

VI. KUYU LOGLARI, ÇEŞİTLERİ VE YERALTI JEOLJİSİNDEKİ ÖNEMİ

Açılan sondaj kuyularında, geçilen birimlerin litolojik, petrofizik ve kimyasal özelliklerindeki değişimlerin derinliğin fonksiyonu olarak ölçülmesine **KUYU LOGU** denir. **LOG** ise delinmiş olan sondaj kuyularında belirli bir jeolojik yada fiziksel parametrenin derinliğin fonksiyonu olarak ölçülüp otomatik veya manuel olarak kaydedilerek elde edilen grafiktir. **Kayıt edilen fiziksel özellikler** öz direnç, ses dalgası hızı, radyoaktivite, rezistivite, kondüktivite gibi özellikler; sondaj kuyusunun çapı, çamur pastası kalınlığı gibi geometrik parametreler veya kaya-zemin gibi birimlerin mühendislik özellikleridir.

Bu değişikliklerden kaydedilip değerlendirilerek jeolojik yönden açıklanmasına **kuyu loglarının değerlendirilmesi** denir. Kayaçların ölçülen fiziksel parametreleri yorumlanarak yeraltının su-petrol seviyeleri, bu maddelerin formasyondaki saturasyon dağılımları, akiferin kalınlığı, kil, şeyl, jips ve anhidrit bantları ve alterasyon bulunabilir.

Yapılan çalışmanın amacına bağlı olarak iki değişik tür loglama yapılabilir:

1. Jeoteknik loglama,
2. Petrol_su sondajlarında yapılan loglamalar

1. JEOTEKNİK LOGLAMA

Kaya-Zemin etüdü çalışmalarında ve cevher aramaya yönelik çalışmalarda jeoteknik veri toplanmasında ve değerlendirilmesinde en yaygın şekilde kullanılan bir yöntemdir. Jeoteknik amaçlı çalışmalarda kaya malzemesine ve kaya kütesine ait özelliklerin derinlikle değişimi hakkında veri elde edilmesi için jeoteknik sondajları yüzeyden itibaren sürekli karot alınarak yapılır ve elde edilen karotlar jeoteknik amaçlarla loglanır. Bu tür loglara “**Jeoteknik Log**” adı verilmektedir. Sondaj sırasında karotlar, birbirini izleyen, belirli bir uzunluğa sahip ve “İlerleme Aralığı” veya “Manevra Aralığı” adı verilen aralıklar boyunca alınır.

Bu tür logların başlıca amaçları:

- (a) Jeolojik birimlerin derinlikle değişimini göstermek,**
 - (b) Kaya ve zemin türü birimlerin bazı mühendislik özelliklerini tanımlamak,**
 - (c) Süreksizlik özelliklerini tayin etmek ve**
 - (d) Yeraltısuyu ile ilgili verileri**
- kaydetmektir.

DÖNEL KAROTLU SONDAJ

Amaçları: - Sondaj kuyusu açmak

- Örnek almak





**Sürekli örnek alımı → Elmaslı matkapla
Sondaj sırasında kullanılan sondaj sıvısı
matkabın etrafından geçerek tekrar
yüzeye döner ve döngü sağlanır.**









SONDAJ KAYITLARI

Sondaj logları (jeoteknik loglar) aşağıdaki bilgileri içermelidir.

- ☐ Sözleşmeyle ilgili bilgiler → İncelemeyi yapan, müşteri, lokasyon ve mühendisin adı
- ☐ Sondajın lokasyonu → No., kot, eğim
- ☐ Sondaj ekipmanı → Kule tipi, muhafaza borusu, kuyu çapı
- ☐ Sondajın başlama ve bitiş tarihleri
- ☐ Jeoteknik veriler
- ☐ Yeraltısuyuna ilişkin kayıtlar → YASS, su kaçakları vb.
- ☐ Örnekler → Derinlik, çap, No., kullanılan örnekleyici
- ☐ Arazi deneyleri → Deneyin derinliği, deneyin türü ve deney sonuçları

Sondajlarda ilerleme aralığı zemin koşulları ile kullanılan ekipmanın ve karotiyerin uzunluğuna bağlı olarak değişir. Güç koşullarla karşılaşmadığı takdirde, ilerleme aralığı Türkiye’de genellikle 3 veya 3.05 m’dir. Karot veriminin düştüğü durumlarda daha kısa aralıklarla ilerlenir.

Sondaj karotlarında jeoteknik amaçlarla,

- (a) Toplam karot verimi**
 - (b) Sağlam karot verimi**
 - (c) Kaya Kalite Göstergesi (RQD)**
 - (d) Eklem sıklığı**
 - (e) Süreksizliklerin özellikleri**
- ölçülür veya tanımlanır.

(a) Toplam Karot Verimi (TKV):

$$\text{TKV (\%)} = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında alınan karot parçalarının toplam uzunluğu}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$

(b) Sağlam Karot Verimi (SKV):

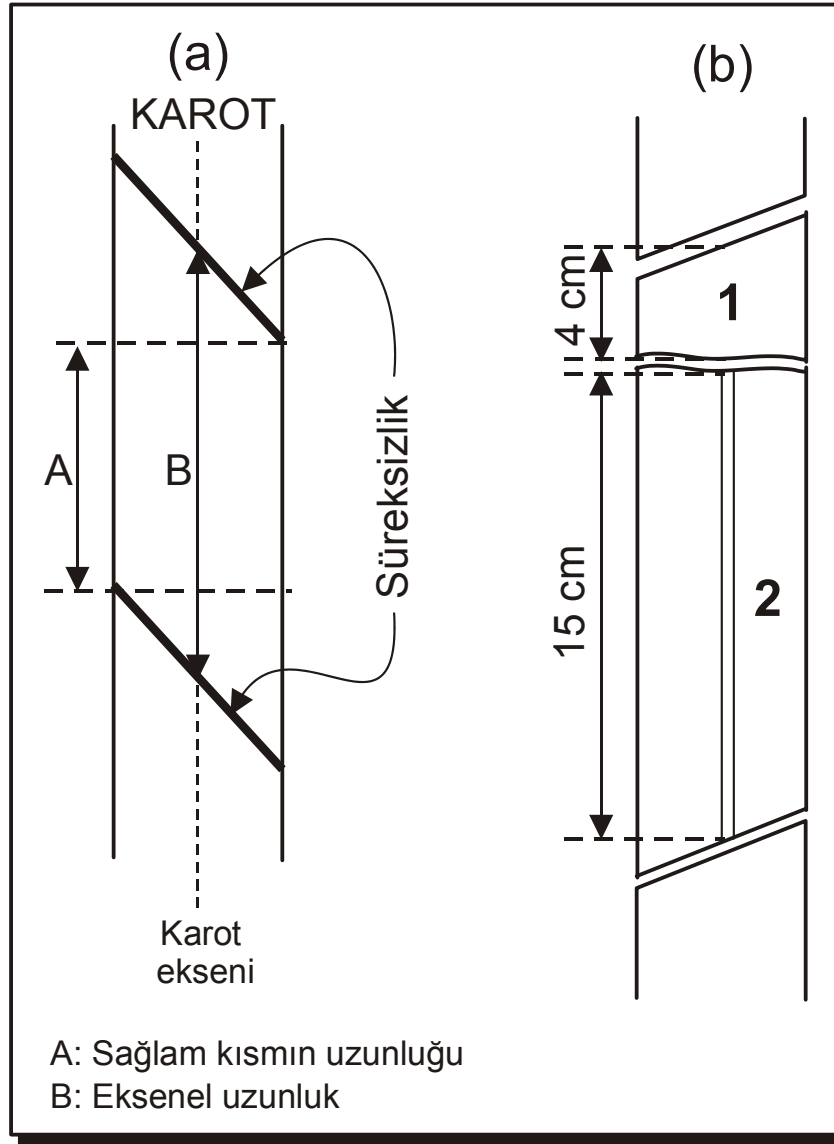
$$\text{SKV(\%)} = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam uzunluğu}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$

(c) Kaya Kalite Göstergesi (RQD)

$$\text{RQD(\%)} = \frac{\text{Bir ilerleme aralığında boyu 10 cm ve 10 cm'den büyük olan karotların toplam uzunluğu}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$

(d) Eklem Sıklığı (FF):

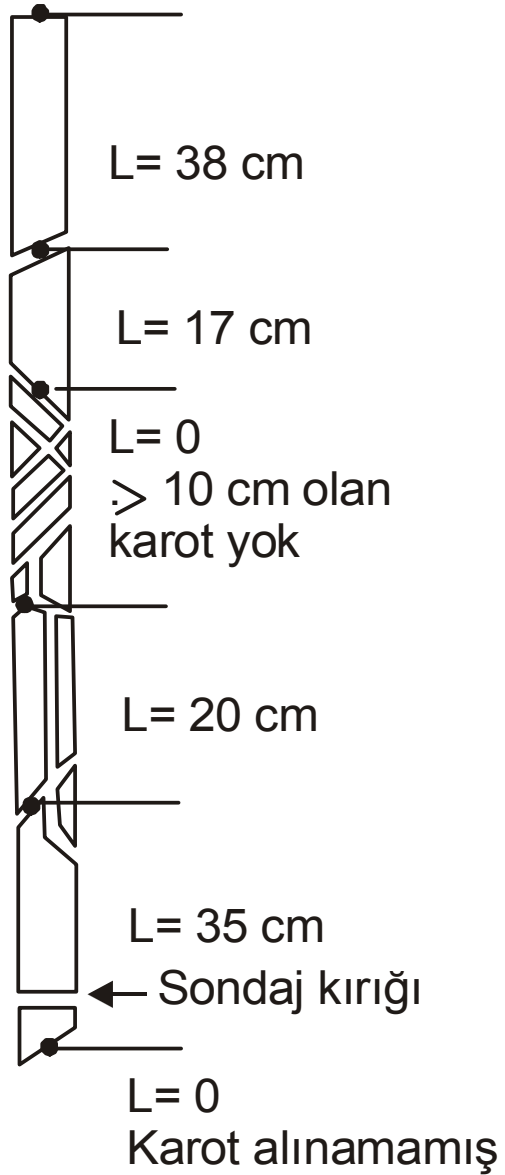
$$\text{FF(mm}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Bir ilerlemedeki ayrık doğal süreksizliklerin sayısı}}{\text{İlerleme aralığının uzunluğu}}$$



