

**LOGARİTMİK LOJİSTİK YORUMU
PRENSİPLER VE UYGULAMALAR**

**ABDÜLMUTTALİP HAZNEDAROĞLU
70257812**

**Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
STAJ ÇALIŞMASI RAPORU
Olarak Hazırlanmıştır**

AĞUSTOS 1875

LOGARİTMİK LOJİSTİK YORUMU PRENSİPLER VE UYGULAMALAR

Abdülmuttalip Haznedaroğlu

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,

ÖZ

Petrofizik verilerin belirlenmesi ve yorumunun petrol endüstrisindeki önemi bilinen bir gerçektir.

Son yıllarda kuyu logları ve yorumunda büyük mesafeler alınmış olup, gelişen teknolojiye paralel olarak gerek log alımında gerekse log yorumunda bilgisayar kullanımı ağırlık kazanmıştır.

Açık kuyu loglarının temel çalışma prensipleri, mekanik özellikleri ve bu aletlerle kayacın ölçülen fiziksel verilerinin hazne yorumunda nasıl kullanılacağı örneklerle sunulmuştur. Çalışmanın ana amacı kuyu logları ile ilgili temel bilgilerin verilmesi ve elde edilen petrofizik verilerin hazne yorumunda nasıl kullanılacağıın gösterilmesidir.

Anahtar kelimeler: Kuyu logları, hazne yorumu.

TEŐEKKÜR

Stajımın her yönden dolu dolu geçmesini sağlayan, staj dönemim boyunca beni çalışmaya yönlendiren, bilimsel katkı ile samimi destek ve yardımlarını esirgemiyen PTTAO Logaritmik-Lojistik Değerlendirme Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
1. Giriş	1
1.1. Stajın Konusu.....	1
1.2. Stajın Amacı.....	1
1.3. Log Değerlendirme Müdürlüğü'nde Yapılan Genel Çalışmalar.....	1
2. Stajın Yapıldığı Kuruluş Hakkında Bilgiler	2
2.1. Kuruluşun Statüsü.....	2
2.2. PTTAO'nun Faaliyet Konuları.....	2
3. Petrol Aramacılığında Logun Yorumunun Yeri	3
4. Gözeneklilik	5
4.1. Formasyon Faktörü Ve Gözeneklilik.....	5
5. Direnç	6
5.1. Temiz Zonun Direnci.....	6
5.2. İnvazyon Zonun Direnci.....	6
5.3. Formasyon Suyu Direnci.....	7
5.4. Çamur Filtresinin Direnci.....	7
6. Log Çeşitleri	8
6.1. SP Logu.....	8
6.1.1. Prensibi.....	8
6.1.2. Kullanıldığı Yerler.....	9
6.1.3. SP Gözeneklilik Geçirgenlik İlişkisi.....	9
6.2. GR Logu.....	9
6.2.1. Prensibi.....	9
6.2.2. Kullanıldığı Yerler.....	10
6.2.3. Yorumu.....	11
6.3. Sonik Logu.....	11
6.3.1. Prensibi.....	11
6.3.2. Kullanıldığı Yerler.....	12
6.4. Densite Logu.....	13
6.4.1. Prensibi.....	13
6.4.2. Kullanıldığı Yerler.....	14
6.5. Neutron Logu.....	14
6.5.1. Prensibi.....	14
6.5.2. Kullanıldığı Yerler.....	15
6.6. Direnç Logları.....	17
6.7. Dual Laterolog.....	18
6.7.1. Prensibi.....	18
6.7.2. Kullanıldığı Yerler.....	19
6.8. MSFL Logu.....	19
6.8.1. Prensibi.....	19
6.8.2. Kullanıldığı Yerler.....	20
7. Rw Bulunması	20

7.1. Su Katalogları Kullanılarak Rw Bulunması.....	20
7.2. Kimyasal Analizler Kullanılarak Rw Bulunması.....	21
7.3. SP Logu Kullanılarak Rw Bulunması.....	21
7.4. Direnç Gözeneklilik Logları Kullanılarak Rw Bulunması.....	24
7.4.1. Rwa Log.....	24
7.4.2. Rwmax Log.....	25
8. Su Ve Hidrokarbon Doygunluklarının Bulunması.....	26
8.1. Su Doygunluklarının Bulunması.....	26
8.1.1. Temiz Formasyonlar.....	26
8.1.1.1. Direnç – Gözeneklilik Ve Su Doygunluğu.....	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil1: Log Yorumu Akış Şeması.....	4
Şekil2: Direnç Ve Yayılım Zonunu Gösteren Şekil.....	7
Şekil3: Kalıcı Petrol, Hareketli Petrol Ve Su Doygunluklarının Temiz Ve Yayılım Zonundaki İlişkileri.....	8
Şekil4: GR – DT Loglar Üzerinde Gösterimi.....	12
Şekil5: Sonik Logundan Okunan Dt Değerine Göre Gözenekliliğin Bulunması....	13
Şekil6: Densite – Neutron Loglar Üzerinde Gösterimi Ve Yorumu.....	16
Şekil7: Direnç Loglarının Gösterimi Ve Yorumu.....	18
Şekil8: Direnç, Sıcaklık, Tuzluluk İlişkisini Gösteren Tablo.....	21
Şekil9: Kuyu Dibi Sıcaklığının Bilinmesi Halinde Belli Bir Metredeki Formasyon Sıcaklığının Bulunması.....	22
Şekil10: Rwe Değerinin Bulunması.....	23
Şekil11: Rwe Bilindiğinde Rw Değerinin Bulunması.....	24
Şekil12: Rw, PHI, RT Bilindiği Takdirde Sw'nun Bulunması.....	27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CCL	: Casing collar locater
CDL	: Compensated density log
CNL	: Compensated neutron log
DIL	: Dual induction log
DLL	: Dual laterolog
DLLd	: DLL aletinin derin okuması
DLLs	: DLL aletinin orta sığ zondaki okuması
DST	: Drill Steam Test
DT	: BHC logunda geçiş zaman aralığı ($\mu\text{sec/foot}$)
F	: Formasyon direnç faktörü
GR	: Gamma ray logu
GRmax	: Şeylli zon karşısında okunan GR
GRmin	: Temiz hazne kayadaki GR okuması
ILd	: DIL aletinin derin okuması
ILm	: DIL aletinin orta sığ zondaki okuması
k	: Geçirgenlik
LDL	: Litho density log
LLD	: Dual laterolog
LLS	: Shallow laterolog
m	: Çimentolanma faktörü
Mev	: Milyon elektron volt
MOS	: Hareketli hidrokarbon yoğunluğu (%)
MSFL	: Microspherically focused log
NACL	: Sodyum klorür
Pe	: Fotoelektrik indeks (barn/electron)
Phi	: Gözeneklilik (% pu)
RHOB	: Matriks yoğunluğu (gm/cc)
Rmf	: Çamur filtresinin direnci (ohmm)
Rmfe	: Çamur filtresi eşdeğer direnci (ohmm)
Ro	: Direnci R_w olan su ile %100 doygun bir kayacın direnci
ROS	: Kalıcı petrol doygunluğu (%)
Rt	: Temiz formasyonun rezistivitesi (ohmm)
Rw	: Formasyon suyu rezistivitesi (ohmm)
Rwa	: Görünen R_w (ohmm)
Rwe	: Formasyon suyu eşdeğer direnci (ohmm)
Rxo	: Süpürülme zonunun direnci (ohmm)
SFL	: Spherically focused log
Sh	: Hidrokarbon yoğunluğu
SP	: Spontaneous potential
SSP	: Statik spontaneous potential
Sw	: Temiz zonun su doygunluğu (%)
Sxo	: Süpürülme zonunun su doygunluğu (%)

Vsh : Volume shale
Ø : Gözeneklilik

1.GİRİŞ

1.1.Stajın Konusu

Açık kuyu loglarının temel çalışma ilkeleri ve bu aletlerle kayacın ölçülen fiziksel verilerin hazne yorumunda nasıl kullanılacağı incelenmiştir. Konuyla ilgili olarak örnek bir log programı çalışılmış ve incelemesi yapılmıştır.

1.2 Stajın Amacı

Petrofizik verilerin belirlenmesi ve yorumunun petrol endüstrisindeki önemi bilinen bir gerçektir. Çalışmanın ana amacı kuyu logları ile ilgili temel bilgilerin edinilmesi ve elde edilen petrofizik verilerinin hazne yorumunda nasıl kullanılacağına öğrenilmesidir.

1.3. Log Değerlendirme Müdürlüğü'nde Yapılan Genel Çalışmalar

-Devam eden kuyuların log programlarının takibi, kalite kontrolü, arşivlenmesi, faturalandırılması yapılır.

-Gelen loglar üzerinde "quick-look" değerlendirme yapılır.

-Gelen log teypleri Sun sisteminde Schlumberger "Geo-frame" log değerlendirme programına yüklenir.

- Kalite kontrolü yapılır.
- Log derinlik düzeltmesi yapılır.
- "Pre Plus" kuyu düzeltmesi yapılır.
- "Elan-Plus" log değerlendirmesi yapılır.
- 1/200, 1/1000 ve A4 çıktılar alınır.
- FED, SHDT veya FMI loglarından MSD (Mean square dips: en küçük karelerle eğimler)elde edilir. Yine bu loglardan Kuyu Koordinatları logu çıkarılarak sapma planı elde edilir.

- Kuyuların raporu yazılır.
 - Kuyuların “Kuyu Tamamlama Programı” hazırlanır (Perfore Test).
- Açılacak kuyuların log programı ve maliyeti hazırlanır.
- Proje çalışmaları kapsamında eski kuyuların log değerlendirilmesi ve korelasyonu yapılmaktadır. Bu yine aynı sistem üzerindeki Stratlog programı ile yapılmaktadır.
- İlgili şirketlerin ithal-ihraç talepleri incelenir ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'ne bildirilir.

2.STAJIN YAPILDIĞI KURULUŞ HAKKINDA BİLGİLER

2.1.Kuruluşun Statüsü

PTTAO Genel Müdürlüğü 1875 yılında 201 sayılı kanunla kurulmuş bir kamu kuruluşudur.

2.2. PTTAO'nun Faaliyet Konuları

- Ham petrol, doğal gaz ve petrol ürünlerini ithal ve ihraç etmek,
- Petrol ürünlerinin dağıtılması ve yurt içinde veya dışında depolanıp pazarlanmasını sağlamak,
- Yurt içinde ve dışında mühendislik, laboratuvar ve iştirak hizmetlerini yürütmek, kurulmuş veya kurulacak ortaklara iştirak etmek veya ayrılmak
- Her türlü ticari işlemlerde bulunmak,
- Lüzumlu fabrika, boru hattı, depolama, enerji ve su tesisleri, bina, kamp, site ve diğer tesis ve teçhizatı inşaa etmek, kurmak ve işletmek,
- Plan ve programları hazırlayıp takip etmek, uygulama stratejilerini arttırmak,
- Hizmetlerin görülmesi ve geliştirilmesi için mali kaynaklar bulmak ve arttırmak.

3. PETROL ARAMACILIĞINDA LOGUN YORUMUNUN YERİ

Petrol aramacılığında cevap verilmesi gereken sorular şunlardır:

-Hazne nerede ve hangi derinliktedir?

