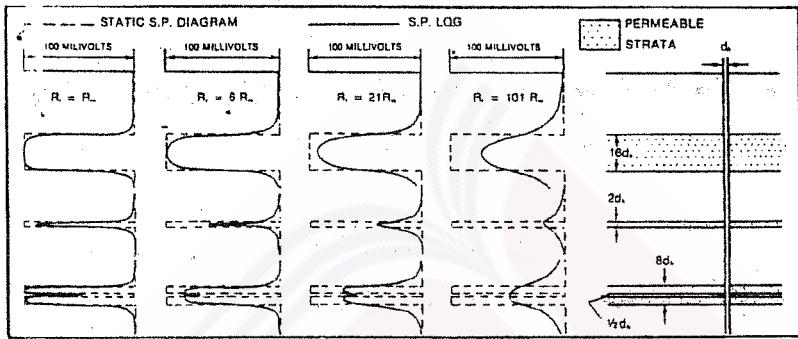


والقسم السفلي من الشكل يظهر تعاقباً من الطبقات الغضارية والرملية الرقيقة، وبمقارنة منحنى SP لهذه الطبقات المتعاقبة مع الطبقة الرملية المتجلسة السميكة نلاحظ أنه يتميز بمايلي:



شكل 3 - 10 تأثير السماكة، ومقاومة الطفلة ومقاومة الطبقات في منحنى SP

أ - معدل سعة أصغر.

ب - تسنن منحنى SP حول معدل السعة.

ج - معدل سعة الشواذ تكون متناسبة مع نسبة الرمال في هذا التعاقب.

د - التسنن هو تابع لسماكـة الطبقـات المـتعاقـبة كـل عـلـى حـدة.

و - يقل التسـنـن بشـدة عـندـما تكون سـمـاكـة كـل طـبـقـة متـكـرـرة أـقـلـ من $d/2$.

3 - 7 - 3 - تأثير مقاومة الطبقات النفوذة RT في منحنى SP

إن تأثير مقاومة الطبقات و مقاومـة سـائل الحـفر في منـحنـي SP يلاحظ بـشـكل أـفضل إـذا درـس كتابـعـ للمـقاـومـيـةـ، ولكنـ لـيسـ قـيمـتهاـ المـطـلـقـةـ R_t بلـ كـتابـعـ للـنـسـبـةـ بـيـنـ مقـاوـمـيـةـ الطـبـقـةـ R_t وـ مقـاوـمـيـةـ سـائـلـ الـحـفـرـ R_m وـ تـدـعـىـ قـيـمةـ R_t/R_m بـنـسـبـةـ المـقاـومـيـةـ. والـشـكـلـ (3 - 10) يـمـثـلـ تـأـيـرـ نـسـبـةـ المـقاـومـيـةـ فيـ منـحنـي SP. وبـمـقـارـنـةـ المنـحنـيـاتـ الـثـلـاثـ عـلـىـ الـيـمـينـ معـ الـمـنـحنـيـ الـيـسـارـيـ حيثـ $1 = R_t/R_m$ نـلـاحـظـ أنـ المنـحنـيـ لـهـ خـواـصـ السـابـقـةـ نـفـسـهاـ وـلـكـنـ يـمـيـزـ بـمـايـلـيـ:

أ - قطر انحناء مخطط SP عند حدود الطبقات الفاصلة يزداد بازدياد نسبة المقاومـةـ.

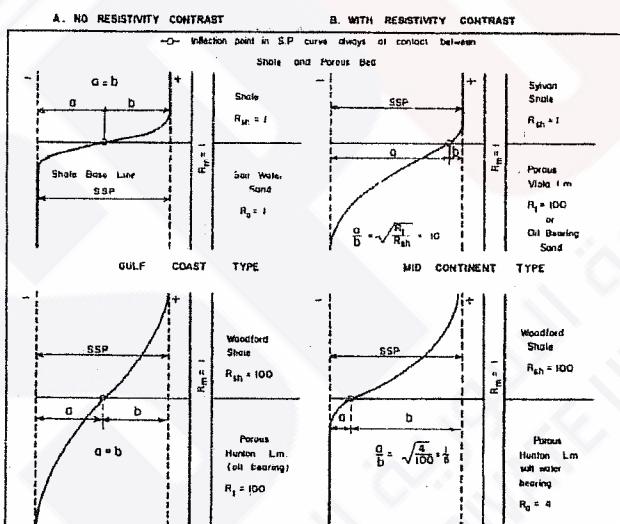
ب - سـعـةـ الشـوـاذـ تـقـلـلـ بـشـكـلـ عـامـ معـ اـزـدـيـادـ نـسـبـةـ المـقاـومـةـ وـخـاصـةـ فـيـ الطـبـقـاتـ الرـقـيقـةـ.