(c)



(a) Eğimli süreksizlik yüzeyleri arasında RQD'nin ölçümü ve (b) dik ve dike yakın eğimli süreksizliklerin RQD'ye dahil edilmesi (1 no.lu süreksizliğin boyu <10 cm olup, RQD'ye dahil edilmezken, ortasından dik bir süreksizlikle bölünmüş ve boyu 15 cm olan 2 no.lu süreksizlik RQD'ye dahil edilir), (c) sondaj karotlarının süreksizlikler boyunca çakıştırılarak ölçüm alınması (Ulusay ve Sönmez, 2007'den)

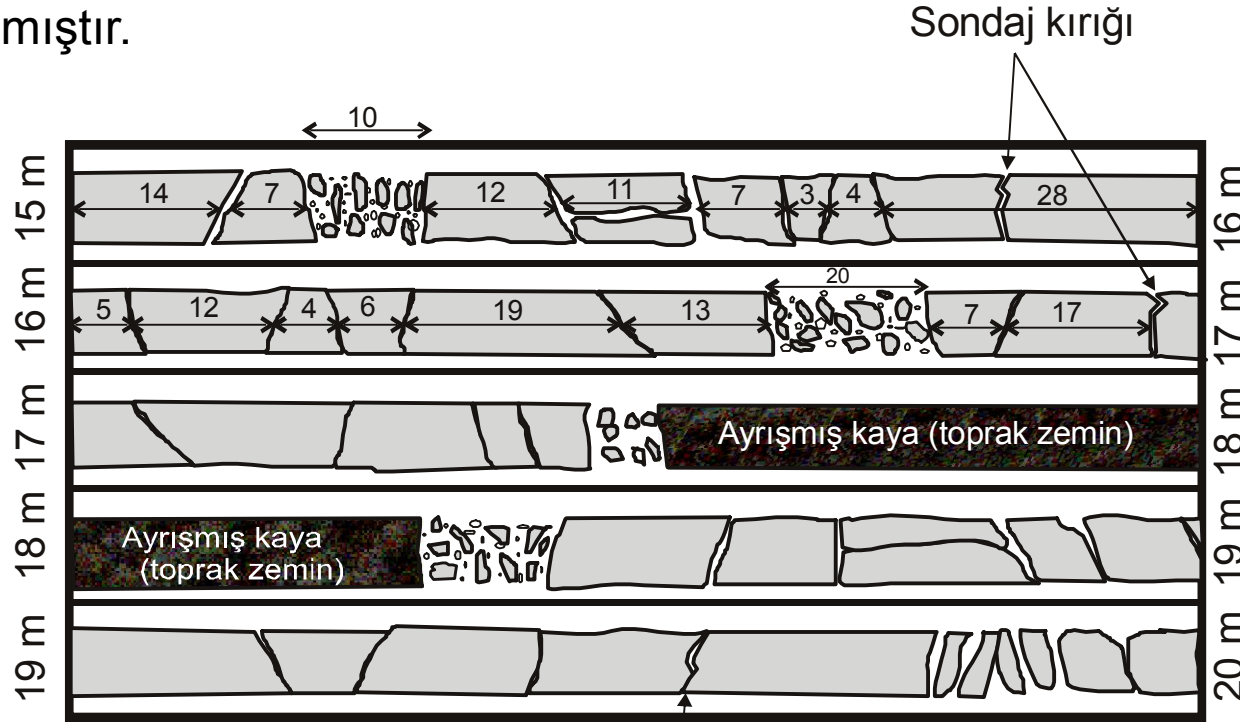


İlerleme uzunluğu = 200 cm

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 35}{200} \times 100 = \%55$$

RQD'nin hesaplanmasıyla ilgili bir örnek (Deere ve Deere, 1988)

Jeoteknik amaçlı bir sondajın 15-19 metreleri arasından alınan karotların karot sandığındaki görünümünü aşağıda verilmiştir. Bu sandıkta 15-16 m'ler arasındaki ilerlemeye ait TKV, SKV, RQD ve FF parametreleri örnek olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



$$\text{TKV} = \frac{14 + 7 + 10 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{96}{100} = \%96$$

$$\text{SKV} = \frac{14 + 7 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{86}{100} = \%86$$

$$\text{RQD} = \frac{14 + 12 + 11 + 28}{100} = \frac{65}{100} = \%65$$

$$\text{FF} = \frac{9}{1} = 9 \text{ m}^{-1}$$



JEOTEKNİK LOGLAMADA SÜREKSİZLİK ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ VE TANIMLANMASI

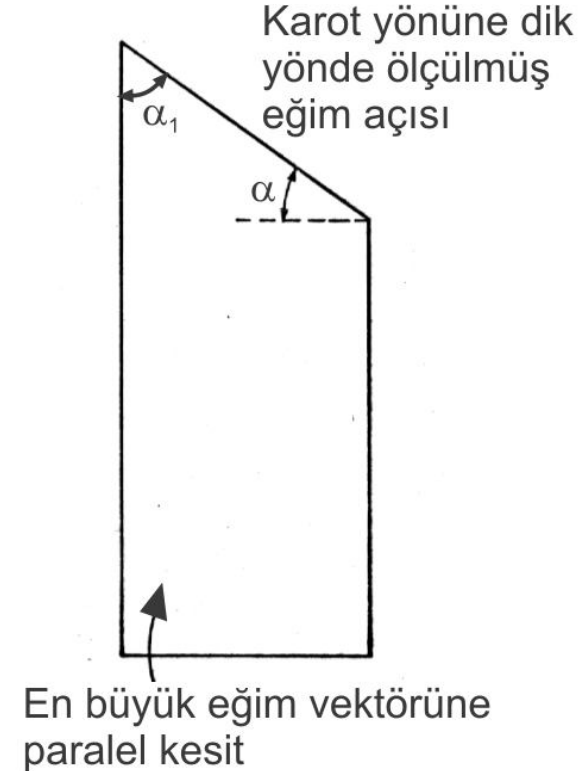
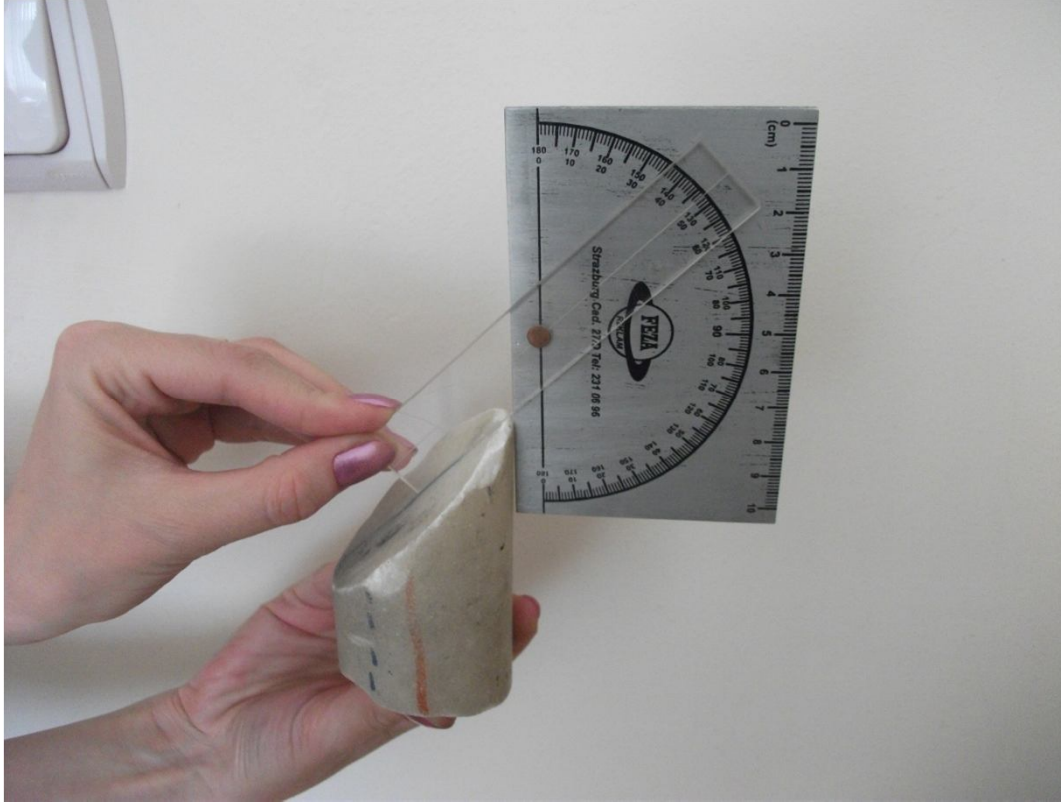
Jeoteknik loglamada sondaj karotlarında gözlenen süreksizliklerin aşağıdaki çizelgede belirtilen özellikleri ölçülür veya tanımlanır. Bu özelliklere ilişkin ölçüm ve tanımlamaların kalitesi, karot ve kaya yüzleği bazında aynı çizelgede karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge . Süreksizliklerin özellikleri ve bunların ölçüm ve tanımlama kalitesinin karot ve kaya yüzleği bazında karşılaştırılması (Hudson, 1989)