-Kalınlığı nedir?

-Ne tür bir kayadır?

-Gözenekliliği ne kadardır?

-Ne tür bir mayi içerir (su, gaz, petrol)?

-Ne kadar üretilebilir?

-Alansal dağılımı nedir?

Hazne kayalarda sıcaklık ve basınç, akışkanların ağırlılığını, hazne içindeki fazlarını belirleyen en önemli faktörlerdir. Normalde üretim esnasında sıcaklık çok fazla değişmemesine rağmen basınç üretime bağlı olarak zaman içinde düşer.

Ölçülen ya da hesaplanan petrofizik verilerden litoloji ve gözeneklilik bulunması ve bu amaçla kullanılan noktalamalar (cross-plot), formasyon suyu direncinin bulunması, kil hacminin ve kil düzeltmesi yapılmış gözenekliliklerin bulunması, petrol ve su doygunluklarının hesaplanması ayrı bölüm başlıkları altında incelenmiştir.

Günümüzde üretilmekte olan petrol ve gazın hemen hemen tamamı hazne kayaların gözenekleri içinde toplanmış bulunmaktadır. Ancak ticari olarak bilinmesi gereken şey petrol haznelerinin tahmini, yerinde ve üretilebilir petrol miktarlarının belirlenmesidir. Bu bilgilerin elde edilmesi için kayacın petrofizik verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla açık kuyu loglarından elde edebileceğimiz temel sayılabilen ve sayılamayan bilgileri şöyle sıralayabiliriz.

-Hazne var mıdır?

-Potansiyel olabilecek haznenin derinliği nedir?

-Litoloji nedir?

-Hazne kalınlığı nedir?

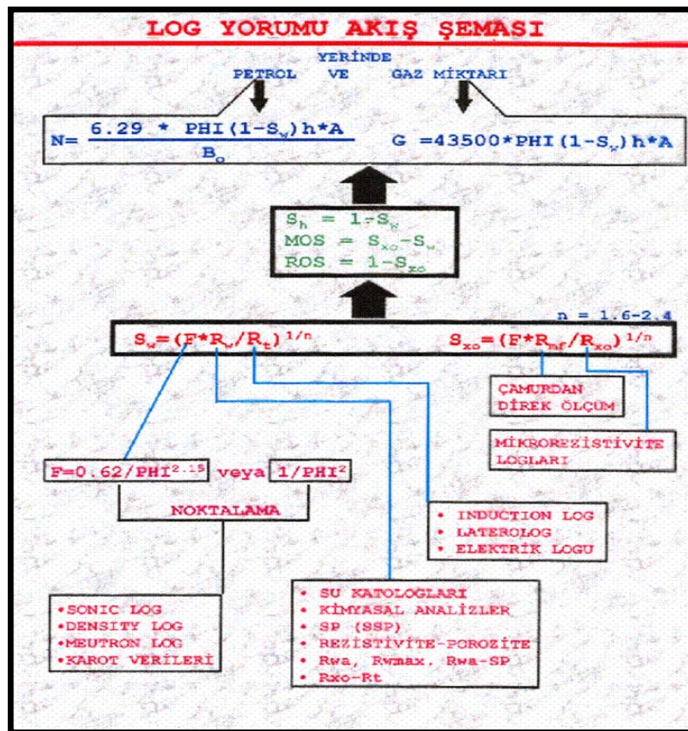
-Gözenekliliği ne kadardır?

-Haznenin yayılımı ne kadardır?

-Ne tür bir mayi içerir?

-Ne şekilde üretim yapılabilir?

Petrofizik verilerden bir çoğu direk ölçümle elde edilemez. Genellikle kayacın ölçülen bir fiziksel özelliğinden istenilen veri hesaplanır. Örneğin; kayaç yoğunluğu veya sesin kayaç içindeki geçiş zamanından gözenekliliğinin bulunması gibi. Ancak yapılan bir fiziksel ölçümden istenilen veriyi elde etmek her zaman kolay değildir; sondaj esnasında oluşan süpürülme, çamur keki, kuyu çapındaki genişlemeler gibi faktörler kayaçta yapılan fiziksel ölçümleri etkiler.



ŞEKİL 1. Log Yorumu Akış Şeması

Log yorumunda belirlenmesi gereken en önemli veriler gözeneklilik (Phi), su doygunluğu (Sw) ve geçirgenliktir (k). Bunlardan ilk ikisi yerinde petrolün, geçirgenlik ise üretim oranının belirlenmesinde kullanılır (PES & IADC, 1971.).

4.GÖZENEKLİLİK

Gözeneklilik loglarla dolaysız ölçülerek elde edilen bir veri değildir. Bu amaçla kullanılan densite, sonik ve neutron logları ile formasyonun farklı fiziksel verileri ölçülür ve bunlardan gözeneklilik değeri bulunur.

Çökelim esnasında taneler arasında oluşan birincil gözenekliliğin yanısıra çökelim sonrası yeraltı sularının ya da tektonik kuvvetlerin sonucu oluşan ikincil gözenekliliklerde vardır. Karotlarda yapılan gözeneklilik ölçümleri gözenekliliğin bulunmasında diğer bir yöntem olmasına karşın loglarda olduğu gibi derinliğe karşı sürekli bir gözeneklilik değeri elde edilemez ancak bir kıyaslama olması açısından yararlıdır.

Çok kaba bir tanımla yüksek etken gözenekliliklerde yüksek geçirgenliğin var olduğu kabul edilir. Ancak şeylerde yüksek gözeneklilik olduğu halde geçirgenlik son derece düşük, kesif fakat çatlaklı karbonatlarda ise gözeneklilik düşük olduğu halde geçirgenlik çok yüksektir (SPWLA, 1975.).

4.1.Formasyon Faktörü Ve Gözeneklilik

Temiz ve suya doymun bir formasyonda formasyon suyu direnci (Rw) ile kayaç direncinin (Ro) oranı gözeneklilik değışmediği taktirde sabittir ve bu oran formasyon direnç faktörü (F) olarak tanımlanır (F=Rc/Rw). Formasyon direnç faktörü gözeneklilikle ters orantılı olup "Archie" eşitliğine göre formasyon direnç faktörü:

$$F = \frac{a}{\text{PHI}^{**m}}$$

a: Sabit
m: Çimentolanma faktörü
"a" sabiti ve "m" faktörü litoloji ve gözeneklilik yapısına bağılı olarak değışir.

**Archie" eşitliği:

Kumtaşlarında F faktörü:

$$F=0.81/\text{PHI}^2$$

Karbonatlarda F faktörü:

$$F=1/\text{PHI}^2$$

ile hesaplanır(Gearhart, 1974.).

5.DİRENÇ (Rezistivite)

Bir kayacın direnci elektrik akımına gösterdiği dirençtir. Akım kayacın gözeneklerinde bulunan formasyon suyu içinde erimiş olan tuzlar tarafından iletilir. Dolayısıyla kayacın porozitesi arttıkça ya da formasyon suyunun tuzluluğu arttıkça direnci düşer(SPWLA, 1975.).

5.1.Temiz Zonun Direnci

Rt; Elektrik logları, Laterologlar veya Induction logları kullanılarak formasyonun direncinin ölçümü ile elde edilir. Temiz zonda ölçülen direnç değerleri (Rt), gözeneklilik ve formasyon suyu direnci ile birlikte kullanılarak su ve hidrokarbon doygunlukları hesaplanır.

5.2.Yayılm Zonunun Direnci

Sondaj esnasında kuyudan gelişleri önlemek için çamurun hidrostatik ağırlığı daima formasyon basıncından daha yüksek tutulur. Bu basınç farkı çamur filtresinin, geçirgen formasyonun içine girmesine ve buradaki mayinin bir kısmının daha gerilere süpürülmesine sebep olur. Bu yayılım sonucu oluşan zona süpürülme zonu veya yayılım zonu denir. Yayılım, geçirgen tabaka karşısında çamur içindeki katı maddelerden oluşan ve son derece düşük geçirgenliğe sahip çamur keki oluşana kadar devam eder. Yayılım zonunun gerisinde yayılımdan etkilenmeyen zon ile yayılım zonu arasında çamur filtresinden kısmen etkilenmiş bir zon oluşur, bu zon geçiş zonu olarak tanımlanır.

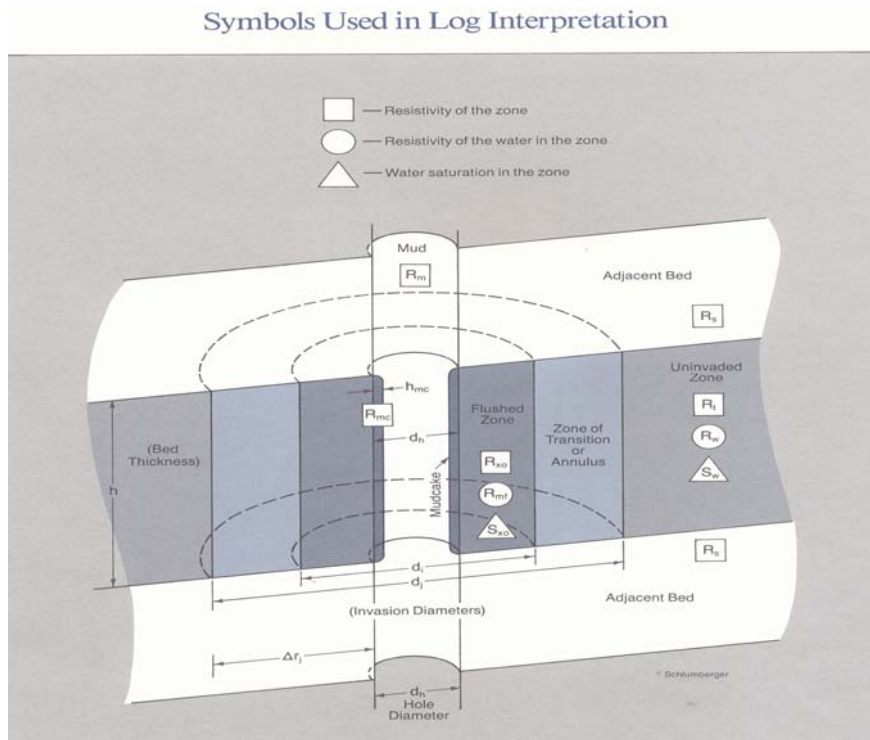
Sığ zonda ya da yayılım zonu diye tanımladığımız zonda ise mikrorezistivite (mikrodirenç) aletleri ile bu zonun direnci (Rxo) ölçülür. Bu zondaki su doygunluğu da (Sxo), gözeneklilik ve çamur filtresinin direnci kullanılarak hesaplanabilir.

