Republic of Yemen
Ministry of Oil and Minerals
Geological Survey and Mineral Resources Board

هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية
الإدارة العامة للخدمات الفنية
إدارة الجيوفيزياء

الإدارة العامة للخدمات الفنية

دورة تدريبية في
الجس الكهربي العمودي لترتيب رباعي الأقطاب المتناظر (شلمبرجر) لقياس المقاومية الكهربائية وتطبيقاته في التنقيب عن المياه الجوفية

إعداد

١. جيوفيزيائي/محفوظ علي عبد الحفيظ (رئيس قسم المسح الكهربائي)

٢. جيوفيزيائي/سمير عبد الصمد العماد (رئيس قسم الصيانة)

تحت إشراف
د.فيصل سعيد الهزيم
مدير عام الخدمات الفنية

٢٠٠٧

المحتويات

الجزء الأول :

الأسس والمفاهيم النظرية-وعملية التحليل

أمثلة تطبيقية على استكشاف المياه الجوفية في اليمن

إعداد جيوفيزيائي

محفوظ علي عبد الحفيظ العريقي

١ مقدمة:-

يعتبر التنقيب الكهربائي إحدى الطرق الجيوفيزيائية في دراسة القشرة الأرضية والبحث عن الخامات المفيدة وكذلك المياه السطحية والجوفية وهو يرتكز إلى دراسة الحقول الكهربائية والكهرومغناطيسية المتواجدة في الأرض بفعل العمليات الفيزيائية – الكيمائية أو الفضائية الطبيعية أو بفعل العمليات الاصطناعية .

وتستند إمكانية دراسة القشرة الأرضية بواسطة التنقيب الكهربائي إلى الحقيقة الفيزيائية القائلة بأن بنية وشدة الحقول الكهربائية والكهرومغناطيسية الطبيعية منها والاصطناعية تتعلق بالخواص الكهرومغناطيسية للصخور وبالأبعاد الهندسة لهذه الصخور . بمعنى آخر ،تتحدد بنية وشدة الحقول المشار إليها بما يسمى بالمقطع الجيوكهربائي للمنطقة المدروسة.

يعتبر المقطع الجيوكهربي شكلا أخر من أشكال المقطع الجيولوجي ويختلف عنه بأن كل صخر فيه يتميز ليس بتركيبه الليثولوجي أو عمره وإنما بخواصه الكهربائية وهى :-

١. التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity) وعكسها المقاوميةٍ الكهربائية (Electerical Resistivity) .
٢. ثابت العزل (Dielectric Constant) .
٣. الحساسية المغناطيسية (Magnetic Permeability) .
٤. قابلية الاستقطاب (Polarization) .
٥. الفعالية الكهروكيميائية (Electrochemical Activity)

ويتميز التنقيب الكهربي بتعدد كمية طرق ووسائل إجراء القياسات الحقلية ويستعمل قسم من هذه الطرق بشكل شائع وعملي في الدراسات الجيولوجية كما أن القسم الأخر قد اهمل وليس له سوى أهمية تاريخية أما القسم الثالث فمازال في طور التطوير ويمكن توضيح هذا التعدد بالأسباب التالية :

١) تعدد الخواص الكهربائية للصخور.
٢) الطيف الواسع لترددات الحقول المدروسة (من التيار المتواصل وحتى مئات الميجاهرتز).
٣) تعدد طرق خلق الحقول الكهربائية في الأرض.
٤) أمكانية قياس المركبتين الكهربائية والمغناطيسية للحقل الكهرومغناطيسي.

وتعتبر طرق التيار المتواصل من أكثر طرق التنقيب الكهربائي تطوراً وبالتالي استعمالا في

الواقع العملي ويعود أسباب ذلك :

أ- هو أن نظرية الحقول الكهربائية المتواصلة في الأوساط المتجانسة وغير المتجانسة أبسط من المتناوبة .

ب- وضوح المعنى الفيزيائي للمعاملات المقاسة في التيار المتواصل منه في التيار المتناوب.

ت- ارتفاع العمق الاستكشافي لطرق التيار المتواصل (السبب الأهم).

ومع ذلك يجب الإشارة إلى أن إحدى أهم مشاكل التنقيب الكهربائي هي فرز الإشارات التي تعكس الأهداف العميقة المبحوث عنها ، عن التشويش الكهربائي المرتبط بعدم تجانس الوسط المحيط بتلك الأهداف . وفي هذه الحالة تظهر مميزات التيار المتناوب في الكشف عن تلك الأهداف.

وتصنف طرق التنقيب الكهربائي إلى تصانيف كثيرة حسب الاسس المعتمدة في هذه التصانيف كما يلي:

A. طبيعة الحقول المدروسة

i. طرق الحقول الطبيعية

١. Self-potential

٢. Audio-frequency magnetic field(AFMAG)

٣. Telluric current and magnetotellurics

وهنا التيار الكهربي يسري في الأرض دون تدخل الإنسان ولكن صممت أجهزة بحيث تتحسس وتقيس الجهود الناتجة عن هذه التيارات الضعيفة

ii. طرق الحقول الصناعية

١. Induced Polarization (IP)

٢. Electromagnetic (EM)

٣. Equipotential Point

٤. Resistivity

B. علاقة الحقول مع الزمن

١. طرق التيار المتناوب(المتردد)

٢. طرق التيار المتواصل (المستمر)

C. أماكن تواجد مصادر الحقل ونقاط القياس

أ- طرق ارضية

ب- طرق جوفية

ت- طرق جوية

ث- طرق بحرية

D. حسب نوع المسائلة المطروحة للحل

i. طرق بنيوية

ii. طرق جيولوجية هندسية

iii. طرق هيدرولوجية مكمنية

٢-١ الخواص الكهربائية الصخرية للصخور

الخواص الكهربية للصخور هي الخواص الفيزيائية التي يبديها الصخر عند تعرضه للحقول الكهربائية بمختلف أنواعها وتنسب إلى الخواص الكهربية كل من:

١) التوصيلية الكهربائية (Electrical Conductivity) وعكسها المقاومية الكهربائية (Electrical Resistivity) .

٢) ثابت العزل (Dielectric Constant) .

٣) الحساسية المغناطيسية (Magnetic Permeability) .

٤) قابلية الاستقطاب (Polarization) .

٥) الفعالية الكهروكيميائية (Electrochemical Activity)

وتعتبر هذه الخواص انعكاسات كمية وموضوعية للتركيب المعدني والصخري وكذلك لبنية الصخر وتاريخ تشكله الجيولوجي وشروط توضعه وأيضا للوضعية الهيدرولوجية التي يوجد بها الصخر. وتميز كل خاصية من الخواص السابقة الصخر من وجهة نظر محددة وعليه تستخدم كأساس في استعمال طريقة أو عدة طرق في التنقيب الكهربائي.

ويمكن تحديد الخواص الكهربائي للصخور بواسطة قياسها مباشرة أو في الآبار أو في المقالع والمناجم أو على المنكشفات الصخرية.

وتجب معرفة الخواص الكهربية للصخور من اجل تحقيق احد أو كامل الأهداف التالية:

- ✓ تفسير نتائج القياسات الكهربائية الحقلية.
- ✓ حل بضع مسائل في الحيوفيزياء كإقامة العلاقة بين الخواص الكهربية والتركيب الفلزي للصخر بمنشئه وعمره وبنيته ونسيجه وتشققه ودرجة إشباعه بالمياه وخواصه الخزنية وغيرها .

المقاومية الكهربائية النوعية للصخور (ρ)

تعتبر المقاومية الكهربائية النوعية (ونسميها اختصاراً المقاومية) الخاصية الكهربائية الأساسية للصخور وهي تساوي مقلوب الناقلية (التوصيلية) σ

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

وتقاس المقاومية بوحدة تسمى أوم .متر (أوم.م) ، ويمكن الحصول على أبعاد المقاومية في التعريف المعروف في الفيزياء لمقاومة ناقل مقدرة بالأوم والتي تعطى بالعلاقة :

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

حيث l طول الناقل ، A مساحة مقطع الناقل

ومن هنا نحد أن المقاومية تساوي عددياً مقاومة متر مكعب من الصخر لتيار كهربائي يمر من أحد وجوه المكعب إلي وجهه المقابل.

وتتغير المقاومية من صخر إلي صخر ضمن حدود واسعة جداً من أجزاء من الألف من ال أوم. متر للمعادن الثمينة إلى عدة مليارات للعوازل أمثال الميكا والكوارتز .

والجدول أدناه يوضح بعض المقاوميات لبعض الصخور

Typical Electrical Resistivities of Earth Materials

Material Resistivity	(Ωm)
Clay	1-20
Sand, wet to moist	20-200
Shale	1-500
Porous limestone	100-1,000
Dense limestone	1,000-1,000,000
Metamorphic rocks	50-1,000,000
Igneous rocks	100-1,000,000

طبيعة الناقلية الكهربية للفلزات والصخور:

تقسم الصخور مثل باقي المواد الى :

١. نواقل الكترونية (نواقل درجة اولى) تنتقل بها الشحنات الكهربائية بواسطة الالكترونات الحرة .

٢. نواقل أيونية (نواقل درجة ثانية) تنتقل بها الشحنات الكهربائية عبر الشوارد (الشوائب) المتواجدة في المحاليل التي تملا فراغات .

وتمتلك بعض الصخور كلا التناقليتين ويبين الجدول التالي توزيع الصخور والفلزات حسب نوعية ناقليتها الكهربائية :

الفلزات والصخور	نوعية الناقلية الكهربائية
• المعادن (بلاتين ،ذهب ، فضة ،نحاس، الجرافيت) • السولفيدات (جالينا ، كالكوبيريت الخ..... • بعض الأكاسيد (ماجنتيت ، كاستريت الخ.....	الناقلية الالكترونية
▪ كافة الصخور الرسوبية والإندفاعية (البركانية) والمتحولة ▪ الفلزات الغير داخلة في المجموعة الأولى ▪ المياه الطبيعية	الناقلية الأيونية

العوامل المؤثرة على المقاومية الكهربائية النوعية للصخور:

تتحدد مقاومية الصخور بالعوامل الآتية:-

١) العوامل الجيولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة.

٢) التركيب المعدني للصخور.

٣) المسامية:

تتناقص مقاومية الصخور مع زيادة مساميتها وذلك بسبب زيادة احتمالية وجود المياه في المسامات.

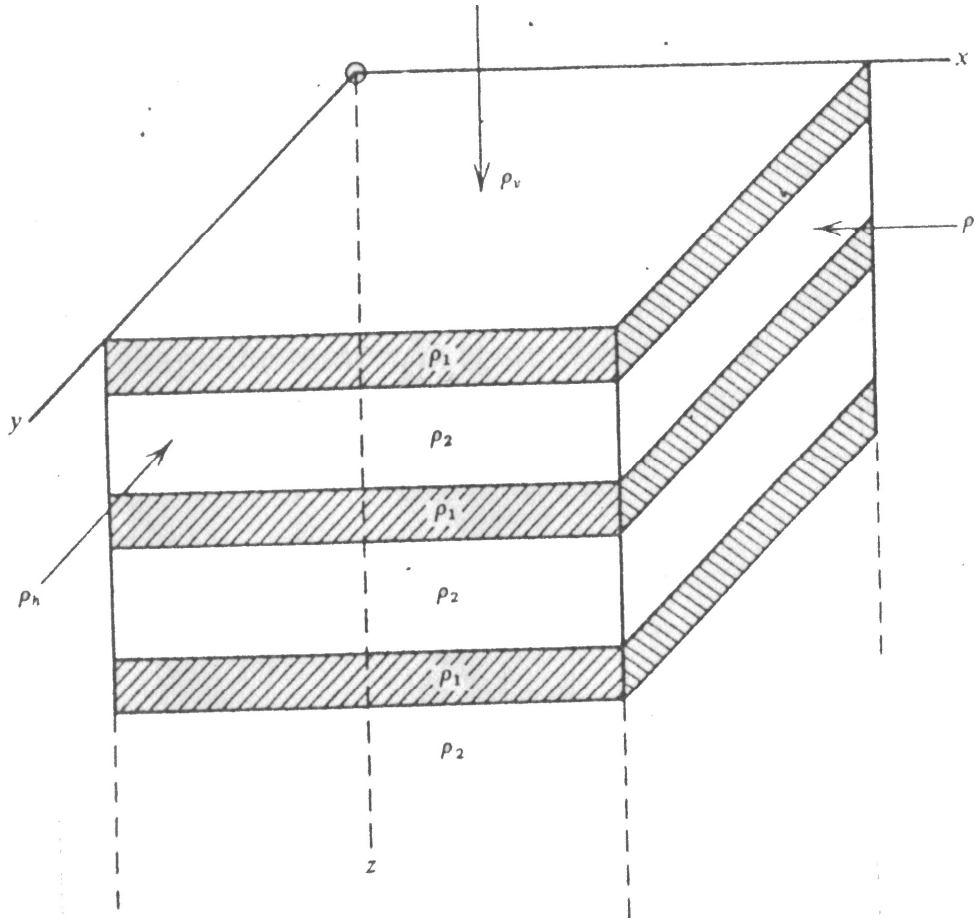
كما تتناقص مقاومية الصخور مع زيادة الإشباع المائي للفراغات المسامية الموجودة في تلك الصخور ويمكن توضيح الإشباع المائي بأنه يكون تحت مستوى المياه الجوفية يكون امتلاء المسامات بالمياه أعظمياً بينما يكون هذا الملء أقل منه فوق سطح المياه الجوفية.ونظرا لوجود مياه ثقلية (وهي المياه التي تملا فراغات الصخر وتسمى بالمياه ألحجميه) فإننا نلاحظ أكثر الاختلافات في قيم المقاومية في الرمال كبيرة الحبيبات والحصى والصخور المتشققة

القاسية)وعلى العكس في الغضار وبفعل زيادة كمية المياه متينة الارتباط فإن المقاومية لا تختلف كثيراً لا تختلف بحالة كون الصخر فوق أو تحت سطح المياه الجوفية.

٤) التشقق

٥) البنية والنسيج الصخري

حيث تتغير مقاومية الصخور أيضاً تبعا لتركيب المسالك التي تمرر التيار وطبيعة المسامات والشقوق الثانوية واتجاهاتها ، أي تبعاً للخصائص التي تتحدد بعلم الصخور بمفاهيم البنية والنسيج إن هذه الخصائص لا تغير المقاومية فحسب بل تسبب في ظهور ما يسمى بالانيزوتروبية الكهربائية وهي:- وهى اختلاف الناقلية الكهربية المقاسة على طول التطبق عن تلك المقاسة عموديا عليه شكل (١)



شكل (١) Anisotropic resistivity as a result of horizontal bedding

وتظهر الانيزوتروبية أول ما تظهر في كافة الصخور الرسوبية الغضارية تقريبا وفي صخور الشست ، والتي تتألف من صفيحات رقيقة مختلفة المقاومية أن مثل هذه الصخور تمرر التيار الكهربائي على طول التطبق أفضل منه بالحالة المتعامدة وتلاحظ هذه الظاهرة في الصخور المتحولة حيث تكون الناقلية الكهربائية كبيرة على طول الامتداد.

أما الصخور المتشققة فهي من الأوساط التي ينتشر بها التيار الكهربائي بشكل أكثر سهولة على طول اتجاه التشقق مما يؤدي إلى اعتبارها انيزوتروبية .

وعندما لا يخضع التشقق إلى نظام معين وهى الحالة التي نواجهها عندما عندما يتعرض الصخر لعمليات التجوية فمن الصعب الحديث عن تحديد للانيزوتروبية في هذا الصخر.

وتتحدد قيمة الانيزوتروبية بما يسمى بعامل الانيزوتروبية(λ) حيث:

$$\lambda = \sqrt{(\rho v/\rho h)}$$

حيث ρv هى المقاومية المقاسة بشكل عمودي على اتجاه التطبق او الاتجاه السائد لنظام التشقق في الصخر.

ρh، المقاومية المقاسة بشكل موازي لاتجاه التطبق أو على طول نظام التشقق في الصخر

ويبين الجدول أدناه قيمة معامل الانيزوتروبية الكهربائية

الصخر	قيمة عامل الانيزوتروبية(λ)
غضار (طين) ضعيف التطبق	١-١.١
غضار(طين) مع طبقات رقيقة من الرمال	١.١-١.١٥
غضار(طين) شيستي	١.١-١.٦
الحجر الحيري (الكلسي)	١-١.٣
الشيست الغضاري	١.٢-٢.٢
الحجر الرملي المتطبق	١.١-١.٦
الفحم الحجري	١.٣-٢.٥
الصخور القاسية المتشققة	١.١-٢.٥
الانتراسيت	١.٥-٢.٥
الشيست الفحمي والجرافيت	٢-٣

٦) ملوحة المياه الجوفية:

تتعلق مقاومية الصخور بالناقلية الكهربائية للمياه الجوفية وعندما يكون تركيز الاملاح المنحلة في المياه قليلا ، وهى الحالة التي نقابلها في الضروف الطبيعية عادة ، فإن مقاومية المياه يمكن اعتبارها قيمة متناسبة عكسيا مع التركيز وتتعلق بشكل غير كبير بتركيب الأملاح المنحلة.

ومن الممكن ، وبدقة مقبولة عمليا تحديد مقاومية المياه بفرض أن التركيز سببه ملح معين يلعب دورا رئيسيا في المنطقة الهيدرو كيميائية المدروسة . وغالباً ما يستخدم ملح كلوريد الصوديوم ويتم حساب مقاومية المياه الجوفية في حالة التأثير المسيطر لكلوريد الصوديوم استنادا إلى العلاقة التجريبية التالية

$$\rho \approx 8.4/M$$

حيث M درجة الملوحة مقدرة بال (g/L)

٧) الرطوبة

٨) درجة الحرارة

نظرا لإرتفاع درجة الحرارة فإن قابلية حركة الشوارد تزداد وعليه فإن مقاومية الصخور تنخفض وتتحدد هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$\rho_t=(\rho_{18})/(1+\infty)(t-18)$$

حيث ∞ هو العامل الحراري للناقلية وذو التغيرات المحدودة لاجل المحاليل المائية للاملاح المختلفة وضمن المجال الحراري (١٨-٥٠ م°)

، ρ_t هي مقاومية الصخر بالدرجة t مقدرة بالدرجة المئوية.

، ρ_{18} هي مقاومية الصخر بالدرجة ١٨ مقدرة بالدرجة المئوية .

، ويساوي العامل ∞ لأجل محلول كلوريد الصوديوم (٠.٠٢٦) ،فإذا بدلنا قيمته في المعادلة السابقة تبين لنا أن مقاومية الصخر تنخفض تقريبا مرتين عندما ترتفع درجة الحرارة الى ٤٠° م. ويجب اخذ هذه الظاهرة بعين الاعتبار عند دراسة الخواص الكهربائية للصخور على أعماق كبيرة..

هذا ونظراً لديناميكية العوامل المذكورة سابقاً والمؤثرة على مقاومية الصخور فانها تتغير في حدود كبيرة بالنسبة لنفس الصخر ، وتتغير مقاومية معظم ا لصخور في شروط التو ضع الطبيعية من الواحد وحتى الألف اوم.متر. وتتميز الصخور القاسية بأنواعها الثلاثة الرسوبية والبركانية والمتحولة بأعلى قيم للمقاومية (أكثر من ٢٠٠-٣٠٠ أوم . م).

ففي الصخور البركانية الاندفاعية تبلغ قيمة المقاومية ١٠٠٠ وأحيانا ١٠٠٠٠(اوم.م). وتؤثر على قيمة مقاومية الصخور القاسية وبشكل حاسم التجوية والتشقق ويخفض التشقق الحاصل تحت سطح المياه الجوفية ،أي في شروط الإشباع من قيمة المقاومية للصخور القاسية وحسب درجة التشقق والتعرية ودرجة ملوحة المياه الجوفية يمكن أن يصل هذا الانخفاض في قيمة المقاومية إلى عشرات المرات عما كان عليه لنقس الصخر عندما كتلة واحدة ، واذا ملئت الشقوق بنواتج التجوية الفيزيائية والكيميائية أو بإعادة توضع الغضار ، فإن المقاومية تنقص أيضاً عشرات وأحيانا مئات المرات بالنسبة للصخر غير المتعرض لعملية التجوية أما إذا ملئت الشقوق بالهواء فعلى العكس تزداد المقاومية عنها بالصخر غير المتعرض لعملية التجوية .

أما مقاومية الصخور الهشة فتتحدد بكاملها عملياً بالشروط الهيدروجيولوجية التي توجد بها هذه الصخور ، وعليه فإن الرمال الجافة يمكن أن يكون مقاومية تتجاوز عشرات آلاف الأوم.متر ، أما عندما تتشبع هذه الرمال بالمياه بشكل كامل فإن مقاومتها تنخفض إلى عشرات الأوم.متر وبحالة كون المياه شديدة الملوحة تصل مقاوميتها الى مرتبة واحد أوم.متر.

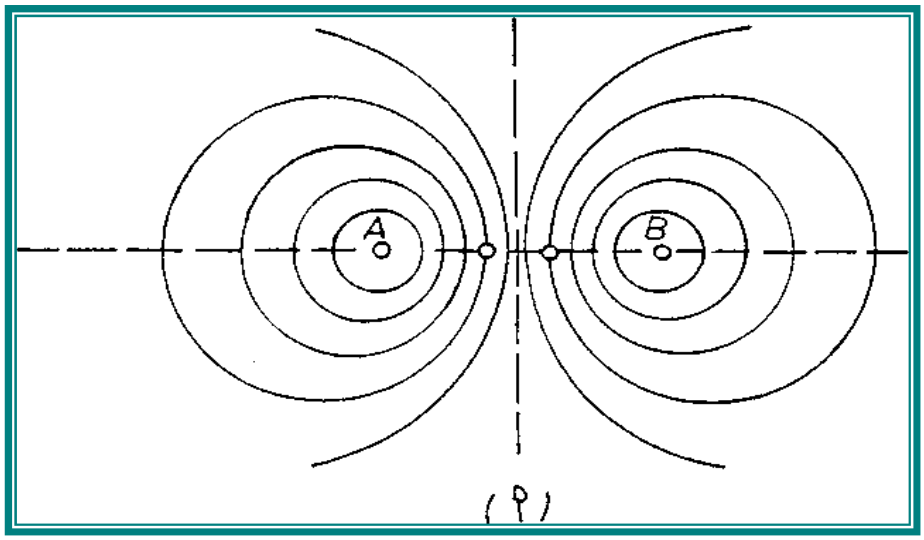
وتتميز الصخور الغضارية بإنخفاض قيمة مقاوميتها من جهة وبمحدودية مجال تغيرٍ هذه المقاومية من جهة أخرى.فالغضار بحري المنشأ له مقاومية تتغير من ١-٢ أوم.متر إلى ١٠ أوم.متر. وتزداد هذه المقاومية مع زيادة الشوائب الرملية في الصخر وزيادة عمره الجيولوجي. وتقل مقاومية غضار المياه العميقة الذي يتميز بإنتظام مكوناته وصغر إبعاده الهندسية.ويكون للغضار القاري مقاومية بحدود ٥-٢٠ أوم.متر تزداد بإزدياد الشوائب الرملية الى ١٥-٤٠ أوم.متر في اللوم ٢٥-٦٠ أوم.متر في الرمل اللومي وبشكل عام تزداد مقاومية الصخور الهشة كلما كبرت أبعاد حبيباتها فعند الإنتقال من الغضار الى اللوم الى الرمل اللومي الى الرمل الى الحصى فإنها تزداد من عدة أومات.متر إلى مئات الأوم.متر.

ونستنتج من كل ما سبق أن كل صخر يتميز بمجاله الخاص الذي تتغير ضمنه مقاوميته . إلا أنه في بعض الشروط الجيولوجية والهيدرولوجية المحددة نجد أن صخورا مختلفة قد يكون لها نفس المقاومية ، الأمر الذي يعقد التفسير الجيولوجي لنتائج التنقيب الكهربائي.

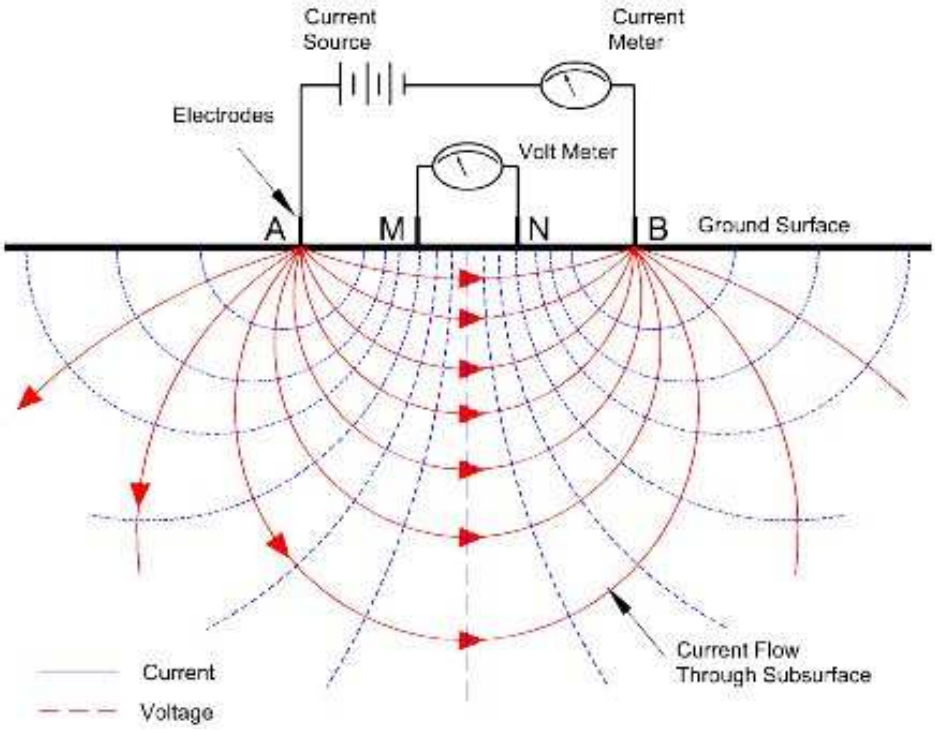
1. Water $\uparrow$, $\rho \downarrow$
2. Salinity $\uparrow$, $\rho \downarrow$
3. Temperature $\uparrow$, $\rho \downarrow$
4. Porosity $\uparrow$, $\rho \downarrow$ (water filled)
5. Clays $\uparrow$, $\rho \downarrow$
6. Metallic minerals $\uparrow$, $\rho \downarrow$

٣-١ الخلفية النظرية للمقاومية النوعية الكهربائية:

إن أساس المقاومية النوعية الكهربائية هو إمرار تيار كهربائي خلال سطح الأرض عبر زوج من الأقطاب (A , B) وإن التغييرات في طبيعة المواد تحت السطحية في التوصيل تعمل على انحراف خطوط تساوي الجهد (equipotential lines) العمودية على خطوط تدفق التيار المار خلال الأرض ،وهذا بدوره يؤثر في توزيع الجهد الكهربائي الذي يقاس بواسطة زوج من الأقطاب (M , N) كما في الشكل (٢أ،ب) .