Özellik	Ölçüm yöntemi	Karotta	Kaya yüzleğinde
Yönelim	Pusula-gonyometre	o	i
Aralık	Şerit metre	i	i
Devamlılık	Şerit metre	k	i/o
Pürüzlülük	Referans yüzeyler	o	i
Yüzey dayanımı	Schmidt çekici	o	i
Açıklık	Kumpas veya cetvel	k	i
Dolgu	Gözlemsel	k	i
Sızıntı	Zamana bağlı gözlem	k	i
Set sayısı	Stereografik izdüşüm	o	i
Blok boyutu	tekniği	k	i
	3 boyutlu eklem sıklığı		

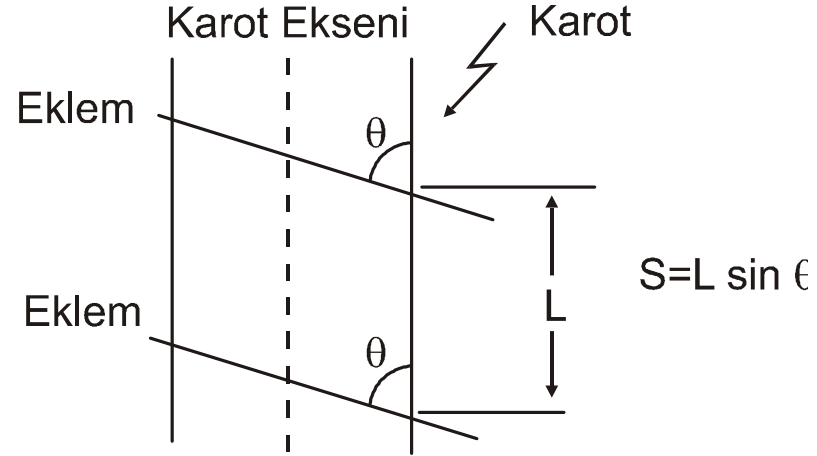
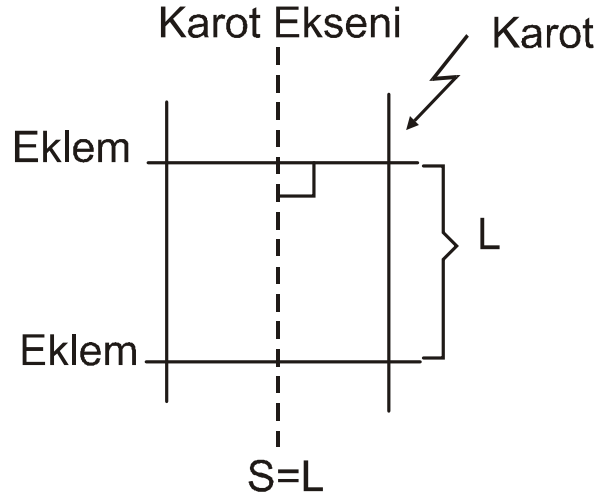
i: iyi, o: orta, k: kötü

(a) Yönelim: Gonyometre adı verilen özel bir açı ölçer ile karottan α_1 açısı ölçülür. Sondaj dik ise $90 - \alpha_1 = \beta$ süreksizliğin gerçek eğimini verir. Ancak yönlendirilmiş karot tekniği kullanılmadığı takdirde süreksizliğin eğim yönü belirlenemez



Sondaj karotlarında gonyometre ile süreksizlik eğim açısının ölçülmesi

(b) Aralık (S):



(c) Devamlılık: Sondajlar, enjeksiyon perdesi oluşturmak gibi bir amaçla çok yakın aralıklarla yapılmadıkça, devamlılığın sondaj karotlarından değerlendirilmesi mümkün değildir. Çok yakın sondajlarda süreksizliklerin dikkatli şekilde karşılaştırılması, devamlılık hakkında fikir verebilir. Bununla birlikte, tabakalanma, şistozite, dilinim ve fay düzlemleri yüksek devamlılığa sahip süreksizlikler olarak kabul edilir.

(d) Pürüzlülük: Büyük ölçekte pürüzlülük sondaj karotlarında incelenemez. Ancak tipik pürüzlülük profilleri ile karşılaştırma yapılabilir.

(e) Yüzey dayanımı: Süreksizlik yüzeyleri birbirleriyle uyumlu ise (çakışiyorsa), bu yüzeyler üzerinde Schmidt deneyi uygulaması iyi sonuç verir. Aksi halde, aradaki dolgu yıkanmış ve kuyuda kalmış olacağından, süreksizlik yüzeyinin dayanımı önem taşımaz.

(f) Açıklık: Eğer karotlarda gözlenen süreksizliklerin iki yüzeyi de birbiriyle uyumlu ise, süreksizlik çok sıkı (<0.1 mm) veya sıkı (0.1-0.5 mm) olarak tanımlanabilir. Dolgulu bir süreksizlik söz konusu ise, dolgu çoğu kez sondaj sıvısıyla yıkanıp kuyuda kalacağından, karotlarda açıklık tayini her zaman gerçekçi olmayabilir. Bunun önlenmesi için çift veya üç tüplü karotiyer kullanılmalıdır.

(g) Dolgu: Yumuşak dolgu malzemesi yıkanabilir ve süreksizlik yüzeyinde sadece kil minerallerinin izi kalabilir.

(h) Sızıntı: Süreksizlik yüzeyleri boyunca demir oksitli sıvama gözleniyorsa, o derinlikteki kaya kütlelerinin su tablasının üstünde yer aldığı düşünülebilir.

(i) Set sayısı: Karot oryantasyonu (yönlü karot) gereklidir.

(j) Blok boyutu: Sondajlarda blok boyutunun kısa sürede ve pratik şekilde belirlenmesi için, tipik karot parçaları seçilip bunların ortalama boyları hesaplanır (± 10 % sınırları içinde). Eğer, karotlar yönlü olarak alındı ise (eğimli kuyu gibi), blok boyutu indeksi (I_b) hesaplanabilir.

PROJE : **ÖRNEK** EĞİM : Dik KOORDİNATLAR :
 LOKASYON : EĞİM YÖNÜ : — X _____
 MAKİNA TİPİ : Long Year-44 SAPMA : — Y _____
 SONDAJ YÖNTEMİ : Rotari (Dönel) DERİNLİK : 51.85 m Z _____
 KAROTİYER VE MATKAP : 6.10 m'ye kadar NW, gerisi NQ;elmaslı BAŞLAMA T. : 7.5.1988 LOGLAYAN
 MUHAFAZA BORUSU : 40 m BİTİŞ T. : 12.5.1988

MANEVRA		KAROT VERİMİ				RQD		SÜREKSİZLİKLER												JEOTEKNİK TANIM		ÖRNEK NO.
BAŞI (m)	SONU (m)	TOPLAM		SAĞLAM (Silindirik Karot)		RQD İÇİN KAROT BOYU (m)	RQD (%)	TİP	ADET VE SIKLIK	EĞİM(α°)	EĞİM YÖNÜ (*)	DOLGUNUN TİPİ KALINLIĞI VE DAYANIMI	PÜRÜZÜLÜK	DALGALILIK	NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ (I _n (MPa))	DAYANIM İNDEKSİ	BOZUNMA DERECESİ	DOLAŞIM SUYU KAYBI (%)	SEMBOLOK LOG			
		m	(%)	m	(%)																	
45.75	48.80	2.90	95	2.75	90	2.10	6.9	J	6 2	30	120	Dolgusuz	2	2	—	R ₄	W ₂	25	XX ... XX ...	Pembe, az bozunmuş ANDEZİT, dayanıklı, az geçirgen	—	
48.80	51.85	2.70	8.8	2.50	82	1.70	56	J	11 4	35	110	Kil < 1mm, S ₃	2	2	—	R ₃	W ₃	10	XX ... XX ... XX ...	Pembe, eklemlı, orta derecede bozunmuş ANDEZİT, orta dayanımlı ve orta derecede geçirgen	10	
—	S O N D A J					S O N U				—												

Yeraltısıyu seviyesi ölçümleri					NOTLAR : Karotlar üzerinde dayanım deneyi (nokta yükleme deneyi) uygulanmamıştır.	
Tarih	Saat	Sondaj Derinliği (m)	Muhafaza Derinliği (m)	Suyun Derinliği (m)		

PROJE :

Sondaj makinasının tipi:

Karotiyer tipi:

Matkap tipi:

Talep eden kuruluş:

Kuyu ağı koordinatları: Y: 11067.96 - X: 6918.63

Kuyu ağı kotu: 1572 m

Eğim: Dik

Azimet: -

SONDAJ NO: D-17

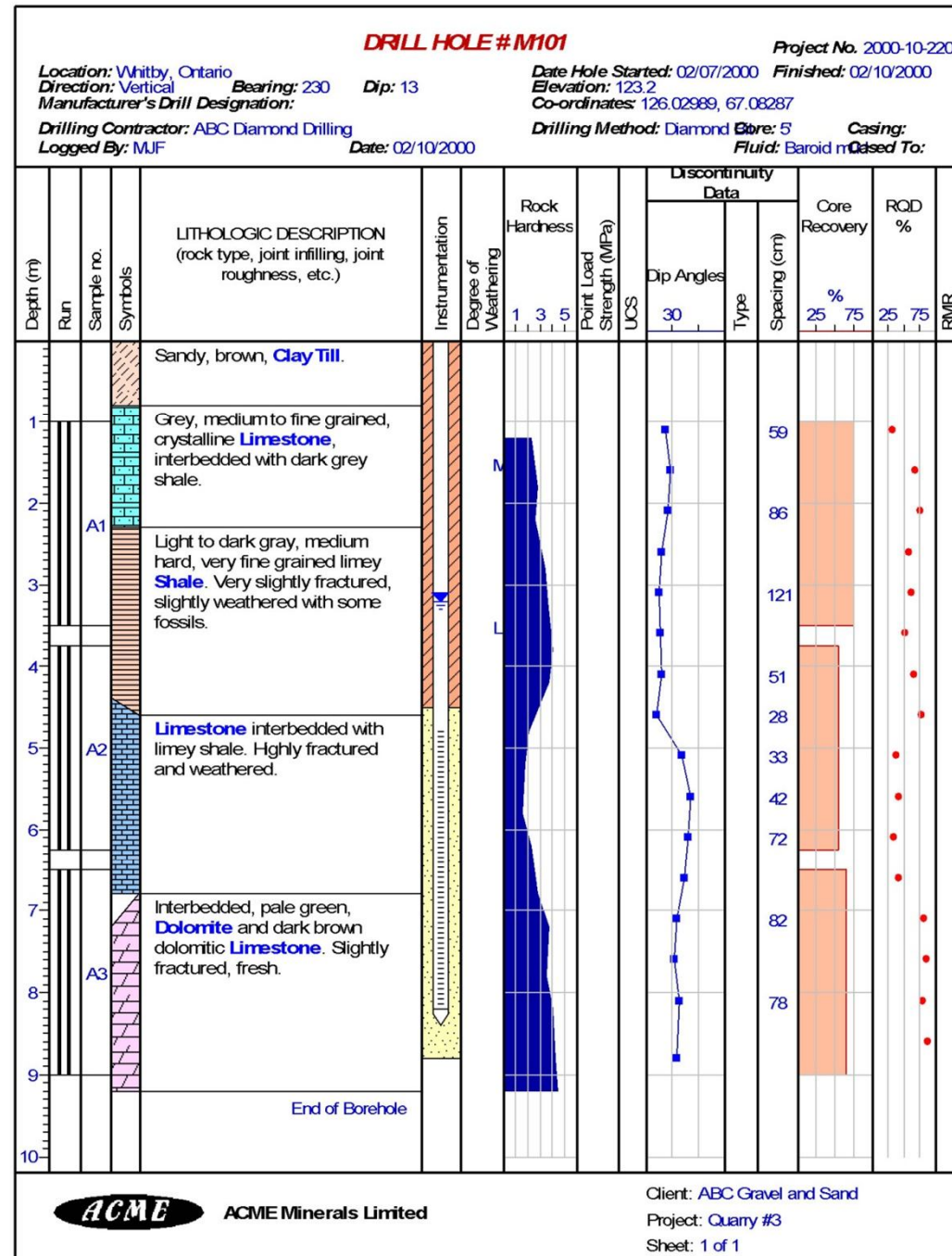
Sayfa No:

Sondajı yapan: MTA

Loglayan: KZMS

Tarih: Kasım 1980

Derinlik (m)	İlerleme ve muhafaza borusu ile ilgili veriler	Su derinliği (m) Su döngüsü (%) Permeabilite (m/s)	Toplam karot verimi (%)	Sağlam karot verimi (%)	RQD (%)	Eklem sıklığı	Süreksizlikler	Nokta yükü dayanım indeksi I ₅₀ (MPa)	Bozunma derecesi	Tanımlama	Derinlik ve tabakalanmadaki değişiklik (m)	Kot	Sembolik Log
							TTürü Sayısı Eğimi Eğim Y. Yüzey Özel. Dolgu						
0		10' m/s 0 7 0 5 4 3	100 0	100 0	100 0	10 (m) %0		10 MPa 0	1 50		Zonlar		
-	NQ						J1 33 20 - 22 L J2 3 15 - 33 - + Gelişigüzel eklemler			Volkanik kaya parçalı, karbonat çimentolu kumtaşı			
-							J 10 25 - 11 O + Gelişigüzel eklemler			Diyabaz			
-							J 15 10 110 22 - + Gelişigüzel eklemler			Volkanik breş	F7		
- 50							J1 3 60 040 22 - J2 11 18 080 - - Gelişigüzel eklemler			Siderit çimentolu breş	- W -		
-							J1 5 55 110 22 - J2 10 60 263 35 - J3 10 60 263 35 - J4 4 30 080 11 - Gelişigüzel eklemler			Siderit (yer yer pirit içeriyor)	- W -		
-							Gelişigüzel eklemler			Çamurtaşı	- W -		
-							J1 1 50 010 31 - J2 11 30 230 33 - J3 4 18 210 36 - + Gelişigüzel eklemler			Sideritik breş	- W -		
100	NQ						J 4 45 300 30 - + Gelişigüzel eklemler				- W -		



Petrol_su sondajlarında yapılan loglamalar

Kayaçların petrofiziksel parametrelerinin belirlenmesinin ve yorumunun petrol endüstrisindeki önemi çok büyüktür.

Günümüzde, üretilmekte olan petrol ve gazın hemen hemen tamamı, rezervuar kayaçların gözenekleri içinde toplanmış bulunmaktadır. Ancak, **ticari olarak bilinmesi gereken, petrol rezervlerinin tahmini ve üretilebilir petrol miktarının bilinmesidir.** Bu bilgilerin elde edilebilmesi için kayacın petrofiziksel parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu amaçla, açık **kuyu loglarından elde edebileceğimiz temel kalitatif ve kantitatif bilgileri şöyle sıralayabiliriz:**

- Rezervuar var mıdır?
- Potansiyel olabilecek rezervuarın derinliği nedir?
- Litoloji nedir?
- Rezervuar kalınlığı nedir?
- Gözeneklilik ne kadardır?
- Rezervuarın yayılımı ne kadardır?
- Ne tür bir mayi içerir?
- Ne şekilde bir üretim yapılabilir?

Kuyu loglarından rezistivite, kondüktivite, self potansiyel, radyoaktivite, eğim, akustik, hız gibi fiziksel değerler elde edilir. **Bu fiziksel parametrelerden yararlanılarak katmana ait şu bilgiler elde edilebilir:**

- Katman suyunun rezistivite değeri,
- Rezistivite değeri,
- İletkenlik değeri,
- Self potansiyel değeri,
- Su doygunluğu,
- Petrol doygunluğu,
- Gözenekliliği,
- Geçirgenliği,
- Katman veya formasyon sınırları ve kalınlıkları,
- Petrol-su ve gaz dokanakları,
- Katman litolojisi,
- İstila (invasion) zonunun çapı,
- Sahanın jeolojik korelasyonu,
- Çatlakların tespiti,
- Kuyu çapındaki değişimler,
- Birimlerin çökelme koşulları ve ortamlarının yorumu.

Log yorumunda belirlenmesi gereken en önemli parametreler **gözeneklilik** (ϕ), **su doygunluğu** (S_w) ve **geçirgenliktir** (k). Bunların ilk ikisi yerinde petrol, geçirgenlik ise üretim oranının belirlenmesinde kullanılır.

Petrofizik parametrelerinden birçoğu doğrudan ölçümle elde edilemez. Genellikle kayacın ölçülen fiziksel özelliğinden istenilen parametre hesaplanır. Örneğin kayacın yoğunluğu veya sesin kayaç içindeki geçiş zamanlarından gözenekliliğin bulunması gibi. Sondaj sırasında oluşan invazyon, çamur keki ve kuyu çapındaki genişlemeler gibi faktörler kayaçta yapılan fiziksel ölçümleri etkiler.

{İnvazyon: sondaj sırasında kuyudan gelişleri önlemek için çamurun hidrostatik basıncı daima tabaka basıncından yüksek tutulur. Bu basınç farkı çamur filtresinin, geçirgen tabakanın içine girmesine ve buradaki mayinin bir kısmının daha gerilere doğru süpürülmesine neden olur. Bu olaya invazyon (süpürülme/istila) denir}

Log Yorumunun Temel Prensipleri

Gözeneklilik (Porozite)

Gözeneklilik, loglarla doğrudan ölçülerek elde edilen bir parametre değildir. Bu amaçla kullanılan densite, sonik, neutron logları ile tabakanın farklı fiziksel parametreleri ölçülür ve bunlar kullanılarak gözeneklilik değerleri bulunur.