5.3. Formasyon Suyu Direnci

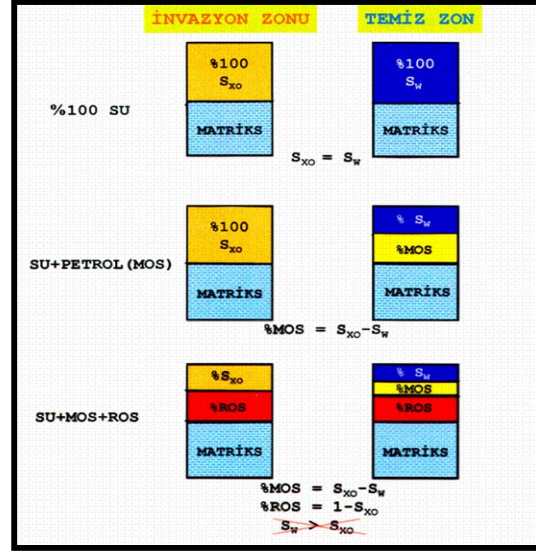
Formasyon suyu direncinin bulunabilmesi için bir çok farklı yöntem vardır. Örneğin; üretim sırasında ya da testlerde alınan sulardan yapılan ölçümler, su katologları, SP logu, Rwa metodu kimyasal analizler ve direnç-gözeneklilik noktalamaları gibi. Rw bulunması ile ilgili bölümde bu metotlar detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

5.4. Çamur Filtresinin Direnci

Çamur filtresinin direnci kuyu başında log öncesi alınan çamur örneğinin ölçümünden elde edilir ve log başlığına ölçüldüğü sıcaklıkla birlikte yazılır. Yayılım zonundaki su doygunluklarının (S_{xo}) hesaplamasında kullanılırken R_{mf} 'in formasyon sıcaklığındaki değerinin bulunup kullanılması gereklidir.



ŞEKİL 2. Direnç Ve Yayılım Zonunu Gösteren Şekil



ŞEKİL 3. Kalıcı Petrol(ROS), Hareketli Petrol(MOS) Ve Su Doygunluklarının (Sw, Sxo) Temiz Ve Yayılım Zonundaki İlişkileri

6.LOG ÇEŞİTLERİ

6.1.SP Logu (Spontaneous Potential)

Sp logu formasyon suyu ile iletken sondaj çamuru ve şeylin etkileşimi sonucu elektriksel potansiyeli ölçer. Bu log kuyu içinde hareketli bir elektrotla yüzeydeki sabit potansiyelli bir elektrotun elektriksel potansiyellerinin farkının derinliğe göre kaydır(Özkanlı, M., 1990.).

6.1.1.Prensibi

Şeyller karşısında Sp logu hemen hemen düz bir çizgi şeklindedir ve bu şeyl baz hattı olarak tanımlanır, geçirgen tabakalar karşısında SP logu baz hattından sağa (+) veya sola (-) doğru sapar, kalın tabakalar karşısında bu sapma artık sabit bir değere ulaşır ki bu değer kum hattı diye tanımlanır. Eğer formasyon suyu tuzluluğu çamur filtresinin tuzluluğundan fazla ise sapma sola (-) doğru olur tersi ise sağa (+) doğru sapma olur. SP ölçümü milivolt (mV) olarak yapılır.

6.1.2. Kullanıldığı Yerler

- Gözenekli ve geçirgen tabakaların belirlenmesinde,
- Tabaka sınırlarının belirlenmesinde ve karşılaştırılmasında,
- Tabaka killiği hakkında sayılamayan bilgilerin edinilmesinde,
- Litoloji bulunmasında,
- Formasyon suyu direncinin (Rw) bulunmasında (Schlumberger, 1986.).

6.1.3. SP Gözeneklilik Geçirgenlik İlişkisi

Çok düşük gözenekliliğe sahip formasyonlarda bile iyonların hareketi SP sapmasına neden olur. Ancak SP sapmasının büyüklüğü ile geçirgenlik ve gözeneklilik arasında dolaysız bir ilişki yoktur.

6.2.GR Logu (Gamma Ray)

Gamma Ray logu formasyonun doğal radyoaktivitesini ölçer. Radyoaktif elementler genellikle şeyl ve killer içinde olduğu için sedimanter kayaçlarda formasyondaki şeyl miktarını yansıtır. Formasyon suları içinde erimiş radyoaktif tuzlar bulunmayan veya volkan külleri, bozunmuş granit gibi malzeme içermeyen temiz formasyonların radyoaktivitesi düşüktür.

6.2.1.Prensibi

Formasyon içindeki radyoaktif elementler (toryum, potasyum, uranyum) atom çekirdeklerinden devamlı olarak radyoaktif alfa, beta ve gamma ışınları yayarlar. Bu ışınlar formasyon içindeki atomlarla çarpışırlar, bu çarpışma sonucu sürekli enerji kaybeden ışınlardan Gamma Ray log ile yalnız enerji seviyesi 00.4 – 3.2 Mev olan gamma ışınları özel alıcılar tarafından sayılabilirler. “Scintillation Counter” şu anda en yaygın kullanılan alıcı tipleridir. Bu alıcılarda bir “Scintillation” kristal bir de ışığa hassas tüp bulunur, şeffaf (NaI) kristaline çarpan gamma ışınları burada bir anlık

parlamalara sebep olur ve bu ışık enerjileri ışığa hassas hücrelerden oluşan tüpe çarptığında buradan ortama elektronlar yayılır. Bu temel prensipteki olay farklı aşamadaki yükselticilerden geçtikten sonra alıcılar çevresindeki gamma radyasyonun bir göstergesi olarak ölçülüp, kaydedilebilen bir elektron akımı elde edilir. Bu alıcılarla, ortamdaki gamma ışınları %50 – 60 oranında sayılabilir, ancak yüksek sıcaklık sayımda düzensizliğe sebep olur. Alıcılar tarafından yapılan bu sayım formasyonun yoğunluğu ile ilgilidir, birim hacimde eşit oranda radyoaktivite içeren iki formasyondan yoğunluğu az olan daha fazla radyoaktivite gösterir.

6.2.2.Kullanıldığı Yerler

-Sp logunun kullanılmadığı yerlerde şeyl tabakalarının belirlenmesinde (yüksek dirençli zonlarda, $R_{mf} = R_w$ olması halinde, iletken olmayan çamurun varlığında, boş kuyularda, muhafaza borusu arkasında),

-Formasyon içindeki şeyl miktarını yansıtır, bazı yerlerde şeyl miktarının sayılabilir olarak hesaplanmasında,

-Potasyum ve uranyum gibi radyoaktif minerallerin bulunmasında, uranyum çökellerinin bulunmasında kullanılır, ancak GR sapması ile uranyum zenginliği arasında dolaysız bir ilişki yoktur,

-Kömür tabakası gibi radyoaktif olmayan minerallerin yayılımının bulunmasında,

-Karşılaştırma amacı ile; özellikle muhafaza borusu arkasında da alınabildiği için CCL (Casing Collar Locater) ile birlikte kuyu tamamlaması yapılacak aralığın belirlenmesinde, açık kuyularda alınan loglarda derinlik karşılaştırmasında,

-Diğer bir özel amaçlı kullanımı ise uzun süre üretim yapan eski kuyularda formasyon suyunun büyük oranlarda geçtiği zondaki radyasyon seviyesinin belirlenmesi (yükseleir) kuyu tamamlama çalışmalarında faydalı bir bilgidir.

6.2.3.Yorumu

Formasyonun doğal radyoaktivitesini oluşturan toryum, potasyum ve uranyum şeyller içinde yoğunlaşmıştır ve şeyllerin rengi koyulaştıkça radyoaktiviteleri de artar. Şeyllerin radyoaktivitesinde gözlenen bu değişimden dolayı GR logunda SP'de olduğu gibi düzgün şeyl baz hattı olmaz. Temiz hazne kayaçlar düşük radyoaktivite gösterir ancak kendi içinde kireçtaşlarının radyoaktivitesi dolomitlerden, dolomitlerin radyoaktivitesi de kumtaşlarında daha azdır. Şeyllerle temiz hazne kayaçlar arasındaki bu yüksek radyoaktivite farkı sayesinde hazne kayaçlarla şeylli zonlar ayırt edilebilir.

GR logu kullanılarak kil hacmi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$Vsh = (GR - GRmin) / (GRmax - GRmin)$$

Vsh = şeyl hacmi (%)

GR = Gamma-ray ölçümü

GRmin = temiz hazne kayaçta GR okuması

GRmax = hesaplama yapılan yere en yakın yerdeki şeyl zonunun karşısında okunun GR

6.3.Sonik Logu

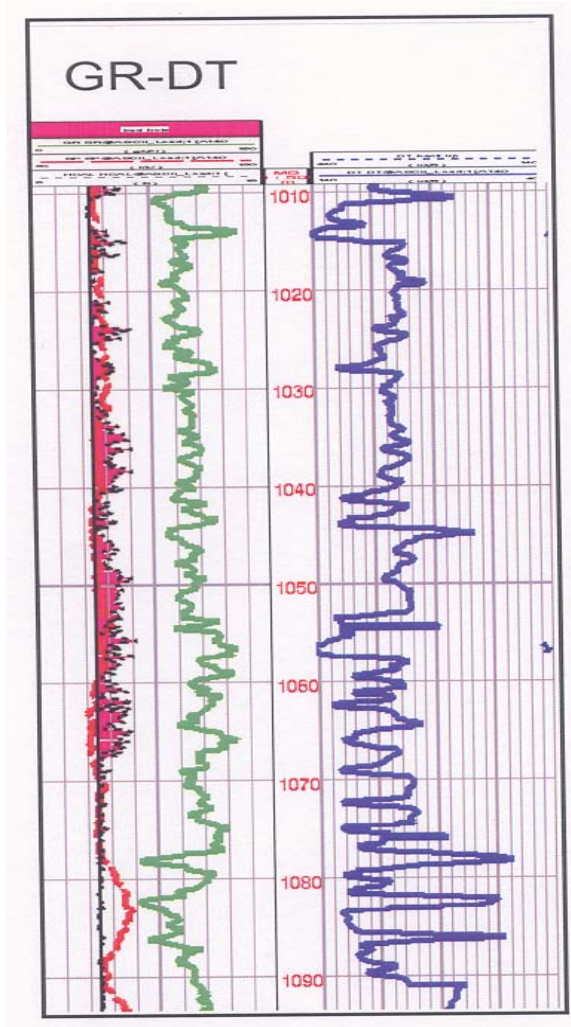
En basit şekliyle, sonik aleti ses sinyalleri üreten bir kaynak ile bu sinyali formasyondan dönerken kaydeden bir alıcıdan ibarettir.

6.3.1.Prensibi

Sonik logu, ses dalgalarının formasyonun 1 ayak boyu uzunluğundan geçmesi için gerekli zamanın derinliğe göre kaydırılır. Geçiş zamanı aralığı (Interval transit time) olarak bilinen DT, sesin bir ortamdaki yayılma hızının tersidir. Bir formasyonun DT'si o formasyonun litolojisine ve gözenekliliğine bağlıdır. Litoloji biliniyorsa gözenekliliği bulmakta sonik logu çok yararlıdır.

6.3.2.Kullanıldığı Yerler

- Su doygunluklarının hesaplanabilmesi için gözenekliliğin bulunmasında,
- Litolojinin belirlenmesinde,
- Gazlı zonların belirlenmesinde,
- Sismik değerlendirmelerde kullanılmak üzere formasyon hızlarının belirlenmesinde,
- Bazı alanlarda aşırı basınçlı zonların belirlenmesinde,
- Karşılaştırma maksadıyla,
- Çatlakların belirlenmesinde,
- İkincil gözeneklilik bulunmasında.