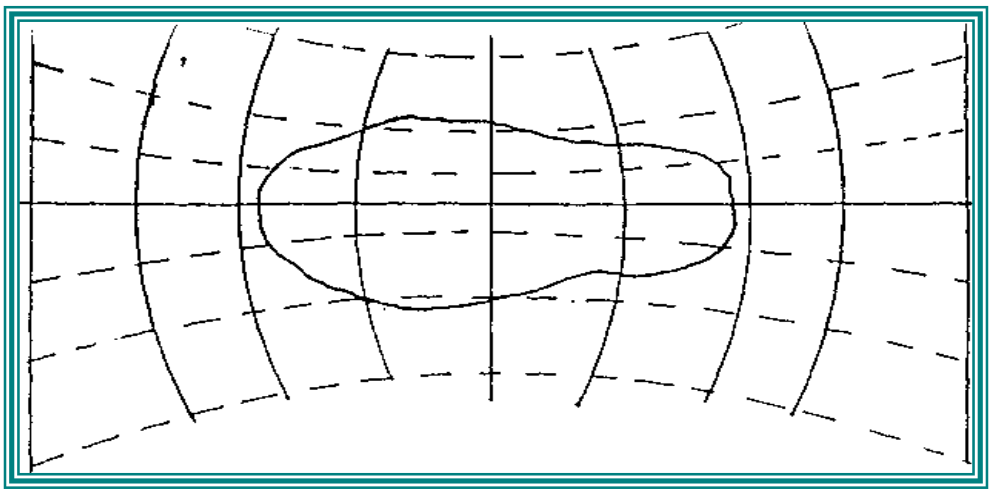


شكل (٢أ)- توزيع خطوط تساوي الجهد وخطوط تدفق التيار عند مستوى سطح الأرض

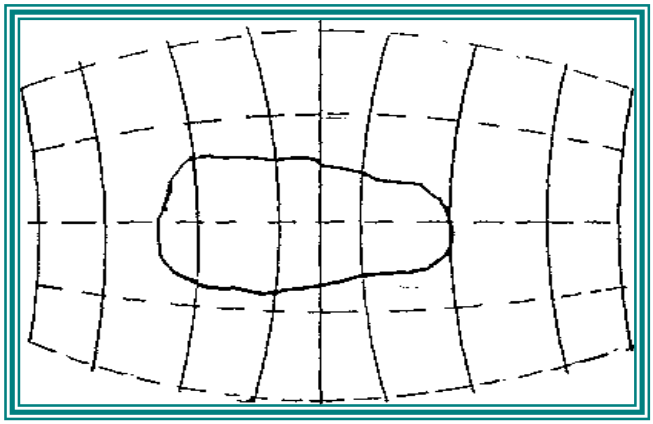


شكل (٢ب)- توزيع خطوط تساوي الجهد وخطوط تدفق التيار تحت سطح الأرض

عند وجود جسم ذي مفاومية نوعية عالية أعلى من الصخور المحيطة فإن ذلك يودي الى تباعد خطوط التيار وتجمع خطوط الجهد نحو الجسم مما يؤدي الى زيادة فرق الجهد وبالتالي في قيمة المقاومية النوعية الظاهرية المقاسة ، وبالعكس من ذلك في حالة وجود جسم موصل ، كما في الشكل (٣) (Sharma, 1976; Kunetz,1966) .



conductive body



— — — Lines of current flow
——;— Equipofent/al line

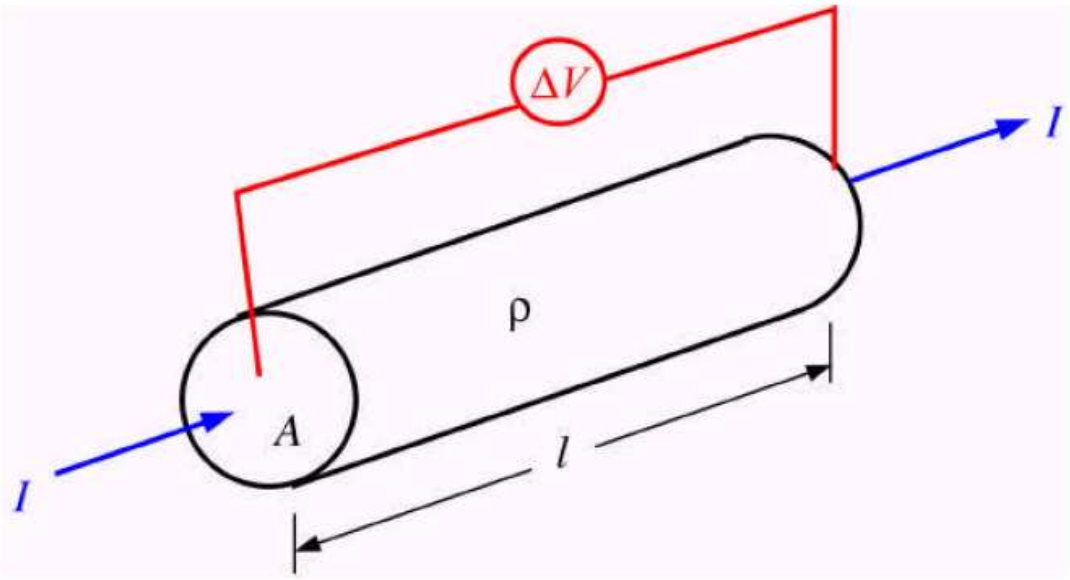
resistive body

شكل (٣) تأثير الإجسام الموصلة وذات المقاومية العالية على خطوط تدفق التيار وخطوط تساوي الجهد الكهربي عند سطح الأرض (Kunetz,1966)

١-٣-١نظرية تدفق التيار:

لفهم سريان التيار الكهربائي في الأرض فإنه يجب الأخذ بعين الاعتبار كونها متجانسة (Homogeneous) ذات خصائص متساوية الاتجاهات (Isotropic) ولها مقاوميات نوعية منتظمة أي أنها تتكون من طبقات ذات نوعية مختلفة(Keller and Frischknecht1970) كما أن الأساس هو قياس الانحدار الجهدي (Potential gradient) من على السطح المرافق لسريان التيار الكهربي (Van Nostrand and Cook1966) .

إذا أخذنا طبقة متجانسة طولها (L) ومقاومتها (R) والتي ينساب خلالها التيار (I) فإن فرق الجهد ΔV عبر نهايتي المقاومة يعبر عنه بوساطة قانون أوم Ohm's law (Griffith and King 1981,Sharma 1976) كما في المعادلة الآتية:



شكل (٤) تعريف المقاومية

$$\Delta V = I R \qquad \text{.....(1)}$$

وتعرف المقاومية النوعية (ρ) لأية مادة أنها مقاومية مقطع عرضي اسطواني ذي وحدة طول (L) ووحدة مساحة (A) شكل (٤).

فإذا تدفق التيار بين نهايتي الاسطوانة فإن مقاومته النوعية يعبر عنها بالعلاقة الآتية:

$$\rho = R\frac{A}{L} \qquad \text{.....(2)}$$

ويعبر عن المقاومة (R) من العلاقة أدناه (٣) كما يلي :

$$R = \frac{\rho l}{A} \qquad \text{.....(3)}$$

وعليه فإن التيار الكلي المار خلال المقطع العرضي هو:

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \Delta V\frac{A}{L}\frac{1}{\rho} \qquad \text{.....(4)}$$

و كثافة التيار(Current density) (J) نحصل عليها من العلاقة:

$$J = \frac{I}{A} = \frac{\Delta V}{\rho L} \qquad \text{.....(5)}$$

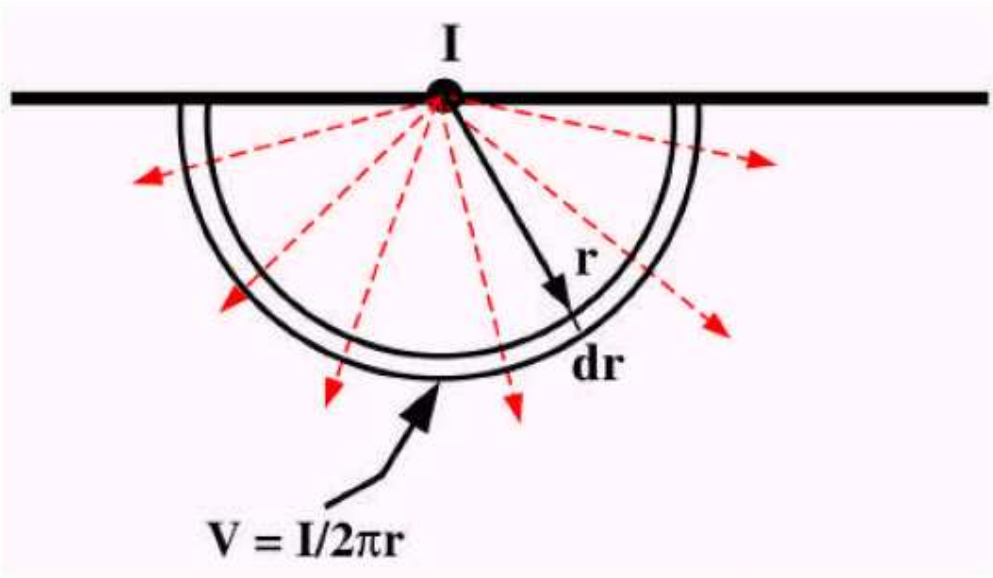
وإذا كانت خطوط تدفق التيار غير متوازية فإن النسبة $\left(\frac{\Delta V}{L}\right)$ تصبح في حدود الجهد الأعظم ويعبر عن قانون أوم في هذه الحالة كما يأتي (Griffiths and King 1981;Keller and Frischknecht,1970)

$$J = -\frac{1}{\rho}\frac{dV}{dr} \qquad \text{.....(6)}$$

الإشارة السالبة تدل على أن الجهد يزداد في الاتجاه المعاكس لسريان التيار ، كما أن كثافة التيار في الاتجاه (r)

$$J_r = -\frac{1}{\rho}\frac{dV}{dr} \qquad \text{.....(7)}$$

في هذه الحالة يستعمل انحدار الجهد في الاتجاه (r) بدلاً من الانحدار الأعظم .



شكل (٥) يوضح شكل المصدر النقطي

إن اشتقاق الجهد في وسط متجانس بسبب مصدر نقطي (Point source) شكل (٥) يمكن التعبير بالعلاقة الآتية :

$$V = \frac{S}{r} \qquad \text{.....(8)}$$

حيث أن (S) ثابت يمثل شدة المصدر وهو يعتمد على المقاومية النوعية للوسط وعلى التيار وموقع المصدر ، بالإضافة إلى طبيعة الوسط.

وبالتعويض بالمعادلة (٨) في المعادلة (٧) فإن كثافة التيار خلال وحدة مساحة دائرية نصف قطرها (r) محيطة بالمصدر هي :

$$J = -\frac{1}{\rho}\frac{dV}{dr} = \frac{S}{\rho r^2} \qquad \text{.....(9)}$$

وبما إن كثافة التيار متساوية في أجزاء السطح الكروي جميعها للمادة المتجانسة فأن التيار الكلي سيكون:

$$I = 4\pi r^2 \frac{S}{\rho r^2} = 4\pi \frac{S}{\rho} \qquad \text{.....(10)}$$

لذلك فإن قيمة (S) هي :

$$S = \frac{I\rho}{4\pi} \qquad \text{.....(11)}$$

في حالة كون الوسط شبه محدود (Semi-infinite) يفصل الوسط عن الهواء بواسطة مستوى ، ويقع السطح الفاصل بينهما (مشابه لمسوحات المقاومية النوعية) فيكون تدفق التيار خلال نصف الكرة هو:

$$S = \frac{I\rho}{2\pi} \qquad \text{.....(12)}$$

شدة المصدر في المعادلة (١٢) هى ضعف شدة المصدر في المعادلة (١١) ، فإذا تم قياس انحدار الجهد في نقطة على مسافة (r) من المصدر على سطح الأرض ، وبمعرفة شدة التيار فيمكن حساب المقاومية النوعية (ρ).

من المعادلتين (٨)و(١٢) نحصل على أن :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \qquad \text{.....(13)}$$

إن المعادلـة (١٣) هـى المعادلـة الأساسية التـي تستخدم فـي حسـابات توزيـع الجهـد فـي وسـط متجـانس ذي خصـائص متسـاوية فـي الاتجاهـات جميعهـا (Sharma,1976; Parasnis, 1972;Bhattacharya and Patra, 1968)، إن انحـدار الجهـد المرافـق للتيـار يعبـر عنـه بالعلاقة الآتية:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{-I\rho}{2\pi r^2} \qquad \text{.....(14)}$$

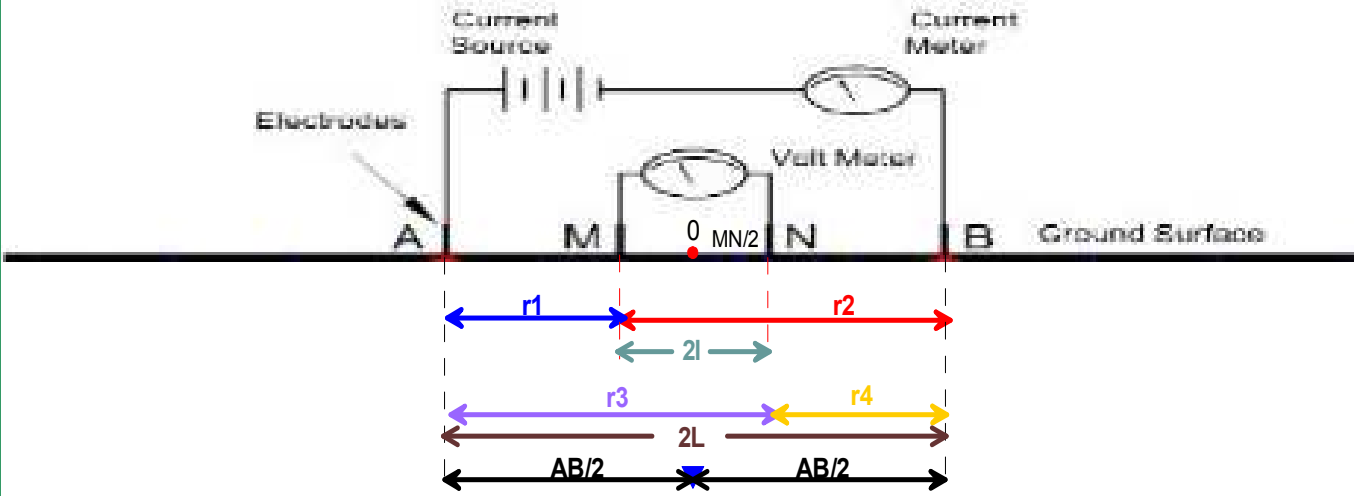
يمثل $\left(\frac{dv}{dr}\right)$ الانحدار السطحي للجهد الذي هو المجال الكهربائي في المركز وتكون المقاومة النوعية هي:

$$\rho = \frac{-2\pi r^2}{I}\frac{dV}{dr} \qquad \text{.....(15)}$$

في حالة المسح الكهربائي يمرر تيار في الأرض بواسطة قطب فيكون الجهد الكهربائي في نقطة (P) على مسافة (r) من القطب هو :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \qquad \text{.....(16)}$$

ويستعمل في معظم الترتيبات في المسح الكهربـائي قطبـان لقيـاس فرق الجهـد (M ,N) مثبتـة في الأرض على خط مستقيم مع قطبي المصدر (A ,B) ، كمـا هو موضـح فـي الشكل (٥)وهو توضيح لطريقة النشر المستخدمة في الجس الكهربي العمودي لرباعي الأقطاب المتناظر (ترتيب شلمبرجر).



شكل (٥) رباعي الأقطاب المتناظر (ترتيب شلمبرجر).

إن الجهد في النقطة (M) والناتج عن القطبين (A,B) هو:

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \qquad \text{.....(17)}$$

والجهد في النقطة (N) والذي ينتج من لقطبين(A,B) هو:

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right) \qquad \text{.....(18)}$$

لذلك فإن فرق الجهد بين النقطتين (M,N) هو:

$$V_M - V_N = \Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right) \qquad \text{.....(19)}$$

وعليه فإن :

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I}\left(\frac{1}{\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_3}+\frac{1}{r_4}}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(20)$$

$$\rho = 2\pi K \frac{\Delta V}{I} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(21)$$

إذ أن (K) هو العامل الهندسي (Geometric factor) لترتيب الأقطاب.

إن قيمة (ρ) في الوسط المتجانس لا تعتمد على مواقع الأقطاب ولا على المسافة الفاصلة بينهما إذ تبقى النسبة ($\frac{\Delta V}{I}$) ثابتة على الرغم من تغير كمية التيار ومواقع الأقطاب لـــــــــــــنفس النشر (Keller and Frischthnecht,1970;Sharma,1976 and Telford et.al.,1976) ، وفي حالة عدم التجانس تعرف المقاومية النوعية أنها المقاومية النوعية الظاهرية ، والتي تساوي النسبة بين فرق الجهد والتيار المار خلال الوسط غير المتجانس مضروبة بعامل يمثل دالة للمسافات المتتالية بين الأقطاب الأربعة واتجاه النشر ، حيث تتغير النسبة ($\frac{\Delta V}{I}$) مع تغير مواقع الأقطاب ومسافاتها وبدورها تعين التغيرات الجانبية في المقاومية النوعية لطبقات الأرض (Sharma,1976 and Telford et.al.,1976) .

إن قيمة المقاومية النوعية الظاهرية في الوسط غير المتجانس (Heterogeneous) قد تكون أقل أو أكبر من قيمة المقاومية النوعية الحقيقية ولكن في حالات نادرة تكون القيمتان متساويتان لترتيب معين لأقطاب التيار (Keller and Frischthnecht,1970;Battacharya and Patra,1968) .

٢-٣-١استنتاج قيمة العامل الهندسي(K) لترتيب شلمبرجر(رباعي الأقطاب المتناظر):

بالعودة إلى الشكل (٥) والمعادلة العامة(٢٠) لحساب العامل الهندسي (K) لآي ترتيب

إذاً بما أن :

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I}\left(\frac{1}{\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_3}+\frac{1}{r_4}}\right)$$

بالعودة الى الشكل (٥) والتعويض عن قيم (r_1,r_2r_3,r_4) بدلالة كل من(L,l) نحصل على العلاقة الآتية:

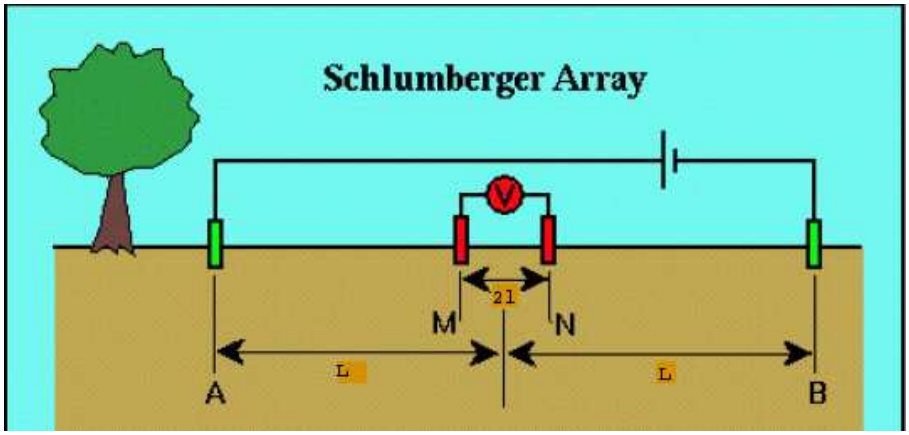
$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I}\left(\frac{1}{\frac{1}{L-\ell}-\frac{1}{L+\ell}-\frac{1}{L+\ell}+\frac{1}{L-\ell}}\right) \qquad \text{.....(22)}$$

$$\rho = \frac{\pi}{2\ell}\left(L^2-\ell^2\right)\frac{\Delta V}{I} \qquad \text{.....(23)}$$

٤-١ الجس الكهربائي العمودي (ترتيب شلمبرجر) Vertical Electrical (Schlumberger configuration) Sounding

يهدف الجس الكهربائي العمودي إلى تتبع تغيرات المقاومية الكهربائية مع العمق تحت نقطة ما من سطح الأرض وربط هذه التغيرات مع المعلومات الجيولوجية المتوفرة لكي نتمكن من تفسير البنية التحت سطحية بتفصيل أكثر.

وعندما نستخدم طريقة شلمبرجر (Schlumberger) شكل (٦) في الجس الكهربي العمودي ، يتم إبقاء مساري الكمون (فرق الجهد) ثابتة حول مركز التشكيل (AB) ،بينما يتم نقل مساري التيار بشكل تباعدي ومتدرج وبحيث نحافظ على تناظرهما .



$$\rho = \frac{\pi}{2\ell}\left(L^2 - \ell^2\right)\frac{\Delta V}{I}$$

شكل (٦) يوضح طريقة التناظر في ترتيب شلمبرجر

إن روتين العمل الحقلي في طريقة شلمبرجر هو أكثر سهولة من طريقة وينر لأننا نقوم بتحريك قطبي التيار (A,B) فقط وإضافة الى ذلك ، فإن تأثير مقاومية عدم التجانس الضحلة المحلية الموجودة في الجوار (نتيجة وجود التربة الزراعية أو التجوية .... الخ) يكون ثابتاً من أجل جميع القياسات لأن مساري (أقطاب) الكمون اوفرق الجهد (القياس) تبقى ثابتة، ومن أشهر المخططات النموذجية لتباعد مساري التيار هو أن نبدأ بتباعد لمساري الكمون(فرق الجهد)

مقداره (٠.٥ متر) وابقاء هذا التباعد ثابتاً ثم نقوم بوضع مساري (قطبي)التيار بحيث يكون تباعديهما بالمتر:

L=(AB/2)= 2.5,4,6,8,10,15,20,30,40

وقد لوحظ من التجارب الحقلية كثيرا ما يصبح فرق الكمون (الجهد) بين قطبي القياس (M,N) صغيراً عندما يزداد طول (AB/2) فنقوم في هذه الحالة بزيادة تباعد مساري فرق الجهد (الكمون) مثلا إلى ١٠ متر وتتابع الجس مع تباعد مساري التيار كما يلي :

L=(AB/2)=30,40,50,75,100,150,200

ثم نقوم بزيادة تباعد فرق الجهد (الكمون) إلى ٥٠ متر مثلاً وتتابع الجس مع تباعد مساري التيار كما يلي :

L=(AB/2)=150,200,300,400,500,……..

وتعطى المقاومية الظاهرية (Apparent resistivity) من العلاقة :

$$\rho_a = \frac{\pi}{2\ell}\left(L^2 - \ell^2\right)\frac{\Delta V}{I}$$

والتي يمكن ان تكتب بالصورة الأتية

$$\rho_a = \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN}\,\pi\left(\frac{V}{I}\right)$$

ونراعي في طريقة النشر إن تتحقق العلاقة الآتية بين أبعاد النشر لكل من أقطاب التيار وأقطاب القياس (اقطاب فرق الجهد) :

$$\mathbf{AB \geq 5 * MN}$$

ويتعين العمق الفعال والذي نحصل عليه من العلاقة الأتية:

Effective depth midrange(center of the effective depth) ZE is about:

$$Z_E/2L = 0.190 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (24)$$

(Edwards, 1977) where "2L" is distance AB

ويمتد عمق التأثير لنطاق يمتد من(And the effective depth zone (0.5 Z_E to 1.6 Z_E

extends from 0.5 Z_E to 1.6 Z_E)

والجدول الأتي يوضح قيم ZE،SZE، EZE مع قي (AB/2)

(AB/2)	ZE	SZE	EZE
1.5	0.57	0.285	0.912
2.5	0.95	0.475	1.52
4	1.52	0.76	2.432
6	2.28	1.14	3.648
8	3.04	1.52	4.864
10	3.8	1.9	6.08
15	5.7	2.85	9.12
20	7.6	3.8	12.16
30	11.4	5.7	18.24
30	11.4	5.7	18.24
40	15.2	7.6	24.32
40	15.2	7.6	24.32
50	19	9.5	30.4
75	28.5	14.25	45.6
100	38	19	60.8
150	57	28.5	91.2
150	57	28.5	91.2
200	76	38	121.6
200	76	38	121.6
300	114	57	182.4
400	152	76	243.2
500	190	95	304
600	228	114	364.8
700	266	133	425.6
800	304	152	486.4
900	342	171	547.2
1000	380	190	608

حيث أن: ZE هي قيمة مركز عمق التاثير

SZE، هى بداية نطاق عمق التاثير

EZE ، هى نهاية نطاق عمق التاثير

مع مراعاة إن جزء من التيار الكهربائي الذي نرسله في الأرض والذي يمر من عمق أكبر من عمق محدد ما سوف يزداد مع ازدياد تباعد المساري وعلى سبيل المثال إذا كان تباعد المساري يساوي العمق (Z) فلن يمر أكثر من ٢٩.٥% من التيار الكلي تحت هذا العمقZ ولكنه سوف يزداد إلى ٥٠% إذا كان تباعد المساري يساوي ضعف العمق ،ويصل الى ٧٠.٦% إذا كان تباعد المساري يساوي أربعة أضعاف العمق . ولو رغبنا أن يمر ٩٠% من التيار تحت عمق معين بحيث يحجز ١٠% فوق ذلك العمق ، يتوجب أن يبلغ تباعد المساري ١٢.٦ ضعف العمق المطلوب.

إن قيمة المقاومية النوعية الظاهرية المسجلة بهذه الوضعية تتعلق بشيئين هما:

١) الوضعية البنيوية والتركيبية للطبقات الواقعة تحت المنطقة المدروسة.

٢) الوضعية الهندسية لمساري إدخال التيار للأرض وتسجيله وبالطبع فإن الوضعية الهندسية تبين أن العمق الذي يصل إليه التيار يتعلق بشكل مباشر بالبعد بين المساري (A,B) .

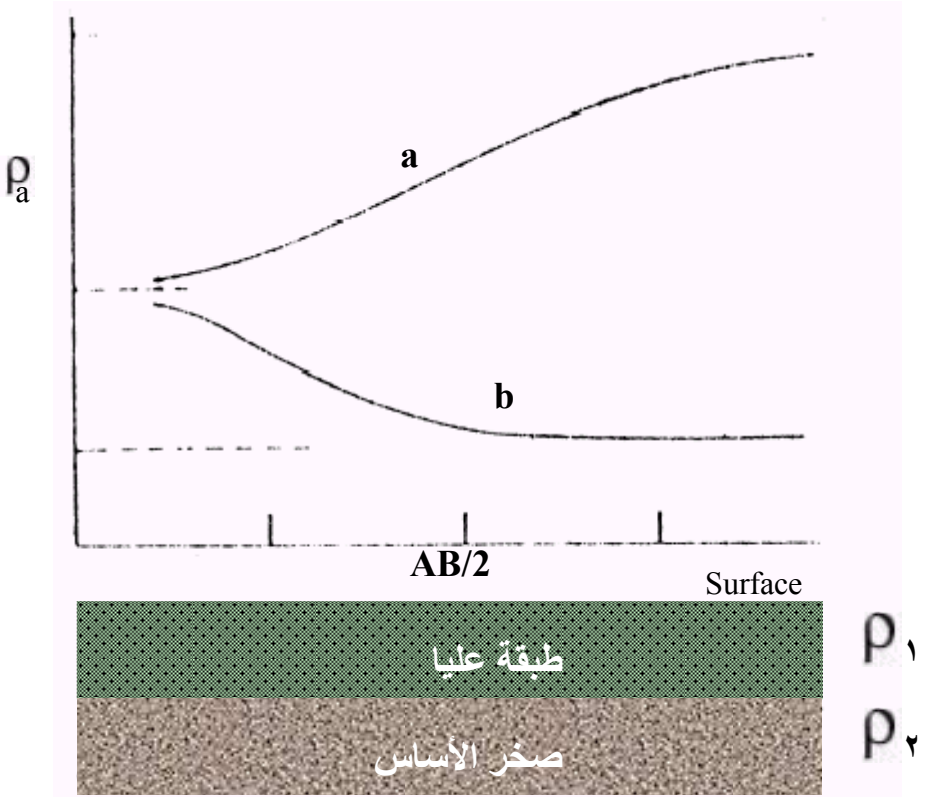
أن الأثر الأكبر على قيمة المقاومية الظاهرية تحدثه الصخور الواقعة في حجم الوسط الذي يدخل اليه التيار ويتوزع فيه

١-٤-١تفسير النتائج:

تكون الخطوة الأولى في تفسير نتائج الجس الكهربي العمودي بتمثيل نتائج القياسات الحقلية على ورق رسم لوغارتمية بحيث نوقع على المحور السيني نصف تباعد مساري التيار (AB/2) وعلى المحور الصادي قيم المقاوميات الظاهرية المحسوبة .

ويمكن أن نكتسب بعض الفهم لطبيعة منحنيات الجس الكهربائي من دراسة بعض الحالات البسيطة.

لندرس حالة طبقة واحدة كما في الشكل (٧) وهي ذات سماكة معينة تغطي صخر الأساس الذي يمتد نجو الأسفل بشكل لا متناه، لنفترض أولاً أن الطبقة العلوية ذات ناقلية كهربائية أفضل من صخر الأساس، يمكن ان تظهر هذه الحالة عندما تغطي التربة الزراعية والرواسب الحديثة ذات الناقلية الجيدة طبقة سفلية ذات ناقلية ضعيفة .



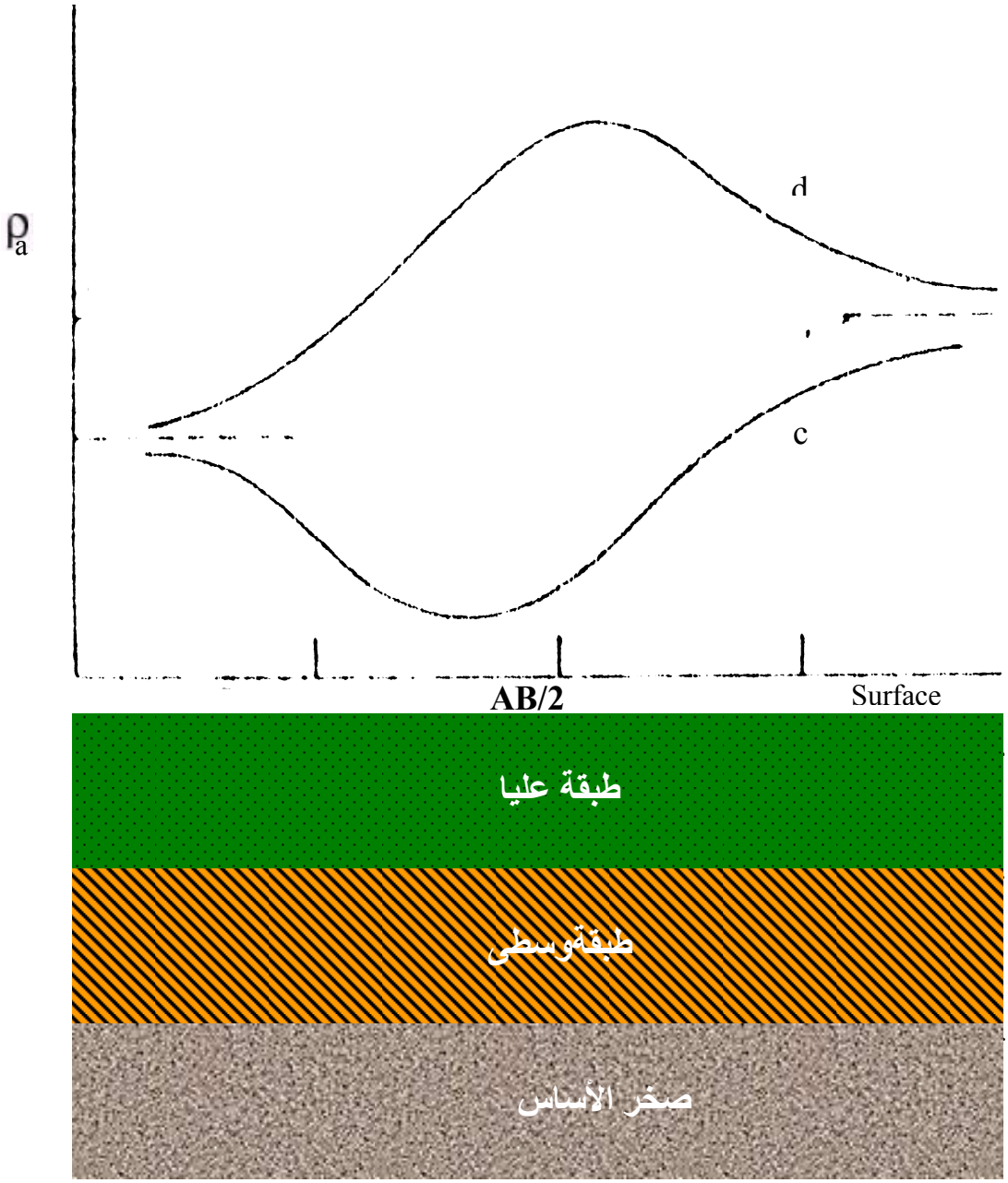
شكل (٧) منحنى جس كهربي مثالي لطبقة واحدة ذات سماكة معينة تغطي صخر الأساس

فعندما يكون تباعد مساري التيار صغيراً جداً فإن المقاومية الظاهرية لا تختلف كثيراً عن مقاومية الطبقة العليا لأن التيار سيكون محصوراً بشكل كبير قرب السطح ،وعندما يزداد تباعد المساري ،سيمر تيار أكبر في صخر الأساس ،فتزداد المقاومية الظاهرية.