ـ - يتلاصق تسنن المنحني أسم الطبقات الرقيقة المتعاقبة حتى يصبح من الصعب ملاحظته عند نسبة مقاومة $R_t / R_m > 100$.

ـ - يتزايد عرض الشواذ (حيث يتجاوز الحدود الفاصلة للطبقات) مع ازدياد R_t/R_m وتلاصق السماكة.

ونؤكد هنا أنه يجب تعين حدود الطبقات استناداً إلى نقاط انعطاف منحني SP لأن هذا المنحني سيفتقد إلى التمازج عند الحدود الفاصلة للطبقات عندما تتبادر مقاوميات الطبقة النفوذة والغضارية، وهكذا فإن نقطة الانعطاف ستتزاح باتجاه قمة المنحني إذا كانت القمة توافق الطبقة ذات المقاومية الأقل وستتزاح بعيداً عن قمة المنحني إذا كانت القمة توافق الطبقة ذات المقاومية الأكبر.

وإذا كانت كاتا الطبقتين سميكتين فإن نقطة الانعطاف يمكن أن تعين بدقة على



شكل 3 - 11 يمثل انزياح نقطة الانعطاف وكيفية تعينها.

النحو التالي a بعد نقطة الانعطاف عن خط الرمل b بعد نقطة الانعطاف عن خط الغبار وتكون النسبة a/b متساوية تقريباً للجذر التربيعي لنسبة مقاومية الطبقة النفوذة إلى مقاومية الطبقة الغبارية $\sqrt{R_t / R_{sh}}$. والشكل (3 - 11) يوضح ذلك.

4 - تأثير سائل الحفر في منحنى SP

درسنا تأثير هذا العامل مع تأثير مقاومة الطبقة عبر نسبة المقاومة R_f / R_m في خطوط SP المسجلة وسندرس تأثير مقاومة سائل الحفر بالعلاقة إلى مقاومة المياه الطبقية R_w من خلال المعادلة التي تحسب قيم الكمون

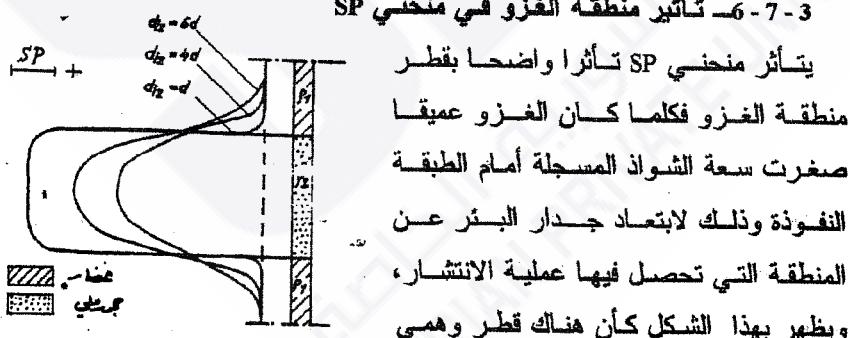
$$Eda = -K \lg \frac{R}{R_w} \quad (22-3)$$

نلاحظ أنه عندما $R_w / R_m \rightarrow 1$ وهذه حالة سوائل الحفر ذات المقاومة القريبة من مقاومة المياه الطبقية فإن الكمون الكهرومغناطيسي تنتهي إلى الصفر، ويؤدي ذلك إلى أن شواد منحنى SP يصبح صغيراً جداً وعندما يشكل منحنى SP شبه مستقيم ويكون غير ذي فائدة وتبين المعلومات الإحصائية العملية بأن منحنيات SP المقاسة في سوائل حفر تحتوي على أقل من 60 g/L من الأملاح المنحلة يمكن تفسيرها.