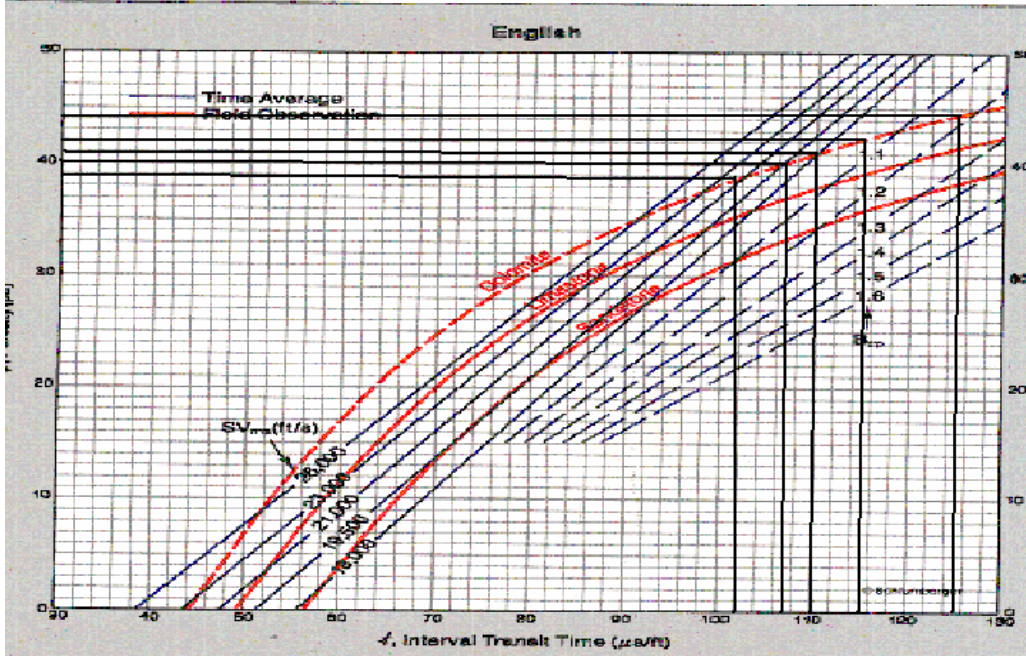
Derinlik	GR	DT	Øs
1010	70	102	39
1020	62	102	39
1030	60	110	41
1040	62	102	39
1050	67	110	41
1060	65	110	41
1070	64	107	40
1080	70	125	44
1090	63	115	42

Litoloji: Dolomit

ŞEKİL 4. GR – DT Loglar Üzerinde Gösterimi

Porosity Evaluation from Sonic

SV - 5000 ft/s



ŞEKİL 5. Sonik Logundan Okunan Dt Değerine Göre Gözenekliliğin Bulunması(Schlumberger, 1972.)

6.4.Densite Logu

Densite logu temelde gözeneklilik bulunmasında kullanılır. Genelde formasyon içine orta enerjili gama ışınları gönderen bir kaynak ve bir çift alıcıdan ibarettir. CDL (Compensated Density Log) logunda formasyon elektron yoğunluğu ölçülür, LDL (Litho Density Log) logunda ise buna ilaveten formasyonun fotoelektrik (Pe) özellikleri de ölçülür. Pe formasyonun litolojisi, elektron yoğunluğu ve gözeneklilik ile ilgilidir.

6.4.1.Prensibi

Densite logunda içinde radyoaktif kaynak bulunan kısım kuyu çeperine yaslanarak formasyon içine orta enerjili gama ışınları gönderir. Bu gama ışınları yüksek hızlı parçacıklar olup formasyon içindeki elektronlarla çarpıştıklarında bir kısım enerjilerini kaybederler, sürekli devam eden bu tür çarpışmaya "Compton Scattering" denilir. Bu şekilde çarpışma sonucu sürekli enerjilerini kaybeden gama

ışınları kaynaktan belli bir uzaklıkta bulunan alıcılar tarafından sayılırlar. Sayılan bu gama ışınlarının çok olması formasyonun elektron yoğunluğunun az olması demektir. Bu durumda densite logu düşük okur, (RHOB gm/cc) gözeneklilik ise bununla ters orantılıdır, yani bu zon yüksek gözenekli demektir.

Formasyonun yoğunluğu fazla ise formasyona gönderilen gama ışınları elektronlar tarafından tutulacağı için alıcılar tarafından sayılan gama ışın sayısı azalacak ve gözeneklilik tablosunda sunumu yapılan densite logu düşük gözeneklilik gösterecektir.

6.4.2.Kullanıldığı Yerler

- Su doygunluğu hesabı için gerekli gözeneklilik bilgisinin sağlanmasında,
- Diğer loglarla birlikte kullanılarak litoloji belirlenmesinde,
- Hidrokarbon yoğunluğunun belirlenmesinde,
- Hidrokarbon yoğunluğunun belirlenmesinde,
- Diğer gözeneklilik logları ile birlikte kullanılarak gazlı zonların belirlenmesinde,
- Şeyl hacminin belirlenmesinde kullanılır.

6.5.Neutron Logu

CNL (Compensated Neutron Log) logu temelde formasyonun içine yüksek enerjili neutronlar gönderen bir kaynak ve formasyon içinde hidrojen atomları ile çarpışarak enerji kaybeden bu neutronları sayan bir alıcıdan ibarettir. Neutron gözenekliliği formasyonun içerdiği hidrojen atomu yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Bu yüzden hidrojen indeks logu da denir

6.5.1.Prensibi

Neutronlar hidrojen atomu ile aynı kütlede ancak elektriksel olarak nötr parçacıklardır. CNL logunda radyoaktif bir kaynak tarafından formasyon içine sürekli olarak yüksek enerjili nötronlar gönderilir. Bunlar ortamdaki elektronlarla yaptıkları elastik çarpışmalar sonucu sürekli enerji kaybederler, kaybedilen bu enerji

arpıştıkları atomların byklgyle ilgilidir; en fazla enerji kaybı ise kendi kütlesi ile eş büyüklükte olan hidrojen atomu ile çarpışmaları sonucu olur.

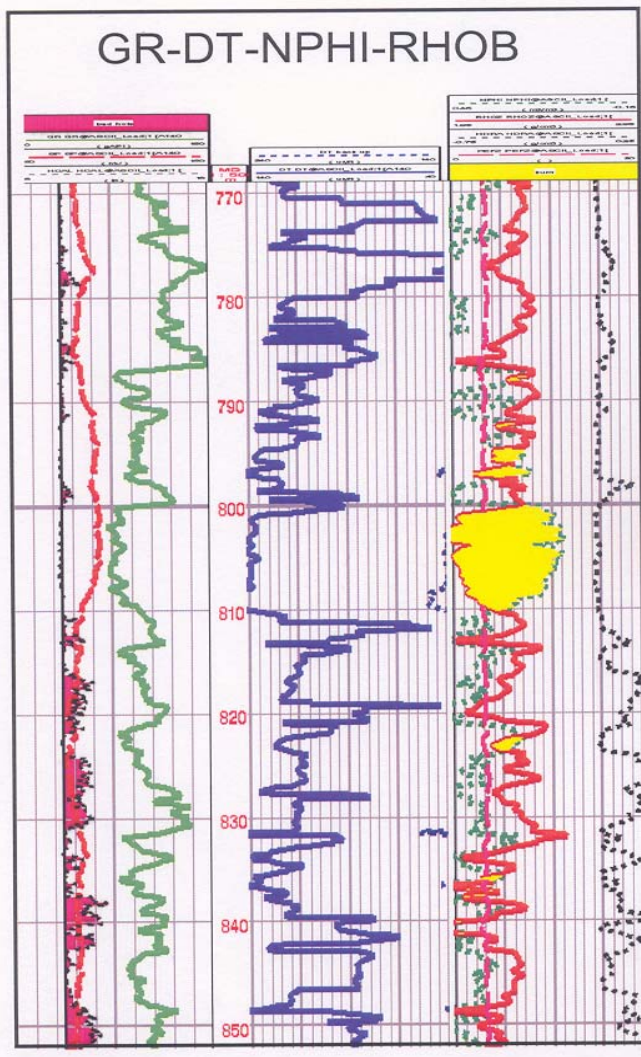
6.5.2.Kullanıldığı Yerler

- Su doygunluğu hesabı için gerekli gözeneklilik bilgisinin sağlanmasında,
- Diğer loglarla birlikte kullanılarak litoloji belirlenmesinde,
- Diğer gözeneklilik logları ile birlikte kullanılarak gazlı zonların belirlenmesinde,
- şeyl hacminin belirlenmesinde kullanılır.

Sonuç olarak formasyonun içerdiği hidrojen atomunun sayısı fazla ise formasyona gönderilen neutronların büyük bir kısmı gönderildikten kısa bir süre sonra bu hidrojen atomları ile çarpışarak yavaşlıyacağı ve tutulacağı için alıcılar tarafından sayılan neutron sayısı azalacak, ve gözeneklilik tablosunda sunumu yapılan neutron logu yüksek gözeneklilik gösterecektir.

HİDROJEN ATOM SAYISI ↑ , Ø ↑ , SAYIM ↓

HİDROJEN ATOM SAYISI ↓ , Ø ↓ , SAYIM ↑



ŞEKİL 6. Densite – Neutron Loglar Üzerinde Gösterimi Ve Yorumu (Sobutay, A., 1982.)

Yorumu:

Özellikle 800-810m arası ve 787,793,795,796,823,836m lerinde kum paketlerine rastlanmıştır. 13m lik net pay görülmektedir. SP logunun sağa saptığı görülmektedir. Bu da çamur tuzluluğunun formasyon tuzluluğundan büyük olduğunu göstermektedir. Ayrıca 815.m. den sonra kuyu çapında bozulmalar görülmektedir.

Derinlik	GR	RHOB	NPHI	Øn-d (%)
770	65	2.60	0.35	30
780	77	2.60	0.45	34
790	60	2.60	0.27	24
800	70	2.60	0.24	27
810	65	2.70	0.30	30
820	75	2.85	0.45	42
830	86	2.60	0.39	30
840	76	2.90	0.45	45
850	70	2.80	0.42	36

Killilik miktarı hesabı:

GR = Okunan ortalama değer (72)

GRmax = Logda görünen maximum değer (100)

GRmin = Logda görünen minimum değer (50)

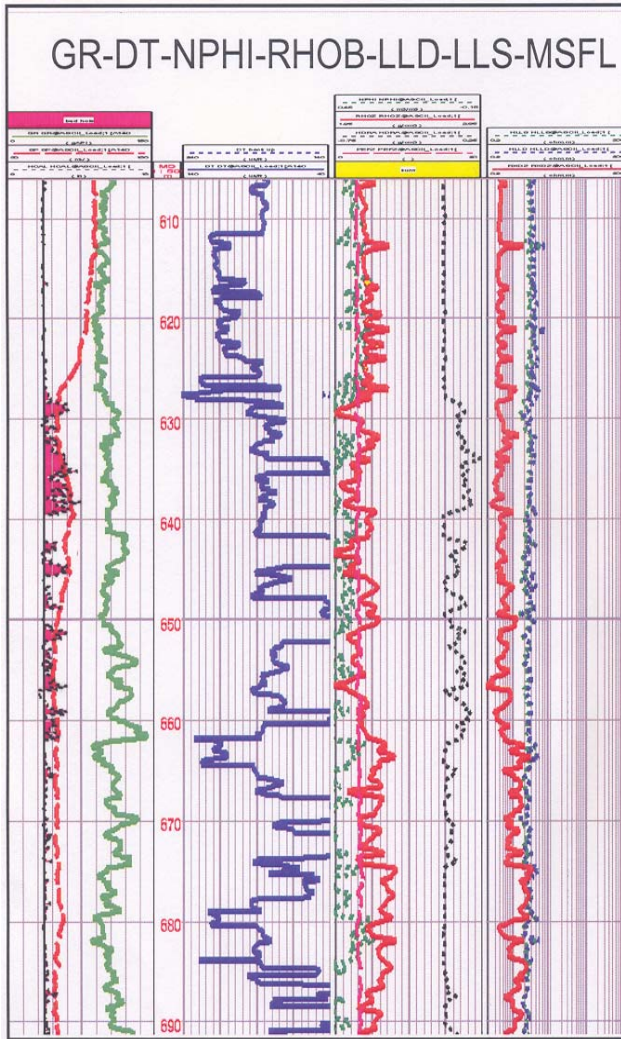
VshGR = $GR - GR_{min} / GR_{max} - GR_{min}$

VshGR = $72 - 50 / 100 - 50 = 0.44 = \%44$

Ortamın killiği %44' dür.

