838**	-.365*	-.733**	.066	-.137	.496**	.123
T	.611**	-.317*	1.000	.425**	.964**	.801**	-.285	.610**	-.364*	.352*
ρ_l	-.337*	-.838**	.425**	1.000	.437**	.862**	-.164	.241	-.274	.065
ρ_t	.657**	-.365*	.964**	.437**	1.000	.826**	-.353*	.545**	.393*	.101
ρ_m	.145	-.733**	.801**	.862**	.826**	1.000	-.286	.454**	-.391	.102
SU%	-.230	.066	-.285	-.164	-.353*	-.286	1.000	-.154	-.081	.085
AS%	.375*	-.137	.610**	.241	.545**	.454**	-.154	1.000	-.417	.415**
T_r	-.271	.496**	-.364*	-.274	.393*	-.391	-.081	-.417	1.000	.046
H	-.020	.123	.352*	.065	.101	.102	.085	.415**	.046	1.000

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

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

تداخلت عوامل كثيرة في تحديد قيم المعاملات الجيوكهربائية لصخور الجزء السفلي من تكوين الفتحة (نطاق الانتاج) في منطقة الدراسة الحالية، ومن اهم هذه العوامل هي المكونات الصخرية للانطقة المختلفة من التكوين والتي تؤثر بشكل مباشر على تلك القيم، وقد تباينت درجة تأثير المكونات الصخرية على المعاملات الجيوكهربائية اعتمادا على المقاومة الكهربائية لها فالصخور الجبسية عالية المقاومة تتسبب عند تواجدها بكميات كبيرة داخل النطاق في زيادة قيم المقاومة المعدلية (ρ_m) والمستعرضة (ρ_t) وكذلك المقاومة المستعرضة (T) لصخور النطاق وهذا ماتمت ملاحظته بشكل واضح عند البئر 5-XXIII حيث بلغت هذه القيم ٢١٥ أوم.م، ٧٨١ أوم.م، ٧٥٧٧٩ أوم.م² على التوالي. كما يتسبب وجود هذه الصخور داخل النطاق في زيادة قيمة معامل اللاتماثل (λ) لتصل الى ٣.٦٣ وذلك بسبب التباين الكبير بين مقاومة هذه الصخور والصخور التي تقع فوقها وتحتها. فضلاً عن ما تقدم تتأثر قيم المعاملات الجيوكهربائية لنطاق الانتاج بشكل كبير عند احتواء صخره على كميات كبيرة من المواد القيرية والتي تتميز بمقاومية كهربائية عالية وهذا ما ظهر بشكل واضح عند البئر XV-4 الذي يحتوي على نسبة عالية نسبيا من تلك المواد (١.٣٧%) حيث ارتفعت قيمة المقاومة المعدلية الى ٢٣٨ أوم.م، كما ارتفعت قيمة المقاومة المستعرضة الى ٥٦٠ أوم.م وقيمة معامل اللاتماثل الى ٢.٣٥.

ومن العوامل المهمة الاخرى التي تؤثر على قيم المعاملات الجيوكهربائية لنطاق الانتاج هي الناقلية المائية للخزان الجوفي للنطاق والتي ترتبط بشكل كبير بالمسامية الفعالة لصخور النطاق، حيث أدت زيادة

الناقلية عند البئر XV-9 ($1000\text{m}^2/\text{d}$) الى خفض قيم المقاومة المعدلية والطولية والمستعرضة لصخور النطاق حيث بلغت هذه المقاومات ٤٥، ٣٠، ٦٦ أوم.م على التوالي، وكذلك خفض قيمة معامل اللاتماثل الى ١.٤٨ نتيجة للتجانس النسبي في خواص الصخور الكهربائية والذي يسببه انتشار المياه داخل الصخور.

الأستنتاجات

تشكل النسبة المئوية لتركيز المواد القيرية أكثر العوامل تأثيراً على المعاملات الجيوكهربائية لصخور نطاق الانتاج، يرتبط الازدياد في قيم المقاومة المعدلية والمقاومية المستعرضة والمقاومة المستعرضة ارتباطاً وثيقاً بارتفاع النسبة المئوية للمواد القيرية. تبين هنالك ارتباط ايجابي جيد بين الايصالية الطولية والناقلية المائية للمياه الجوفية عند صخور نطاق الإنتاج، وقد لوحظ هذا الارتباط بشكل واضح عند الغاطس الجنوبي الشرقي لطية المشراق المحدبة أذ ادى الازدياد في قيم الناقلية المائية الى زيادة قيم الايصالية الطولية بشكل كبير.