وعندما يكون تباعد مساري التيار كبيراً ، يمر التيار كله عملياً من خلال صخر الأساس ،ولهذا يقترب المنحنى من مقاومية صخر الأساس ،يكون لمنحنى المقاومية الكامل مظهر انسيابي (منحنى a) بحيث لايوجد فيه تغير حاد يظهر عمق صخر الأساس بشكل مباشر.

ومن ناحية أخرى ،اذا كانت الطبقة العليا ذات ناقلية أقل من صخر الأساس ،كما يمكن أن يحدث مثلاً عندما يكون صخر الأساس محتويا على تمعدنات السلفيد مثل البيريت والكالكوبيريت اومعدن الماجنتيت (احد اكاسيد الحديد)...الخ، فإن المقاومية الظاهرية ستتناقص مع زيادة تباعد المساري ونحصل عندئذ على منحنى من نمط أخر منحنى b شكل(٧)

والآن اذا اقحمنا طبقة ثالثة بين الطبقة العلوية وصخر الأساس تنتج منحنيات للمقاومية الظاهرية ترتبط أشكالها بمقاوميات الطبقات الثلاث



شكل (٨) منحنى جس كهربي مثالي فوق ارض ذات تطبق إفقي

ففي الشكل (٨) منحنى (c) افترضنا أن الطبقة المتوسطة هي ذات ناقليه كهربية أعلى من ناقليه كل من الطبقة العليا وصخر الأساس . كما افترضنا أن صخر الأساس هو ذو مقاوميه أعلى من مقاوميه كل من الطبقة المتوسطة والطبقة العليا ، عندما يكون تباعد المساري صغيرا ،تكون المقاومية الظاهرية قريبة من مقاوميه الطبقة العليا ولكن عندما يزداد تباعد المساري ، فإن جزءاً من هاماً التيار سيدخل الطبقة المتوسطة ، مما يؤدي إلى هبوط المقاومية الظاهرية إلى نهاية صغرى من أجل تباعدات مساري معينة . ومع زيادة تباعد المساري ، سيدخل التيار أكثر فأكثر إلى صخر الأساس ذو ألناقليه الضعيفة مما يؤدي إلى بدء ارتفاع المقاومية الظاهرية من جديد ،

وعندما يبلغ تباعد مساري التيار حداً كبيراً ،تقترب عندها المقاومية الظاهرية من مقاوميه صخر الأساس .

إذا كانت الطبقة المتوسطة ذات مقاوميه أعلى من مقاوميه كل من الطبقة العليا وصخر الأساس،عندئذ يمكن أن يأخذ منحنى المقاومية الظاهرية المنحنى (d) من الشكل (٨).

يبين التحليل النظري التفصيلي أن تباعد ألمساري الذي نبلغ عنده نقطة الانعطاف في المقاومة الظاهرية في مثل هذه الحالات ،لا يحمل ولسؤ الحظ أي علاقة بسيطة أو واضحة مع عمق الطبقة المتوسطة . كما أن قيمة النهاية العظمى أو الصغرى للمقاومية الظاهرية لا تعطي لوحدها أي إشارة إلى مقاوميه الطبقة المتوسطة .

وتجدر الإشارة إلى أن مسألة تفسير منحنيات الجس الكهربي هي من أعمق مسائل الجيوفيزياء التطبيقية ،ويجب أن يحاذر القارئ المبتدى دائماً أية قواعد بسيطة تشير بشكل سطحي إلى هذا الموضوع .

وكل ما يستطيع أحدنا تخمينه من دراسة سطحية للمنحنيات ، إذا لم يكن لديه الخبرة الكافية ، هو أن يستدل على وجود ناقل جيد أو ردي على عمق معين ما.

إن علاقة المقاومية الظاهرية بالبعد بين ألمساريA,B بالنسبة للمقاطع الجيوكهربائية المختلفة معقدة جداً والحساب النظري لهذه العلاقة يعتمد على حساب توزيع الحقل الكهربائي النقطي في أوساط ذات خواص كهربائية مختلفة . وحتى الآن فإن هذه الحسابات عملت لمقاطع جيوكهربية بسيطة وخاصة حالة الأوساط المتوازية ، وبالطبع فأن شكل منحنيات السبر الناتجة يتعلق بعدد هذه الأوساط والعلاقة بين مقاومياتها الظاهرية .وهكذا نميز منحنيات ثنائية أي في حالة المنحنيات الثنائية تكون لدينا المتحولات هي :

١. مقاومية الوسط الأول (ρ_1)
٢. سماكة الوسط الأول (h_1)
٣. مقاومية الوسط الثاني باعتبار سماكته لانهائية (ρ_2)

و حالة المنحنيات الثلاثية تكون المتحولات هي :

(ρ_1 ، ρ_2 ، ρ_3، h_1، h_2) وبشكل عام فإن منحنيات الجس الكهربائي هي تابع لعدة متحولات

أي أن : $\rho_k = f(\rho_1, \rho_2, \ldots\ldots H_2, h_1, \ldots\ldots, AB/2)$

٢-٤-١ علاقة منحنى السبر بتغير أبعاد AB

من الواضح أنه عندما تكون المسافة بين AB صغيرة فإن الحجم الداخلي ضمن منطقة تأثير الحقل الكهربائي يكون صغيرا ويكون بشكل أساسي ضمن الطبقة العليا لهذا فإن قيمة المقاومية الظاهرية تكون قريبة من مقاومته الطبقة العليا أو مساوية لها.

ومع ازدياد بعد AB فإن التيار يبدأ بالانتشار في الطبقة الثانية أيضاً وأكثر كلما ازداد AB ولهذا فإن المقاومية الظاهرية تبدأ بالزيادة في حالة كون $\rho_2 > \rho_1$ أو بالنقصان في حالة كون $\rho_2 < \rho_1$.

وكلما كان AB أكبر بكثير من h_1 سماكة الطبقة العليا كلما زاد تأثير الطبقة الثانية حيث أن الحجم الذي يدخله التيار في الطبقة الأولى لن يشغل جزءاً كبيراً من منطقة تأثير التيار وبالتالي فإن قيمة ρ_k ستتناهى إلى قيمة ρ_2 .

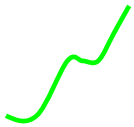
ومن هنا فإن شكل المنحنيات الثنائية يجب أن يكون واحد من أثنين فإما مرتفع إلى الأعلى حيث تكون $\rho_2 > \rho_1$ أو منخفض حيث $\rho_2 < \rho_1$.

ومثل هذه المناقشة تسمح لنا بأن نحصل على فكرة توضيحية لأشكال المنحنيات الثلاثية التي يمكن أن تكون ، فإذا كانت سماكة الطبقة الثانية نهائية وتساوي $AB >> h_1+h_2$ يبدأ في شغل مكان في الوسط الثالث . وحسب نوعية المقاومة فيه يمكن أن يكون شكل المنحنى إما مرتفعا في حال $\rho_3 > \rho_2$ أو منخفضا في حال $\rho_3 < \rho_2$ وسينتهي بالطبع الى قيمة ρ_3

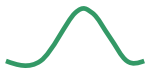
وهكذا يمكن ان تكون شكال المنحنيات الثلاثية أربعة:

$\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$

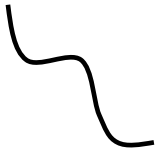
$\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$



$\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$

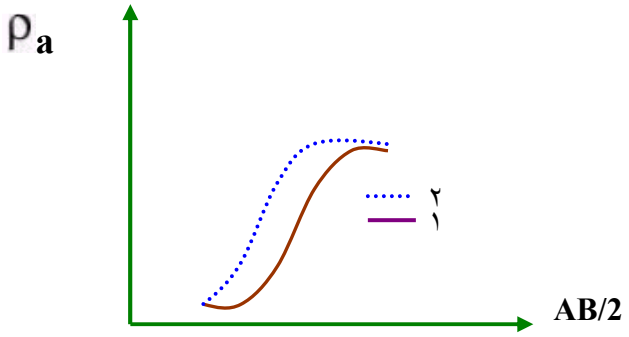


$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$



لنلاحظ الآن تغيرات أشكال المنحنيات تبعا لتغير المتحولات في حالة المنحنيات الثنائية.

في الشكل (٩) نلاحظ بأن المنحنى ١,٢

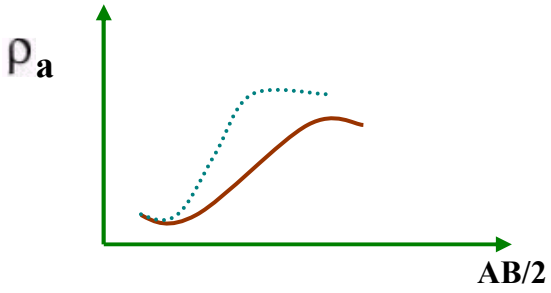


الشكل (٩)

إن هذين المنحيين هما لجس كهربي فوق وسطين متجانسين من ناحية ويختلفان فقط من ناحية كون سماكة الطبقة الأولى في الثاني أكبر منها في الأول ،عندما تكون السماكة أكبر فإن ارتفاع المنحنى ٢ يبدأ عندما تزداد قيم AB وهذا طبيعي .

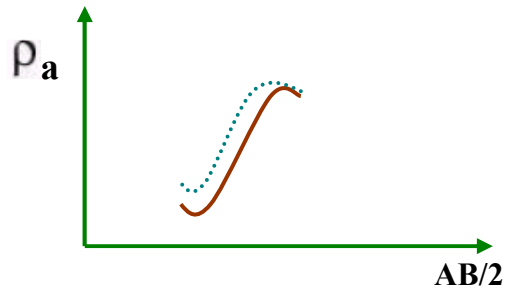
ونظراً لأن المقاوميات متساوية فإننا نلاحظ أن القيم على محور الحداثيات ρ_a تكون ثابتة.

من الشكل (١٠) نلاحظ بأن سماكة الطبقة الأولى واحدة إلا ان المتحول هوقيمة ρ_2 التي هي اكبر في المنحنى ٢



الشكل (١٠)

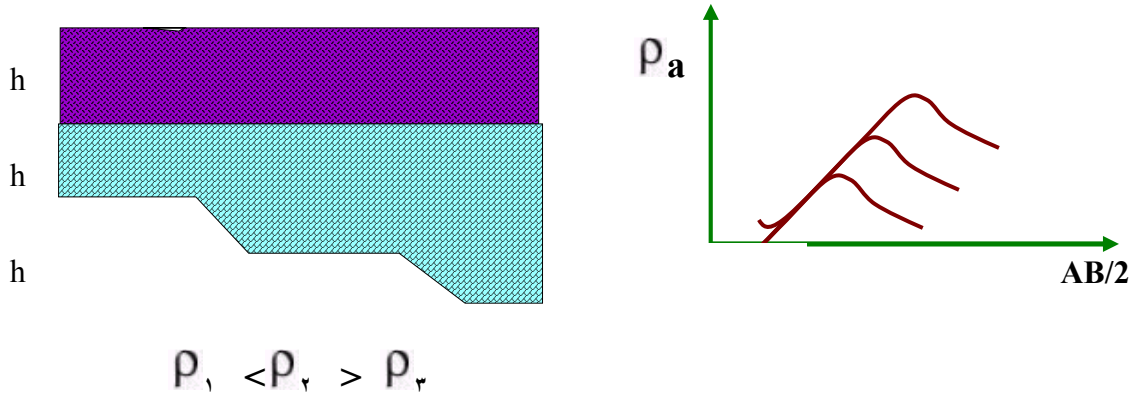
ومن الشكل (١١) نلاحظ بأن المقاومة الظاهرية في المنحنى ٢ أكبر منها في المنحنى ١ على الرغم من أن قيم h_1، ρ_2 ثابتة وتغيرات ارتفاع المنحنيين تبدأ معا وهذا واضح بسبب ثبات قيم h_1



الشكل (١١)

وبنفس طريقة المناقشة يمكن أن نحصل على فكرة مبسطة عن تأثير تغير المتحولات في الأوساط المتعددة الطبقات .

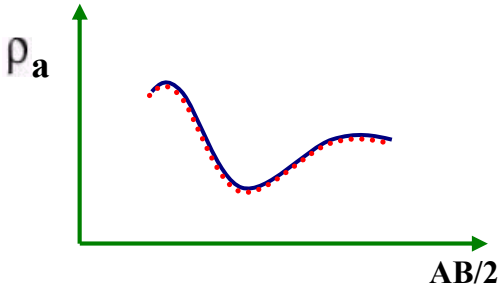
لنأخذ مثالاً أخيرا عن المنحنى الثلاثي عندما يكون ρ_1، ρ_2،ρ_3 ،وحين تتغير h_2 فقط شكل (١٢) من الواضح ان المنحنى يصل إلى نهايته العظمى بسبب الطبقة الثانية ذات المقاومية المرتفعة ، وتزداد هذه النهاية وضوحاً كلما ازدادت سماكة الطبقة الثانية ، أما انخفاض قيم ρ_a بعد نهايتها العظمى فيرجع الى تأثير الطبقة الثانية . أما إنخفاض قيم ρ_a بعد نهايتها العظمى فيرجع إلى تأثير الطبقة الثالثة تبعا لكبر AB ،ونظرا لأن قيم ρ_1،ρ_3 ثابتة فإن المحاور النهائية للقيم تبقى ثابتة.



الشكل (١٢)

٣-٤-١مبدأ التوافق :

عندما نناقش نتائج منحنيات الجس الكهربائي نصطدم فوراً بحالة غريبة ، ذلك لأننا نحصل في بعض الأحيان على منحنيات متشابهة على الرغم من أنها مأخوذة فوق مقاطع جيوكهربائية مختلفة بل قد تنطبق على بعضها في بعض الأحيان شكل (١٣).



الشكل (١٣)

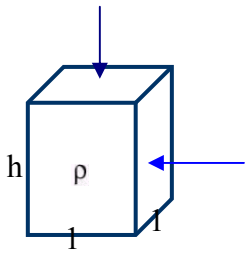
وندعو هذه الأشكال بالأشكال المتوافقة ، استناداً إلى مبدأ هام في الطرق الكهربائية هو مبدأ التوافق الذي يقول:

{ بأن منحنيات الجس الكهربائي التي نحصل عليها فوق مقاطع مختلفة لا يختلف الواحد منها عن الآخر إذا حافظت بعض النسب بين متحولاتها على قيمتها } .

ويمكن فهم هذا المبدأ إذا لاحظنا بأن التيار في حالة الانتقال من طبقة إلى أخرى يحاول السير في أحد اتجاهين وهذا الاتجاه هو اتجاه المقاومة الدنيا لا العليا.

إذا أخذنا متوازي المستطيلات طوله وعرضه مساو للوحدة (١) وارتفاعه h ومقاومته النوعية هي ρ شكل (١٤)،فإن التيار سيصطدم بمقاوميه هي

$$R=\rho*L/s$$



شكل (١٤)

في حالة دخول التيارمن الأعلى : المقاومة العرضية للطبقة ..... $R= \rho *h =T$

وفي حالة دخول التيارمن الجانب : المقاومة الطولية للطبقةٌ ..... $R= \rho/h =1/\sigma$

في حالة $\rho_1 < \rho_2$ سيكون مرور التيار على طول التطبق أي المقاومة الطولية.

وفي حالة $\rho_1 > \rho_2$ سيكون مرور التيار على عرض التطبق أي المقاومة العرضية.

وهكذا فإنه في الحالة الأولى تؤثر على التيار المقاومة الطولية $R=1/\sigma$ وفي الحالة الثانية المقاومة العرضية، من هنا نلاحظ أن قيمة المقاومة الطولية أو العرضية إذا بقيت ثابتة فإن توزيع التيار سيكون واحداً بغض النظر عن القيم المكونة له .

$$T= const. =\rho_1 * h_1 = \rho_2 * h_2 =\ldots\ldots\ldots\ldots (25)$$

$$\mathbf{1/\sigma}=const.= \rho_1/h_1=\rho_2/h_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\mathbf{(26)}$$

أو بتعبير آخر أن مقلوب الناقلية ثابتة مثلاً $\sigma=\rho_1/h_1$ ،وهذا المبدأ صحيح في حالة كون الطبقة الثانية محدودة السماكة.

*ما هي النتائج التي تترتب على معرفتنا لوجود مقاومة عرضية وأخرى طولية وبالتالي على معرفة قانون التوافق؟

إن النتيجة الأساسية لهذا القانون هي تعدد الحلول بالنسبة للدراسات الكهربائية ولكي نصل إلى حل وحيد أثناء دراسة المنحنيات التجريبية لابد من الرجوع المعطيات الجيولوجية المتوفرة من ناحية ،والى المعطيات الكهربائية المأخوذة على أطوال قصيرة للخط AB وعلى طبقات مختلفة وذلك للوصول إلى بعض القيم المطلوبة كقيمة المقاوميات في الطبقات المختلفة.

ومن ناحية أخرى فإن توفر مجموع هذه المعلومات عن المقاطع الجيوكهربائية تسمح برسم منحنيات نظرية للمقطع المدروس وتسمح بالمقارنة مع المعطيات التجريبية وبالتالي الوصول إلى القيم المطلوبة.

أما الدراسة العادية فتعتمد على مقارنة المنحنيات التجريبية بمنحنيات نظرية موجودة ضمن مجموعات مختلفة ،حيث توجد منحنيات منشورة لطبقتين وثلاث وأربع طبقات.

٤-٤-١ التفسير الكيفي :

يسمح تحليل المنحنيات الجيوكهربية إلى إظهار العديد من الملامح التي ترتبط شكل المنحنيات بالمقطع الجيوكهربي ويشكل هذا التحليل أساس التفسير الكيفي ويلجأ إلى هذا التفسير عند غياب أية معلومات عن سماكات ومقاوميات المقطع الجيوكهربي وتتميز المعلومات المأخوذة من التفسير الكمي بالتقريب نظراً لغياب الحسابات الدقيقة في الحصول عليها،وتساعد هذه النتائج في توضيح الصورة العامة للمقطع الجيوكهربي ،ومن هذا المنطلق يمكن أن نعتبر التفسير الكيفي مرحلة أولية على طريق التفسير الكمي .

تستعمل أثناء التفسير الكيفي المميزات التالية

- نمط المنحنى VES .
- انحراف المنحنى الحقلي عن النظري.
- سماكة ومقاومية الطبقة العليا.
- إحداثيات النقاط الحدية،قيم المقاومية الظاهرية من اجل أطوال ثابتة لخطوط التغذية
- زاوية ميل الفروع اليمنى للمنحنيات ،σ ،T.

وتوضع عادة خرائط تلك البارامترات ومقاطع المقاومية الظاهرية ومنحنيات بعض المميزات على طول بروفيلات ذات اتجاهات مختلفة.

فعلى سبيل المثال توضع خارطة تساوي المقاومية النوعية الظاهرية من أجل أطوال خطوط تغذية ثابتة AB في كامل المنطقة الممسوحة . وتسمى هذه الخارطة خارطة الايزوأوم تعبيراً عن أن منحنيات تسويتها تصل بين النقاط ذات المقاومية الظاهرية الواحدة . ويتم اختبار AB تبعاً لنوعية الوسط الجيولوجي المدروس ولعمق الدراسة المطلوبة ، وبحال ظهور مؤشرات واضحة تشير إلى AB لعمق مستو معين فإن خارطة الايزوأوم تكون عبارة عن خارطة تركيبية تقريبية لهذا المستوى ،كما تعكس الشواذ المغلقة تضاريس العديد من التشكيلات الجيولوجية . كذلك من الممكن أن تعكس تدرجات المقاومية وإزاحتها وانقطاعاتها التغيرات الحادة الجانبية في الوسط الجيولوجي وبعض الظواهر التكتونية.

٥-٤-١التفسير الكمي :

يتطلب إجراء التفسير الكمي لمنحنيات السبر الجيوكهربي معرفة المقاومية الكهربائية النوعية لطبقات المقطع .فإذا كان ينطبق مبدأ التوافق على هذا المقطع فإنه يجب معرفة $\rho_{٢}$ عند تفسير المنحنيات الثلاثية وρ_2، $\rho_{٣}$ عند تفسير المنحنيات الرباعية ، وρ_2، $\rho_{٣}$ ، $\rho_{٤}$ عند تفسير المنحنيات الخماسية.وهكذا. أما المنحنيات الثنائية فيمكن التفسيرها مباشرة استنادا إلى المنحنيات النظرية الثنائية . ويتم تحديد تلك المقاوميات انطلاقا من معطيات الآبار أومن قياسات معايرة تجري عن آبار معروفة المقطع أو على منكشفات الطبقات المدروسة أو من إجراء قياسات مخبرية على عينات صخرية تمثل المقطع المدروس

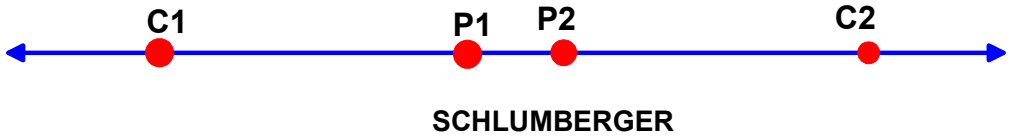
بعد ذلك نستخدم المنحنيات النظرية (Standard master carve) لطبقتين (٣٠منحنى) ولثلاثة طبقات (أكثر من ٥٠ منحنى)في تفسير نتائج الدراسات الجيوكهربية الحقلية ، ويتم التفسير الكمي بتطابق المنحنبات التجريبية الحقلية مع المنحنيات النظرية حيث ترسم كافة المنحنيات التجريبية الحقلية مع المنحنيات النظرية حيث ترسم كافة المنحنيات بنوعيها بمقيايس لوغارتمية ذات فرجة تعادل ٦.٢٥سم . وفي المقطع المؤلف من طبقتين نستطيع الحصول على الكمية $\mu = \rho_{٢} / \rho_{١}$ من تطابق المنحنيين النظري والحقلي ،ونرى عندها أن الخط الأفقي $\rho_{١}$ على المنحنيات النظرية يقطع محور الفواصل للمنحنى الحقلي ويعين قيمته بحيث ($\rho_a = \rho_{١}$) وأما المستقيم الشاقولي فسوف نعين منه المسافة h_1.

وهكذا فإن كل مجموعات المقاطع التي تتالف من طبقتين نعين الكميات التالية $\rho_{١}$، h_1 ، $\rho_{٢} = \mu * \rho_{١}$.

اما تفسير المنحنيات الممثلة لعدة طبقات فإنها أكثر تعقيدا ولكن أساسها هو مقارنة ومطابقة المنحنيات الحقلية مع النظرية أيضاً.

في الحالات البسيطة التي تضم طبقتين أو ثلاث طبقات فقط ،يمكن غالباً استخلاص صورة مرضية إلى حدما لتطبق بواسطة المنحنيات النموذجية النظرية المنشورة في مراجع عديدة.

ولفهم أسس عملية التحليل في طريقة شلمبرجر دعنا نرى الشكل (١٥) وهو شكل مبسط لحركة الأقطاب حيث أن C1,C2 تمثل أقطاب التيار بينما P1,P2 تمثل أقطاب الجهد (القياس) وهنا تتحرك أقطاب الجهد بين أقطاب التيار المتحركة إلى مواقع مختلفة ويصاحب ذلك تغير في قيمة الثابت الهندسي (K) في المعادلة (٢١) بالنسبة لتغير الأقطاب وبما أن جزء من التيار النافذ الى مستويات أعمق يزداد مع المسافة بين الأقطاب ،فإن الجس الكهربائي سوف يقوم مبدئياً بتجهيز معلومات حول تغير قابلية التوصيل الكهربائية (Electric Conductivity) مع العمق .



الشكل (١٥) ترتيب شلمبرجر

الحالة العكسية في قياسات المقاومية الأرضية ER : (Inverse problem of ER Meaturements)

عملية قياس انتشار التوصيل الكهربائي (σ) داخل الأرض عندما يكون الجهد السطحي الناتج من قطب التيار ، تعطي قيما (في الحيز المتجانس الخصائص (Isotropic Media) عن طريق أخذ صيغة التكامل للمعادلة:

$$\mathrm{div}(\sigma \nabla V) = 0 \qquad \text{.....(٢٧)}$$

ولقد بين كل من سليشتر (Slishter 64) ولانكر (Langer 64) بانه إذا كان التوصيل (σ) دالة للعمق فقط فإن المعادلة أعلاه تمتلك حلا نموذجيا وعليه فإن المعادلة أعلاه تمتلك حلا نموذجيا وعليه فإن التوزيع التحت سطحي للتوصيل (σ) يمكن حسابه من معرفة الجهد السطحي الناتج من نقطة قطبية فردية ومن دون أية معلومات إضافية فيزيائية او جيولوجية ،ومن ناحية أخرى فبالنسبة للحالة العامة عندما لا تعتبر(σ) كدالة للعمق (z) فقط فقد اثبت ستيفانس (Stevenson) أن المعادلة (٢٧) لا تمتلك حلا نموذجيا وإنما المسائلة يمكن إيجاد حلا لها بإضافة بعدا آخراً ، لذلك على سبيل المثال ، إذا قيس الجهد السطحي في كل مكان لجميع مواقع النقطة القطبية لمنحنى معين على السطح فإن توزيع (σ) يمكن أن يتحدد مبدئيا بطريقة واضحة

. لكنـه مـن المهـم أن تتبـاين (Contrast) المشـكلة العكسـية الحاليـة بالنسـبة لاحتمـالات حلولهـا النموذجية مع تأثير المغنطة العكسي ومشاكل الجاذبية التي في الأساس لا يوجد حل لها .

وعلى كل حال من الجدير بالإشارة هنا أن تعيين قيمـة (σ) يحل المشكلة الكهربائيـة لكن ليس بالضرورة المشاكل الجيولوجية منها والسبب هو أن أنـواع الصـخور المعطـاة وكـذلك التكوينـات الجيولوجية لا تشترك بقيم المقاومية الكهربائية المحددة عدا في الحالات الواسعة والعامة.

الأرض الطبقية (Layered Earth)

تعتبر نظريـة ستيفانس ذات أهميـة كبيـرة مـن الناحيـة النظريـة، أمـا فـي الواقـع العملـي فيجـب الالتجـاء كقاعـدة عامـة إلـى تقنيـات الخطـأ والصـواب (Trial and Error Technique) التـي يحسب منها الجهد السطحي الناتج من مصدر التيار لقيمة مفروضـة وذلك للقيام بتوزيـع التوصـيل الكهربائي ومن ثم تقارن مع القياسات.

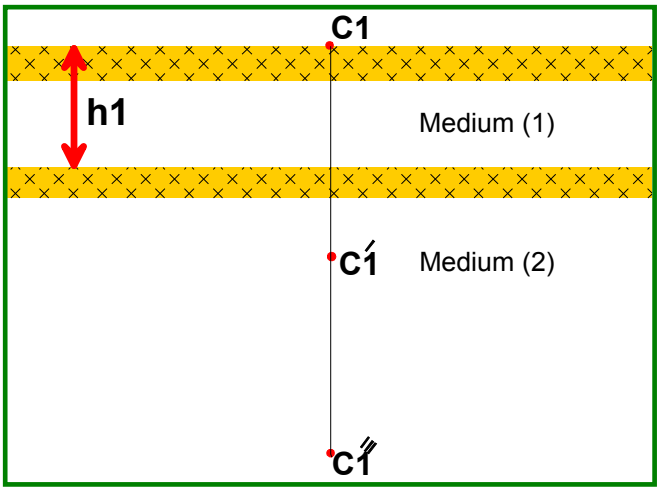
إن احد أنواع التوصـيل الـذي مـن شـانه أن يعطـي وصـفا مناسـبا لعدة حـالات جيولوجيـة هـو ذلـك يتمثل بأرض تتألف من عدة طبقات أفقية.