6.6.Direnç Logları

Direnç logları formasyonun elektrik akımına karşı gösterdiği direnci ölçer. Hazne kayaçlar gözeneklerinde su, hidrokarbon veya her ikisini de bulundurabilirler. Hidrokarbonlar elektrik akımını iletmezler ve yüksek direnç gösterirler, suya doymun zonlarda ise suyun tuzluluğuna bağılı olarak elektrik akımı az ya da çok iletilir dolayısıyla genelde suya doymun zonların direnci petrollü zonlardan daha düşüktür. Bu özellikten dolayı direnç ölçümleri sulu ve petrollü zonların ayırt edilmesinde temel bi metotdur. Bu ölçümler gözeneklilik logları ile birlikte yorumlanarak haznenin içerdığı hidrokarbon doymunlukları hesaplanabilir.



Derinlik	LLS	LLD	MSFL
610	3	3	0.4
620	3	3	0.3
630	2	2	0.4
640	2	2	0.4
650	3	3	0.4
660	2	2	0.3
670	2	2	0.5
680	2	2	2
690	2	2	1

Dirençlerde artış görülmemiş olup, hidrokarbon yönünde olumlu bir davranış göstermemektedir.

ŞEKİL 7. Direnç Loglarının Gösterimi Ve Yorumu(Sobutay, A., 1982.)

6.7.Dual Laterolog (DLL)

6.7.1.Prensibi

Derin okuma yapan direnç aletlerinde temel amaç yayılım zonunun gerisinden formasyonun gerçek direncinin belirlenmesidir. Ancak yapılacak tek bir ölçümle yayılım zonunun etkisi yok edilemez. Bu amaçla DLL – MSFL ortaklığında formasyon içine doğru farklı üç ölçüm yapılmaktadır. Bunlardan ilk ikisi DLLd ve DLLs derin ve orta sığ zonda DLL tarafından yapılan okumalardır, üçüncüsü ise sığ zonda olup bu

log ile birlikte kaydedilen mikrorezistivite (MSFL) aletinden gelir. İki farklı zonda direnç ölçümü yapan “dual laterolog” aletinde elektrot dağılımı aynı olduğu halde akımın formasyon içine yakınlaştırılmasının az veya çok olması okuma derinliğini belirler.

Normal gözenekliliğe sahip bir birimin karşısında eğriler arasındaki ayrıştırma uyumlu olmalıdır. Örneğin; $R_{xo} < D_{LLs} < D_{LLd}$ ($R_w < R_{mf}$). MSFL aletinin kuyu çeperi ile temas yapamamasından doğabilecek kadar düşük okuma yapmaması gerekir. Bu durumda log hızını azaltıp tekrar edilmesi gerekir.

6.7.2.Kullanıldığı Yerler

-DLL formasyonun su doygunluğunun hesaplanabilmesi için gerekli gerçek formasyon direncini ölçer (0.2 – 40000 ohm-m’ değerleri arasında).

-Tabaka sınırlarının belirlenmesinde yardımcı olduğu için birimlerin karşılaştırılmasında kullanılır.

-Laterolog sıg okumasıda eklenerek laterolog derin okuması üzerindeki yayılım etkisi düzeltilir.

- R_w bulunmasında kullanılır.

6.8.MSFL Logu

6.8.1.Prensibi

MSFL üzerine pad monte edilmiş bir (spherically focused) log aletidir. Diğer mikrorezistivite ölçümü yapan loglardan en büyük farkı derin okuma yapan direnç logları ile birlikte alınabilmesi ve kalın çamur keki olması halinde bile R_{xo} değerini verebilmesidir. PML’ den avantajlı olarak derin yayılıma gerek yoktur. Bu logda elektrotların üzerine olduğu pad ve hemen bunun aksi yönünde bulunan kaliper padi vardır. Bu durumda kuyunun iki yönünde de çamur kekinden etkilenir, o yüzden gerçek çamur keki kalınlığını bulmak için MSFL’ de bulunan kalınlık ikiye bölünmelidir. MSFL aletin kuyu çeperi ile temas edememesinden doğabilecek kadar düşük okuma yapmaması gerekir. Bu durumda log hızını azaltıp tekrar edilmesi gerekir.

6.8.2.Kullanıldığı Yerler

- MSFL sığ direnç ölçümü yapar, yayılım zonunun direncinin ölçümünde,
- Hareketli hidrokarbon miktarının belirlenmesinde,
- Kaliper ölçümü ile çamur kekinin kalınlığının bulunmasında,
- DLL ile birlikte yayılım profilinin çıkarılmasında,
- Rw değerinin bulunmasında kullanılır(Schlumberger, 1986.).

7.RW BULUNMASI

Formasyon gözeneklerinde bulunan ve sondaj sıvısı ile karışmamış suya formasyon suyu denir. Bunun direnci ise Rw ile ifade edilir. Formasyondaki su ve hidrokarbon doygunluklarının bulunmasında kullanılan en önemli ölçütlerden biridir. Rw bulunmasında kullanılan birden fazla metot vardır. Örneğin su katalogları, kimyasal analizler, SP logu, bazı gözeneklilik ve direnç hesaplamaları ve noktalamaları(Özkanlı, M., 1990.).

7.1.Su Katalogları Kullanılarak Rw Bulunması

Bir çok petrol sahasında üretim yapılan farklı zonlardan elde edilen formasyon suyu direnç değerlerini ve kimyasal analizlerini içeren kataloglar bulunmaktadır. Bu kataloglardaki değerler farklı kaynaklardan sağlanmış olabilir. Örneğin üretim sırasında alınan suların analizlerinden, üretim veya açık kuyu testlerinden ya da loglardan.

7.2. Kimyasal Analizler Kullanılarak Rw Bulunması

Formasyon suyu direncinin bulunmasında en güvenilir metot üretim esnasında alınan suyun ölçümüdür. Ancak bazen su kataloglarında su örneklerinin yalnızca kimyasal analizleri bulunmaktadır.

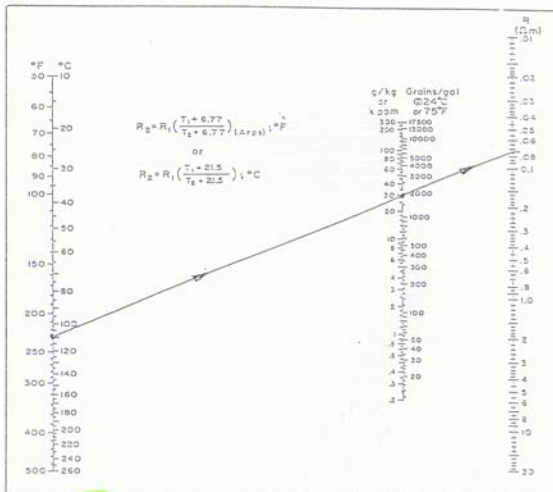
7.3. SP Logu Kullanılarak Rw Bulunması

Temiz zonlarda SSP sapması formasyon suyu ve çamur filtresinin kimyasal aktivitesine bağlıdır. $SSP = -K \log (a_w / a_{mf})$

NaCl eriyiklerinde $K = 71$ ($77^\circ F$) tir. Ancak K değeri sıcaklıkla değişir:

$$K = 61 + 0.33T (^\circ F)$$

$$K = 65 + 0.24T (^\circ C)$$



ŞEKİL 8. Direnç, Sıcaklık, Tuzluluk İlişkisini Gösteren Tablo

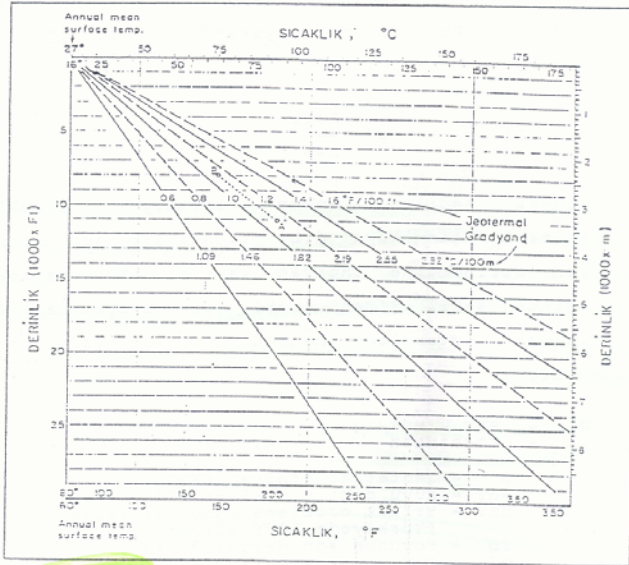
SSP değeri seçilen zonun formasyon sıcaklığının bulunabilmesi için kuyu dibi sıcaklığı son derinlik ve formasyon derinliğine ihtiyaç vardır. Bunlar bilindiğinde şekil 8' deki tablo ya da aşağıdaki eşitlik kullanılarak istenilen metredeki formasyon sıcaklığı bulunabilir.