5 - تأثير تغيير قطر البئر في منحنى SP وسعته

تناقص السعات المفترض تسجيلها مقابل الطبقات النفوذة مع درجة ازدياد قطر البئر، وذلك لابتعاد أماكن إنتاج الكمون انتشار - انتصاص عن قطب القياس وازدياد مقطع مقاومة الطفلة. ويلاحظ اتساع في عرض الشواد من جهة خط الأساس حيث يتجاوز هذا العرض الحدود الفاصلة للطبقات بدرجة ملحوظة.

6 - تأثير منطقة الغزو في منحنى SP

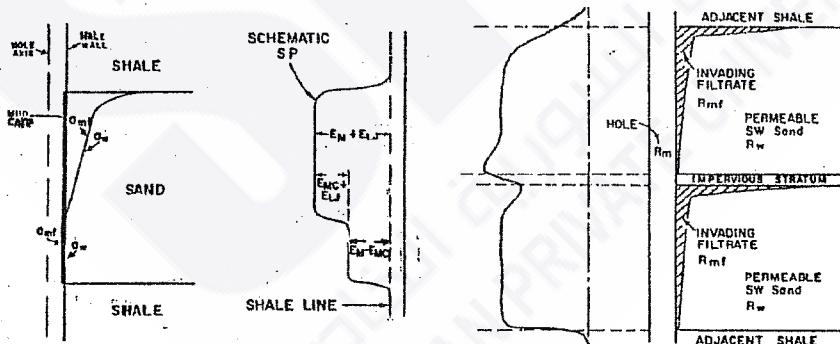


شكل 3 - 12 تأثير منطقة الغزو في منحنى SP

للبئر هو أكبر بكثير من القطر المقاس (انظر الشكل 3 - 12). ونتيجة لازدياد قطر منطقة الغزو نجد أن جزءاً من خطوط تيار SP تنتقل مباشرة من الطبقة الغضارية إلى منطقة الغزو دون المرور في عمود سائل الحفر. إن شواد منحني SP أمام الطبقات ذات النفوذية العالية الملاحظ عادة، يمكن أن يفسر بشكل خاطئ إذا لم تفهم بشكل جيد. فإذا غزيت طبقة نفوذية حاوية على مياه مالحة برashح سائل حفر عذب ستصبح ملوحة مياه المنطقة المغزوة أخف من ملوحة المياه الطبقية، وتميل لأن تتدفق نحو أعلى الطبقة الرملية (شكل 3 - 13) وبذلك يصبح قطر منطقة الغزو أقل بالقرب من الحدود السفلية منه في الأعلى، ومنحني الكمون الذاتي يتأثر كمالي:

- أ - يصبح قطر احنان الشواد أكبر وأقل ميلاً عند الحدود العليا بسبب الغزو العميق.
- ب - يعطى منحني SP شكلاً كسن منشار عند تواجد طبقة غضارية رقيقة ضمن الطبقة النفوذية.

ج - منحني SP تحت الطبقة الغضارية الرقيقة يصبح أقل من SSP نتيجة لتجمع فاقد الرشح بشكل عميق مشكلاً طبقة تطوق البئر وتفصل الطبقة الغضارية عن الطبقة الرملية النفوذة ذات المياه المالحة.



شكل 3 - 14 تلاشي منطقة الغزو في
القسم السفلي للطبقة النفوذية

شكل 3 - 13 شكل طبقة رقيقة عازلة
من فاقد الرشح في القسم العلوي

ويمكن أن تتلاشي منطقة الغزو في القسم السفلي للطبقات ذات النفوذية العالية (شكل 3 - 14) ويلاحظ انخفاض سعة شواد SP مقابل هذه المنطقة وذلك عائد لكون