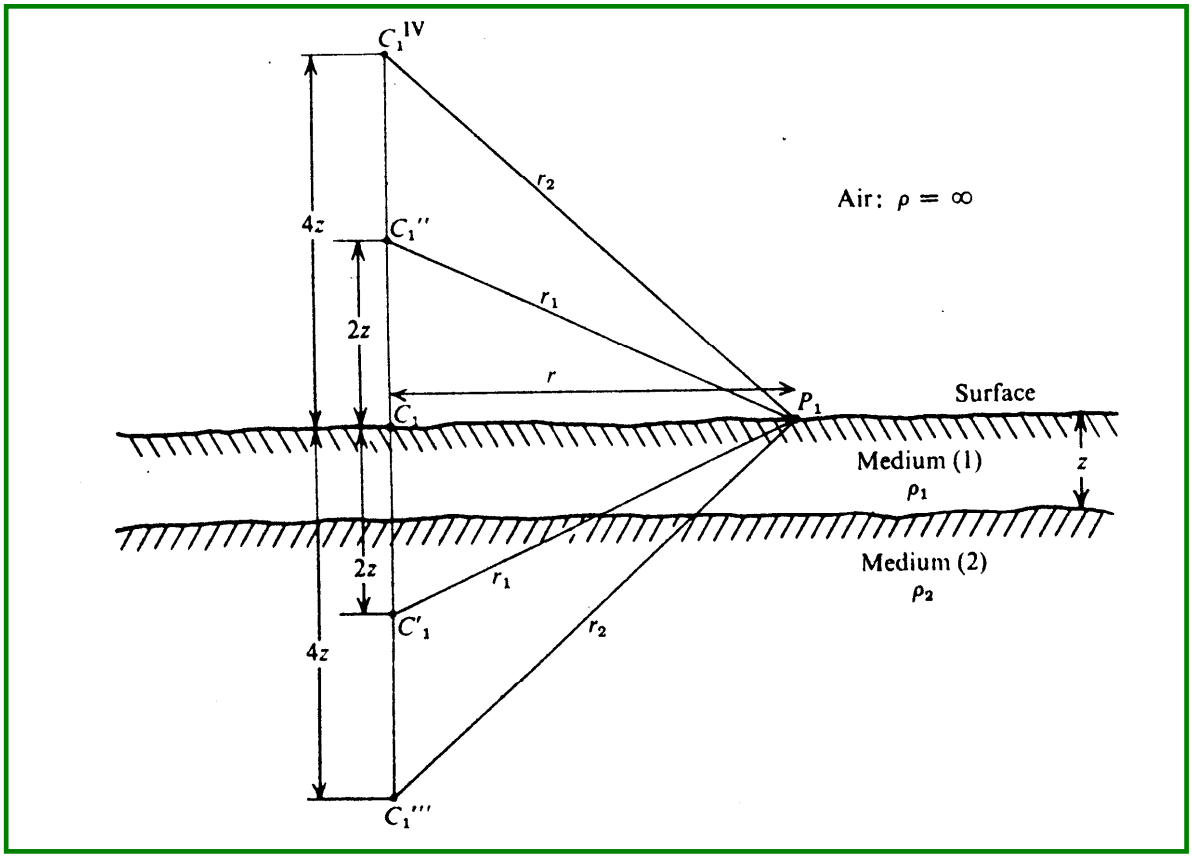
وهذا النموذج مهم علـى الأخـص فـي استكشـافات الميـاه الجوفيـة بواسـطة المقاوميـة النوعيـة الأرضية.

ففي ابسط الحالات يتوفر لدينا طبقة أفقية ذات سمك (h_1) ومقاوميه نوعية(p_1) تعلـو حيـزاً آخر متجانس ذو مقاومة نوعية (p_2) (شكل ١٦) ،إن جهد القطبيـة (c1) الـذي يمـر مـن خلالـه التيار (I) إلى هذه الأرض ، قد حسب لأول مرة هاميل (Hammel 76) ،وذلك باستخدام وذلك باستخدام طريقة الصور الكهربائية (Electric Images) حيث يحسب الجهد بواسطة جمع كل من:

١) جهد القطـب الكهربـي (C1) فـي الوسـط شـبه متنـاهي (Semi-Infinite Medium) ذات المقاومة (p_1) .

٢) إجهادات مصادر التيار الوهمية $C1^{/}$، $C1^{//}$, $C1^{///}$ .....الخ.ذات الشدة المناسبة ،حيث تكون النقطة $C1^{/}$ هي صورة معكوسة للنقطـة القطبيـة C1 فـي مستوى 2Z=h وان C1 هي صورة C1 في العمق 2Z=h=0 وهكذا إلى مالا نهاية .





شكل (١٦) نتائج الصور الكهربائية لطبقتين أفقيتين

يتعرض الجهد لتناقص والاضمحلال نتيجة انتقاله بين أوساط مختلفة نتيجة لتباين معاملات الانعكاس بالنسبة لهذه الأوساط وعليه يكون الجهد بالنسب للصورة اسفل السطح شكل (١٦) كما يلي:

$$V' = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{1}{r} + \frac{k}{r_1}\right). \qquad \text{.....(٢٨)}$$

ويكون تأثير الصورة الثانية عند 2z أعلى السطح:

$$V'' = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{k \times k_a}{r_1}\right), \qquad \text{.....(٢٩)}$$

حيث أن قيمة k بين -١،+١ ، K_a تعني معامل الإنعكاسية في الفراغ =١ (في حالة الطبقات الفاصلة تكون أقل من الواحد.

ويكون التأثير على السطح الفاصل هو ناتج جمع المعادلتين(٢٨) ،(٢٩) كما يلي :

$$V' + V'' = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{1}{r} + \frac{2k}{r_1}\right). \qquad \text{.....(٣٠)}$$

بينما يكون تأثير الصورة الثالثة عند ٤z أسفل السطح والذي سيتناقص بفعل تكون الصورة الرابعة بمقدار ٤z أعلى السطح هو:

$$V''' + V^{IV} = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{k \times k}{r_2} + \frac{k \times k \times k_a}{r_2}\right) = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left(\frac{2k^2}{r_2}\right). \qquad \text{.....(٣١)}$$

ويكون مجموع فروق الجهد الناتجة عند النقطة P_1 هو ناتج جمع المعادلتين (٣٠)،(٣١) على هيئة متسلسلة غير متناهية بالصورة الآتية:

$$V = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left\{\frac{1}{r} + \frac{2k}{r_1} + \frac{2k^2}{r_2} + \ldots + \frac{2k^m}{r_m} + \ldots\right\}, \qquad \text{.....(٣٢)}$$

وبما أن :

$$r_1 = \sqrt{\{r^2 + (2z)^2\}}, r_2 = \sqrt{\{r^2 + (4z)^2\}}, \ldots r_m = \sqrt{\{r^2 + (2mz)^2\}}. \quad (٣٣)$$

وعليه يكون الجهد بالنسبة للنقطة السطحية P_1 كما في المعادلة (٣٤) أدناه:

$$V = \frac{I\rho_1}{2\pi}\left[\frac{1}{r} + 2\sum_{m=1}^{\infty}\frac{k^m}{\sqrt{\{r^2 + (2mz)^2\}}}\right] = \frac{I\rho_1}{2\pi r}\left[1 + 2\sum_{m=1}^{\infty}\frac{k^m}{\sqrt{\{1 + (2mz/r)^2\}}}\right].$$

حيث C1P1=r وأن

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}.$$

هذا ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بصيغة مختصرة اكثر:

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi}\frac{1}{r}\left[1 + 2r\int_0^{\infty} K(\lambda, k, h) J_0(\lambda r) d\lambda\right] \quad .....(٣٥)$$

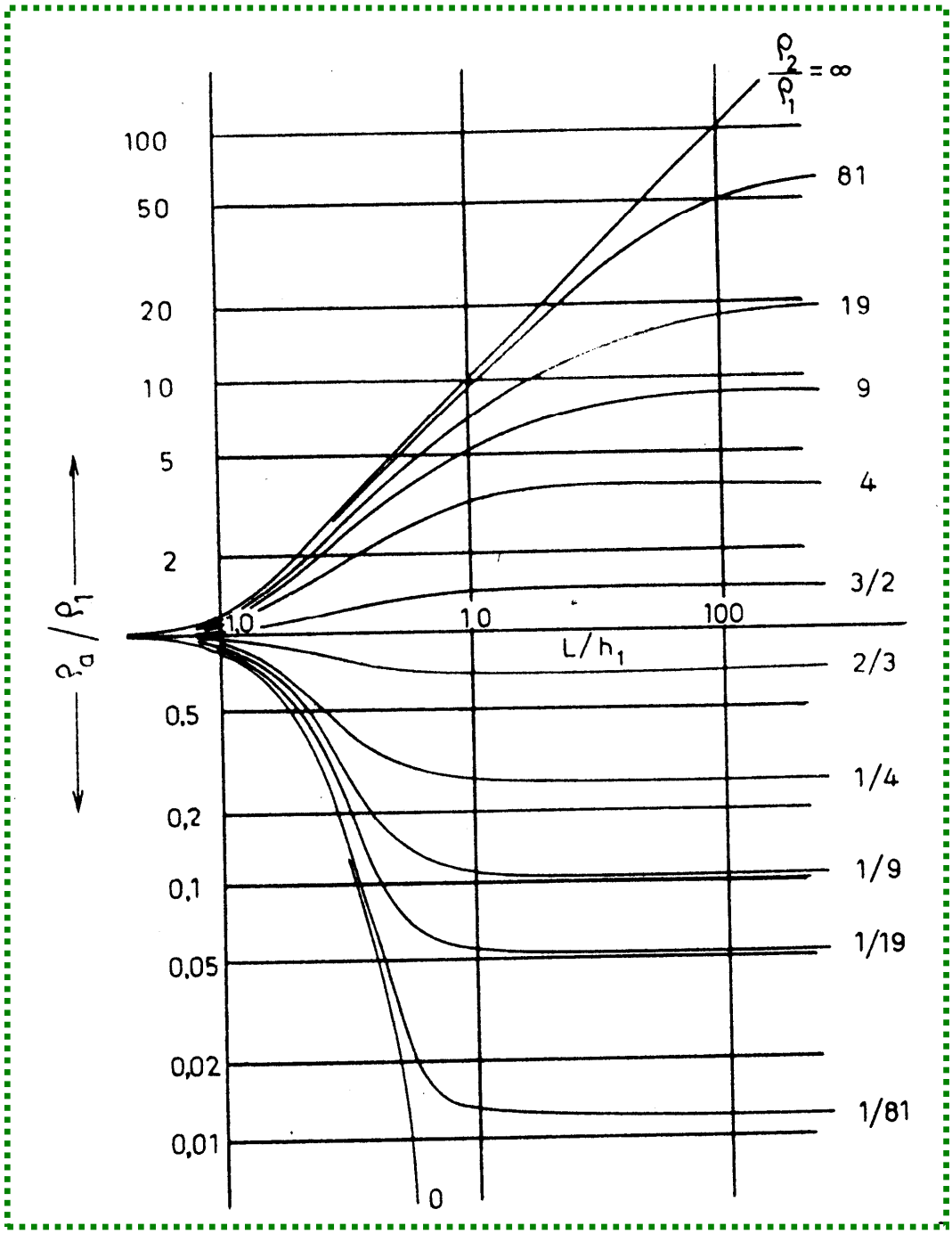
حيث :

$$K(\lambda) = k\exp(-2\lambda h)/[1 - k\exp(-2\lambda h)] \quad ...(٣٦)$$

وأن J_0

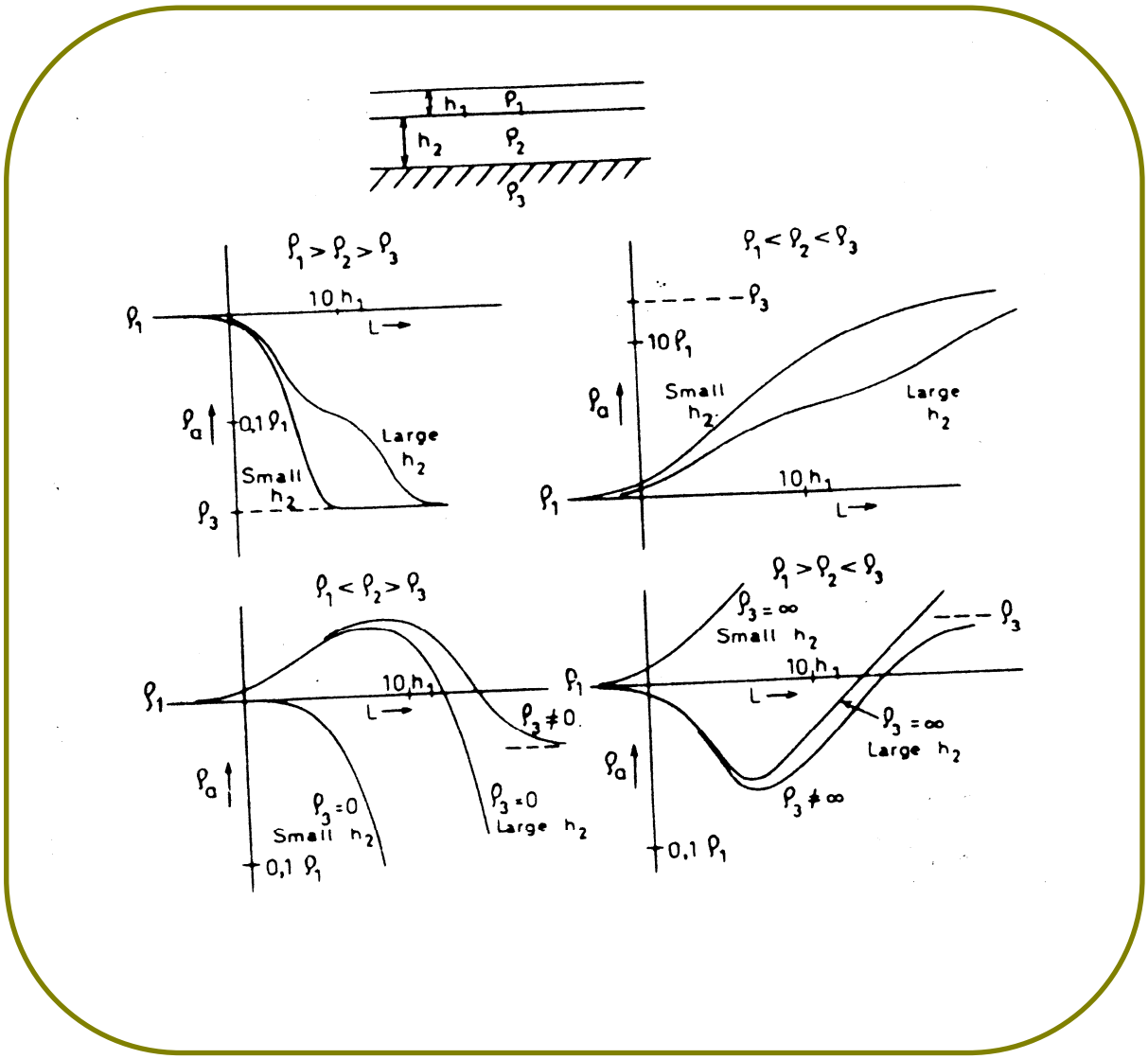
هى دالة بيسل (Bessel) من المرتبة صفر وكما وضحت من قبل سيتفانيسكو (Stefanescu) وشلمبرجر (Schlmmberger 68) . وبالنظر إلى الشكل (١٧) والذي يمثل منحني لوغاريتمي مزدوج مرسوم بين النسبة (P_2/P_1) وكدالة للمقدار $(4h_1)$ بالنسبة للقيم (P_2/P_1) من الصفر(طبقات تحت سطحية موصلة تماما) إلى ما لانهاية(طبقات تحت

سطحية عازلة تماما) ويمكن الملاحظة أن(p١)تقترب من(pa)عندما تكون المسافة بين أقطاب التيار صغيرة بالنسبة مقارنة مع سمك الطبقة العليا وتساوي p٢ عندما تكون المسافة كبيرة.



شكل (١٧)يبين المنحنيات القياسية النموذجية للمقاومة النوعية الظاهرة حسب طريقة شلمبرجر بالنسبة لطبقتين أرضيتين

إن الانتقال من (p_1) إلى (p_2) هو انتقال تدريجي ولا توجد أية قاعدة عامة بسيطة حول الخصائص المحددة للمنحنى (مثال ذلك الانحدار) وبإضافة طبقة ثالثة (h_2,p_2) محصورة بين الطبقة العليا (h_1,p_1) والطبقة السفلى (p_3) ، فإن المشكلة تصبح أكثر تعقيدا . إن منحنى المقاومية النوعية الظاهرية قد يأخذ أربعة إشكال رئيسية معروفة بما يلي: Q أو (DH) هاميل النازل (Descending Hummel) و(A) الصاعد أو K أو (DA)، الإزاحة غير المتجانسة (Descending Anisotropic) ومن ثم H (نوع هاميل ذات الحد الأدنى) وتعتمد هذه الأشكال على القيم النسبية للمقاومات (p_1,p_2,p_3) شكل (١٨).



شكل (١٨) يوضح أنواع المنحنيات Q أو (DH) نوع K,A أو (DA) ونوع (H) في طريقة الجس الكهربائية الراسية (VES)

وعلى أية حال فأن المقاومية الظاهرية (p_a) تقترب من (p_1) بالنسبة للقيم الصغيرة للمسافة (AB/2) وتقترب من (p_3) بالنسبة لقيم المسافة الكبيرة، أما بالنسبة لقيم المسافة المتوسطة(AB/2) فإنها تتأثر بالمقاومية النوعية للطبقة الوسطى . كما أن المنحنيات القياسية النموذجية كتلك المبينة في الشكل (١٧) لا يمكن أن تهيأ أو ترسم اعتيادياً بالنسبة لحالة الطبقات الثلاثية على شكل منحنى فردي . إن الأمثلة المبينة في الشكل (١٨) بالرغم من ذلك سوف لا تعطي فكرة عن نوع المنحنيات المتوقعة.

إن صيغة استعمال هذه المنحنيات كما هو موضح في الشكل (١٧) تعتبر بسيطة جداً على شرط أن تكون المعلومات مقبولة ومشيرة إلى عدد الطبقات التي أنشأت من أجلها المنحنيات الرئيسية.

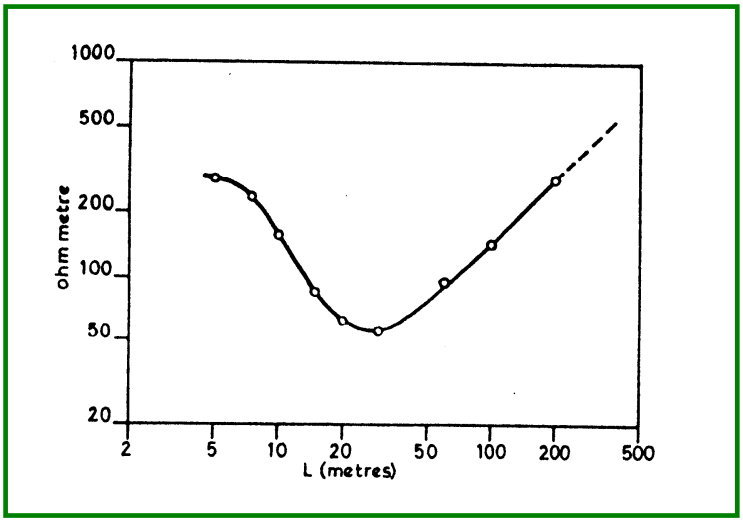
ثم ترسم المقاومية النوعية الظاهرية (p_a) المقاسة مقابل المسافة (AB/2) على ورق لوغاريتمي مزدوج شفاف وبنفس خواص ورق المنحنيات القياسية وبالحفاظ على المحاور المقصودة متوازية ، يزحف الورق الشفاف على أجزاء مختلفة من المنحنيات القياسية على التوالي إلى أن يتحقق تطابق واضح مع بعض المنحنيات (حتى إذا كان من الضروري تحريك احدهما) أن قيمة (AB/2) المحاذية للنقطة (1,0) على محور (x) لمنحنى التشابه القياسي تعطي قيمة للسمك تعادل (h_1) وقيمة للمقاومة النوعية الظاهرية (p_a) تحاذي النقطة (1,0) على المحور (y) لتمثيل قيمة للمقاومية تعادل (p_1) .

يبن الشكل(19a) منحنى نموذجي حقلي لثلاثة طبقات حيث استحصلت النتائج لتمثيل بحيرة كبيرة ذات عمق منتظم يعادل (٥) متر ،ثم أجريت الاستنتاجات بواسطة المقارنة مع المنحنيات القياسية للطبقات الثلاثة التي تعطي قيمة للسمك تعادل (h_1=4m) ومقاومة (p_1=340) أوم .متر ، (h_2=22m) ذات المقاومة (p_2=38) أوم .متر إما p_3 فإنها = ∞.

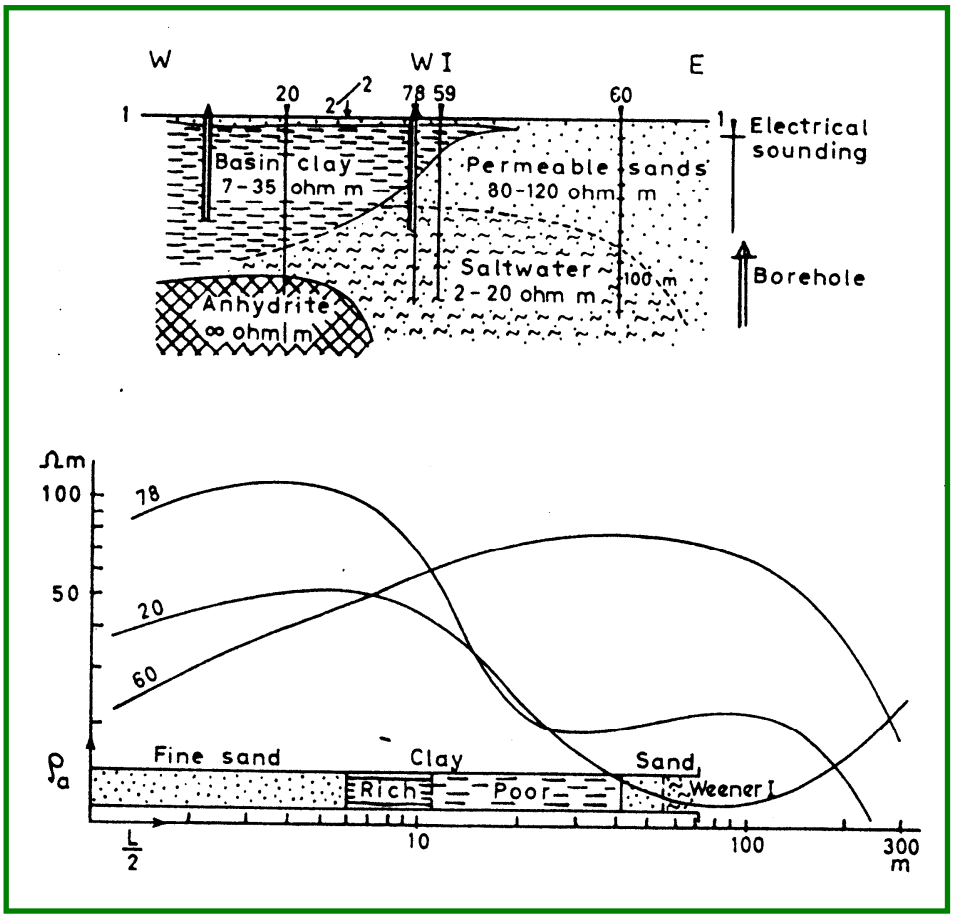
لقد وجد بان معدل المقاومية النوعية لنماذج من ماء البحيرة يعادل ٢٩٥ اوم .متر عند قياسها في المختبر ،وقد برهنت عمليات الحفر المتعاقبة إن الطبقة الثانية تحتوي على (٢١.٣) متر سمك من ترسبات القعر الطينية الموجودة فوق قاعدة من صخور الجرانيت ،ويوجد تحت هذه الطبقة ،طبقة أخرى متبلورة رديئة التوصيل.

الشكل (19b) يبين مثال آخر لطريقة الجس العمودي الراسي مع ظهور المقطع الجيولوجي كذلك ،لقد كان الهدف من إجراء هذا التنقيب هو لتحديد موقع الرمال ذات النفاذة (permeable Sands) الحاوية على الماء العذب .إن تفسير منحنيات الجس الكهربي ،التي من شانها أن تقود

إلى عكس الصورة الجيولوجية المبينة في الشكل ،لا تعتبر سهلة ،ولو انها بالتأكيد تمثل مقارنات نوعية يمكن فرزها بسهولة.



شكل (19a) يبين منحنى حقلي لطريقة (VES) مأخوذة (من شركة بوليدن- السويد



شكل (19b) منحنيات (VES) واستنتاجاتها

دالة مجموعة العناصر المتشابهة للمقاومية النوعية :

(The Kernel Function of Resistivity)

أن توزيع الجهد على سطح ارض متكونة أربعة طبقات أو أكثر غالباً ما تستدعي الحاجة إليه ،ويمكن تحديد ذلك بواسطة استخدام طريقة الصورة الكهربائية المطابقة ،لكن الحسابات العددية باستعمال الطرق التقليدية تعتبر غير دقيقة .لقد طور العالم فلات (Flathe 72) طريقة مثلى ودقيقة لتعيين منحنى المقاومية النوعية الظاهرية بصورة سريعة لأي مجموعة من السماكات والمقاومات في ارض طبقية تمتاز بوجود طبقات تحت سطحية معزولة أو شديدة التوصيل ،وذات أعماق طبقية متناسبة مع بعضها ،ولكن على حساب الحدود المتداخلة ،وعدد الإضافات المتطورة للمنحنيات القياسية ،وكذلك على حساب التسهيلات المبرمجة والتطورات الاخرى وعليه فغن هذه الطريقة تعتبر ولحد كبير ذات أهمية تاريخية.

إذا كانت قيمة المقدار (σ) هي (σ = 1/p) في المعادلة (٢٧) كمية ثابتة ، فاننا نحصل على معادلات لابلاس يكون فيها $\nabla^2 V = 0$ التي تنطبق على كل طبقة من الطبقات الأرضية.

يمكن إيجاد توزيع الجهد على السطح بواسطة نفس المعادلة كما في المعادلة (٣٥) حيث يتم ذلك باعتبار k(λ) كدالة لجميع السماكات والمقاومات ،إن المقدار k(λ) يعرف بدالة مجموعة العناصر ألمشابهه (Kernel Fanction of Resistivity) وان صيغتها الرياضية بالنسبة إلى طبقتين أرضيتين قد تم ذكره سابقاً أما بالنسبة إلى حالة الطبقات الثلاثة فان الدالة k(λ) فيها تساوي :

$$K(\lambda) = [k_1 \exp(-2\lambda h_1) + k_2 \exp\{-2\lambda(h_1 + h_2)\}]/[1 - k_1 \exp(-2\lambda h_1) - k_2 \exp\{-2\lambda(h_1 + h_2)\} + k_1 k_2 \exp(-2\lambda h_2)]. \quad \text{....(٣٨)}$$

وبالنسبة لأرض طبقية مختارة فإن الدالة k(λ) تحسب بواسطة نظام رياضي من المعادلات الآنية الخطية ناتجة من الظروف الحدية Boundary condition للمسألة التي نحن بصددها فبالنسبة لترتيب شلمبرجر بما أنه لدينا :-

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{2l}\frac{\Delta V}{I} = \frac{\pi L^2}{I}\frac{dV}{dr} \quad \text{.....} \quad \text{.i}$$

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi}\frac{1}{r}\left[1 + 2r\int_0^\infty K(\lambda, k, h)J_0(\lambda r)d\lambda\right] \quad \text{.....} \quad \text{.ii}$$

فإننا نحصل على القيمة التالية للمقاومة:

$$\rho_a = \rho_1\left(1 + 2r^2\int_0^\infty K(\lambda)J_1(\lambda r)\lambda d\lambda\right) \quad \text{.....(٣٩)}$$

علماً بان المقدار : $J_0'(x) = -J_1(x)$

حيث أن J_1 تمثل دالة بيسل (Bessel Function) ذات الرتبة الأولى الآن وحسب تحويلات هانكل (Hankel's Transformation) في نظرية دالة اذا ما توفر لدينا دالة f (r) بحيث أن:

$$f(r) = \int_0^\infty K(\lambda)J_n(\lambda r)\lambda d\lambda \quad \text{.....(٤٠)}$$

ثم

$$K(\lambda) = \int_0^\infty f(r)J_n(\lambda r)r dr \quad \text{.....(٤١)}$$

وبتطبق التحويلات الى المعادلة (٤٠) نحصل على ما يلي

$$K(\lambda) = \int_0^\infty (1/2)\rho_1^{-1}(\rho_a - \rho_1)r^{-1}J_1(\lambda r)dr \quad \text{.....(٤٢)}$$

ان اول من قام بدراسة هذه المعادلات هو كنك (King 63) حيث بين ان الدالة يمكن حسابها وبغير غموض بواسطة قياس منحني قياس المقاومة الظاهرية (p_a) (حسب تعبير شلمبرجر) باستعمال التكامل العددي والمفاهيم الضمنية التي تحتوي على كل المعلومات حول الأرض الطبقية . وتلعب هذه الطريقة دورا محورياً في النظريات الحديثة حول تفسير نتائج المقاومة النوعية المبينة في التحليلات الواردة في المعادلات في البند أدناه.

الاشتقاق المباشر لإبعاد الأرض الطبقية:(Direct –Derivation of The layered Earth parameters)

يعتبر التوصيل الكهربائي للأرض الطبقية كدالة للعمق فقط ،وذلك حسب نظرية سليختر-لآنكر (Slichter-lnger) وعليه فإن معرفة الجهد السطحي الناتج من النقطة القطبية يفترض إن تكون كافية لقياس سماكات ومقاومات الطبقات المختلفة . وهناك طريقتان للتفسير يعمل يهما حالياً تعتمدان على هذه الفكرة.