Birimin çökelişi sırasında taneler arasında oluşan birincil gözenekliliğin yanı sıra çökeliş sonrası yer altı sularının ya da tektonik kuvvetlerin sonucu oluşan ikincil gözeneklilikte vardır. Karotlarda yapılan gözeneklilik ölçümleri gözenekliliğin bulunmasında diğer bir yöntem olmasına karşın sürekli bir gözeneklilik değeri elde edilemez, ancak bir kıyaslama olması açısından yararlıdır.

Gözeneklilik logları ya tek başına ya da birlikte (sonik-densite, densite-nötron, sonik-nötron) değerlendirilerek hem gözeneklilik hem de litolojinin belirlenmesinde kullanılır.

Rezistivite

Bir kayacın rezistivitesi elektrik akımına gösterdiği dirençtir. Akım kayacın gözeneklerinde bulunan tabaka suyu içinde erimiş olan tuzlar tarafından iletilir. Dolayısıyla kayacın gözenekliliği arttıkça ya da katman tuzluluğu arttıkça rezistivitesi düşer.

Geçirgenlik (Permeabilite)

Tabaka içinde sıvının iletilebilme özelliğidir. Kayaçların geçirgenlikleri sabittir. Bir kayacın geçirgen olabilmesi için birbirleriyle irtibatlı gözeneklerinin olması, kapilerite ve çatlaklar içermesi gerekir. Gözeneklilik ve geçirgenlik arasında kabaca bir ilişki vardır. Gözeneklilik arttıkça geçirgenlikte artar. Gözeneklilik değeri % 25'i geçtikten sonra bu kural değişmektedir.

Rezervuar Geometrisi

Rezervuarın fiziksel şekli ve **oryantasyonu** onun **üretilebilirliğini** etkiler. Rezervuar geniş, dar, kalın, ince ya da büyük veya küçük olabilir.

Sıcaklık ve Basınç

Sıcaklık ve basınç, pek çok şekilde hidrokarbon üretimini etkilemektedir. Rezervuar kayaçlarda, petrol, gaz ve suyun vizkozite ve çözünürlülüğünü yine bu iki parametre kontrol eder. Sonuç olarak, petrol/gaz çözünürlülüğü sıcaklık ve basınç değişimine bağlı olarak farklılıklar gösterecektir. Basınç, sıcaklık ve hidrokarbon fazının değişkenliği mevcut hidrokarbon oranına ve bunun spesifik tipine bağlıdır.

Doygunluk

Tabakanın doygunluğu, tabaka gözeneklerindeki sıvı hacmidir. Su doygunluğu, tabaka suyu içeren gözenek hacmidir. Doygunluk S ile gösterilir. Petrol yada gaza olan doygunluk gözeneklerindeki sıvı ile orantılıdır. Tabaka özelliği sunan kayaçlardaki doygunluk % 100 olmalıdır. Petrol ve gaz içeren rezervuar kayaçtan bu sıvıların tamamını almak mümkün değildir. Bir kısım HC hazne kayada kalır ki buna rezidüal (residual) petrol doygunluğu denir.

LOG ÇEŞİTLERİ

Self Potansiyel (SP) Logu ve Özellikleri

SP logu tabaka suyu ile iletken sondaj çamuru ve şeylin etkileşimi sonucu oluşan elektriksel potansiyeli ölçer. Bu log kuyu içindeki hareketli bir elektrotla yüzeydeki sabit potansiyelli bir elektrotun elektriksel potansiyellerinin farkının derinliğe göre kaydır. Bu logda ölçüm birimi mV (mili volt) olarak alınır. Özellikle kumlu ve killi birimleri ayırt etmekte kullanılır.

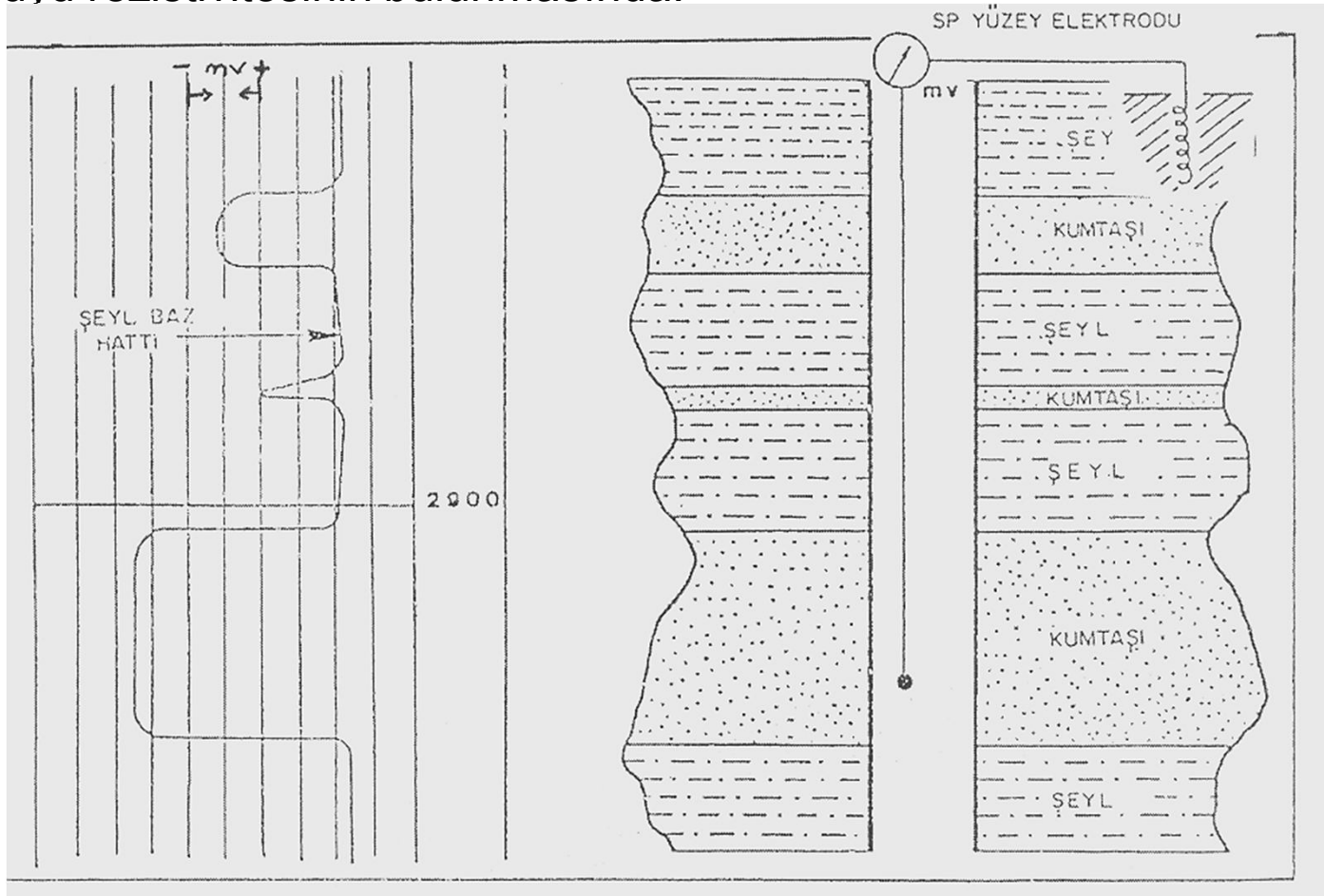
Şeyller karşısında SP logu hemen hemen düz bir çizgi şeklindedir ve bu şeyl baz hattı olarak tanımlanır. Geçirgen tabakalar karşısında SP logu bu baz hattından sağa (+) veya sola (-) doğru sapar, kalın tabakalar karşısında bu sapma artık sabit bir değere ulaşır ki bu değer kum hattı olarak tanımlanır. Eğer tabaka suyu tuzluluğu, çamur filtresinin tuzluluğundan fazla ise sapma sola doğru (-) olur, tersi ise sağa doğru (+) sapma olur. Tabaka suyu ile çamur filtresinin tuzluluklarının aynı olması halinde ise SP de sapma gözlenmez. Kalın ve temiz tabakalar karşısında şeyl baz hattından itibaren olan SP sapması statik (SSP) olarak bilinir.