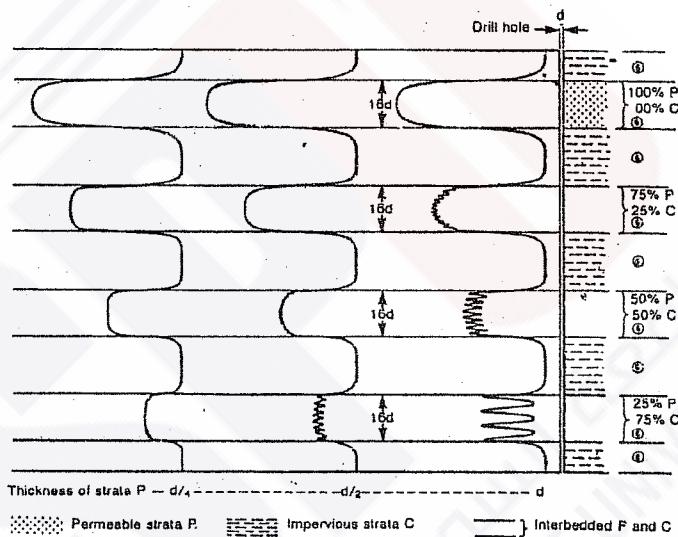
سائل الحفر والمياه الطبقية عزلت عن بعضها بواسطة كعكة الحفر التي تؤدي دور الغشاء النفودي ذي الفاعلية الأقل من الغضار، وهكذا فإن كمون الانتشار يختفي ليحل محله كمون الامتصاص الناتج عن كعكة الحفر والذي له جهة معاكسة لجهة الكمون الكلي.

3-7-3 - تأثير الغضار في منحني SP

إن تعبير الرمل الغضاري يطلق بشكل عام على الطبقات الرملية والغضارية الرقيقة المتعاقبة، والرمال الحاوية على الغضار غير المتطبق ينضم لمجموعة الرمال الغضارية، لأن الأجزاء المختلفة للغضار الموجودة في الرمال سواء أكانت متطبقة أم لا فإنها من وجهة نظر قياسات SP تسلك بشكل أساسى السلوك نفسه. باستثناء الأجزاء الغضارية التي تكون محاطة بشكل كامل براشح سائل الحفر أو بالمياه الطبقية فلن تنتج أي تيار. أما الأجزاء التي تكون على اتصال بالمياه الطبقية من جهة وبراشح سائل الحفر من جهة أخرى فإنها تعطى تيار SP صغير والكمون الكلي هو مجموع هذه الكمونات الصغيرة لأجزاء الغضار. وقياس SP الناتج عن هذه الأجزاء سيكون موافقاً أو مماثلاً للكمون الذي نحصل عليه كما لو كانت كعكة الغضار نفسها موجودة على شكل طبقات رقيقة متطبقة مع الرمال. إن منحني SP للرمال الغضارية المتطبقة التي تكون فيها نسبة المواد الغضارية ذاتها على كامل المجال سيكون مماثلاً لمنحني SP في الطبقات الرملية النظيفة الحاوية على مياه طبقية قليلة الملوحة والتي تظهر EMF أصفر، ويمكن أن تمثل بالانخفاض منظم لـ SSP. هذه الـ EMF المنخفضة التي تعطي نفس منحني SP في حالة الطبقات الرملية النظيفة تدعى الكمون الذاتي الوهمي PSP (Psuedo Static SP). وهو الكمون الذاتي الذي يمكن أن يقاس مقابل الطبقات الرملية الغضارية المتطبقة في حال عزلها بسدادتين (على الحدود العليا والسفلى) تمنعان مرور تيار الكمون في ذلك المجال. إن PSP يمثل معدل الشواذ الأعظمي الممكن لمثل هذه الرمال الغضارية المتطبقة والتي يمكن الوصول إليها فقط إذا كانت مجموعة الرمال الغضارية سميكة بشكل كاف.

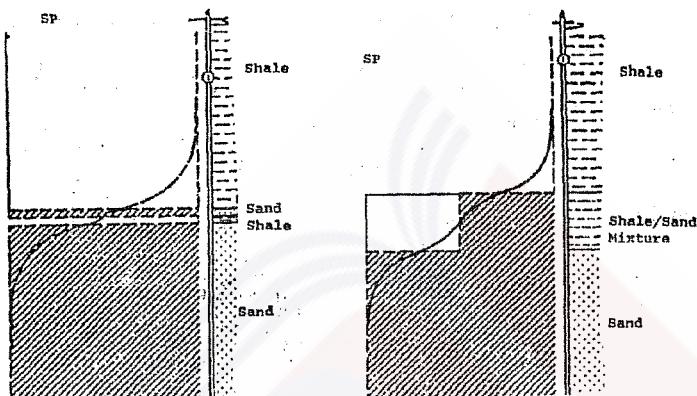
إن تواجد النفط في مجموعة الرمال الغضارية سوف يزيد من مقاومة الجزء الفوذي من المجموعة، هذه الزيادة في المقاومة سوف تخفض PSP لمجموعة واعتماداً على ذلك فإن سعة الشواز على منحني SP سيكون أقل مقابل المقطع الحامل للنفط منه في مقابل المقطع الحامل للمياه الطبقية. مثل هذا التغير في الشواز على منحني SP يمكن أن يلاحظ فقط في مجموعة الرمال الغضارية الرقيقة ولن يتلاحظ في الطبقات الرملية النظيفة السميكة.