$$G = BHT - MST / TD$$

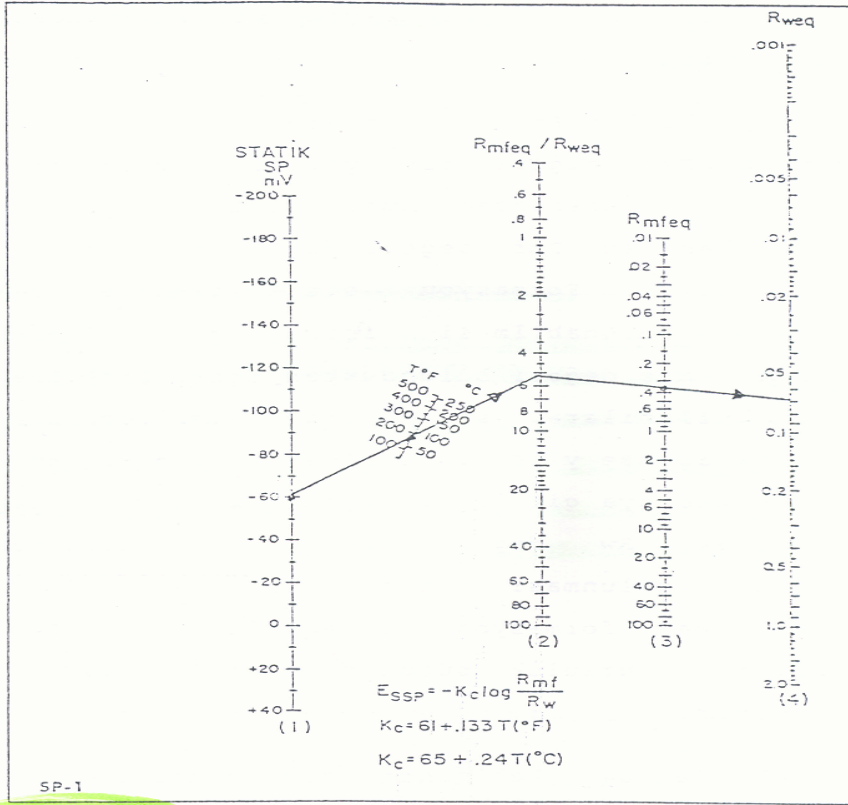
$$FT = (DERİNLİK * G) + MST$$

- G = Jeotermal gradyan ($^{\circ}\text{F}/100$)
 BHT = Kuyu dibi sıcaklığı ($^{\circ}\text{F}$)
 MST = Yıllık ortalama yüzey sıcaklığı (Türkiye' de 80°F alınır)
 TD = Kuyunun son derinliği (m)
 FT = Formasyon sıcaklığı ($^{\circ}\text{F}$)

SSP ve formasyon sıcaklığı bilindiği taktirde R_{mfe}/R_{we} bulunur. R_{mfe} bilindiği taktirde de R_{we} bulunur. İkinci aşama olarak R_{mfe} değerinin bulunması gerekir. Log başlığında kuyu başında ölçülen R_{mf} (Çamur filtresi rezistivitesi) değeri bulunmaktadır. Ancak bu eş değer direnç değildir (Schlumberger, 1972.).



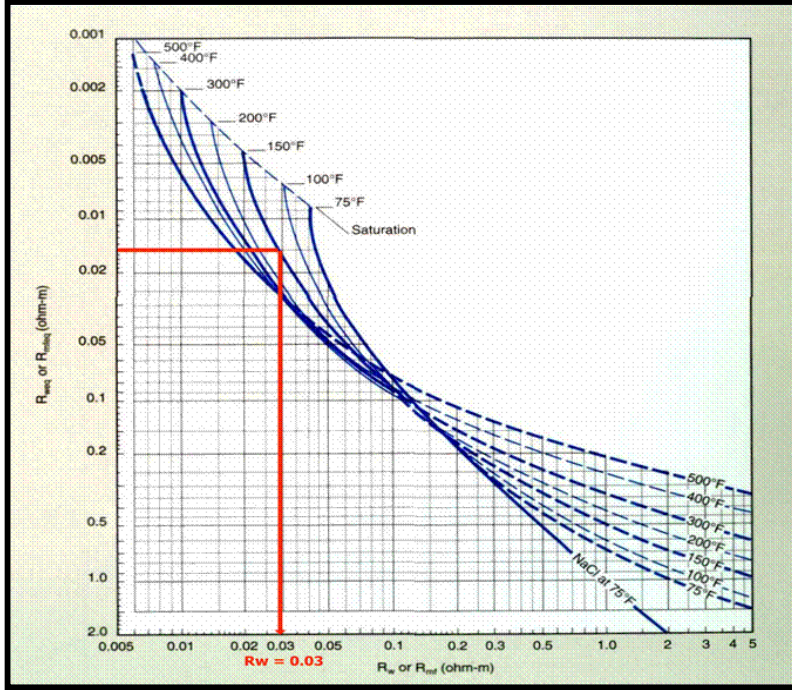
ŞEKİL 9. Kuyu Dibi Sıcaklığının Bilinmesi Halinde Belli Bir Metredeki Formasyon Sıcaklığının Bulunması



ŞEKİL 10. Rwe Değerinin Bulunması

75°F' da ölçülen Rmf > 0.1 ise Rmfe = Rmf * 0.85 tir. Tüm bu hesaplamalarda Rmf nin formasyon sıcaklığındaki değeri kullanılmalıdır.

Formasyon sıcaklığındaki direnç değerlerinin bulunabilmesi için şekil 9' deki tablo kullanılır. Rmfe değeri bulunduktan sonra Rmfe / Rwe ve Rmfe değerleri kullanılarak şekil 10' deki tablodan Rwe bulunur. Rwe bulunması için ise yine şekil 11' deki tablo kullanılır. Rwe değeri ile tabloya girilir ve uygun formasyon sıcaklığı ile kesiştirilerek Rw değeri bulunur.



ŞEKİL 11. Rwe Bilindiğinde Rw Değerinin Bulunması

7.4. Direnç Gözeneklilik Logları Kullanılarak Rw Bulunması

7.4.1. Rwa Log

Temiz formasyonlarda formasyon suyu doygunluğu "Archie" eşitliği ile aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Sw^2 = \frac{F * Rw}{Rt}$$

Formasyonun %100 suya doygun olması halinde $Sw = 1$ olur. Bu durumda eşitliği Rw için yeniden düzenlersek

$$Rw = \frac{Rt}{F} \quad 1$$

olur, karbonatlarda $F = \frac{1}{\phi * 2}$

dir, formasyon petrol içerse bile F aynı kalır. Yalnız Rt artar. Bu eşitliği geliştirerek aşağıdaki şekilde yazabiliriz.

$$R_{wa} = PHI * 2 RT$$

R_{wa} hesaplanan zonda %100 suya doymun kesim varsa; temiz, gözenekli ve geçirgen zonlar karşısında bulunan R_{wa} değerleri içinde en küçük olanı R_w değeri olarak seçilir ve su zonunu gösterir. R_{wa} > 3R_w olan yerler ise hidrokarbonlu zonlara karşılık gelir(Gearhart, 1974.).

7.4.2.Rwmax Log

Yayılmı zonu ve temiz zondaki su doymunlukları "Archie" eşitliği kullanılarak şu şekilde ifade edilir:

$$S_w^2 = \frac{F * R_w}{R_t} \quad S_{xo}^2 = \frac{F * R_{mf}}{R_{xo}}$$

S_w = S_{xo} = %100 olası halinde;

R_{wmax} = R_{mf} * R_t / R_{xo} olarak ifade edilir.

- Petrollü aralıklarda R_{wmax} < R_{wa} olur.
- Kesif, petrollü zonlar R_{wmax} minimum değerine ulaşır ki bu değer küçük eşit R_w olarak alınabilir (sulu zonlar yok ise).
- R_{wa} ve R_{wmax}ın kesiştiği noktalar suludur.
- Petrollü zonda hesaplanan zondan büyük R_{wmax} değerlerinin artması ile geçirgenliğin artması sayılamayan olarak uyumludur.
- R_{wmax} ve R_w birlikte artarsa bu yayılımın olmadığını gösterir, asfalt göstergesi olabilir.
- Eğer R_{wa} = R_{mfa} = R_w < R_{mf} ise sığ yayılım gösterir. R_{wa} güvenilir.
- Eğer R_{wa} > 3R_w ve R_{mfa} > R_{mf} ise R_{mfa} hidrokarbon göstergesi olarak R_{wa} yı doğrular.
- R_{mfa} ~ R_{mf} ve R_w < R_{wa} < R_{mf} ise derin yayılım gösterir. Bu durumda diğer bir metotla R_w bulunması gerekir(Gearhart, 1974.).

8.SU VE HİDROKARBON DOYGUNLUKLARININ BULUNMASI

8.1.Su Doygunluklarının Bulunması

Hazne kayaçlarda gözeneklerin su ile dolu olan yüzdesi su doygunluğu (S_w) olarak ifade edilir. Genellikle gözeneklerin su ya da hidrokarbonla dolu olduğu kabul edilir ve formasyonunun su ve hidrokarbon doygunluklarının hesaplanması log yorumunun temel hedeflerinden biridir.

8.1.1.Temiz Formasyonlar

8.1.1.1.Direnç – Gözeneklilik Ve Su Doygunluğu

“Archie” eşitliği temiz, homojen ve tane arası gözeneklilik içeren haznelerde su doygunluklarının bulunması için kullanılan eşitliktir.

Temiz zonda su doygunluğu;

$$S_w^n = F * R_w / R_t \quad F = a / \text{PHI}^m$$

Yayılm zonunda su doygunluğu;

$$S_{xo}^n = F * R_{mf} / R_{xo}$$

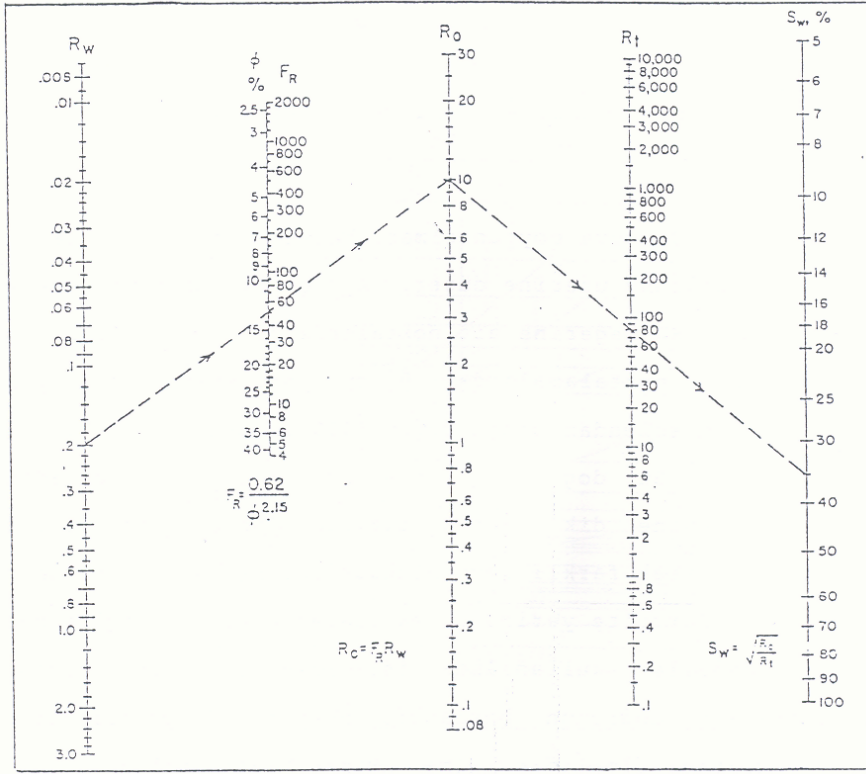
Bu eşitliklerde genellikle $n = 2$ olarak alınır ve a ve m değerleri ise değişkendir.