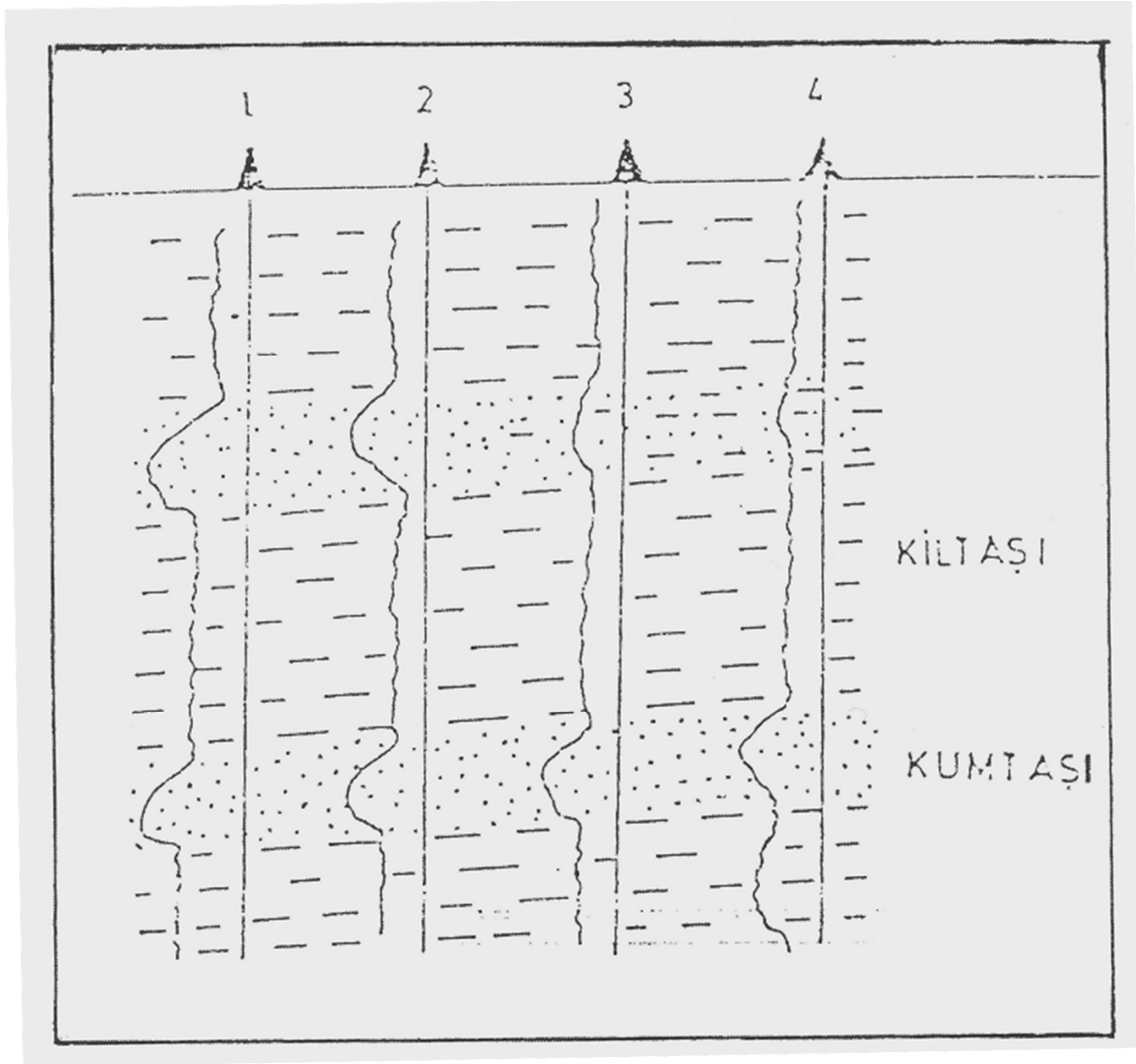
Kuyuda iletken çamur olmaması halinde SP logu alınamaz. Çünkü bu durumda SP elektrotu ile tabaka arasında elektriksel süreklilik sağlanamaz. Ayrıca formasyon suyu rezistivitesi çamur filtresinin rezistivitesine eşit olursa SP sapması gözlenemez. Bilhassa yanal fasiyes değişimleri SP ölçümleri sayesinde kolaylıkla ayırtedilebilir.

SP eğrisinin eğimi, çamurdan geçen akımın yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Geçirgen tabaka karşısında SP eğrisinin şekli ve sapma miktarı; geçirgen tabakanın kalınlığına, rezistivitesine, invazyon zonunun rezistivitesine, çapına, en yakın şeyl zonunun rezistivitesine, çamur rezistivitesine, ve kuyu çapına bağlıdır.

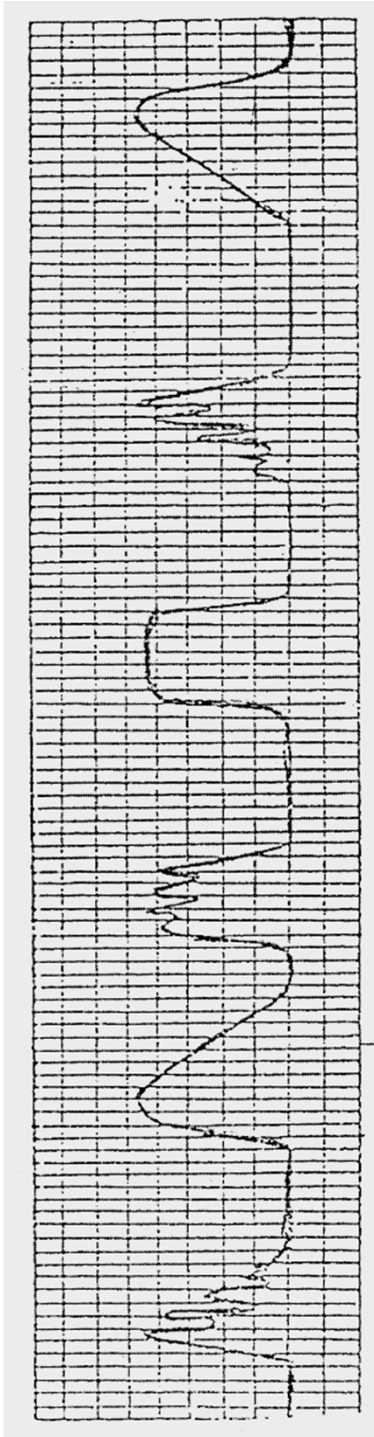
SP Logu'nun kullanıldığı yerler:

- Gözenekli ve geçirgen tabakaların belirlenmesinde,
- Tabaka sınırlarının belirlenmesinde,
- Tabaka killiliği hakkında kalitatif bilgilerin edinilmesinde,
- Litoloji tespitinde,
- Tabaka suyu rezistivitesinin bulunmasında.