بما أن العديد من الصخور الرملية تحوي غضاراً بحسب مختلفة فليس مفاجأة



شكل (3 - 15) تأثير نسبة الغضار وسمك الطبقات الرملية الغضارية المتعاقبة أن نلاحظ مثل هذا الانخفاض عند المرور على مستوى التقاء النفط بالماء في الطبقات الرملية. ومن الجدير بالذكر أن هذا الانخفاض في سعة الشواز ليس دليلاً قاطعاً على وجود النفط لأن نفس التأثير يمكن أن نحصل عليه إذا انخفضت ملوحة المياه الطبقية أو ازدادت نسبة تواجد الغضار في ذلك المقطع. إن تواجد الغاز في مجموعة الرمال الغضارية يمكن أن يؤثر في قياسات SP بالطريقة نفسها التي يؤثر فيها وجود النفط، ولكن سعة شواز SP مقابل الطبقات

الرملية الغضارية الحاملة للغاز تميل لأن تكون أقل وذات مقاومية كهربائية أكبر مقارنة مع تلك الحاوية على النفط.



شكل (3 - 16) تأثير المنطقة الرملية الغضارية الانتقالية

- ويعزى ذلك إلى قلة المياه المرتبطة الموجودة في الطبقات الحازنة الحاوية على الغاز. الشكل (3 - 15) يوضح النقاط التالية من وجة نظر قياسات SP :
- في الطبقات الرملية الغضارية المتعاقبة السميكة يكون معدل سعة الشواز على وجه التقرير متناسباً مع نسبة الطبقات النفوذة.
 - معدل الإن奸اء في الطبقات الرملية الغضارية المتعاقبة الرقيقة يكون مشابهاً للطبقات المجانسة النفوذة التي لها نفس السماكة ونفس المقاومة ولكن سعة الانزياح تكون أصغر.
 - شدة التسنين حول معدل السعة تقل بسرعة كبيرة مع نقصان السماكة للطبقات المتكررة حتى يصبح ملاحظة التسنين صعباً عندما تصبح سماكة كل طبقة متكررة أقل من نصف قطر البتر.
 - سعة التعرجات تقل عندما تكون الطبقات النفوذة مغروزة براشح سائل الحفر.
 - سعة شواز SP تكون عظمى مقابل الطبقات الرملية النظيفة وتقل هذه السعة بازدياد نسبة تواجد الغضار.
 - سعة شواز SP مقابل الرمال ذات الغضار غير المتطبق ستبقي ذاتها كما في حالة الرمال الغضارية المتعاقبة في حال تساوى نسبة الغضار.

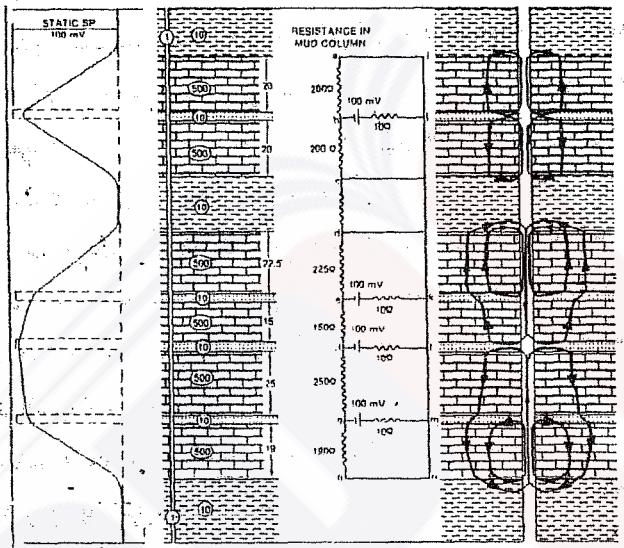
7 - 8 - تأثير الطبقات الكتيمة ذات المقاومة العالية في منحني SP
تعد الطبقات الكلاسية والدولوميتية غير المتشقة والأنهريت.. طبقات كتيمة ذات مقاومة عالية جداً من مرتبة مئات الأمواط. ونطلق عليها اسم الطبقات الكتيمة المقاومة.