<u>الطريقة الأولى :</u>

يمكن إرجاعها الى نظرية هاميل (Hummel 67) ولو ان هذه النظرية قد نقحت مرارا وحسنت من قبل عاملين في حقل الإختصاص لنأخذ حالة الثلاث الطبقات (p_1,p_2,p_3) . للشكل (١٨) مع ($h_2>h_1$) حيث يبدو واضحا بأنه طالما المسافة بين قطب التيار لاتزيد عن قيمة معينة ،فإن منحنى المقاومية الظاهرية سوف لايختلف كثيرا عن حالة الطبقتين وبنفس النسبة (p_2/p_1) كما في حالة الثلاث طبقات التي نحن بصددها . أما بالنسبة للمسافات القطبية الكبيرة ، فأن الطبقة الثالثة ، أي الصبقة التحتية المتناهية (p_3) سوف توثر على القياسات . وعليه فقد أوضح هاميل بانه بالنسبة للمسافات المتباعدة فان منحنى المقاومية الظاهرية الناتج يكون هو نفسه تقريباً كما في حالة الطبقتين وبنفس الطبقات التحتية عدا وجود طبقة عليا ذات سمك($\bar{h} = h_1 + h_2$) وتمثل المقاومية النوعية بالمقدار :

$$\boxed{\bar{h}/\bar{\rho} = h_1/\rho + h_2/\rho_2} \quad \text{.....(٤٣)}$$

هذا وسوف نلاحظ ان المقدار $\bar{\rho}$ قد اشتق بواسطة استعمال قانون كيرشوف بالنسبة للمقاومات المتوازية (Kirchhoff's Law) .

لذلك فبواسطة مطابقة الجزء الأول لمنحنى المقاومية مع منحنى مناسب آخر كما في الشكل (١٧) ، نحصل على المقاومة النوعية (p_2) وكذلك (p_1)(h_1) تقاس من نضيرتها (p_a) بالنسبة لمسافات بين الأقطاب صغيرة جداً ، وبنفس الطريقة ،يمكن مطابقة الجزء المتكون مع

المسافات الكبيرة للاقطاب ، لنحصل على النسبة $\rho_3/\bar{\rho}$ وكذلك $\bar{h}$ بمساعدة الشكل (١٧) . وعليه يمكن تقييم كل من (p_3) و (h_2) بصورة منفصلة .كما يمكن تبسيط الطريقة اعلاه باستعمال شكلا بيانياً ($1+(h_2/h_1)$) على طول المحور (x) والمقدار $\bar{\rho}/\rho_1$ يرسم على محور (y) ،زكلاهما بمقياس لوغارتمي ، ولهذا السبب قد عرف بطريقة المنحنى الاضافي (او طريقة النقطة الاضافية) ومن الممكن شمول هذه الطريقة لاي عدد من الطبقات ذات سماكات (h_1,h_2,h_3) ومقاومات (p_1,p_2,p_3) ..... وبالطبع تكون نافذة الصلاحية فقط عندما تكون ($h_1<h_2<h_3$) الا انه يمكن جعلها نافذة الاستعمال في حالات مختلفة بواسطة رسم اشكالاً خاصة إضافية .

الطريقة الثانية:

وهى الطريق المباشرة للإستنتاجات ويطلق عليها طريق بيكرس (pekeris 76) وقد اعتمدت على تحليلات سليختر ،وسوف نشير فقط الى لطريقة التطبيقية اما المباينة النظرية فيمكن ايجادها في مقالة الباحث بيكيرز الاصلية .

حيث من السهل قياس الجهد السطحي V(r) لنقطة احادية قطبية بواسطة ازاحة قطب التيار الأخر الى مسافة كبيرة ثم نحسب الدالة

$$k(\lambda) = \lambda \int_0^\infty V(r) J_0(\lambda r) r\, dr \qquad \text{.....(٤٤)}$$

وبواسطة التكامل العددي أو الميكانيكي ورسم القيمة $|f_1(\lambda)|$ مقابل λ عندما :

$$f_1(\lambda) = \frac{k(\lambda) + 1}{k(\lambda) - 1} \qquad \text{.....(٤٥)}$$

وعندما (λ) تكون ذات قيم كبيرة فان النقاط سوف تقع على خط مستقيم بانحدار يعادل ($2h_1$) ،ونقطة تعادل $\ln(1/k_1)$ مع المحور (y) حيث:

$$k_1 = (\rho_2 - \rho_1)/(\rho_2 + \rho_1) \qquad \text{.....(٤٦)}$$

إما إذا وقعت جميع النقاط على خط مستقيم فان $h_2 = \infty$ (حالة الطبقتين) ومن ناحية أخرى فعند تعيين قيمة كل من k_1,h_1 نستطيع الاستمرار . إذن لحساب دالة مشابهه تماما هي ،**وبرسم** $f_2(\lambda)$

لوغاريتمها نحصل بالتالي على قيمة h_2 وكذلك على :

$$k_2 = (\rho_3 - \rho_2)/(\rho_3 + \rho_2) \quad \text{.....(٤٧)}$$

وقد تستمر العملية لحساب دالة ثالثة f_3 إذا لم تقع جميع النقاط على خط مستقيم ، أي عندما وهكذا.

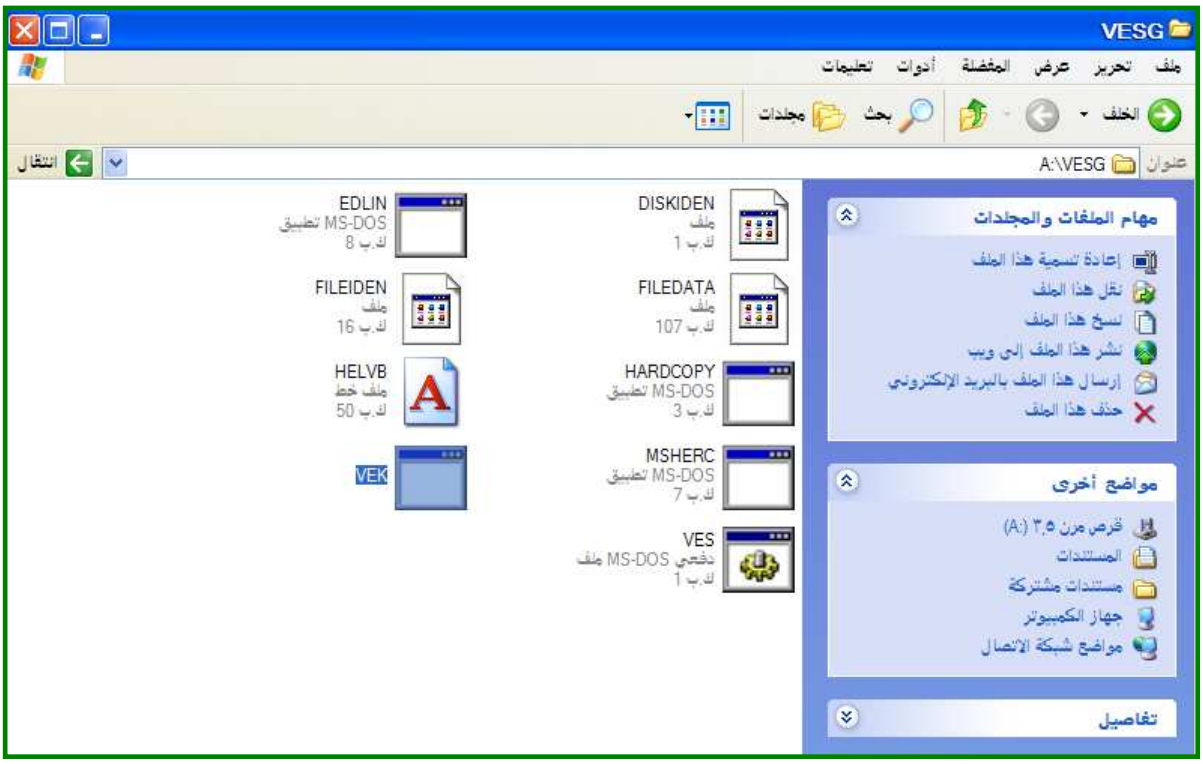
وهذه الطريقة لا تحتاج إلى ضوابط بالنسبة للقيم النسبية لكل من (h_1,h_2,h_3) وعليه فهي إذن طريقة عامة تماما . ولسؤ الحظ أنها تحتاج إلى حسابات كبيرة ،وعلى كل حال لقد طور الباحث كيوفويد (Keofoed) مؤخراً طريقة تطبيقية سريعة(٤٢) حيث بدأ برسم $k(\lambda)$ بدلالة منحنى (p_a) المقاس وباستعمال عدد قليل من المنحنيات القياسية بعدئذ تعرف وتطور الدالة كما يلي عن المعادلة (٤٢) :

$$G_n(\lambda) = K(\lambda)/\{1 + K(\lambda)\} \quad \text{.....(٤٨)}$$

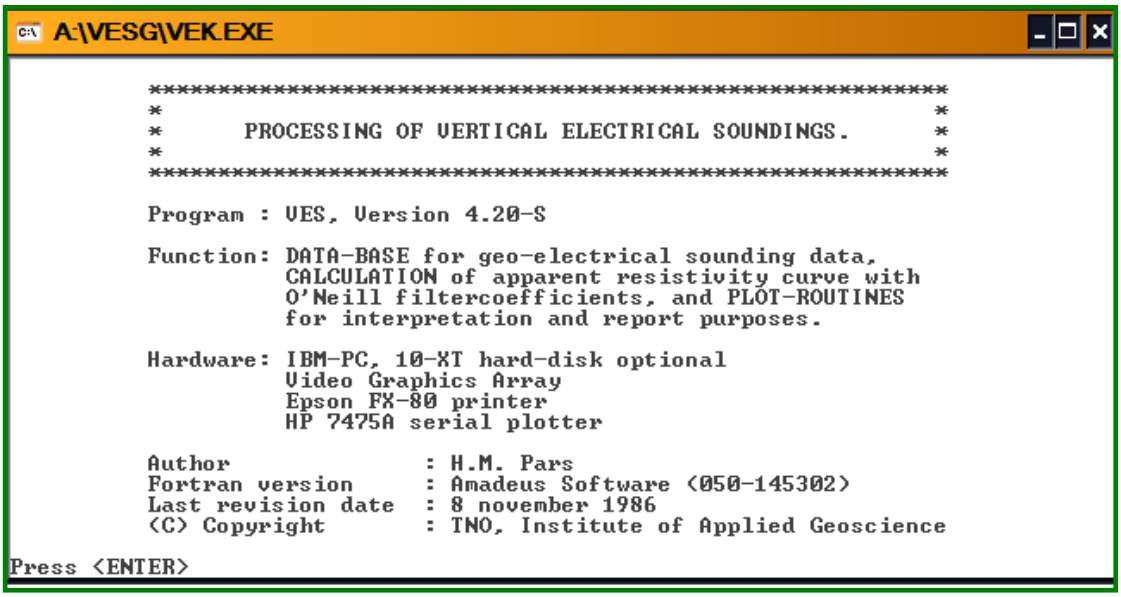
أدخلت المعادلات السابقة وخاصة مع تطور البرمجيات في برامج تطبيقية سريع حيث تمتلك هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية احد هذه البرامج الخاصة بطريقة الجس العمودي لترتيب شلمبرجر وهو (VES computer program version 4.20s (developed by TNO, delft)) . وفيما يلي سنقوم بشرح مبسط لخطوات استخدام هذا البرنامج وكيفية التعامل مع المعلومات الحقلية وخاصة في عملية التنقيب عن المياه الجوفية في بلادنا.

٦-٤-١شرح مبسط لخطوات استخدام VES computer program

a) في حالة تشغيل البرنامج من القرص المرن (A) نقوم بعملية نسخ البرنامج إلى القرص المرن (A) ومن ثم فتح المجلد المحتوي على ملفات البرنامج والتي تظهر بالشكل أدناه(٢٠) ولفتح البرنامج ننقر نقر مزدوج على الملف VEK حيث تفتح القائمة الرئيسية من البرنامج كما تظهر من الشكل (٢١) وهذه القائمة تظهر مواصفات البرنامج ويظهر في نهايتها الأمر (Press<ENTER>.



شكل (٢٠) الملفات المكونة لبرنامج (VES)



الشكل (٢١) قنمة توضح خصائص البرنامج

b) عند الضغط على الأمر Press<ENTER) في لوحة المفاتيح تفتح لدينا القائمة الرئيسية الآتية أدناه

```
A:\VESG\VEK.EXE

                    M A I N    M E N U

          1. DISK            = Disk display and copy routines.
          2. DATA            = Edit routines (data-base).
          3. MODELS          = Curve-interpretation routines.
          4. PLOTS           = Plot routines.
          5. NEXT DISK       = Next data-disk to consider.
          6. Check disk      = Check data-disk in drive A.
          7. New disk        = Initialize new data-disk.
          8. Notes           = Instructions for use.

          Enter option-number (exit with 0): 2
Data-disk in drive A (Y/N)? y
```

c) ولإضافة بيانات حقلية جديدة يتم ذلك من الدخول على الخيار الثاني من القائمة الرئيسية أعلاه وذلك بكتابة رقم الخيار ٢ ثم الضغط على enter من لوحة المفاتيح يظهر لنا سؤال أسفل القائمة الرئيسية وهو

Data-disk in drive A (Y/N)? y

حيث نقوم باختيار y ثم الضغط على enter وفي هذه الحالة تظهر لنا قائمة تحمل اسم الدسك الرئيسي وعدد الملفات التي يحتويها كما في الشكل ادناه .

```
A:\VESG\VEK.EXE

          ************************************************************
          *                                                          *
          *    Name of this disk: DELTA ABYAN VES'S                  *
          *                                                          *
          *    Number of files  : 150                                *
          *                                                          *
          ************************************************************

Press <ENTER> _
```

d) وبالضغط على الأمر enter من لوحة المفاتيح تظهر لنا قائمة البيانات Menu data

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: alsee-Baniahma disk: DELTA ABYAN VES'S

                    M E N U    D A T A

        1. New file        = Create a new file.
        2. Next old file   = Next file to edit or print.
        3. Print file      = Print all data of file on printer.
        4. Edit ident's    = Edit or display the identifiers.
        5. Edit meas'ment  = Edit or display the measurement.
        6. Edit model      = Edit or display the model.
        7. On disk         = Save the current file on disk.

        Enter option-number (exit with 0): _
```

وألان إذا كان لدينا بيانات حقلية تم جمعها من محافظة ذمار-منطقة منقذة – موقع باب السد ونريد إدخال هذه البيانات في هذا البرنامج.حيث نختار الخيار الثاني من القائمة Menu data وهو

```
2. Next old file   = Next file to edit or print.
```

فيظهر امر بإدخال رقم الملف المراد إدخال البيانات الحقلية فيه بحيث ندخل فقط رقم هذا الملف وليكن ١ مثلاً ثم

```
Enter file-number between 1 and 150: 1_
```

نضغط enter

e) فنعود إلى قائمة Menu data التي تتضح أدناه

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: alsee-Baniahma disk: DELTA ABYAN VES'S

                    M E N U    D A T A

        1. New file        = Create a new file.
        2. Next old file   = Next file to edit or print.
        3. Print file      = Print all data of file on printer.
        4. Edit ident's    = Edit or display the identifiers.
        5. Edit meas'ment  = Edit or display the measurement.
        6. Edit model      = Edit or display the model.
        7. On disk         = Save the current file on disk.

        Enter option-number (exit with 0): 4
```

وهنا لإضافة بيانات الموقع التي تم جمعها في الحقل نختار الخيار رقم ٥ من القائمة أعلاه وهو

```
5. Edit meas'ment = Edit or display the measurement.
```

وهنـــا يـــتم
مسح أي بيانات سابقة بواسطة الخيار المحدد لرقم البيان مع كتابة فاصلة وإشارة السالب مثلاً 1,- ثم enter مع الاستمرار حتى يتم إلغاء أي بيانات سابقة موجودة ومن ثم ادخال البيانات الجديدة وفي حالة البرنامج الأصلي المنصب على كمبيوتر خاص يتم اختيار الأمر الأول وهو

```
1. New file        = Create a new file.
```

ومن ثم إضافة البيانات الحقلية وذلك بكتابة قيمة (AB/2) مع قيم (p_a) المناظرة بحيث نفصل بينهما بإستخدام الفاصلة(,) كما يظهر ذلك من القائمة أدناه

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: Bab-alsad


     Measured apparent resistivities.

     Nr.    L/2     Pa          Nr.    L/2     Pa
      1.    1.5  33.1        13.   50.0  61.2
      2.    2.5  30.3        14.   75.0  62.4
      3.    4.0  27.4        15.  100.0  62.4
      4.    6.0  30.2        16.  150.0  52.9
      5.    8.0  33.6        17.  200.0  48.6
      6.   10.0  38.4        18.  200.0  42.6
      7.   15.0  42.2        19.  150.0  46.8
      8.   20.0  48.0        20.  300.0  43.1
      9.   30.0  59.4        21.  400.0  46.4
     10.   40.0  58.6        22.  500.0  47.7
     11.   40.0  64.5        23.  600.0  49.3
     12.   30.0  64.1



Enter line-number (e.g. 1 or 1,+ or 1,-) or quit with <ENTER>:
```

وبع الانتهاء من كتابة كامل البيانات الحقلية نخرج منها بالضغط على enter حيث تظهر القائمة أدناه

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: Bab-alsad      disk: DELTA ABYAN VES'S

                    M E N U    D A T A

          1. New file        = Create a new file.
          2. Next old file   = Next file to edit or print.
          3. Print file      = Print all data of file on printer.
          4. Edit ident's    = Edit or display the identifiers.
          5. Edit meas'ment  = Edit or display the measurement.
          6. Edit model      = Edit or display the model.
          7. On disk         = Save the current file on disk.


          Enter option-number (exit with 0): 7
Store this file on disk (Y/N)? y_
```

حيث نقوم بكتابة الرقم ٧ للقيام بحفظ البيانات المدخلة سابقا ويكرر هذا الأمر متى ما أردنا حفظ أي تغيرات مدخلة من الأمر :

```
7. On disk          = Save the current file on disk.
```

حيث يظهر لنا السؤال

```
Store this file on disk (Y/N)?
```

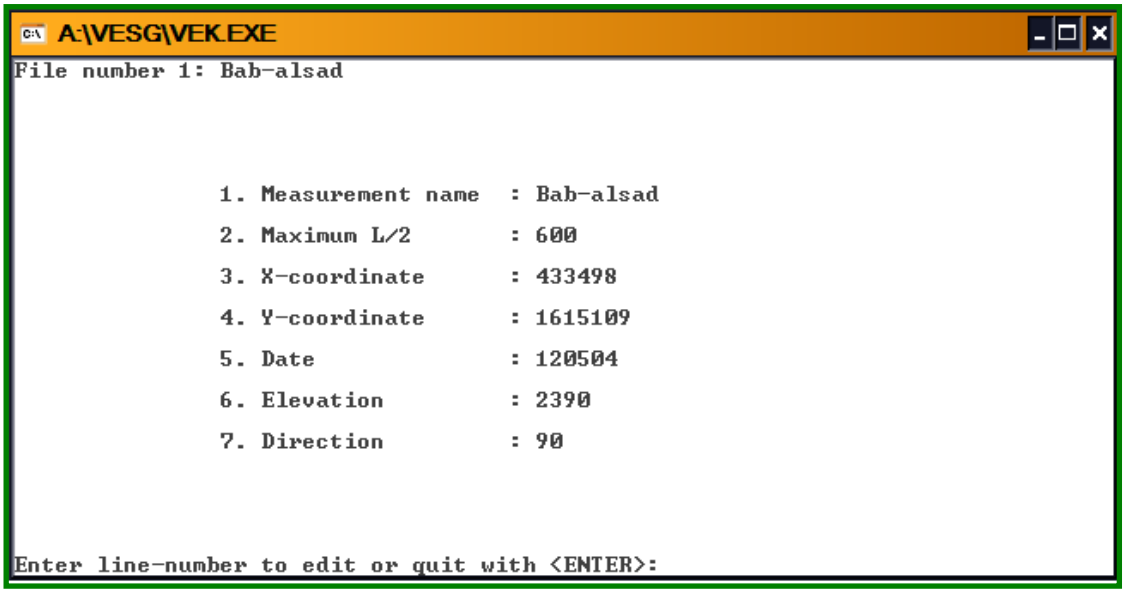
وحتى تتم عملية الحفظ نكتب الحرف y ثم enter كما يظهر من القائمة السابقة .

f) لإضافة البيانات التعريفية للبيانات الحقلية الخاصة بالموقع يتم ذلك من كتابة الرقم ٤ لاختيار الخيار الرابع وهو

```
4. Edit ident's    = Edit or display the identifiers.
```

ثم enter لتظهر لنا القائمة الآتية والتي يتم الدخول إليها عن طريق كتابة رقم كل بيان متبوعا ب enter ثم كتابة اسم البيان وحفظ المدخلات كما سبق اعلاه حيث تظهر القائمةMenu data

.



يتم الخروج من القائمة السابقة Menu data بكتابة الرقم ٠ ثم enter حيث نعود الى القائمة الرئيسيةMenu Main والتي نختارمنها الخيار رقم ٣ وهو:

```
3. MODELS           = Curve-interpretation routines.
```

والذي عن طريقة يتم عرض شكل الكيرف الممثل للبيانات الحقلية عن طريق ظهور القائمة Menu Models وكتابة الرقم ١٠ لتمثيل شبكة القياسات على الرسم من الخيار :

```
10. Screen grid     = Subdivide decades in screen-plot
```

```
A:\VESG\VEK.EXE
disk in memory: DELTA ABYAN VES'S

                    M A I N    M E N U

        1. DISK            = Disk display and copy routines.
        2. DATA            = Edit routines (data-base).
        3. MODELS          = Curve-interpretation routines.
        4. PLOTS           = Plot routines.
        5. NEXT DISK       = Next data-disk to consider.
        6. Check disk      = Check data-disk in drive A.
        7. New disk        = Initialize new data-disk.
        8. Notes           = Instructions for use.

        Enter option-number (exit with 0):
```

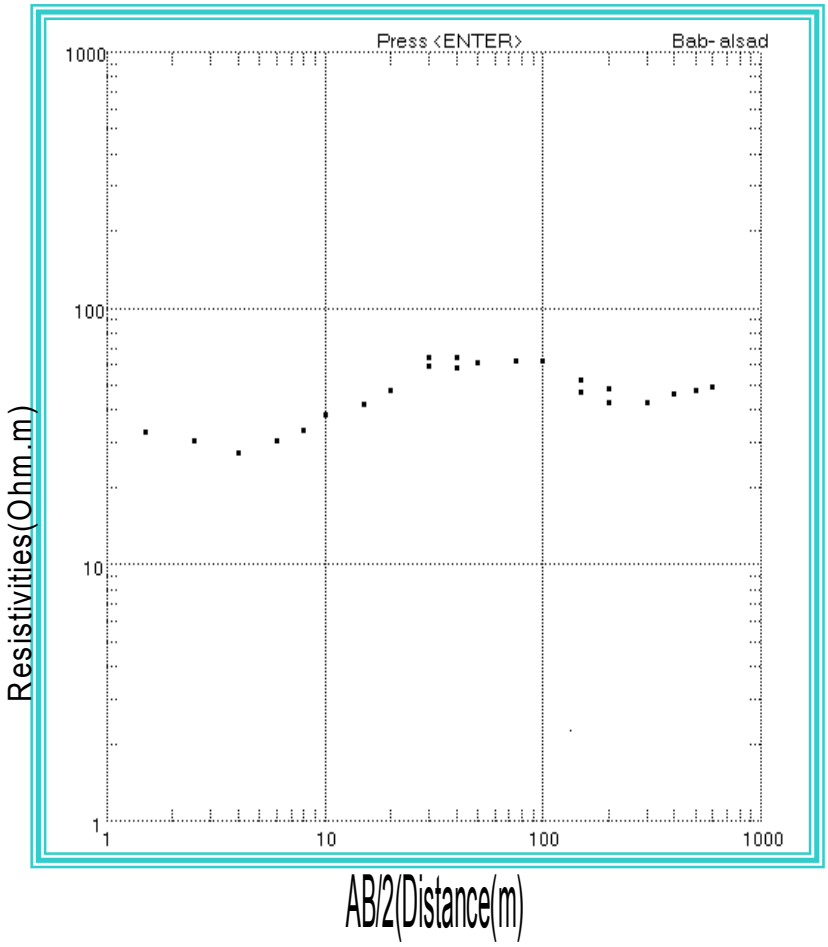
```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: Bab-alsad      disk: DELTA ABYAN VES'S
                    M E N U    M O D E L S
         1. Screen plot     = Plot file on screen.
         2. Next file       = Next file with model to edit.
         3. Plot model      = Plot model on plotter.
         4. Plot meas'ment  = Plot measurement on plotter.
         5. Display set-up  = Set up plot-display parameters.
         6. Edit model      = Edit or display the model.
         7. On disk         = Save current file on disk.
         8. Plot curve      = Plot calculated curve on plotter.
         9. Plot points     = Plot calculated points on plotter.
        10. Screen grid     = Subdivide decades in screen-plot
        Enter option-number (exit with 0): 10
```

ثم نختار الخيار الأول من القائمة أعلاه وهو :

```
1. Screen plot     = Plot file on screen.
```

لعرض الكيرف الحقلي كما يظهر أدناه وهو كيرف لم يتم تصحيح ال Shift فيه
ولتصحيح ال Shift يتم اختيار

```
5. Display set-up = Set up plot-display parameters.
```



حيث يتم حساب قيمة ال $Shift_2$ من المعادلة الآتية :

$$Shift_2= [(Log46.6-log48.6)+(Log46.8-Log52.9)]*50$$
$$=-5.6$$

$$Shift_0=[(Log64.5-log58.6)+(Log64.1-Log59.4)]*50$$
$$=3.74$$

$$Shift_1= Shift_2+ Shift_0$$

$$Shift_1=-1.86$$

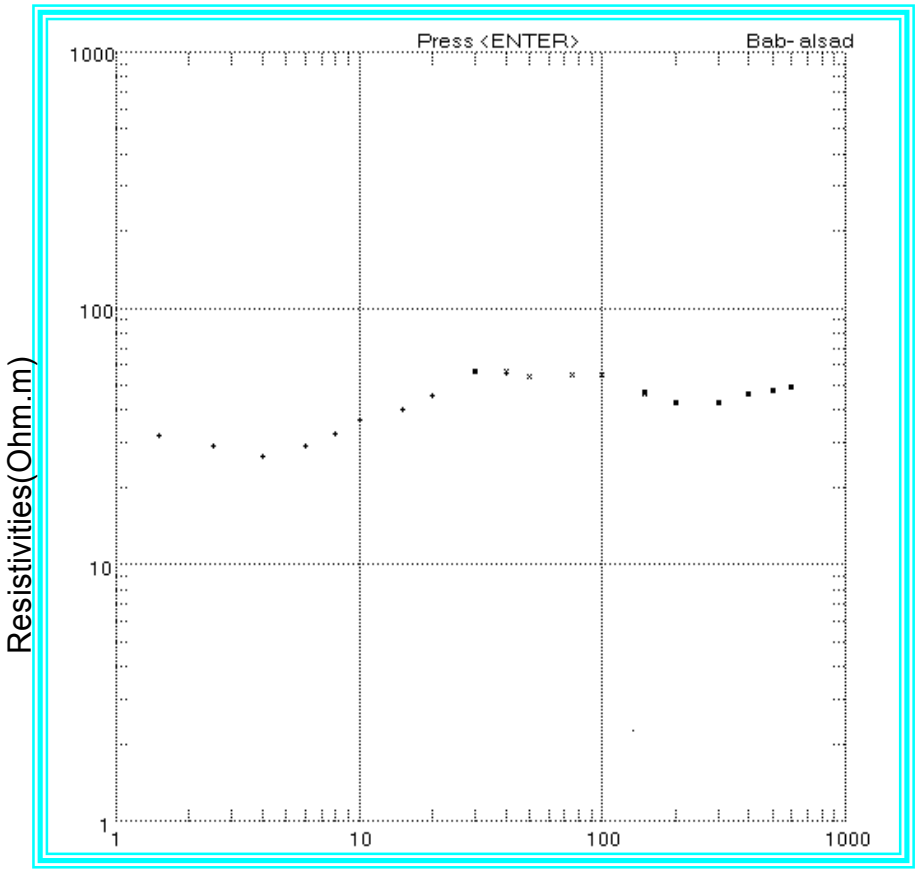
ثم بالدخول في الخيار الخامس والمشار في أعلاه تظهر لنا قائمة تصحيح ال Shift كما يلي وذلك بإدخال القيم التي حصلنا عليها من البيانات أعلاه :

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: Bab-alsad
          1. Xmin                 1.0
          2. Xmax              1000.0
          3. Ymin                 1.0
          4. Ymax              1000.0
          5. Model number         0
          6. Shift 1: begin       1
          7.            end       8
          8.    % of decade    -1.9
          9. Shift 2: begin      11
         10.            end      17
         11.    % of decade    -5.6
          Enter option-number <exit with 0>: _
```

والعودة إلى القائمة Menu Models والخيار الأول وهو :

```
1. Screen plot     = Plot file on screen.
```

يظهر لنا شكل الكيرف مصححاً كما يلي :



وأخيرا يتم اختيار الخيار السادس وهو :

```
6. Edit model      = Edit or display the model.
```

للدخول في وضع الموديل الممثل للأعماق الحقيقية والمقاومات المصاحبة في موقع الدراسة والذي يتناسب مع جيولوجية المنطقة والذي قبل إن نتوصل إليه يتم وضع موديلات افتراضية يتم اختيار أفضلها ليمثل الموديل الحقيقي وهذا الموديل تم تعديل بعض الأعماق للتوافق مع نتائج الحفر.

```
A:\VESG\VEK.EXE
File number 1: Bab-alsad

      Resistivity model(s).