SP Loguyla korelasyon örneği



Temel SP eğrileri

Huni şeklinde keskin

Üst sınır geçişli, alt sınır düz SP eğrisi

Huni şeklinde keskin

Üst sınır geçişli, alt sınır testeremsi SP eğrisi

Silindir şeklinde keskin

Üst sınır keskin, alt sınır düz SP eğrisi

Silindir şeklinde keskin

Üst sınır keskin, alt sınır testeremsi SP eğrisi

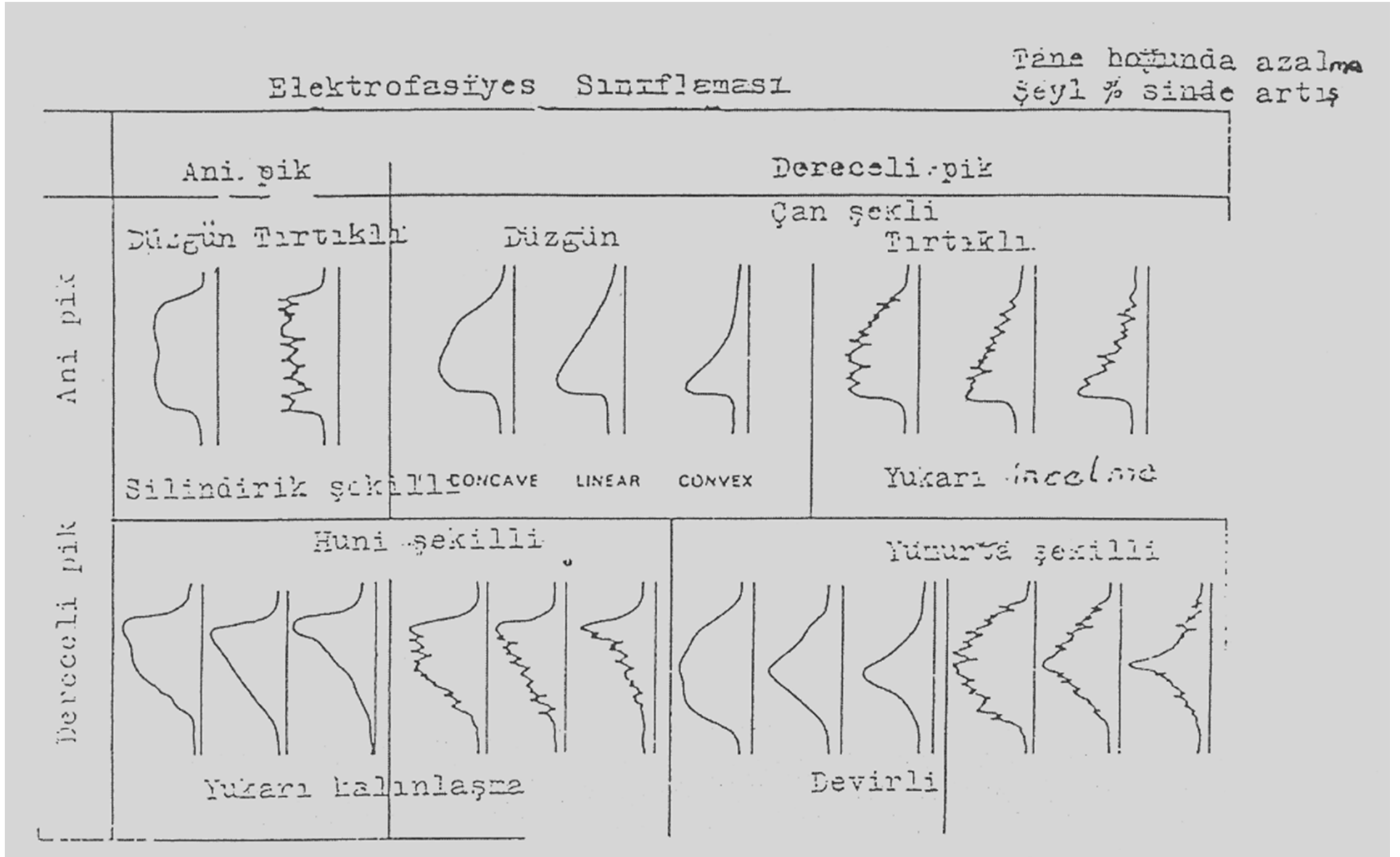
Çan şeklinde geçişli

Üst sınır keskin, alt sınır düz SP eğrisi

Çan şeklinde geçişli

Üst sınır keskin, alt sınır testeremsi SP eğrisi

Tane boyu ile SP arasındaki ilişki



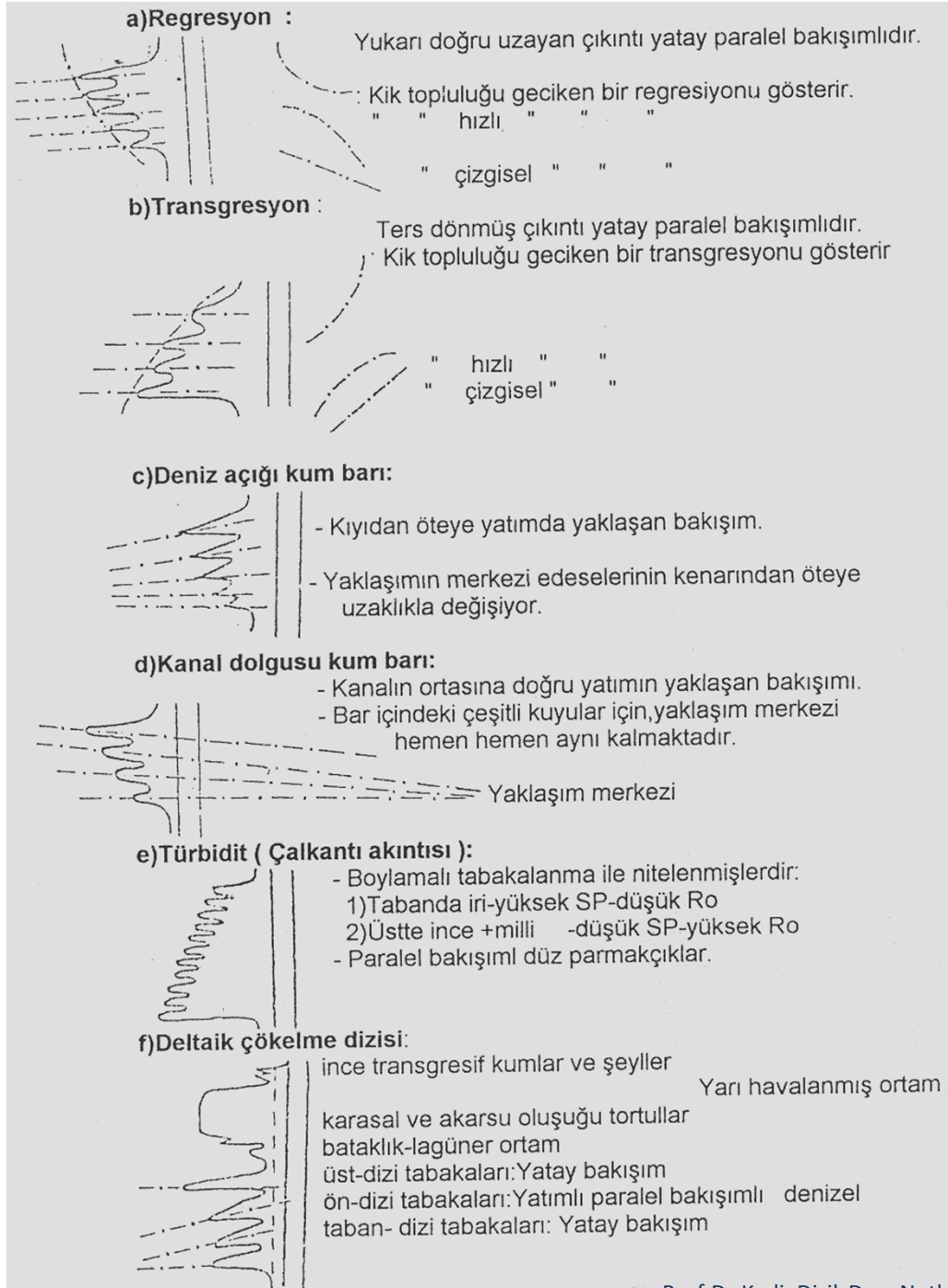
Log Eğrisi Biçimleri ile Çökelmeye İlişkin İncelemeler:

Çökelme gözlemleri (tane iriliği dağılımı, taş dokusu ve çökelme dizisi boyunca devreler içindeki mineral dağılımı) çeşitli tortullar içinde neden olan farklı kıyı çizgisi işlemlerini ve niteliklerini göstermiştir. Belirli çökelme devrelerinin SP ve kısa normal, indüksiyon ve kondüktivite eğrileri biçimlerinden tanınabileceği belirlenmiştir.

Kum birikintileri nicelik ve nitelik bakımından karakterize edilmiştir. Buna göre:

- Regresif kum (regressive sand),
- Transgresif kum (transgressive sand),
- Deniz açığı kum barı (offshore sand bar),
- Kanal dolgusu kum barı (channel fill sand bar),
- Türbiditler (turbidites),

Yapıcı delta çökelim dizisi (constructive delta serie), olarak yorumlanabilir.



SP eğri biçimlerinden tanınabilen kuramsal çökelim örnekleri

Radyoaktivite Logları ve Özellikleri

A. Gamma Ray Logu (GR)

Gamma Ray Logu tabakanın doğal radyoaktivitesini ölçer. Radyoaktif elementler Uranyum (U), Toryum (Th) ve Potasyum (K) genellikle şeyl ve killeri içinde konsantre olduğu için sedimanter kayalarındaki şeyl miktarını yansıtır. GR logunun birimi ton başına mikrogram radyum eşdeğeri veya saniyede ışınım sayısı (API) olarak alınır.

Düşük geçirgenlikte log, sağa doğru kayar. Geçirgen formasyonlarda ise radyoaktivite düşüktür. Bunlar, tabaka suları içinde erimiş radyoaktif tuzlar bulunmayan veya volkan külleri, bozunmuş granit gibi malzeme içermeyen temiz tabakalardır. Şeyllerle, temiz rezervuar kayalar arasındaki bu yüksek radyoaktivite farkı sayesinde rezervuar kayalarla şeyilli zonlar ayırt edilebilir.

Kiltaş, marn ve potasyum tuzları, duraysız K_{40} izotopları içerir. Bu kayalarda radyoaktif bir özellik gösterir. Bu nedenle, bu tip kayaları radyoaktif özellikleri olmayan veya çok az olan kumtaş, anhidrit ve kaya tuzundan ayırmak çok kolay olur.

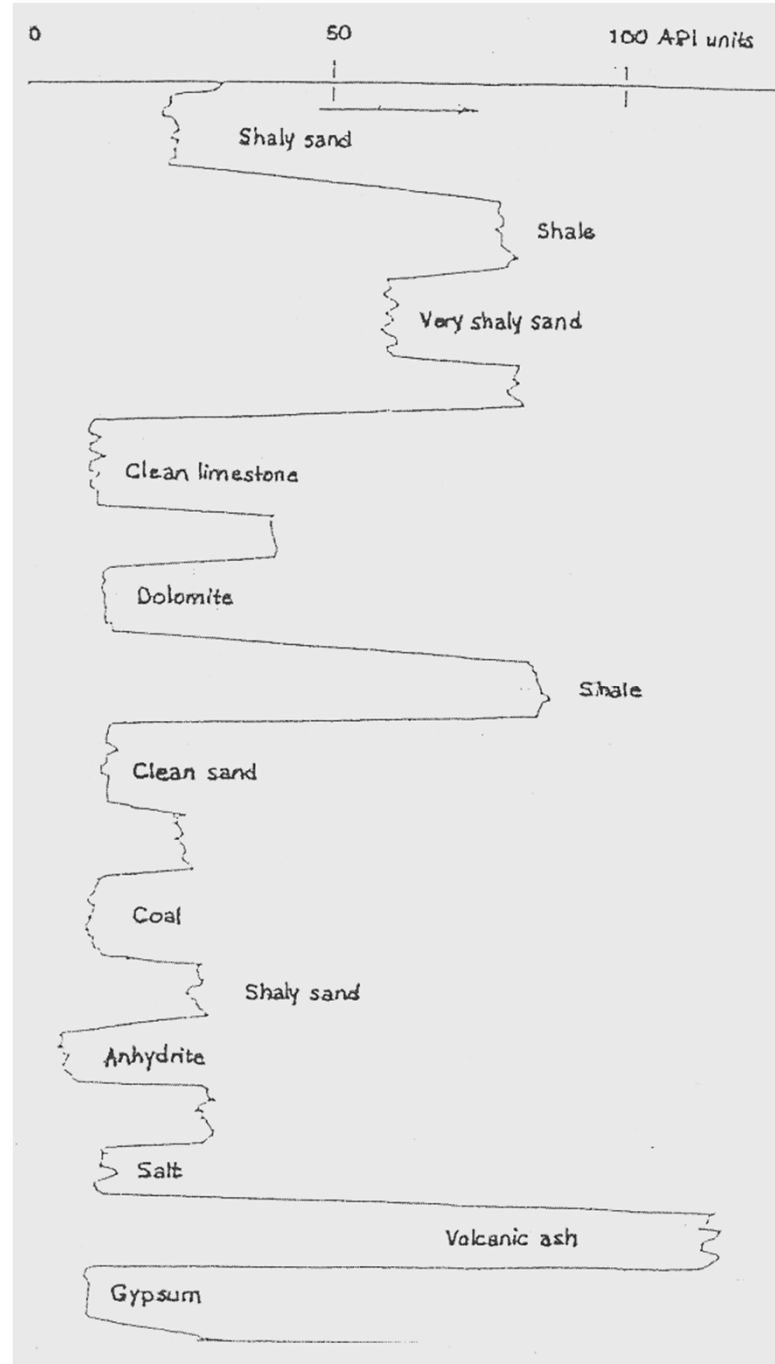
Tabaka içindeki radyoaktif elementler (Th, K, U) atom çekirdeklerinden devamlı olarak radyoaktif alfa beta ve gamma ışınları yayarlar. Bu ışınlar çarpışma sonucu enerji kaybederler ve GR Logu ile enerji seviyesi 0.04-3.2 Mev olan gamma ışınları özel dedektörler tarafından sayılabilirler. GR logu API birimine göre kalibre edilir. **GR logunun en önemli özelliklerinden biri muhafaza borusu arkasından da alınabilmesidir.** Böylece kuyu tamamlama ve üretim çalışmalarında korelasyon amacı ile kullanılabilir. SP logunun alınmadığı boş ve petrol bazlı çamur kullanılan kuyularda alınabilir.