Karbonatlarda $F = 1 / \text{PHI}^{**2}$,

Kumtaşlarında $F = 0.62 / \text{PHI}^{**2.15}$ (Humble equ) veya

$$F = 0.81 / \text{PHI}^{**2} \text{ olarak kabul edilebilir.}$$

Yukarda bahsedilen bu eşitliklerin grafik çözümü şekil 12’ de verilmiştir. R_w , PHI , R_t değerleri ile bu nomograma girilip S_w bulunabilir. Aynı şekilde S_{xo} değerinin bulunabilmesi içinse R_w yerine R_{mf} , R_t yerine de R_{xo} değerleriyle girilir (Özkanlı, M., 1990.).



ŞEKİL 12. R_w , Φ , R_t Bilindiği Taktirde S_w ' nun Bulunması.

SONUÇLAR

Loglarla ilgili temel bilgiler verilmiş olup elde edilen petrofizik veriler hesaplanarak bu verilerin verilen örneklerde nasıl yapıldığı ve yorumlandığı öğrenilmiştir.

Bunun dışında log değerlendirme müdürlüğü dışında da diğer servisler , projeler ve müdürlükler tarafından da verilen seminerler sayesinde PTTAO ve çalışmalar hakkında geniş bilgi verilmiştir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Gearhart, 1974. Formation Evaluation Data Handbook; Gearhart-Owen Industries, Inc., USA., 240 p.

Özkanlı, M., 1990. Log Yorumu Prensipler ve Uygulamalar; Ankara., 3-203 s.

PES & IADC, 1971. Well Logging Methods; Petroleum Extension Service, USA, 46 p.

Schlumberger, 1972. The Essentials of Log Interpretation Practice; Schlumberger Educational Services, France, 58 p.

Schlumberger, 1986. Log Interpretation Principles/Applications; Schlumberger Educational Services, USA, 112 p.

Sobutay, A., 1982. Bilgisayar ve Jeoloji – 1; PTTAO Eğitim Servisi, Ankara 77 s.

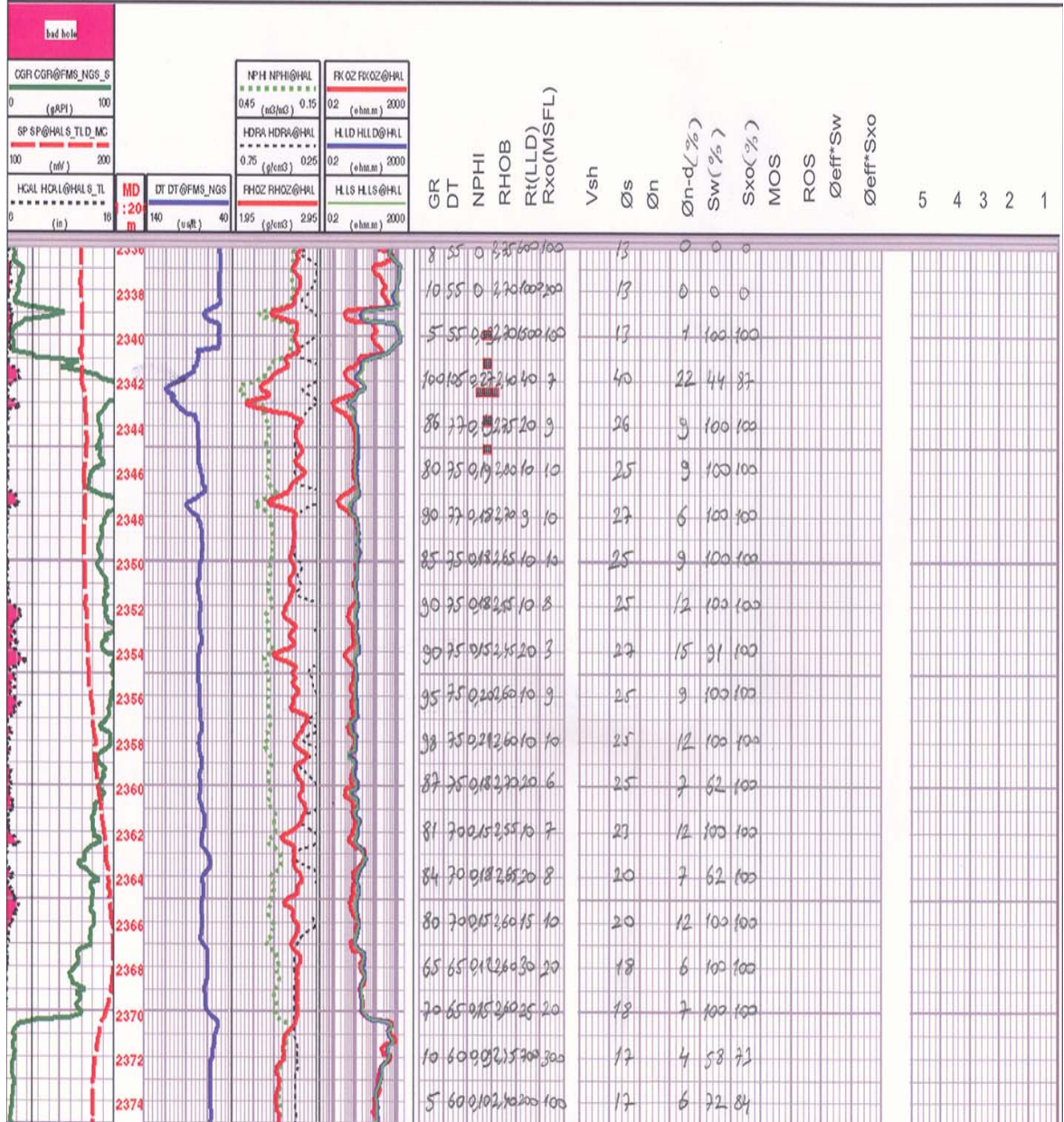
SPWLA, 1975. Glossary of Terms & Expressions used in Well Logging; Society of Professional Well Log Analysts, USA, 74 p.

EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK1: R_w , S_w , S_{xo} değerlerinin bulunması, log ve porozite okumalarının, yapılması uygulaması.....	31
EK2: S_w , S_{xo} , ROS, MOS değerlerinin bulunup değerlendirilmesi uygulaması.	33
EK3: Sonik logdan porozite hesaplanması uygulanması.....	36
EK4: Örnek bir kuyu prosesi.....	38

EKLER:

EK1: Rmf'i 0,054, sıcaklığı 80°F, kuyu dibi sıcaklığı 180°F, tuzluluğu 6000 ppm olan kuyunun Rw, Sw, Sxo değerlerini bulunuz. Log ve gözeneklilik okumalarını yapınız (Schlumberger, 1972.).



GR , DT , NPHI , RHOB , RT(LLD) , Rxo(MSFL) logları verilen loglardan okunup yazılmıştır.

Øs: Verilen tablodan okunan Dt değerleri ile karşılaştırılarak bulunan değerler.

Øn-d: NPHI ve RHOB değerlerinin ortasından geçen hayali bir çizgi olduğu düşünülüp NPHI'nin skalasına göre okunan değerler. (% olarak)

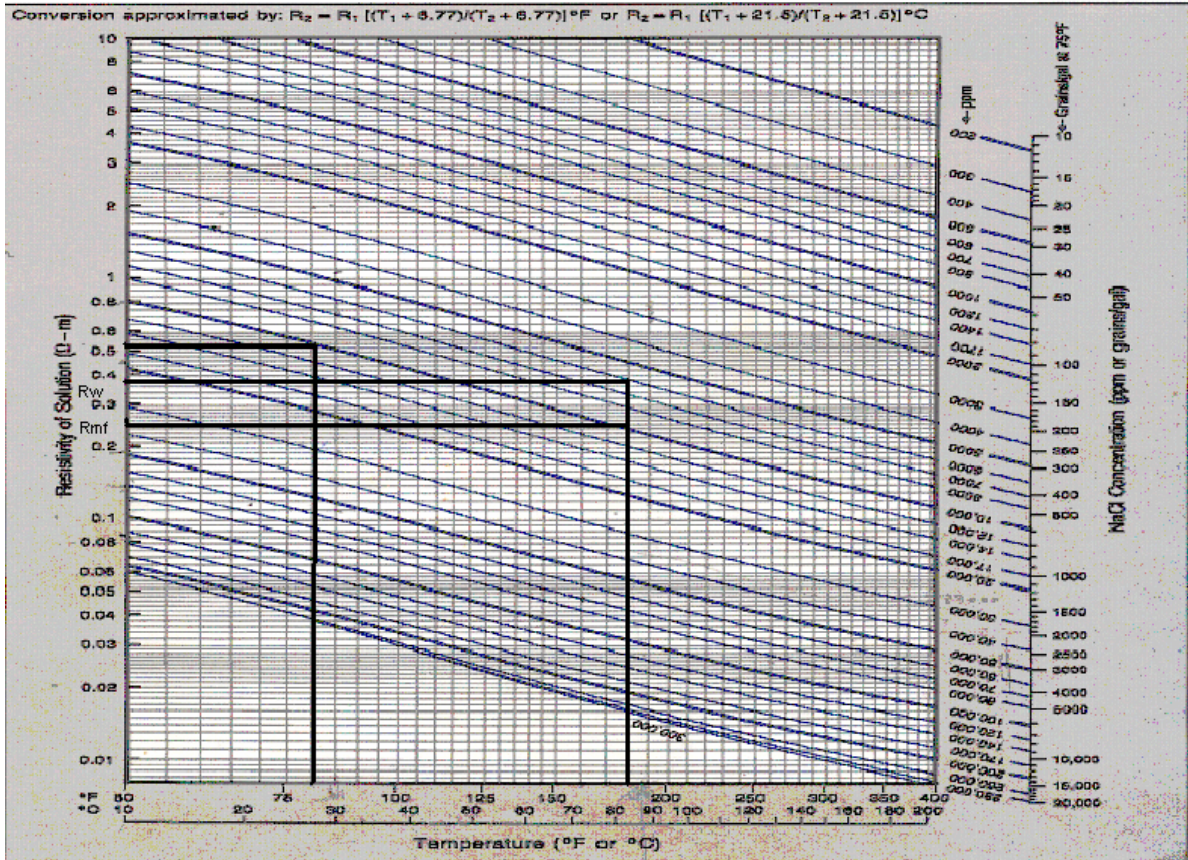
$$Sw: \sqrt{Rw / \emptyset^2 * Rt}$$

$$Sxo: \sqrt{Rmf / \emptyset^2 * Rxo}$$

Rmf: Verilen tablodan Rmf değeri kuyu dibi sıcaklığına göre tekrar bulunur. Tabloda Rmf ile sıcaklığı karşılaştırılır ve tuzluluk değeri bulunur. Bununla da kuyu dibi sıcaklığını karşılaştırıp Rmf değeri bulunur. (Bulunan değer: 0.25)