عندما تكون الطبقات النفوذية الناقلة للتيار ليست سميكة جداً ومفصولة بطبقات كتيمة مقاومة يصبح شكل منحني SP صعب الفهم من النظرة الأولى. وذلك لأن الطبقات العالية المقاومة تمنع دخول أو خروج التيار من وإلى البئر مقابل هذه المجالات، لذلك يجب تيار SP على التدفق ضمن سائل الحفر ويدخل في طريقه إلى أقرب طبقة نفوذة أو غضارية، ولهذا فإن تيار SP تتبع كمونات مختلفة في عمود سائل الحفر حسب قانون أوم في مقابل الطبقات العالية المقاومة والتنتجة أن قسم الشواز المتوافق مع المناطق النفوذة تمتد إلى أعلى وأسفل هذه المناطق بطريقة شاذة واضحة.

وسنوضح ذلك بمساعدة مثال حيث يصبح سلوك منحني SP الغريب أكثر سهولة للشرح ويصبح تفسيره أقل صعوبة. الشكل (3 - 17) يوضح حالة أربعة مناطق نفوذة رقيقة وثلاث طبقات غضارية رقيقة مفصولة عن بعضها بطبقات كتيمة مقاومة.

يسهل فهم شكل منحني SP إذا درسنا أولاً دارات الكمون، هذه الدارات ممثلة بالشكل (3 - 17). إن تيارات SP المتولدة من EMF المختلفة تتدفق إلى الطبقة الرملية C، ولا تستطيع اجتياز الطبقات الكتيمة المقاومة B أو D عبر المقطع الصغير المجاور للبئر كما هو مفترض لأنها تمثل مقاومة كبيرة في الدارة تمنع مرور التيار، لذلك فإن التيار يدخل عميقاً أكثر من المعتاد في الطبقة النفوذة ولا يعود سريعاً إلى البئر ليغلق الدارة كما هو مفروض، بل يجتاز الطبقة المقاومة بعيداً عن البئر إلى الطبقة الغضارية A أو E التي يعود عبرها إلى سائل الحفر ليغلق الدارة.

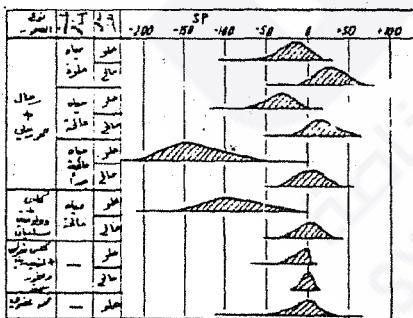
في القسم السفلي من الشكل نلاحظ أن هذه التيارات لا تستطيع العودة إلى سائل الحفر عبر طبقات نفوذة أخرى G أو K لأنها تصادف EMF مقاوم تدفق التيارات في ذلك الاتجاه، لذلك فإنها تتقطع هذه الطبقات النفوذة وتتابع طريقها حتى تصل إلى أول طبقة غصارية E أو M لتعود عبرها إلى سائل الحفر وتغلق الدارة.



شكل 3 - 17 مثال يوضح منحنى SP أمام الطبقات الكتيمة المقاومة.

إن قسم من تيار SP يغادر حفرة البئر ويدخل الطبقات النفوذة، لذلك فإن ميل منحنى SP سوف تتغير في مقابل الطبقات النفوذة كما هو مبين في الشكل عند الطبقة G و K.

3 - التفسير النوعي لمعدل الكمون الذائب.