      Nr. Depth(m) Res.(ohmm) Modelnr.
       1.     1.0    36.7begin  1
       2.     2.4    20.5
       3.     3.5    40.9
       4.     6.3    32.0
       5.     8.9   103.2
       6.    11.9    19.8
       7.    27.7   182.7
       8.    54.3    15.4
       9.    90.4   100.5
      10.   165.5    22.0
      11. 9999.0    69.8end of 1

Enter line-number (e.g. 1 or 1,+ or 1,-) or quit with <ENTER>:
```

No	Res	Thick	Depth
1	36.7	1.0	1.0
2	20.5	1.4	2.4
3	40.9	1.1	3.5
4	32.0	2.8	6.3
5	103.2	2.6	8.9
6	19.8	3.0	11.9
7	182.7	15.8	27.7
8	15.4	26.5	54.3
9	100.5	36.1	90.4
10	22.0	75.1	165.5
11	69.8	-.-	-.-

وهذا الموديل أخذ كمثال تطبيقي للتنقيب عن المياه الجوفية في منطقة منقذة – مديرية عنس – محافظة ذمار

(تم حفر البئر الى عمق مقداره = ١٠٩ متر).

الطريقة المستخدمة :-المقاومة النوعية الكهربائيةElectrical Resisitivity

خط النشر :- 1200 متر.

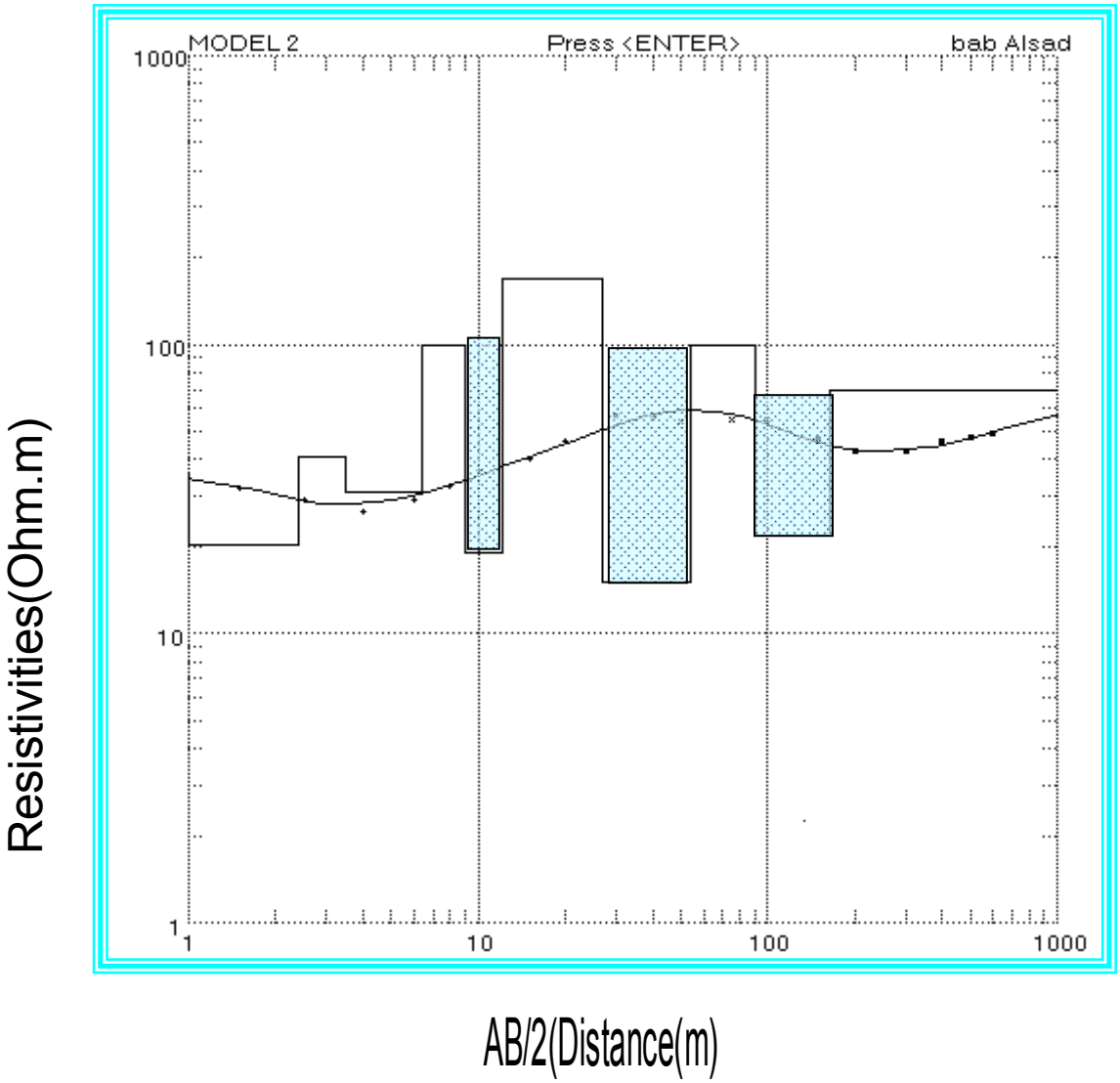
الإحداثيات :- 433498E/1615109

الارتفاع :- 2390 متر

والعودة إلى القائمة Menu Models والخيار الأول وهو :