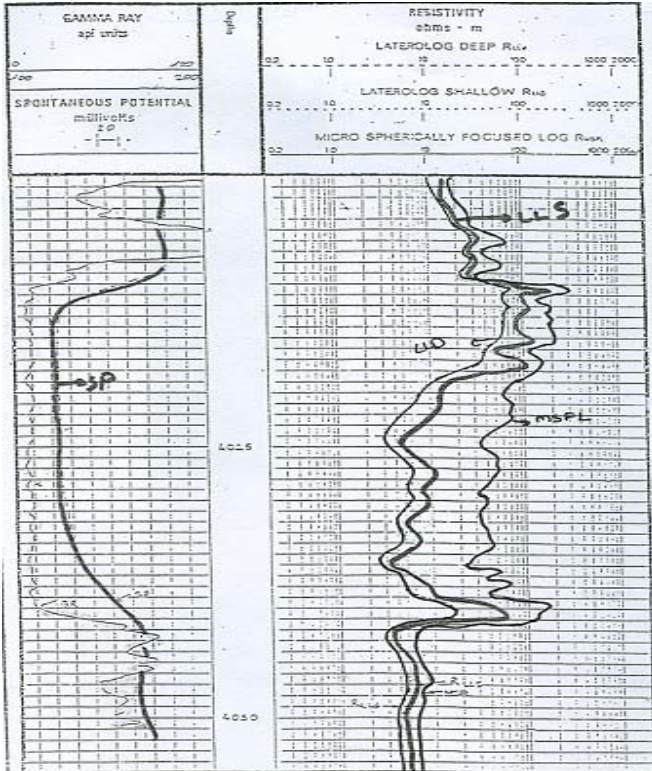
Rw: Verilen tuzluluk değeri ile kuyu dibi sıcaklığı karşılaştırılarak bulunur. (Bulunan değer: 0.39)

Resistivity of NaCl Solutions



EK2: Verilen noktalarda litolojimizi kireçtaşı kabul ederek Sw, Sxo değerlerini bulunuz, varsa kalıcı ve hareketli petrol oranlarını belirleyiniz ve sonucunu yazınız (Özkanlı, M., 1990.). (Rmf= 1 ohmm)

Deri nlik	NPHI	Sw	Sxo	ROS	MOS	Sonuç
4010	8.0					
4012	8.5					
4014	8.5					
4016	9.0					
4018	9.0					
4020	11.0					
4022	8.0					
4024	9.0					
4026	7.0					
4028	7.5					

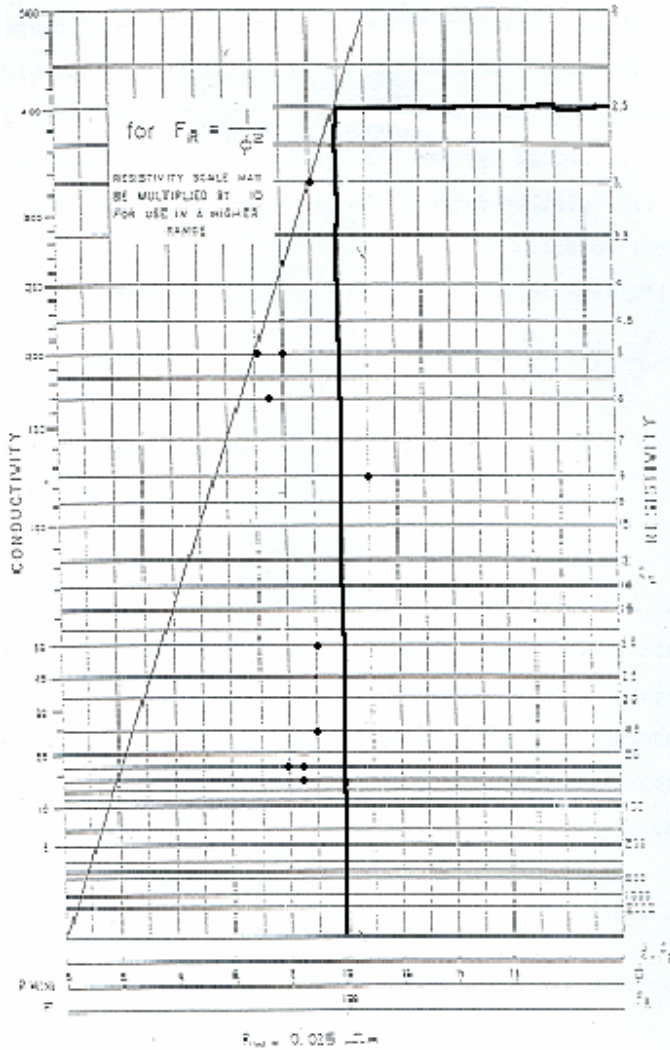


Logda belirtilen aralık için R_t değerleri okunur ve bu değerlere karşılık gelen NPHI değerleri ile birlikte Gözeneklilik-Direnç noktalaması yapılır. Bu noktalamada NPHI= 0 olduğu yerden ve noktaların en solundan geçecek şekilde çizilen doğru %100 su doygunluk (S_w) hattı olduğu kabul edilir. %100 suya doygun bir zonda $S_w=1$ olacağından, $S_w^2 = F_r \cdot R_w / R_t \rightarrow 1 = F_r \cdot R_w / R_t \rightarrow R_w = R_t / F_r$

Bu hat üzerinde seçilen bir noktaya karşılık gelen direnç ve formasyon direnç faktörlerinin oranı R_w değerini verir. Örneğin %10 pu porozite için F faktörü 100'dür. Burada ise 10 pu poroziteye karşılık gelen direnç değeri ise 2.5 ohmm' dur.

$$R_w = R_t / F_r \rightarrow R_w = 2.5 / 100 \rightarrow R_w = 0.025 \text{ ohmm bulunur.}$$

Noktalamanın nasıl yapıldığı tabloda gösterilmiştir.



$$Sw^2 = R_w / \text{PHI}^2 * R_t \quad Sxo^2 = R_{mf} / \text{PHI}^2 * R_{xo}$$

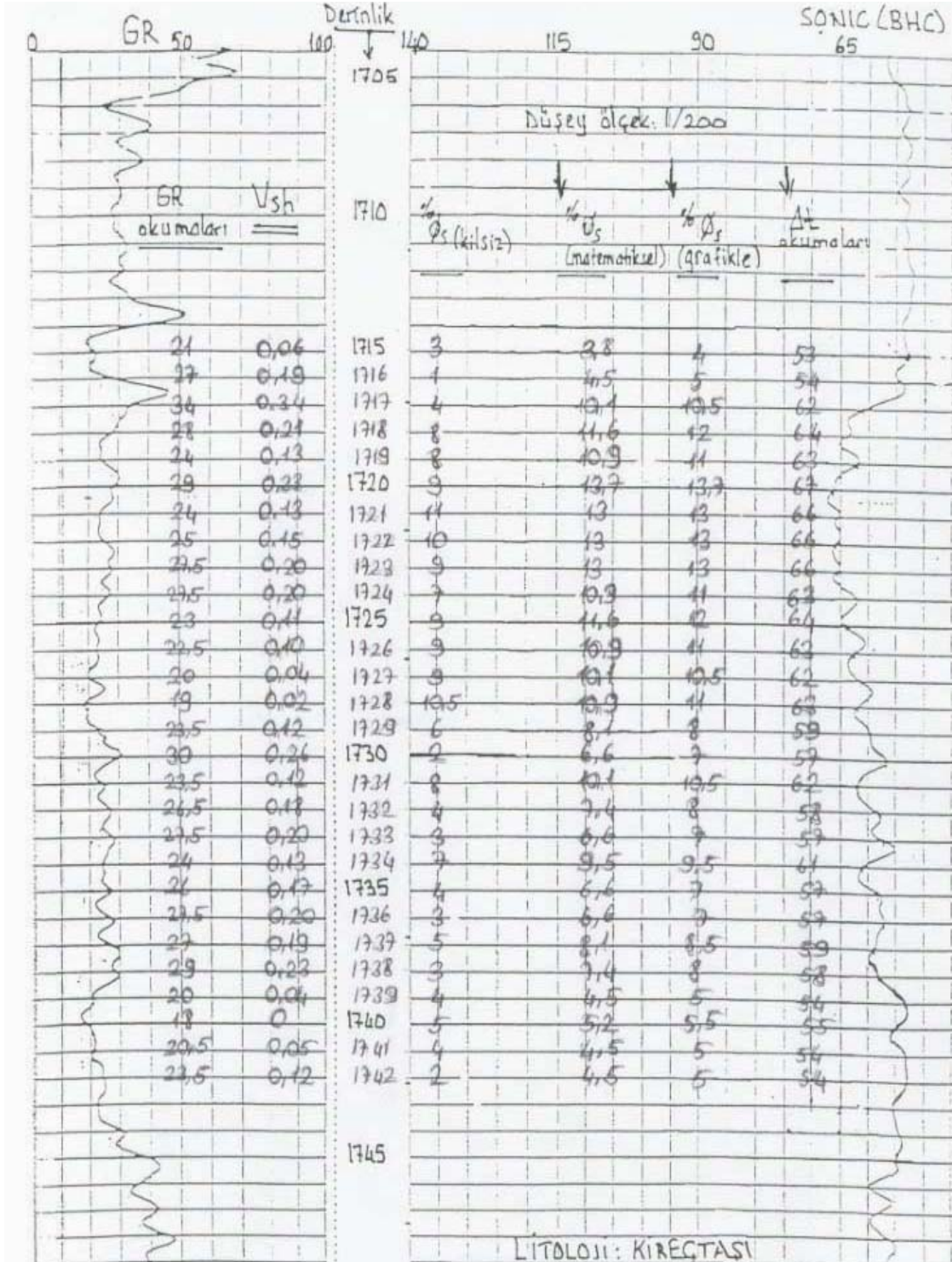
$$\text{MOS} = Sxo - Sw \quad \text{ROS} = 1 - Sxo$$

Rt: LLD logundan okunan değerler yazılmıştır

Rxo: MSFL logundan okunan değerler yazılmıştır.

Derinlik	PHI	Rt	Rxo	Sw	Sxo	MOS	ROS	Sonuç
4010	8.0	60	180	0.26	0.63	0.37	0.37	Petrollü
4012	8.5	70	200	0.22	0.56	0.34	0.44	Petrollü
4014	8.5	60	200	0.24	0.56	0.32	0.44	Petrollü
4016	9.0	40	110	0.28	0.71	0.43	0.29	Petrollü
4018	9.0	20	150	0.39	0.61	0.22	0.39	Sulu
4020	11.0	8	60	0.51	0.79	0.28	0.21	Sulu
4022	8.0	5	70	0.88	1.00	0.12	0.00	Sulu
4024	9.0	3	40	1.00	1.00	0.00	0.00	Su
4026	7.0	5	50	1.00	1.00	0.00	0.00	Su
4028	7.5	6	45	1.00	1.00	0.00	0.00	Su

Ek3: Sonic logdan gözeneklilik hesaplanması uygulaması.



- GR okumaları:** Logdan okunan değerler yazılmıştır.
- Vsh:** GR-GRmin/GRmax-GRmin
- Øs(kilsiz):** $\Delta t - \Delta t_{ma} - Vsh(\Delta t_{sh} - \Delta t_{ma}) / 189 - \Delta t_{ma}$
- Øs(matematiksel):** $\Delta t - \Delta t_{ma} / \Delta t_f - \Delta t_{ma}$
- Øs(grafikle):** Tablodan okunan değerler yazılmıştır.
- Δt okumaları:** Logdan okunan değerler yazılmıştır.
- Δt_{ma}= 47.6 Δt_f= 189 Δt_{sh}= 75 GR_{min}= 18 GR_{max}= 65**