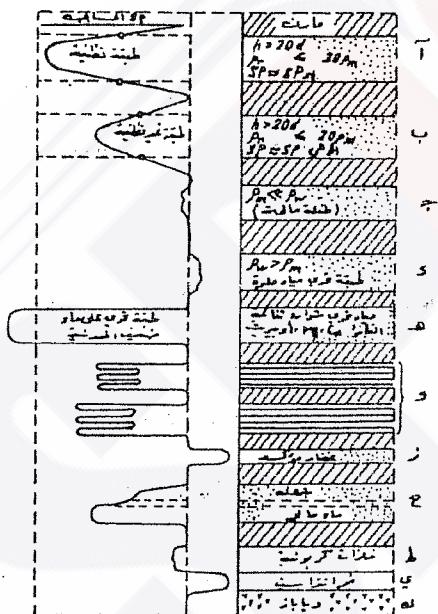


شكل 3 - 18 مجالات قيم الـ SP لأنواع مختلفة من الصخور.

في الشكل 3 - 18 نمثل بشكل توضيحي مجالات قيم SP بالنسبة للألوان المختلفة للصخور، وذلك في حالة كون مسامات هذه الصخور مشبعة

بالمياه الحلوة أو مياه طبقية مالحة وفي كلا الحالتين التي يكون فيها سائل الحفر ذو أساس ماء عذب أو مالح وفي الشكل 3 - 19 نبين شكل منحني الـ SP مقابل الطبقات النفوذة المختلفة حسب محتوى مساماتها ومقاومتها. ومن الجدير باللحظة أن منحني SP يكون موجباً في الغضار الموكسد وفي طبقات فحم انتراسيت. وإن سعة الشوائب تتجاوز خط الرمال عندما تحتوي المياه الطبقية على أملاح ثنائية التكافؤ مثل Ca^{++} أو Mg^{++} أو بيريت.

3 - 9 - مجال استخدام منحنيات الكمون الذاتي



أ - تعين مقاومة المياه الطبقية R_w : وذلك بتعيين قيمة الكمون المستاتيكي أولاً من منحنيات SP المسجلة مباشرة إذا كانت الطبقات المدروسة نظيفة ذات سمادة أكبر بعشرين مرة من قطر البئر، أو بقراءة الكمون المسجل مقابل الطبقه الرقيقة وتصحيح هذه القيمة لإبعاد تأثير مقاومة الطبقات المجاورة،

شكل 3 - 19 شكل منحني الـ SP المسجل مقابل بعض الطبقات وتغير قطر البئر وقطر منطقة الغزو وذلك باستخدام لوحات حسابية خاصة بذلك (راجع الجزء العملي).

وبعد الحصول على SSP يمكن تعين مقاومة المياه الطبقية حسابياً اعتماداً على المعادلة

$$R_w = R_{\text{SP}} / 10^{(-SSP/K)} \quad (23 - 3)$$

K عامل يتعلق بدرجة الحرارة بشكل أساسي ويحسب وفق إحدى العلاقات التالية :

$$K = 61 + 0.133 T$$

T درجة حرارة الطبقة مقدرة بالفهرنهait (F°)

$$K = 65 + 0.24 T$$

T درجة حرارة الطبقة مقدرة بالدرجة المئوية (C°)

ب - تعين المجالات التفونية.

ج - تعين المجالات الغضارية.

د - يمكن تعين الحدود الفاصلية بين الطبقات بشكل عام اعتماداً على نقاط انعطاف منحني SP.

هـ - معرفة نوع السوائل الموجودة في الطبقات التفونية بالمشاركة مع القياسات الكهربائية.

و - تعين نسبة الغضار في الطبقات الرملية وذلك اعتماداً على أن سعة شوافتن تتناسب ومحظى الغضار في الطبقة باستخدام العلاقة التالية:

$$V_{sh} = \frac{\frac{SP_{CL} - SP_{sh}}{Log}}{\frac{SP_{CL} - SP_{sh}}{Log}} \quad (24-3)$$

حيث SP_{Log} القيمة المقررة أمام الطبقة الرملية المدرسة.

SP_{CL} القيمة المقررة أمام الطبقة الرملية النظيفة.

SP_{sh} القيمة المقررة أمام الطبقة الغضارية.

$$V_{sh} = 1 - \frac{PSP}{SSP} \quad (25-3)$$