```
1. Screen plot     = Plot file on screen.
```

يظهر الموديل الحقيقي للمقاومة للتتابع الراسي للصخور في الموقع وتحديد النطاقات الحاملة للمياه كما يتضح من الشكل ادناه.



النطاق الحامل للمياه في الصخور النارية

الموديل الحقيقي للمقاومة للتتابع الراسي للصخور في الموقع

٥-١بعض الأمثلة التطبيقية للتنقيب عن المياه في مناطق من اليمن على وحدات صخرية مختلفة(لمواقع أكدت نتائجها بعملية الحفر).

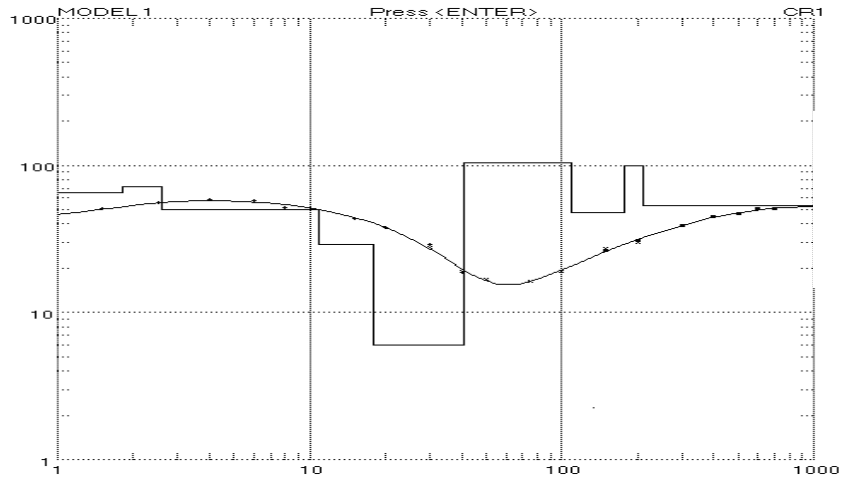
١) دراسة موقع مياه جنوب مصنع اسمنت عمران

البيانات الحقلية:-

مكان الجـ	ط النشر(m)
عمران-مصنع ا	٧٠٠

Measured apparent resistivities.

Nr.	L/2	Pa	Nr.	L/2	Pa
1.	1.5	45.1	13.	50.0	15.8
2.	2.5	49.1	14.	75.0	15.3
3.	4.0	51.6	15.	100.0	17.9
4.	6.0	50.6	16.	150.0	25.7
5.	8.0	45.3	17.	200.0	28.2
6.	10.0	43.9	18.	200.0	31.1
7.	15.0	38.3	19.	150.0	26.4
8.	20.0	33.4	20.	300.0	39.3
9.	30.0	25.7	21.	400.0	45.0
10.	40.0	16.6	22.	500.0	47.4
11.	40.0	18.5	23.	600.0	50.5
12.	30.0	26.1	24.	700.0	50.5



Resistivity model(s).

Nr.	Depth(m)	Res.(ohmm)	Modelnr.
1.	.7	43.0begin	1
2.	1.8	65.0	
3.	2.6	72.0	
4.	10.8	50.0	
5.	18.0	29.0	
6.	41.0	6.00	
7.	110.0	105.0	
8.	177.0	48.0	
9.	210.0	100.0	
10.	9999.0	53.0end of 1	

الموديل الممثل للتتابع الراسي للصخور في موقع مياه جنوب مصنع اسمنت عمران

النتيجة

العمق (بالمتر)	المقاومة	التكوين الصخري	الخاصية الهيدرولوجية

من	إلى	النوعية الحقيقية (m.Ω)		
السطح	٤١	٦-٧٢	نطاق من الرواسب الرباعية الحديثة حيث أن الجزء العلوي منه ولعمق ١متر يمثل تربة زراعية بينما الجزء الثاني يمتد حتى العمق ١١متر يظهر تواجد الحصى فيه أما بقية هذا النطاق فيتميز برطوبته العالية وزيادة تركيز الرواسب الغرينية ابتداء من العمق ١٨ متر وحتى نهايته.	جافة ما عدا الجزء السفلي منها فهو شديد الرطوبة ويمكن أن يحتوي على تركيز بسيط للمياه السطحية في نهايته
٤١	١١٠	١٠٥	نطاق من الصخور الجيرية الصلبة	جافة
١١٠	١٧٧	٤٨	نطاق من الصخور الجيرية المتشققة	حامل للمياه الجوفية
١٧٧	٢١٠	١٠٠	نطاق من الصخور الجيرية الصلبة	جافة
٢١٠	----	٥٣	نطاق من الصخور الجيرية المتشققة يمتد الى نهاية عمق الدراسة والذي لايقل عن ٢٦٠ متر	حامل للمياه الجوفية

٢) موقع جربة طهم - منطقة شيعان- مديرية سنحان

خط النشر : AB/2=700m

الإحداثيات :- 431156E/1679001N

الإرتفاع عن مستوى سطح البحر:- 2474 متر

File number 16: Shaian(3)

Measured apparent resistivities.

Nr.	L/2	Pa	Nr.	L/2	Pa
1.	1.5	38.7	13.	50.0	36.1
2.	2.5	45.3	14.	75.0	44.7
3.	4.0	47.5	15.	100.0	39.4
4.	6.0	42.7	16.	150.0	39.2
5.	8.0	37.0	17.	200.0	38.0
6.	10.0	34.2	18.	200.0	41.3
7.	15.0	35.7	19.	150.0	42.7
8.	20.0	39.6	20.	300.0	35.7
9.	30.0	38.2	21.	400.0	33.5
10.	40.0	35.3	22.	500.0	34.4
11.	40.0	36.2	23.	600.0	36.5
12.	30.0	40.0	24.	700.0	39.3

جدول رقم(٣) البيانات الحقلية المأخوذة في موقع الدراسة (موقع

File number 16: Shaian(3)

Resistivity model(s):

النتيجة:

تتلخص نتائج الدراسة للموقع(جربة طهم) فيما يلي:

العمق (بالمتر)		المقاومة النوعية الحقيقية (m.Ω)	التكوين الصخري	الخاصية الهيدرولوجية
من	الى			
السطح	٤.٧	١٠-٩٢	وجود تربة زراعية ورواسب مختلفة وحديثة ويحتوي هذا النطاق في جزئه الأسفل على نواتج تعرية وتجوية الصخور البركانية المحيطة يغلب فيه وجود الكتل الصخرية	ذو رطوبة عالية في جزئه الأسفل
٤.٧	٨.٨	١٧٥	نطاق من الصخور البركانية الصلبة	جاف
٨.٨	١٨	١٢	نطاق متشقق من الصخور البركانية	حاملة للمياه السطحية
١٨	٩٥	٦٥- ٨٥	نطاق من صخور بركانية صلبة	جاف
٩٥	١٧٩	١١	نطاق متشقق ومتصدع من الصخور البركانية	حامل للمياه
١٧٩	نهاية عمق الدراسة	٦٥	صخور بركانية صلبة	جافة

٣) موقع بين الأثل (قرية شيحان) – الوقشة نهم

خط النشر :- 1800 متر.
الإحداثيات :- 446010E/1718985N
الارتفاع :-2395 متر

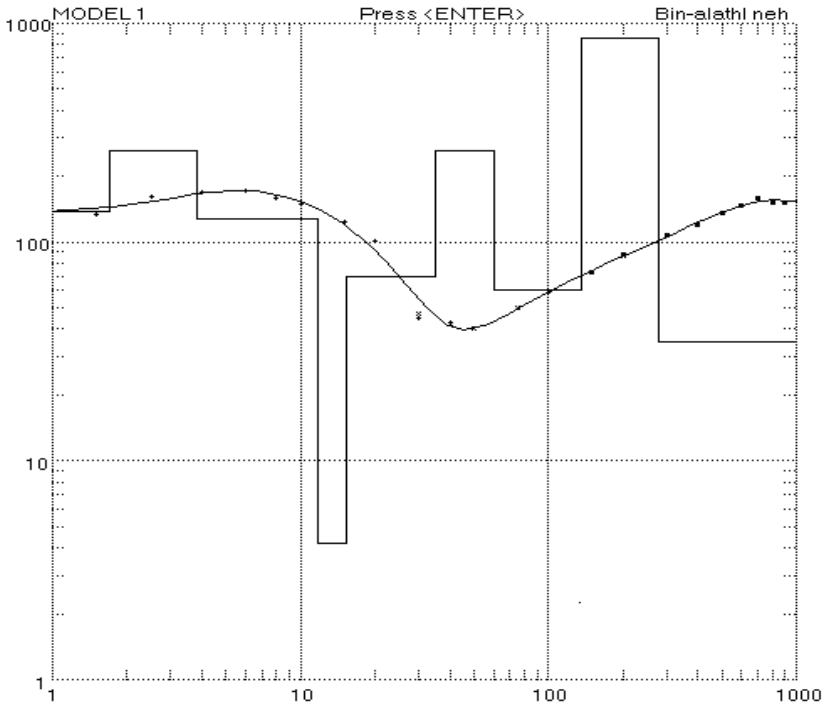
الجيولوجية التي يتبع لها موقع الدراسة:

تقع المنطقة من الناحية الجيولوجية ضمن تكوين الصخور الرملية التابعة لمجموعة الطويلة الرملية التي تكونت في العصر الطباشيري والتي تتميز بتعرضها لقواطع الإجهاد التكتوني والتي يعود عمرها إلى العصر الثلاثي وهى قواطع بركانية تتكون من القواطع البازلتية وأحيانا من القواطع البازلت- انديزيت والتي تعمل على تكوين حواجز جيدة لحجز المياه ولكن في حالة تجمع هذه القواطع بشكل كثيف كما في موقع جربة المقصور فإنها تعمل على تجزئة الخزان الجوفي وتقليل كمية المياه المخزونة في الخزان الجوفي.

القياسات الحقلية:

Measured apparent resistivities.

Nr.	L/2	Pa	Nr.	L/2	Pa
1.	1.5	137.8	14.	75.0	51.0
2.	2.5	164.3	15.	100.0	60.9
3.	4.0	172.5	16.	150.0	75.1
4.	6.0	175.2	17.	200.0	88.8
5.	8.0	163.0	18.	200.0	87.2
6.	10.0	153.0	19.	150.0	72.7
7.	15.0	126.0	20.	300.0	108.1
8.	20.0	102.7	21.	400.0	120.8
9.	30.0	46.0	22.	500.0	135.1
10.	40.0	44.2	23.	600.0	147.7
11.	40.0	43.0	24.	700.0	159.7
12.	30.0	47.9	25.	800.0	151.0
13.	50.0	41.3	26.	900.0	151.6



Resistivity model(s).

Nr.	Depth(m)	Res.(ohmm)	Modelnr.
1.	1.7	137.0begin	1
2.	3.8	260.0	
3.	11.8	128.0	
4.	15.4	4.20	
5.	35.0	70.0	
6.	60.0	260.0	
7.	135.0	60.0	
8.	280.0	850.0	
9.	9999.0	35.0end of 1	

الموديل الحقيقي الممثل للتتابع الرأسي للصخور في موقع بين الأثل قرية شيحان-الوقشة-نهم

النتيجة لموقع بين الأثل

ثبت بعد التحليل الاتي:-

العمق بالمتر(m)		التكوين الصخري و طبيعته	الخاصية الهيدرو جيولوجيه
من	الى		
السطح	١.٧	تربة زراعية ورواسب مختلفة	جافة
١.٧	٣.٨	صخور رسوبية رملية صلبة	جافة
٣.٨	١١.٨	صخور رسوبية رملية ذات مسامية متوسطة	تحتوي على نسبة رطوبة عالية
١١.٨	١٥.٤	صخور رسوبية رملية ذات مسامية عالية وتجتوي على نسبة من رواسب المتبخرات وطين صخري	تحتوي على مياه سطحية قد تحتوي على نسبة ملوحة بسيطة
١٥.٤	٣٥	صخور رسوبية رملية ذات مسامية مرتفعة ومتشققة	حاملة للمياه السطحية
٣٥	٦٠	صخور رسوبية رملية صلبة	جافة
٦٠	١٣٥	صخور رسوبية رملية تحتوي على نطاقات تشقق	حاملة للمياه في نطاقات التشقق فقط
١٣٥	٢٨٠	طبقة من الصخور الرملية شديدة الصلابة	جافة
٢٨٠	--	طبقة من الصخور الرملية لها مسامية مرتفعة	حاملة للمياه الجوفية

٤) موقع جربة أملاك بيت الأكوع قبلي بئر زاهر-أرحب –الخميس

خط النشر AB/2=1000m :

الإحداثيات 420331E/1717416N -:

الإرتفاع عن مستوى سطح البحر:- 2180 متر

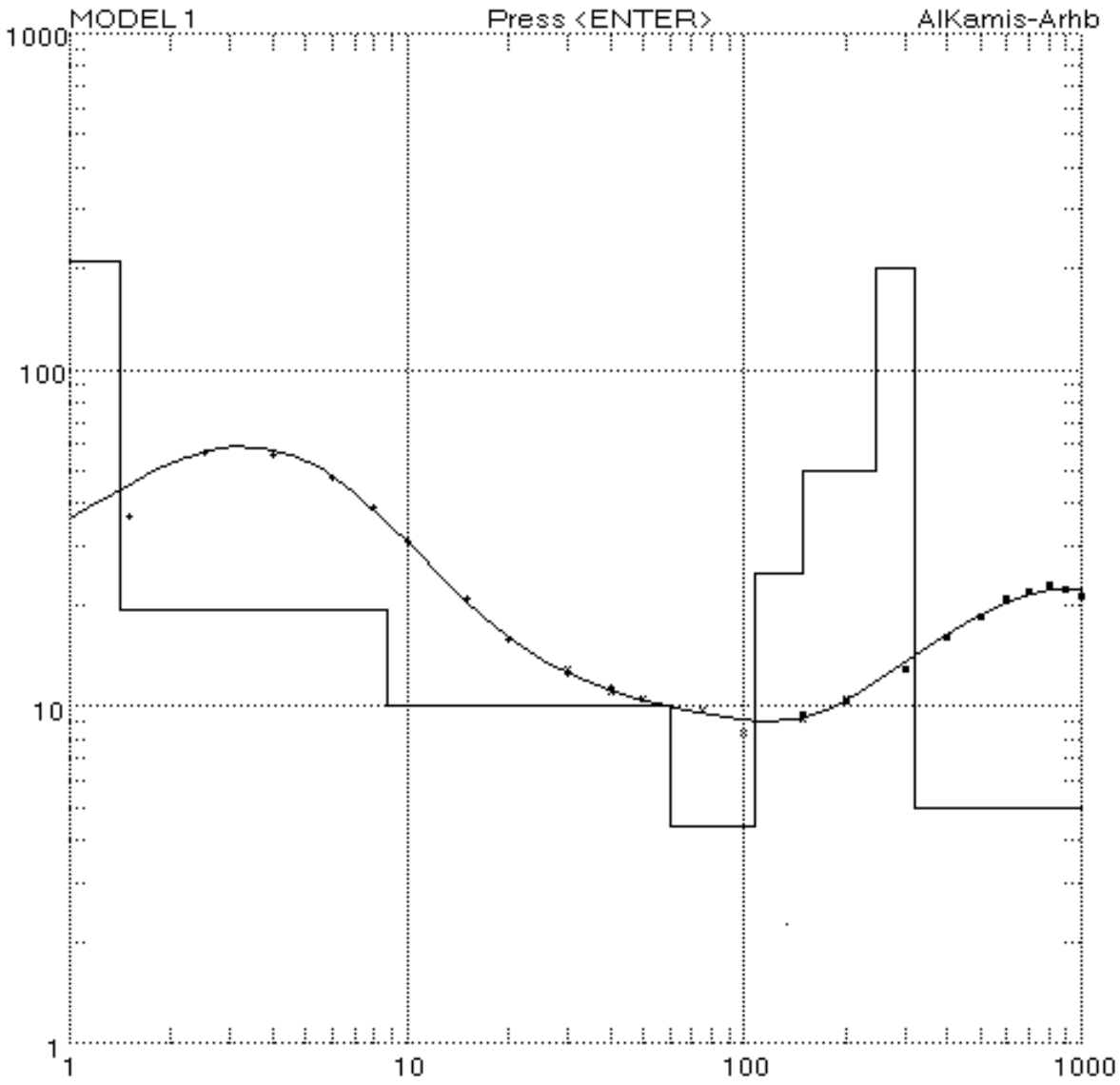
القياسات الحقلية:-

AlKamis-Arhb

Measured apparent resistivities.

Nr.	L/2	Pa	Nr.	L/2	Pa
1.	1.5	41.6	15.	100.0	9.20
2.	2.5	64.4	16.	150.0	10.2
3.	4.0	63.3	17.	200.0	11.6
4.	6.0	54.3	18.	200.0	10.3
5.	8.0	44.1	19.	150.0	9.40
6.	10.0	35.2	20.	300.0	13.0
7.	15.0	23.8	21.	400.0	16.1
8.	20.0	18.0	22.	500.0	18.5
9.	30.0	14.2	23.	600.0	21.0
10.	40.0	12.9	24.	700.0	22.0
11.	40.0	12.3	25.	800.0	23.0
12.	30.0	14.2	26.	900.0	22.2
13.	50.0	11.7	27.	1000.0	21.4
14.	75.0	10.7			

البيانات الحقلية لموقع جربة أملاك بيت الأكوع قبلي بير زاهر



AlKamis-Arhb

Resistivity model(s).

Nr.	Depth(m)	Res.(ohmm)	Modelnr.
1.	.6	25.0	begin 1
2.	1.4	210.0	
3.	8.8	19.5	
4.	60.0	10.0	
5.	107.5	4.40	
6.	150.0	25.0	
7.	245.0	50.0	
8.	320.0	200.0	
9.	9999.0	5.00	end of 1

النتيجة:- الموديل الحقيقي الممثل للصخور في موقع جربة أملاك بيت الأكوع قبلي بئر زاهر

ثبت بعد التحليل الآتي:-

العمق (بالمتر)		التكوين الصخري	الخاصية الهيدرولوجية
من	الى		
السطح	٦٠ متر	يتكون هذا العمق من نطاقين العلوي عبارة عن تربة زراعية ورواسب مختلفة وحديثة يستمرحتى عمق تقريبي مقداره ٣٥ متر ويظهر بعده نطاق من الصخور الجيرية المتعرضة لعملية تعرية قوية جعلتها على شكل فتات صخري هش يستمر الى عمق مقداره ٦٠ متر	جافة
٦٠	١٠٨	نطاق من صخور المارل المتكون من الطين الجيري وهى رطبة	شديدة الرطوبة
١٠٨	١٥٠	نطاق من الصخور الجيرية المتداخل مع صخور المارل الهشة	جاف
١٥٠-١٧٠	٢٤٥-٢٧٠	نطاق من الصخور الجيرية المتشققة	حاملة للمياه
٢٤٥-٢٧٠	٣٢٠	نطاق من الصخور الجيرية الصلبة	جافة
٣٢٠	نهاية عمق الدراسة	نطاق من الصخور الجيرية المتداخلة مع نسبة عالية جداً من الطفل الأسود	جافة

تمت عملية الحفر في هذا الموقع إلى ٢٤٢ متر حيث كانت كمية المياه كافية قدرت بحوالي ٨.٢لتر\ثانية.

٥) موقع الأكروف –قرية المشرق – شرعب السلام محافظة تعز.

جيولوجية موقع الدراسة:

تقع المنطقة على منكشفات صخور القاعدة والتي تتكون من الجرانيت والنيس المتاثر بعملية تصدع قوية وواضحة ويطلق عليه Gneissic, granite with flow structure ,syntectonic

القياسات الحقلية:-

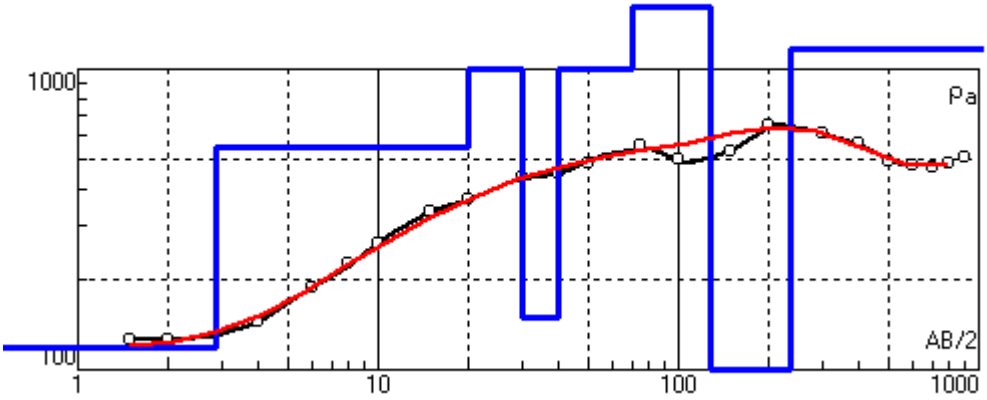
تم اخذ القياسات الحقلية بواسطة جهاز قياس المقاومية الكهربائية والذي يطلق عليه اسم IRIS instruments ويوضح جدول أدناه البيانات الحقلية المأخوذة في موقع الدراسة.

(AB\2)	(MN)	p
1.5	1	111.4
2	1	110.2
4	1	126.5
6	1	164.3
8	1	197
10	1	231.7
15	1	296
20	1	323.2
30	1	387
30	20	319.9
40	1	390.6
40	20	330
50	20	357.1
75	20	410.8
100	20	365.7
150	20	389.6
150	100	528
200	20	480.3
200	100	657
300	100	616
400	100	564.2
500	100	492.3
600	100	480.5
700	100	472
800	100	483
900	100	510

عملية النمذجة والتحليل:-

تم استخدام برنامج التحليل الخاص بطريقة شلمبرجر للحصول على النموذج الممثل للمقاومية الحقيقية للصخور وتم التوصل الى الموديل الحقيقي الممثل للتتابع الرأسي للصخور في موقع الدراسة كما وكانت قيم الاعماق مع المقاومية الحقيقية المصاحبة لها كما يلي:

D	p
2.9	**118**
20	**550**
30	**1000**
40	**150**
70	**1000**
128	**1600**
237	**100**
9999	**1170**



الموديل الحقيقي الممثل للتتابع الرأسي للصخور في موقع الدراسة

النتيجة:

تتلخص نتائج الدراسة فيما يلي:

العمق (بالمتر)		المقاومة النوعية الحقيقية (m.Ω)	التكوين الصخري	الخاصية الهيدرولوجية
من	إلى			
السطح	٣	١١٨	تربة زراعية ورواسب مختلفة	جافة
٣	٢٠	٥٥٠	نطاق من صخور الأساس (القاعدة) المتعرضة لعمليتي التجوية والتعرية الشديدتان	جافة
٢٠	٣٠	١٠٠٠	صخور الأساس (القاعدة) الجرانيتية الصلبة	جافة
٣٠	(٤٠-٥٠)	١٥٠	نطاق من صخور الأساس (القاعدة) المتعرضة لعملية تصدع وتشقق عالية	حاملة للمياه السطحية
(٤٠-٥٠)	١٢٨	١٠٠٠-١٦٠٠	صخور الأساس (القاعدة) شديدة الصلابة	جافة
١٢٨	٢٣٧	١٠٠	نطاق من صخور الأساس (القاعدة) المتعرضة لعملية تصدع وتشقق عالية	حاملة للمياه
٢٣٧	نهاية عمق الدراسة	١١٧٠	صخور الأساس (القاعدة) الصلبة	جافة

الجزء الثاني :

الصيانة وكيفية العمل على أجهزة القياس

إعداد جيوفيزيائي

سمير عبد الصمد العماد

١-٢مقدمة :

المبتكرون في مجال حقل الالكترونيات هم أشخاص يوظفون المعرفة ، والأفكار الإبداعية والمعلومات ، والمعلومات الفنية المتوفرة لديهم لتحويل الأفكار إلى تجهيزات الكترونية فنية وعملية تخدم كثير من المجالات الجيولوجية وغيرها ،لذلك يجب على كل المتخصصين في أي مجال إن يكون لديهم إلمام كامل بالمبادئ النظرية والعملية بطريقة ترفع من مستواهم وبناء أساسا عمليا وتكوين صورة واضحة عن الأجهزة وطريقة عملها ومكوناتها

٢-٢المبادئ النظرية :-

نتناول في هذه الفقرة المفاهيم الأساسية للالكترونيات والمتعلقة بطرق الاستكشاف الكهربية كالتيار والجهد والمقاومة والاستطاعة الكهربية وسندرس بعد ذلك كيفية إيجاد الجهد على المقاومة وكذلك التيار المار بها باستخدام بعض القوانين والنظريات الأساسية كقانون اوم (ohms law) كما سننا قش طرق قياس المقاومية بأسلوب سهل ومبسط حتى نتمكن من بناء أساس علمينظري وسنكتفي بشرح وتوضيح الأجهزة الرئيسية والشائعة الاستعمال كجهاز قياس المقاومية الفرنسي (syscal R2) وقبل كل ما ذكر سنتطرق إلى موضوع غاية في الأهمية وهو الصيانة

٣-٢الصيانة Maintenance

لابد لنا قبل أن ندخل في أساس الأجهزة الجيولوجية أن نتعرف على كيفية التعامل مع الجهاز وطرق الصيانة الوقائية لهذا الجهاز الذي نملكه وعن طريق الخبرة نجد أن كثير من عطل الأجهزة ترجع إلى أخطاء المستخدمين وسوء الاستعمال ، لتفادي هذه الأشياء الحساسة وجب علينا في البداية أن نعطي فكرة مختصرة عن الصيانة الوقائية للجهاز وكيفية التعامل معه إذا حدث أي خطا أو عطل .

* الصيانة الوقائية (prevent maintenance) :

يمكن تعريفها بأنها مجموعة الأعمال والخطوات والتعليمات التي يجب أن يقوم بها الإنسان الذي يستخدم الجهاز لمنع حدوث أي عطل أو خلل في الجهاز
وهذا العطل أو الخلل يبرز في عدة صور عديدة منها:-

١. أعطال كهربائية electric damage
٢. أعطال إلية damage mechanical
٣. أعطال فرق الحرارة over heating
٤. أعطال الإهمال في النظافة sterilizing cleaning damage

وسنقوم بشرح موجز لكل عطل من هذه الأعطال :-

١- الأعطال الكهربية:-

ونحن نتحدث عن الصيانة الوقائية للأجهزة نلاحظ بان الإهمال في العمليات الكهربية يعتبر من الأسباب المهمة التي تؤدي إلى تلف الجهاز كالربط الكهربائي الخاطئ وسحب الأسلاك دون وعيب تؤدي إلى تقطيعها.

٢- الأعطال الآلية:-

إذا أمعنا النظر في الأعطال الميكانيكية نجد أن معظمها ناشئ من الموقع الذي يوضع علية الجهاز الأمر الذي قد يجعله معرضا للسقوط بطريقة من مكانة حتى بالطريقة الغير متعمدة وكذلك الأمر بالنسبة لوضعه في مكان ضيق غير مناسب مما يعرضه أيضا للسقوط كذلك حمل الجهاز بطريقة خاطئة يؤدي إلى أعطال كثيرة .

٣- أعطال فرط الحرارة Over heating

إن الحرارة الزائدة في الأجهزة قد تودي إلى تلف الأجهزة سريعا وان الشركات المصنعة عمدت إلى ذكر درجة الحرارة الغير مؤثرة على الجهاز والتي يجب أن يبقى في مداها.

٤- أعطال الإهمال في النظافة :-

عدم تنظيف الجهاز بعد الانتهاء من العمل الحقلي لا شك أنة يؤدي إلى تراكم الأتربة والأوساخ مسببا تلف مفاتيح التشغيل ،إن الشق الأخر من الصيانة الوقائية عند توقف الجهاز عن العمل بصورة مفاجئة يجب على المستخدم أن يقوم في البداية بالتأكد من صحة ودقة توصيل الدارة وتشغيل الجهاز وإذا لم يعمل الجهاز فعلية أن يستدعي الشخص المسؤول إذ قد يكون الخطاء ناشئا عن الشخص المستخدم ،وفي حالة فشل المحاولات لتشغيل الجهاز على مسئول الفريق إنهاء المهمة والعودة إلى مقر العمل واستدعاء موظفي الصيانة لعمل اللازم وعلى المستخدم أن يقوم بشرح وبشكل مفصل تلك الأسباب التي أدت إلى حالة الخلل في الجهاز لغرض التشخيص السليم منذ البداية وتعيين سبب الخطاء مراعيين أن تتضمن تلك المعلومات الأسباب

التي أدت إلى حدوث العطل كالربط الكهربائي الخاطئ أو سقوط الجهاز أو التغير غير الطبيعي في درجه الحرارة.

٢-٢ما هي الكهرباء ؟؟؟ :-

من المعلوم إن كل عنصر كيميائي ينتهي تجزيئة إلى ما يسمى بالذرة ويدور حول الذرة مجموعة من الالكترونات يختلف عددها باختلاف العنصر الكيميائي ،وهى تحمل شحنة كهربائية سالبة قدرها (10 ×١.٦) كولون ، وقد بلغت كتلتة (١٠ ×٠.٩١) جرام ويوجد كذلك جسيم آخر يحمل شحنة موجبة تساوى الشحنة السالبة التي يحتلها الإلكترون ،وبذلك تكون الذرة في حالة تعادل كهربائي ، وعلى ذلك نصل إلى الحقيقة التالية وهى :

لا تخلق الكهرباء خلقا إنما هي موجودة في كل مادة وتسمى وحدة الشحنات ألسالبه (إلكترون) ووحدة الشحنات الموجبة (بروتون) ويختلف عدد الالكترونات باختلاف العناصر ويتراوح عددها بين (١-١٠٢)حسب العناصر المعروفة حتى ألان وهى تدور على مسارات متعددة حول النواة وتبقى الالكترونات محافظة على مداراتها – ذلك عند عدم تطبيق أية قوة خارجية – وذلك تحت تأثير القوة الجاذبة للنواة التي تساوى وتعاكس القوة النابذة الناشئة عن سرعة الالكترونات . وتنفصل الالكترونات عن ذراتها وتنتقل لذرة أخرى تحت تأثير القوى الخارجية المطبقة فيتشكل لدينا بما يسمى بالتيار الكهربائي ،وقد وجد أن غدد الالكترونات في أكثر المواد الناقلة حوالي (١٠) إلكترونا في السنتيمتر المكعب الواحد .اى أن ناقليه جسم تتناسب طرديا مع عدد الالكترونات الحرة في السم المكعب وكذلك مع حركتها التي تكون كبيرة في الأجسام المتماسكة ، وبطيئة في الأجسام الغير متماسكة ، مما يؤكد صحة هبوط ناقليه الأجسام بارتفاع درجة حرارتها وذلك من جراء تمدد المادة وبالتالي قلة تماسكها ، كما أن وجود الشوائب في المادة يقلل من ناقلتيها وبمعنى أخر يزيد من مقاومتها للتيار الكهربائي كما يبدو ذلك من الخلاط المعدنية .وقد لا توجد الالكترونات الحرة القابلة للحركة آو توجد بكمية ضئيلة في يغض المواد فتسمى بالمواد الكبيرة المقاومة أو بالمواد العازلة ،اى أن كل أو معظم الكتروناتها مقيدة .أما عند توضع العوازل في ساحة كهربائية شديدة بحيث تكفى شدته لقلع الالكترونات من مساراتها،حينئذ تصبح العوازل ناقلة وتسمى هذه الحادثة ب(خرق العوازل) ولكل مادة حسب تكوينها الذرى توتر كهربائي معين يكفى لخرق عاز ليتها ويجعلها ناقلة ،وبهذا يمكننا أن نقول بان جميع المواد الموجودة في الطبيعة ناقلة وتختلف ناقلتيها من مادة لأخرى ..

وكما أن الغلاف الالكتروني قد حكم على الصفات الكهربائية للمادة فانه كذلك يحكم على الصفات المغناطيسية .....

١-٢-٢ التيار current :-

يرمز للتيار في الداران بالرمز (I) وهو يعبر عن كمية الشحنة ($\triangle Q$) التي تعبر المقطع العرضي للناقل من وحدة الزمن لذلك فإن علاقة التيار يعبر عنها بالمعادلة التالية :

$$I = \frac{\triangle Q}{\triangle Q} = \frac{DQ}{DT}$$

تسمى وحدة التيار (أمبير AMPER) ويرمز لها اختصارا بالرمز AMP أو A والرمز المختصر A كوحدة قياس التيار وهو الرمز المتداول ، الأمبير الواحد يساوي كولومب واحد (COULOMB) في الثانية

$$1A = 1C / S$$

تحمل القيادات الكهربية عادة بواسطة الالكترونات وكل إلكترون يحمل شحنة مقدارها (E-) وهذه الشحنة تساوي

$$-E = 1.6 \times 10^{-19} C$$

لذلك فإن التيار الكهربي هو عبارة عن حركة جزيئات متناهية في الصغر تدعى الالكترونات الحرة ولا يمكن مشاهدتها في أدق المجاهر ولكن يستدل على التيار الكهربي بالثارة المختلفة التي تظهر في الأجهزة الكهربائية مثل الحرارة والمغناطيسية والأثر الكيميائي وغيرة

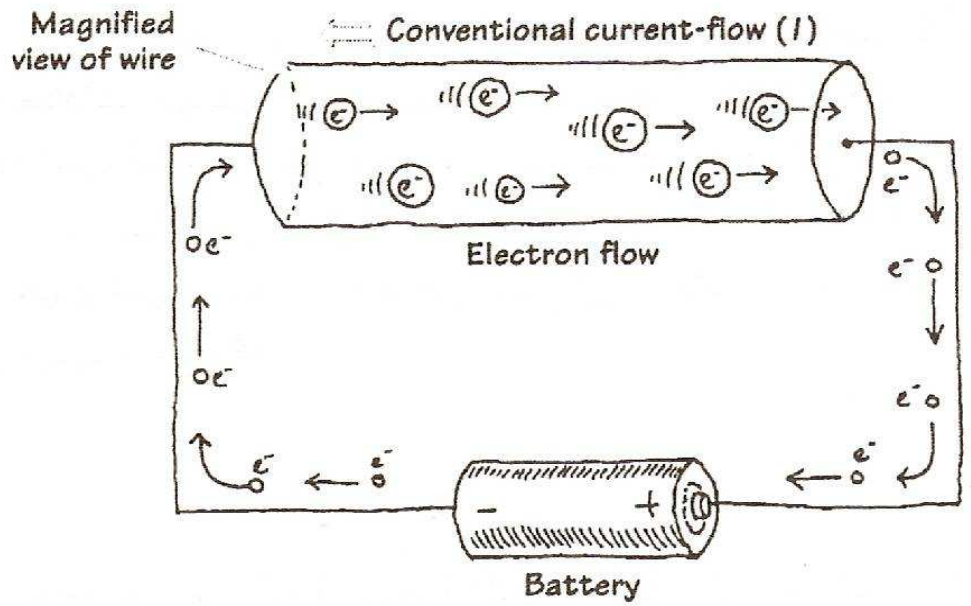
ولهذا التيار نوعان أساسيان هما :

أ- تيار متناوب :

ويرمز له AC أو $\sim$ وهو تيار متغير في القيمة والاتجاه وله تردد معين يقاس بال هرتز أو السيكل أو ذبذبة في الثانية

ب- تيار مستمر:

ويرمز له DC أو — وهو تيار ثابت في القيمة والاتجاه يحمل بواسطة خطين خط سالب ويرمز له (N) أو (COM) ولونه اسود وخط موجب ورمزه (P) ولونه احمر ومن الجدير بالذكر أنة من السهل تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر بكلفة زهيدة جدا بواسطة دائرة تقويم بينما يكون مكلف جدا تحويل تيار مستمر إلى تيار متناوب يبين الشكل دائرة بسيطة مكونة من وناقل تم تكبير جزء منه لتوضع حركة الالكترونات ضمن الناقل وعلى الشكل يظهر الاتجاه الاصطلاحي للتيار أو اتجاه حركة الالكترونات .



شكل يوضح حركة الالكترونات ضمن الناقل و يظهر الاتجاه الاصطلاحي للتيار أو اتجاه حركة الالكترونات .

٢-٢-٢ الجهد voltage :

نجد إن التيار لا يمر في الدارة بدون تطبيق قوة خارجية في الشكل الموضح في رقم الخاص بالتيار كنا نحصل على هذه القوه من البطارية التي نقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية عن طريق فصل الشحنات السالبة (الالكترونات) عن الشحنات الموجبة (الايونات) وهذه الشحنات تولد القوة التي تجعل الالكترونات تتحرك وتؤدي عملا نافعا تسمى هذه القوة بأسماء كثيرة ومختلفة وسنشرح فيما يلي أكثرها شيوعا :

- **القوة المحركة الكهربائية (electromotive):**

إن احد الأسماء الشائعة هو القوة المحركة الكهربائية وهو يدل على القوة التي تجرك الالكترونات وهذه القوة هي النتيجة الطبيعية لقانون كولون الذي ينص على إن الشحنات الكهربائية المتماثلة تتنافر و الشحنات ألموجبه تتجاذب إن البطارية نتيجة التفاعل الكيميائي تولد شحنات سالبة عند احد طرفيها وشحنات موجبة عند الطرف الأخر وإذا وصلنا دارة مغلقة على طرفي البطارية فانه يتشكل ممر للتيار بين طرفي البطارية حيث تتحرك الالكترونات الحرة عبر الدارة من الطرف السالب إلى الطرف الموجب للبطارية وذلك بتأثير القوة التي تولدها الشحنات المتعاكسة وباختصار نقول إن القوة المحركة الكهربية هي القوة التي تجبر الالكترونات على التحرك ضمن دارة مغلقة .

- **فرق الجهد (potential difference) :**

إن الاسم الأخر لهذه القوة هو فرق الجهد وهو يصف مميزات القوة المحركة الكهربية في دارة مفتوحة.

- **الجهد:Voltage**

الاسم الأخر الذي يطلق على القوة المحركة الكهربية وفرق الجهد هو الجهد إلا انه يوجد فرق بين الجهد والقوة المحركة الكهربية .

إن الجهد هو مقياس القوة المحركة الكهربية أو فرق الجهد تقاس القوة المحركة الكهربية أو فرق الجهد بوحدة الفولت ،والفولت volt هو القوة اللازمة لتحريك تيار شدته (١) أمبير عبر سلك مقاومته (١) اوم وسنشرح المقاومة بالتفصيل لاحقا ،أجزاء الفولت هي أميلي فولت ويساوي (٠.٠٠١) فولتvolt، بينما المايكرو فولت يساوي (٠.٠٠٠٠٠١) فولتvolt وهناك مضاعفات الفولت .

٣-٢-٢المقاومة (Resistance):

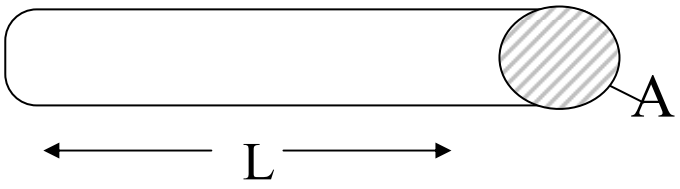
المقاومة تعريفا هي الخاصية التي تعارض حركة الالكترونات وتتمتع كل المواد المعروفة بهذه الخاصية إلى حد ما . وتظهر بعض المواد مثل الزجاج والمطاط مقدار كبير من المعارضة لحركة الالكترونات وبالتالي لأتسمح بمرور التيار الكهربي فيها ولذلك يقال إن لهذه المواد مقاومه كبيرة جدا ،المواد الأخرى مثل الفضة والنحاس تبدي مقاومة قليلة جدا لحركة الالكترونات ولذلك يقال إن لها مقاومة منخفضة جدا ، وتقدر المقاومة بوحدة الاوم (ohm) ويمكن تعريف الاوم بعدة طرق مختلفة. فقد عرفت على أنها (مقاومة عمود من الزئبق طوله(١٠٦.٣) سم مساحة مقطعه(١) مم مربع ،إلا انه من الصعب تمييز مقدار هذه المقاومة. ونستطيع أن نعرف المقاومة بما هو مألوف لدينا مثلا عندما نقول:

إن سمك نحاس قطره نحو (0 ,5) مم وطوله نحو(٩) أمتار فإننا نقصد إن له مقاومة نحو واحد اوم ،إلا إن الطريقة الأكثر شيوعا لتعريف الاوم عندما نقول إن الواحد اوم هو مقدار المقاومة التي تسمح بمرور تيار شدته واحد أمبير عند تطبيق قوة محركة كهربية بقيمة واحد فولت فان مقاومة الدارة هي واحد اوم .

ومما سبق يتضح لنا إن المواد الناقلة هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربي بشكل جيد ولكل مادة مقاومة نوعية تقاس بالاوم لكل متر وكلما كانت اصغر كلما كانت المادة ذات ناقليه أفضل للتيار.

٤-٢-٢المقاومية (المقاومة النوعية)Apparent receptivity :

ليست كل المواد موصل جيد للكهرباء بل إن هناك فرقا بين قدرة المعادن المختلفة على توصيل التيار لذا فنحن في احتياج كمية محددة تخبرنا بدقة عن مدى جودة المادة لتوصيل التيار الكهربي أو أن نتمكن إذا أردنا من أن نصف المادة بكبر مقاوميتها فمثلا افترض أن لدينا قطعة اسطوانية الشكل من سلك كما في الشكل أدناه:



شكل يوضح ابعاد سلك توصيل

طوله L والمساحة المقطعة هي A فإننا نقول إن مقاومية هذا الجزء تعتمد على طول السلك ومساحة مقطعة A حيث أن المقاومة تتناسب طرديا مع طول السلك وعكسيا مع مساحة مقطعة ونعبر عنها بالمعادلة

$$R = P \frac{L}{A}$$

حيث L طول السلك

A مساحة مقطع السلك

P وهو ثابت التناسب (الحرف الإغريقي " رو ") وهو الخاصية للمادة التي صنع منها السلك وتسمى هذه الخاصية بالمقاومة النوعية للمادة فإذا كانت كبيرة فان المادة تكون رديئة التوصيل وإذا سعينا وراء P فإن :

$$P = R \frac{A}{L}$$

وتكون الوحدة القياسية للمقاومة النوعية (المقاومية) هي ohm – meters

المقاومة النوعية Resistivity :

إن الوحدة القياسية للمقاومة النوعية هي اوم – متر (ohm.m) إذا مر تيار قدره (١A) من مادة ناقلة طولها (١A)عند تطبيق فرق جهد مقداره (1V) واحد فولت وتتأثر المقاومة