أثبتت الدراسة الحالية عدم وجود علاقة واضحة بين المعاملات الجيوكهربائية لصخور نطاق الانتاج وبين محتوى تلك الصخور من خام الكبريت عالي المقاومة وذلك نتيجة زيادة حجم الفراغات التي ترافق تواجد خام الكبريت بفعل عملية تحول الصخور الجبسية الى كبريت وكالسايت ثانوي. كما بينت الدراسة وجود علاقة واضحة بين قيم المعاملات الجيوكهربائية والتراكيب الجيولوجية للفوالق اذ تقل قيم المقاومة المعدلية والطولية والمستعرضة في حين تزداد قيم الايصالية الطولية بالقرب من سطوح هذه الفوالق.

المصادر العربية

العمرى، فاروق صنع الله، أنوري، مضر يوسف، محضر باشي، ثابت داؤد، ١٩٩٨. أجراء دراسة بحثية حول تقليل تسرب المياه التكنولوجية الحارة وبما يقلل التلوث وتخفيض كلف الإنتاج في حقل المشراق (١)، بحث غير منشور، الشركة العامة لكبريت المشراق، ٤٥ صفحة.

الكاظمي، جاسم، سزكيان وفاروجان، ١٩٩٦. خارطة العراق التكتونية، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، بغداد، العراق.

الصائغ، نبيل حميد، رفيق، حميد رشيد، الكواز، حازم أمين، النقيب، سالم قاسم، اليوزيكي، قتيبة توفيق، محضر باشي، ثابت داؤد، ١٩٩٩. دراسة التكهفات والقنوات التحت سطحية في منجم كبريت المشراق بواسطة مسح المقاومة النوعية الكهربائية، بحث غير منشور، مركز بحوث السدود والموارد المائية، جامعة الموصل، ٩ صفحة.

محمد علي، عامر عبد الرحيم، ١٩٨٩. دراسة هيدروجيولوجية لحقل كبريت المشراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، ١٠٤ صفحة.

الهسنياني، زاهد عمر مصطفى، ٢٠٠٣. هيدروجيولوجية منطقة المشراق المحصورة بين نهري دجلة والزاب الأعلى، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل، ١٣٤ صفحة.

المصادر الأجنبية

- Al-Mubarak, M.A. and Youkhanna, R., 1976. Regional Geological Mapping of Al-Fat'ha-Mosul Area, Report No.753, SOM Library, Baghdad, Iraq, Unpublished, 62p.
- Al-Noori, M.Y., 1976. The Effect of Geological Conditions of Mishraq Sulphur Deposits of the Result of Underground Smelting of the Deposits and on The Post Exploitation Surface Deformation, Unpublished Ph.D.Thesis, Geology and Prospecting Faculty, The Stanislaw Stazic University, 198p.
- Al-Samarie, A.M., 1975. Groundwater Movement in Sulphur Bearing Strata With Reference to Subsurface Mining, Unpublished Ph.D.Thesis, Newcastle Upon Tyne University, 289p.
- Al-Sawaf, F.D.S., 1977. Sulfate Reduction and Sulfur Deposition in the Lower Fars Formation, Northern Iraq, Economic Geology, Vol.27, pp.608-618.
- Al-Shaikh, Z.D., 1975. The Mosul-Hammam Al-Alil Fault and its Possible Relations to The Mineral Springs of The Area, Journal of the Geological Society of Iraq, Special issue, pp.69-78.
- Buday, T. and Jasim, S.Z., 1987. The Regional Geology of Iraq, Vol.2, (Tectonism and Metamorphism), GEOSURV., Baghdad, Iraq, 352p.
- Centrozap, 1971. Geological Documentation of Native Sulphur Deposits in Mishraq, Sulphur State Enterprise Library, 216p, (Unpublished).
- Chebaneco, V., 1962. Prospecting Exploration Carried Out in the Mishraq Sulfer Deposits in 1960-1961, Internal Report NIMCO, Baghdad, Iraq, 112p.
- Keller, G.V. and Frischknecht, F.C., 1982. Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press Inc., Oxford, 523p.
- Mahder-Bashi, T.D., 1986. Solution Mining of Sulphur in The Lower Fars Formation at Mishraq in Northern Iraq, Unpublished Ph.D.Thesis, University of London, 507p.
- Schlumberger, 1989. Log Interpretation: Principles/Applications, Schlumberger Educational Services, 5000 Gulf Freeway, Houston, Texas.
- Sharma, P.V., 2004. Environmental and Engineering Geophysics, Cambridge University Press, U.K., 475p.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A., 1976. Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, 860p.