النوعية بدرجات الحرارة المتواجدة فيها حيث تزيد المقاومة النوعية بزيادة درجة الحرارة وتقل بنقصانها

٥-٢-٢مصادر الاستطاعة المستمرة ؛

تؤمن مصادر الاستطاعة الجهد والتيار لتشغيل الأجهزة والدارات الالكترونية وتصنف مصادر الاستطاعة نظريا إلى مصادر جهد مثاليه (Ideal sources) ومصادر تيار مثاليه (Ideal sources currant) ومصادر الجهد المثالية هي عبارة عن أداة (عنصر) أو جهاز يؤمن جهد ثابت بين طرفين وإذا تم وصل مقاومة حمل متغيرة بين طرفي مصدر الجهد المثالي فان جهد المصدر يبقى ثابتا حتى لو تغيرت مقاومة الحمل وهذا يعني إن التيار يتغير بتغير المقاومة أما الجهد فيبقى ثابتا

$$I = V/R$$

وعندما تصبح المقاومة (R = O) فان التيار سيصبح مساويا اللانهاية والفولتية ستساوي صفرا وفي الواقع لا يوجد مصدر جهد يعطي تيارا لانهائيا وتعتبر البطاريات مصادر جيدة للتغذية بالجهد المستمر .

إشكال التيار المستمر:--

١) التيار المستمر المباشر:

ويمكن التعرف علية من كونه يجري بصورة مستمرة وبدون زيادة *أو نقصان في الشدة أي بدون تقطيع.*

٢) *التيار المستمر المتقطع:*

ويمكن الحصول علية من جهاز كهربائي(DC-DC—CONVERTER) يصدر إشارة كهربائية ذات تردد واطئ أي أن التيار يعطي بصورة مستمرة ويقطع لعدة مرات في الثانية الواحدة وفي كل مرة يزيد التيار من الصفر إلى القمة وبسرعة معينة فيسري في الأرض في مدة قصيرة وبذلك يكون بأشكال مختلفة فتكون على شكل موجة مربعة —on off—on أو بشكل ON-ON.

٣) التيار المستمر المتغير ألشده:

إن هذا النوع من التيارات تتغير شدتها بانتظام إلى القمة والقاع على شكل أقواس متتابعة أن جميع هذه الأقواس تصل إلى الصفر ويعني ذلك وجود تيار بصورة مستمرة إلا أن جريانه يكون بشدة متغيرة.

أشكال التيار المتناوب:--

وهو التيار الذي تجري فيه الالكترونات في اتجاه متناوب وبصورة متكررة مشكلة بذلك دورات منتظمة بتردد معين في الثانية الواحدة ويكون عادة على شكلين:

١-التيار المتناوب المتناظر:

ونلاحظ في هذا النوع أن التيار يأخذ شكلا متناظرا من الدورات وتتألف كل دورة من قوسين متتا بعين احدهما فوق الصفر والأخر تحته ويوجد منة عدة أشكال.

٢- التيار المتناوب غير المتناظر :

وفي هذا التيار تجري الالكترونات بشكل غير متناظر إذ أنها تجري في النصف الأول من الدورة ببطء وشدة قليلة أما في النصف الثاني من ألدوره فإنها تجري سريعا وبشدة عالية ويوجد منة عدة أنواع .

٦-٢-٢الدارات الكهربائية:

تتكون الدارة الكهربائية من وحدة الإمداد بالقدرة الكهربائية وتركيبة من الأسلاك والعناصر الكهربائية الأخرى التي تسمح بمرور التيار الكهربائي والمتصلة بأجهزة القياس لتكون بذلك دارة مغلقة وتصنف الدارات الكهربائية إلى دارات تسلسلية (series circuits) ودارات تفرعية (parallel-circuits) ودارات مختلطة تسلسلية وتفرعية

الدارات التي تطبق عليها مصادر دورية لا جيبيه:-

افرض أن لديك منبع جهد دوري لا جيبي موجة مربعة مثلا وان هذا المنبع موصلا مع دارة قياس المقاومية الظاهريه كيف ستحلل عمل هذه الدائرة ،الدارة ليست دارة تيار مستمر ولذلك لا يمكنك استخدام نظرية الدارات المستمرة فيها والجهد المطبق عليها ليس جيبيا ولذلك لا تستطيع الاستفادة من طريقة الممانعة العقدية في التحليل ...

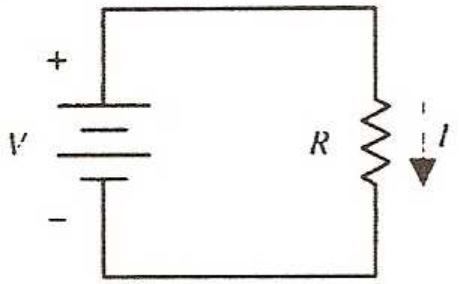
ما الذي تفعله إذا ؟؟؟

يجب أن تتذكر على الرغم من كل الصعوبات للتعامل مع مثل هذه الدارات إن قوا نين كيرشوف قابلة للتطبيق في هذه الدارات ولكن قبل ذلك عليك أن تفكر كيف ستعبر عن منبع الجهد المطبق على الدارة رياضيا وبفرض أن منبع الجهد هو منبع نبضات مربعة كيف تعبر عن الموجة المربعة رياضيا؟؟ في الحالة العامة هناك صعوبة في وصف تابع دوري لا جيبي في معادلة واحدة وما بهمنا نحن هو إعطاء فكرة مختصرة ليتسنى لنا فهم جزء بسيط مما يقوم به

احد، الأجهزة التي نستخدمها في قياس المقاومة النوعية للطبقات الأرضية والشكل الأتي يوضح لنا الشكل الموضح في الكتلوج الإشارة المربعة التي يرسلها هذا الجهاز إلى الأرض

قانون اوم : Ohm low:-

عند ملاحظة الدائرة البسيطة المرسومة في الشكل



يمكننا الحصول على علاقة كمية تربط بين التيار وجهد البطارية ومقاومة السلك (R) حيث نلاحظ إن النقط A في الدائرة تقع عند مستوى جهد عالي وذلك لأنها مرتبطة بالطرف الموجب للبطارية والنقطة B تقع من مستوى جهد منخفض وذلك لأنها مرتبطة بالطرف السالب للبطارية ولما كانت الشحنات الموجبة تتحرك من نقط ذات جهد مرتفع إلى نقط ذات جهد منخفض فانه ليس من المدهش إن التيار هو سريان الشحنات الموجبة يتجه من **B⟶**A خلال المقاومة (R) من طرفها ذو الجهد المرتفع إلى طرفها الأخر ذو الجهد المنخفض وقد اكتشف هذه الحقيقة أول مرة العالم (جورج سيمون اوم) الذي وجد بالتجربة إن التيار المار في مقاوم يتناسب طرديا مع فرق الجهد بين طرفية حيث أن $I \alpha V$

والعامل الأخر الذي يؤثر على التيار هو قيمة المقاومة لهذا المقاوم والتي يرمز لها (R) وتعرف على النحو الاتى :

إذا سبب فرق جهد V عبر مقاومة تيارا قيمته I فان مقاومة المقاوم تكون

$$R = V/I$$

المقاومة Resistance

وحدة المقاومة هي فولت لكل أمبير ويرمز لها بالرمز اوم (Ω) هذه المعادلة تسمى قانون اوم (ohm low) ويفككنا التعبير عن قانون اوم بثلاثة إشكال هي :

التيار = الجهد ÷ المقاومة

$$I = V \div R$$

الجهد = التيار x المقاومة

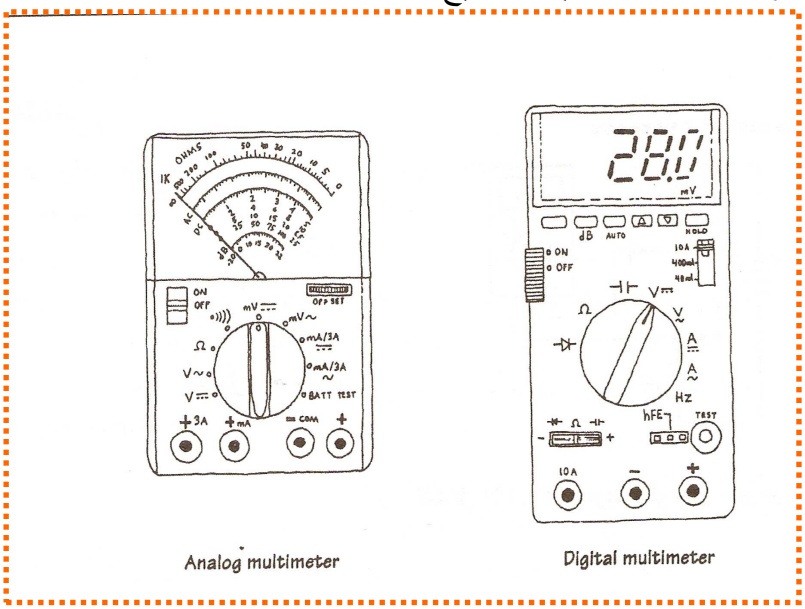
$$V = I \times R$$

المقاومة = الجهد ÷ التيار

$$R = V \div I$$

٣-٢المقياس متعدد الأغراض :-

هو جهاز يستخدم لقياس التيار (analog) والجهد (voltage) والمقاومة ويتوفر نوعان من هذا المقياس، نوع تشابهي (analog) ونوع رقمي (digital) كما في الشكل أدناه والفرق الواضح بين النوعين هو إن المقياس التشابهي يستخدم مؤشرا متحركا يتأرجح فوق لوحة مدرجه ويتناسب انحراف المؤشر مع القيمة المقاسة ، أما المقياس الرقمي فيستخدم دارة معقدة لتحويل القيم المقاسة إلى رقم يتم إظهاره مباشرة ، وتعتبر المقاييس التشابهية اقل دقة من المقاييس الرقمية كما إن القراءة منها أصعب مقارنة مع القراءة من المقياس الرقمي إضافة إلى أن دقة الإظهار في المقاييس التشابهية هي (٠.٠١) و المقاييس الرقمية هي (٠.٠٠١) ،وعلى الرغم من كل ذلك فان مقاييس vom التشابهية تتفوق على المقاييس الرقمية عند اختيار الدارات التي تحوي ضجيجا كهربيا كبيرا لأنها ذات ممانعة عاليه للضجيج



شكل يوضح المقياس متعدد الأغراض (digital)

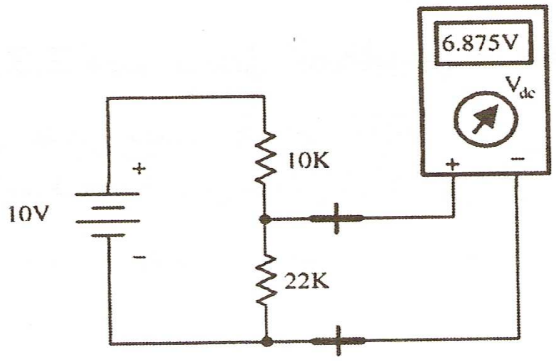
١-٣-٢راسم الإشارة

أن قدره راسم الإشارة على تجميد (freeze) الإشارات عاليه التردد يجعله أداة مفيدة جدا لاختبار العناصر والدارات الاليكترونية حيث يمكن استخدامه لدراسة الموجات مختلفه الأشكال ودراسة تأخير النبضات والإشارات الرقمية وكذلك أهميته في معايره الأجهزة ألجيولوجيه .

٢-٣-٢إلية العمل على هذه المقاييس:-

*** قياس الجهود :-**

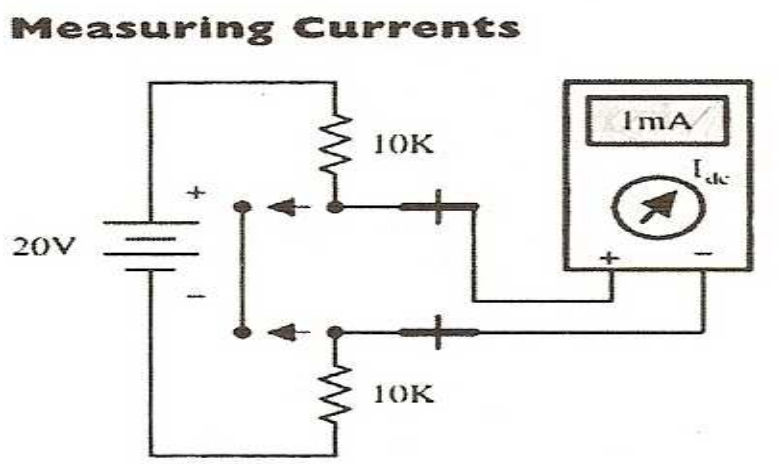
يتم وضع مفتاح نوع القياس من المقياس متعدد الأغراض على وضعية قياس جهد مستمر (VDc) ،عند قياس جهود مستمرة وعلى وضعية قياس جهود متناوبة (VAc) عند قياس جهود متناوبة ثم نوصل مجسات القياس إلى النقطتين التين نرغب بقياس الجهد بينهما فنحصل على القراءة ، حيث يوصل مقياس الجهد على التوازي (parallel) مع العنصر الذي يقاس الجهد علية كما في الشكل أدناه:



شكل يوضح طريقة توصيل جهاز قياس الجهد مع الدائرة

***قياسات التيارات:-**

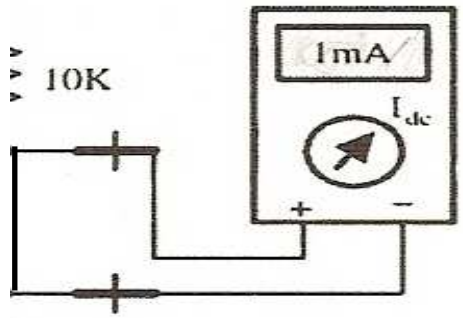
يوضع مفتاح نوع القياس على قياس تيار (مستمر أو متناوب) حسب نوع التيار المقاس ويوصل مقياس التيار (أو المقياس متعدد الأغراض) على التسلسل مع العنصر الذي نريد قياس تياره لأجل ذلك تفصل الدائرة من مكان قياس التيار ويوصل المقياس (توصل المجسات) كما في الشكل أدناه



شكل يوضح طريقة توصيل جهاز قياس **التيار** مع الدائرة

***قياس المقاومة و الاستمرارية :-**

تقاس المقاومة ببساطة بواسطة vom ويضع مفتاح اختيار نوع القياس على وضعية قياس مقاومة (Ω) ويوصل المقياس بين طرفي المقاومة فتظهر قيمة المقاومة على شاشة الإظهار



شكل يوضح طريقة توصيل جهاز قياس المقاومية مع الدائرة

٤-٢الطرق العملية في تحديد المقاومية الكهربية النوعية للصخور :-

بما أن المقاومية تحدد ليس فقط بالتركيب المادي للصخر إنما بمسامية ورطوبته أيضا فان أكثر القيم صحة للمقاومية هي تلك التي يحصل عليها بإجراء القياسات على الصخور في حالة توضعا الطبيعي وتجرى قياسات المقاومية في التنقيب الكهربي على سطح الأرض أو في المقالع أو على التكشفات أو في الآبار إضافة إلى ذلك تستخدم الطرق المخبرية في قياس المقاومية رغم إمكانية حصول تخريب لشروط التو ضع الطبيعية للصخر عند اخذ عينة منه، الأمر الذي يؤدي بالتالي إلى الحصول على قيمة للمقاومية تختلف عن قيمتها الحقيقية ، وتصاحب عمليات القياس المعملية صعوبات يرجع سببها إلى التبدلات الواسعة للمقاومية والمقاومات الانتقالية الكبيرة ولزوم المحافظة على تركيب ومسامية ورطوبة العينة ويمكن تحقيق قياس المقاومية في المعمل (المختبر) بواسطة طرق مختلفة أهمها الطريقة رباعية الأقطاب .

الطريقة رباعية الأقطاب :-

تستند على قياس شدة التيار(I)المار خلال العينة عبر أقطاب التغذية (B&A) وقياس فرق الجهد(V) عبر أقطاب الجهد (MN) ونظرا لان التيار يكون صغيرا في الصخور عالية المقاومية يستعمل في قياسه مايكرو أمبير متر ، أما فرق الجهد فيقاس بواسطة ميلي فولت متر ذو مقاومة داخلية عالية ،يبين الشكل أدناه احد المخططات رباعية الأقطاب المستخدمة في دراسة العينات الكبيرة نسبيا وذات الإشكال الغير منتظمة ويتم اختيار أبعاد أقطاب التوصيل بحيث تتحقق المساواة $AM= MN= NB= A$

وعلية يتم حساب مقاوميه العينة بالعلاقة

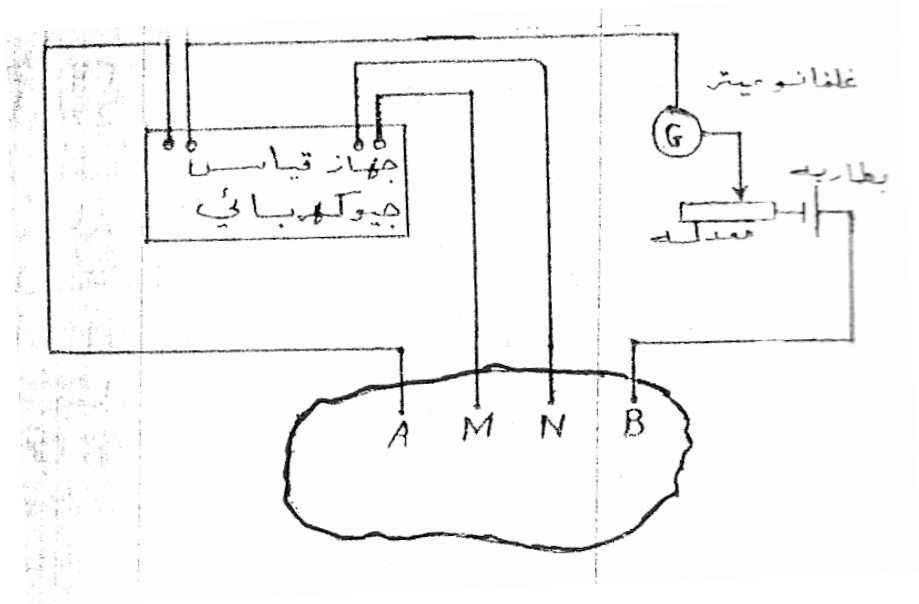
$$P= k \times V/ I$$

حيث أن $K= 2 TIA$ ويسمى ثابت الوضعية.

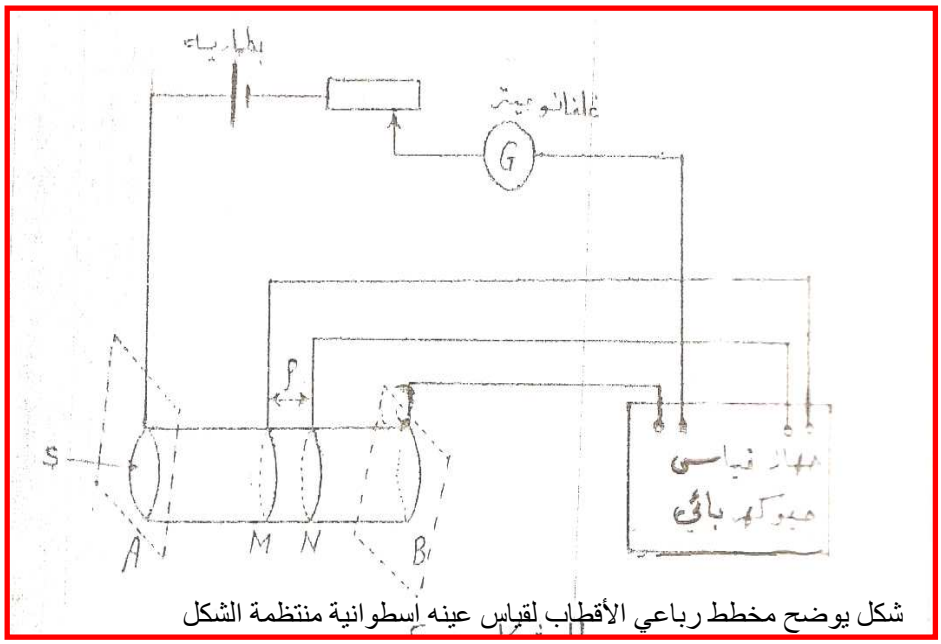
فإذا كانت AB اصغر من الأبعاد العرضية للعينة فان القيمة المتوسطة لP المقاسة عدة مرات وبأماكن مختلفة من العينة تكون قريبة من المقاومية الحقيقية للصخر أما إذا كانت لدينا عينة اسطوانية منتظمة فان تحديد مقاوميتها يتم باستعمال المخطط كما في الشكل رقم (٢).وفي هذه الحالة يتم إمرار تيار خلال العينة بمساعدة لوحين مثبتين في أطرافها. أما بالنسبة لقياس فرق الجهد فانه يقاس في القسم المركزي للعينة بمساعدة قطبين حلقيين.

فإذا عرفنا أن $\triangle V$ و I والمسافة L = MN ومساحة المقطع العرضي للاسطوانة S فانه من السهل علينا حساب مقاوميه العينة بالعلاقة =

$$P = S/L \times V/I$$



شكل يوضح مخطط رباعي الأقطاب لقياس عينه غير منتظمة



شكل يوضح مخطط رباعي الأقطاب لقياس عينه إسطوانية منتظمة الشكل

٥-٢الأجهزة والمعدات المستعملة في التنقيب الكهربي بالتيار المستمر:

تستعمل في التنقيب الكهربائي وفي طرق التيار المستمر مجموعة من الأجهزة والمعدات القياسية التي تشمل على:

- أجهزة القياس
- مصادر التغذية
- الأقطاب Electrodes.
- أسلاك جيدة العزل.
- معدات مساعدة.

وألان دعونا ندخل في الحديث عن كل عنصر من المجموعة أعلاه كل على حدة :

أجهزة القياس:-

وتعتبر هذه الأجهزة من الأجهزة الجيولوجية الأساسية التي يعتمد مبدأ عملها على إيجاد المقاومة الظاهرية(P) للمواد التحت سطحية بإمرار تيار كهربائي معروف الشدة خلال الأرض وقياس فرق الجهد بين نقطتين أو بين قطبين وذلك عن طريق حل المعادلة التالية:

$$p = V / I \times K$$

حيث أن

p المقاومة النوعية الظاهرية.

V الجهد الكهربائي المقاس.

I التيار الكهربائي المرسل.

ثابت يسمى ثابت التشكيل ويعتمد فقط على الوضعية الهندسية لأقطاب التيار المرسل وأقطاب الجهد المقاس .

مصادر التغذية:POWER SUPPLY:

تستخدم في التنقيب الكهربائي عموما مصادر تغذية مختلفة ،وذلك تبعا لشروط القياس ونوعية الأجهزة المستعملة ، نذكر من هذه المصادر ما يلي:

١) البطاريات الجافة التي تؤمن التغذية الداخلية للأجهزة.

٢) البطاريات السائلة التي تؤمن التغذية لمولدات التيار المتواصل .

الأقطاب ELECTROD S :

يمكن تقسيم الأقطاب إلى مجموعتين :

- مجموعة أقطاب التغذية:

وتكون فولاذية وتستعمل عادة قضبان حديدية دائرية ذات قطر ١٥-٢٠م م ،وتتحدد أطوالها بطبيعة المنطقة المدروسة والمقاوميـــه الكهربائية لسطح ارض المنطقة وشدة التيار المرسل من دائرة التغذية .

- مجموعة أقطاب الاستقبال(قياس الجهد):

فتتألف من قضبان دائرية نحاسية وذات قطر (٢٠ **م**) وأطوال لا تتجاوز (١م) وتتميز هذه الأقطاب باستقطابية منخفضة نسبيا وبمتانة مقبولة .

أسلاك جيدة العزل :-

من أهم الصفات التي يجب أن تتصف بها الأسلاك المستعملة قي التنقيب الكهربائي هو/ المتانة الميكانيكية العالية / العزل الكهربائي الممتاز /، وذلك نظرا لنوعية العمل الجيوكهربائي الحقلي . كما يجب أن تكون ذات مقاومية منخفضة للحد من ضياع الطاقة ، وتلف هذه الأسلاك عادة على بكرات يدوية .

المعدات المساعدة:

مثل_(بكرات ،مطارق ، أمتار قياس ،وسائل توصيل)

١-٥-٢أجهزة قياس التيار والجهد الهولندية الصنع :

إن هذه الأجهزة مصممة لقياس فرق الجهد وشدة التيار كل على حدة لذا فهي لا تستطيع قياس المقاومية الظاهرية قياسا مباشرا ولكننا نحصل على المقاومية الظاهرية بالرجوع إلى العمليات الحسابية ، فعند معرفة قيمة التيار I وفرق الجهد V وحساب قيمة الثابتK نستخدم المعادلة التالية لإيجاد المقاومة الظاهرية

$$P=V / I . K$$

يتكون الجهاز الهولندي من وحدتين اساسيتبن هما

- وحدة توليد الجهود العالية وقياس التيار المرسل :-

وتقوم هذه الوحدة بتوليد وقياس التيارات المرسلة إلى الأرض بجهود عالية ذات القيم (٥٠v-١٠٠-٢٠٠-٤٠٠- ١٠٠٠) وبتيارات كهربية تتراوح قيمتها بين(٣A— ٠.٣)

وذلك عند توصيلها بمصدر طاقة (٢٤V-٧٠A) وتتمكن هذه الوحدة من قياس التيار المرسل بواسطة مقياس التيار المدمج فيها والذي يتكون من مغناطيس كهربائي متحكم به تباريا ويؤدي هذا المغناطيس إلى تطبيق عزم على إبرة دوارة موصلة مع نابض دائري يتناسب انحراف الابره مع التيار المار في المغناطيس الكهربي ويجب قراءة التيار من التدريج المناسب والذي يوافق القيمة التي حددت بواسطة مفتاح الاختيار، إن قيمة المقاومة الداخلية لمقياس التيار هي حوالي صفر تقريبا ،لذالك يعتبر هذا المقياس مثاليا...

-وحدة قياس فرق الجهد الكهربي :-

وتحتوي هذه الوحدة على مقياس الفولت التشابهي الذي هو عبارة عن مقياس جلفا ني ذو مقاومة داخلية عالية وعند وصل مجسات مقياس الفولت بين نقطتين فان تيارا يمر من الجهد العالي إلى الجهد المنخفض ويمر جزء من التيار عبر المقياس الجلفاني ويتناسب انحراف الإبرة مع الجهد المقاس، وتوجد بعض المفاتيح المتغيرة على واجهة الجهاز من اجل معايرة وضبط الإبرة،إن قيمة المقاومة الداخلية لمقياس الجهد كبيرة جدا لذلك يعتبر هذا المقياس مثاليا

نصائح خاصة بالمستخدم:-

١) يجب التأكد من صحة توصيل دوائر القياس.
٢) يجب التأكد من وضعية مفتاح التبديل قبل إجراء عملية القياس.
٣) معايرة الجهاز قبل إجراء عملية القياس به.
٤) نظراً لان هذه الأجهزة تستخدم مؤشرا متحركا فلا بد منا الاهتمام بوضعية تثبيت الجهاز وعدم تعرضه لأي اهتزاز أثناء عملية القياس فإذا لم يستخدم بالوضعية المقررة يزداد خطاء الجهاز.
٥) هذه الأجهزة لها مرآة على لوحة إظهار القراءة وذلك لزيادة دقة الجهاز حيث يجب أن يكون المؤشر منطبقا على خيالة عند قراءة الرقم الذي يشير إلية المؤشر لذلك يجب القراءة بحيث يكون المؤشر مقابلاً تماما للنظر وليس بزاوية.
٦) لتلافي المجالات المغناطيسية التي تولدها الأجهزة الكهربائية القريبة(محولات-محركات) يفضل توصيل أرضي للجهاز.

٢-٥-٢جهاز قياس المقاومية الكهربي الفرنسي الصنع :- SYSCAL R2

ويعتبر هذا الجهاز من الأجهزة الالكترونية المعقدة التي تحتوي على معالج صغير أو منضم صغير micro comp utter ، يمكنه من قياس المقاومية الظاهرية بطريقة مباشرة وبشكل أوتوماتيكي

كيف يعمل هذا الجهاز :-

إن الفكرة التي يقوم عليها هذا الجهاز لقياس المقاومية الظاهرية ما هي إلا تقليد للطريقة التي يقوم بها الجيوفيزيائي لقياس المقاومية الظاهرية بالأجهزة التماثلية (الهولندية)، نحن على سبيل المثال: مثلا عندما نريد أن نقيس المقاومية الظاهرية بالأجهزة التماثلية (الهولندية) إلى ماذا نحتاج لتنفيذ هذه المهمة ؟

لكي نقوم بذلك سنحتاج للتالي:-

١- أن يكون لدينا القوانين المهمة وبالأخص تلك المتعلقة بإيجاد المقاومية الظاهرية وهذا بالطبع يتطلب منا الرجوع للاستعانة بأحد الكتب أو المراجع الجيوفيزيائية المتضمنة على تلك القوانين.

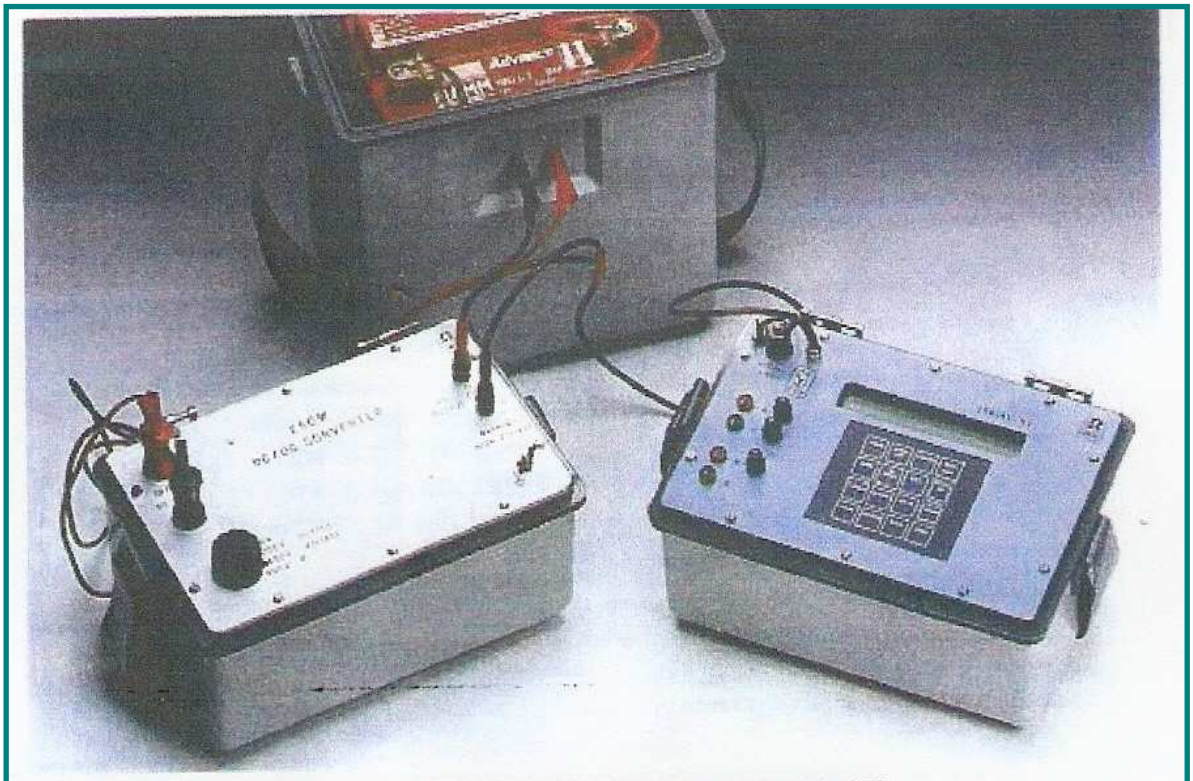
٢- أن يكون لدينا كراس أو بعض الأوراق لتدوين بعض النتائج الحسابية

٣- ستحتاج أيضا إلى آلة حاسبة لمساعدتنا في إجراء بعض العمليات الحسابية

٤- أخيرا ستحتاج إلى بذل جهد كبير للتأكد من صحة القياس وتوصيل الدارة ،وما نريد الوصول إلى توضيحه هنا هو أن :

هذه الأشياء لو تم توفيرها مجتمعة ، لن تقاس المقاومية من تلقاء نفسها لكن لابد من منظم لعملية القياس وهو الجيوفيزيائي ولابد كذلك من وجود خطة للقياس،أيضا الأجزاء الأربعة السابقة هي تقريبا ما يقوم به الجهاز، كما سنرى أن خط القياس هو البرنامج الموضوع في الجهاز عن طريق المصنع، أي أن الجهاز لا يقوم بهذه المهمة من تلقاء نفسه لكنه يسير على خطة قياس وضعتها أنت مستفيدا فقط من البرامج وبالسرعة الهائلة والوقت الزمني التي ينفذ بها البرنامج العمليات .

المخطط الكتلي لجهاز قياس المقاومية الفرنسي :-



SYSCAL R2 AVEC CONVERTISSEUR DC/DC 250 W ET UNE BATTERIE 12 V

*** وحدة تجهيز القدرة power supply unit (Dc. Dc. Converter)**

حتى نتمكن من قياس المقاومية الظاهرية فإننا نحتاج إلى توليد تيارات كهربية بجهود عالية نحصل عليها من وحده تجهيز القدرة Dc. Dc. Converter التي تغذى بالطاق الكهربية المستمرة من مصدر بطارية V١٢DC (بطارية سيارة مثلا) وتولد هذه الوحدة جهودا مستمرة تتدرج من (800-400-200-100v) وبشدة تيار مقداره (0.31-0.62-1. 25-2.5A) أي بقدرة 250w).

***حدة السيطرة والقياس Control console**

تحتوى هذه الوحدة على وحده ألمعالجه التي تتحكم بدوائر عديدة منها دائرة إرسال التيار بالإضافة إلى مراقبة جميع أجزا الجهاز والتأكد من عملها بشكل سليم بمعنى أن كل دائرة تعتبر مسو وله عن نظام في الجهاز وفى حال حدوث اى خلل لابد أن ترسل كل دائرة

إشارة عاجلة إلى وحد ة المعالجة التي تعمل بدورها على إيقاف عملية القياس وكذلك إرسال رسالة إلى الشاشة الرئيسية ليتمكن الفني من معرفة ما يجرى في الجهاز

وظائف القوا بس والمفاتيح الموجودة على الجهاز :-

تبين الصورة السابقة ا لواجهة الأمامية لجهاز قياس المقاومية وتسمى الواجهة الأمامية للجهاز أيضا باسم لوحة التحكم للجهاز (control panel) وتحتوي واجهة الجهاز على مواقع المفاتيح (switches) وعلى القوا بس (knobs) وشاشة الإظهار الرقم digital) (display وغيرها ، وإذا لم تجد كل ما تحتاجه هنا في هذه الفقرة يمكنك الرجوع إلى دليل الاستخدام (user manual) للجهاز الوارد من الشركة الصانعة مع الجهاز.

تقسم لوحة التحكم الموجود (بواجهة الجهاز الأمامية) إلى الأقسام التالية :-

- **<u>لوحة الإظهارLCD:-</u>**

وهي من نوع مصفوفات النقاط الذكية التي تستخدم لإظهار الأحرف والأرقام والرموز الأخرى وتقسم هذه الوحدة العددية الحرفية (alpha numeric)إلى عدد من القطاعات(blocks) وهي مكونة من(٢٠)عمودا و(٢)صفوف.

- **الموصلاتConductors:-**

يحتوي هذا الجهاز على نوعين من الموصلات هما:

a) النوع الأول:

يحتوي على عدد (٢)من القوا بس من النوع(banana plug-نهاية ذكرية)احدهما احمروالأخر اسود اللون يتم توصيلهما إلى قوابس خروج الفولتية العالية في وحدة توليد الجهود العالية(DC-DC-Converter) وذلك لغرض التحكم بهذه الفولتيات العالية ومعالجتها قبل إرسالها إلى الأرض

b) النوع الثاني:

يحتوي على قوابس عددها(٤)من النوع (jack-نهاية أنثوية)عليها الحروف التالية

A –B -------يتم توصيلهما إلى قطبي التيار

M- N-------يتم توصيلهما إلى قطبي قياس الجهد

- **مفاتيح الفحص(push button switch check)**

وعددها ثلاثة مفاتيح تقوم هذه المفاتيح عند الضغط عليها كلا على حدة بقياس المقاومة الانتقالية للأقطاب(مقاوميه التأريض) للدوائر التالية

AN---BN---MN

لوحه المفاتيح (key board):-

وتحتوي هذه اللوحة علي ستة عشر مفتاحا من النوع(touch key)دون علي كل مفتاح الوظيفة التي يقوم بها إضافة إلى عمله كرقم.

مفاتيح تستخدم قبل عمليه القياس:-

- ❖ مفتاح (BAT)وستخدم للتأكد من جودة البطارية الداخلية للجهاز لذلك يجب علينا دائماً استخدام هذا المفتاح (ضاغط فحص التغذية) حتى نحصل على قياس صحيح.
- ❖ مفتاح Modeويسمح لنا هذا المفتاح من اختيار ِأحدى الطرق الممكنة لتشغيل الجهاز (RHO-RHO+IP-Multi electrode).

- مفتاح Set Upو يستخدم هذا المفتاح للتحكم بالنظام الزمني لنبضات التيار المقطع والمرسل إلى الأرض.
- مفتاحE-ARRAY (electrode array selection) يمكننا من اختيار الترتيب المناسب للأقطاب .
- مفتاح config ويمكننا هذا المفتاح من اختيار ألطريقه التي يقوم وفقها الجهاز لقياس المقاوميه.
- مفتاح monitor يمكننا هذا المفتاح عند الضغط عليه من قياس فرق الجهد الكهربائي الطبيعي

المفاتيح المستخدمة اثنا عمل القياس :--

- مفتاح SPACING- عند الضغط على هذا المفتاح نستطيع إدخال القيم التي يحتاجها الجهاز لحساب الثابت (K) .
- مفتاح -START إن الضغط على هذا المفتاح ما هوا إلا توجيه أمر للجهاز ببد عمليه القياس ،التي تتضمن إرسال تيار معروف الشدة وقياس فرق الجهد .
- مفتاح STOP – يمكننا هذا المفتاح عند الضغط عليه من أنها عمليه القياس.
- مفتاح RESULT– يمكننا هذا المفتاح من الحصول على النتيجة النهائية لعمليه القياس والمعالجة التي يقوم بها الجهاز و التي تظهر لنا على شاشه الإظهار بقيمه عدديه للمقاوميه الظاهرية.
- مفتاح MEMORY يمكننا هذا المفتاح عند ضغطه على تخزين نتائج القياس في ناكرة الجهاز أو قراءتها.

المفاتيح المستخدمة بعد عمليه القياس :-

- ✓ مفتاح SERIAL LINK ويستخدم هنا المفتاح لربط الجهاز مع أجهزة أخرى كالكمبيوتر مثلا.

٦-٢الاحتياطات أللازم إتباعها لقياس المقاومية الظاهرية في الحقل :-

- التأكد من إن مجموعه الأسلاك الموصلة للجهاز مثبتة صحيحة وفى موقعها بالجهاز.
- التأكد من وجود سلك ارضي متصل بالجهاز لكي يقوم بتفريغ الشحنات الزائدة في الجهاز .
- التأكد من تعميق أقطاب الإرسال والقياس .
- تجنب العمل بالقرب من أنابيب المياه ومحولات الضغط العالي

ملاحظة :- يجب اقتناء نسخة من الكتيبات الخاصة والتابعة للأجهزة أعلاه كمرفق ضروري لهذا الجزء.

المراجع

١) المراجع العربية

- واثق رسول أغا -الطرق الجيوكهربية –الجزء الأول –التنقيب بالتيار المتواصل – جامعة دمشق، ١٩٩٥م .
- الجابري –رسالة دكتوراه (التطبيقات الجيوفيزيائية للأغراض الهندسية – دراسة موقع كهف – جامعة بغداد – ١٩٩٧م.
- الجابري-سلسلة محاضرات طلبة الماجستير(الاستكشاف الكهربائي) –جامعة صنعاء- ٢٠٠٦م.
- تقارير إدارة الجيوفيزياء.قسم المسح الكهربي للتنقيب عن المياه الجوفية في بعض مناطق الجمهورية اليمنية، هيئة المساحة الجيولوجية والثروات المعدنية،صنعاء.

References:

- **Otto Koefoed,1979.Geosounding principles,1 Resistivity Sounding Measurements, elsever scientific publishing company ,New York.**
- **Koefoed ,O.1976b. Progress in the direct interpretation of receptivity sounding .Geophys.prospect.,24:31-48.**
- **http://www.eeescience.utoledo edu/facalty/ stimman/EEG/notes /schl Array.**
- **User's manual .SYSCAL R2 (v 11.2++)-Multi-Electrode mode August 2001.**
- **A.A Zohdi, G.P.Eaton and D.R.Mabey.1974,The Application of Surface Geophysics to Ground-water investigation, USGPO Washington.**
- **Tsokas,G.N.and Rocca,A.ch.,1987 Field investigation of Macedonian Tumulus by receptivity sounding ,Geoexploration.**