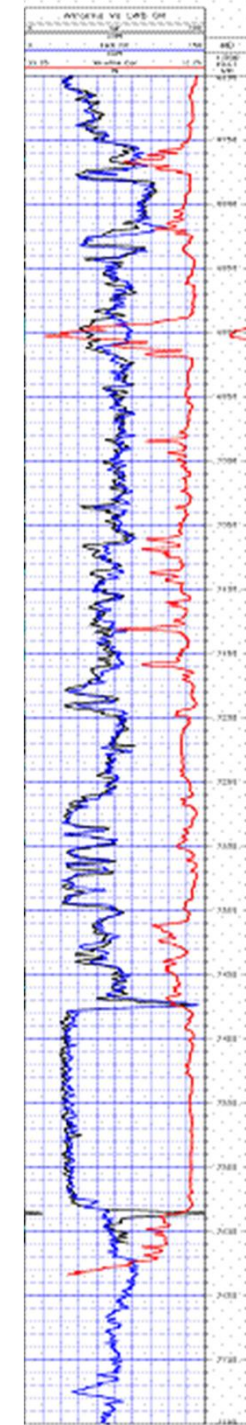
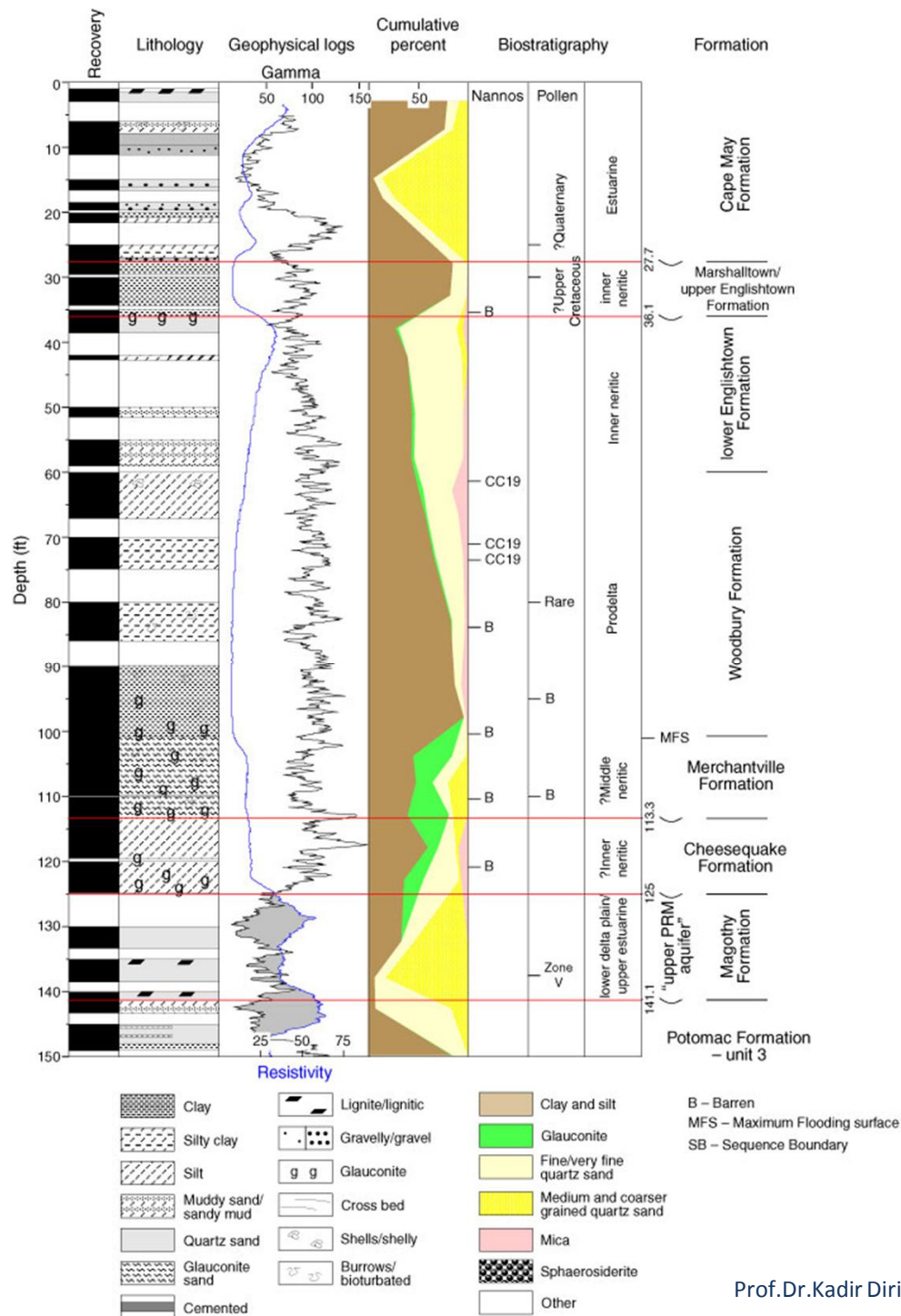
GR Logunun Kullanıldığı Yerler:

- SP logunun kullanılmadığı yerlerde şeyl tabakalarının belirlenmesinde,
- Tabaka içindeki şeyli yansıttığı için şeyl miktarının kantitatif olarak hesaplanmasında,
- Yanal litofasiyes değişimlerinin saptanmasında,
- Potasyum ve Uranyum gibi radyoaktif minerallerin bulunmasında,
- Kömür tabakası gibi radyoaktif olmayan minerallerin yayılımının tespitinde,
- Açık kuyularda alınan loglarda derinlik korelasyonunda,
- Uzun süre üretim yapan eski kuyularda formasyon suyunun büyük oranlarda geçtiği zondaki radyasyon seviyesinin belirlenmesinde.

Doğal radyoaktiviteyi oluşturan U, K ve Th, şeyller içinde yoğunlaşmıştır ve şeyllerin rengi koyulaştıkça radyoaktiviteleri de artar. Şeyllerin radyoaktivitesinde gözlenen bu değişimden dolayı GR logunda SP'de olduğu gibi düzgün şeyl hattı olmaz. Temiz rezervuar kayalar düşük radyoaktivite gösterir ancak kendi içindeki kireçtaşlarının radyoaktivitesi dolomitlerden, dolomitlerin radyoaktivitesi de kumtaşlarından daha azdır.

GR Logu'nun litolojiye bağlı olarak değişimi





B. Tabii Radyoaktivite Logu (NGT)

GR logunda olduğu gibi NGT logu da tabakanın doğal radyoaktivitesini ölçer. Ancak ondan farklı olarak üç radyoaktif elementin (U, Th, K) doğal olarak yaydıkları gamma ışınlarının enerjilerini ölçerek kayaç içindeki yüzdelerini belirler. Doğadaki gamma ışınlarının büyük bir kısmı üç radyoaktif izotopun başka izotoplara dönüşmesi esnasında oluşur. Potasyum, Argon 40'a dönüştüğünde 1.46 Mev gamma ışını yayar, Toryum ve Uranyum ise dengeli bir izotop oluşturana kadar ara aşamalarda birçok izotop oluşturur. Bu oluşumlar sırasında ortama yayılan gamma ışınları tabakanın doğal radyoaktivitesini oluşturur ve bunlar dedektöre ulaşana kadar sürekli enerji kaybederler. Logun birimi ise saniyede ışınım sayısı olarak alınır.

Kullanıldığı Yerler:

- Kuyular arasında korelasyon yapılmasında,
- Diğer loglardan killerle ilgili elde edilen verilere tamamlayıcı bilgi sağlanmasında,
- Kil tiplerinin ayırt edilmesinde, kil hacminin bulunmasında,
- Diğer radyoaktif mineralleri belirliyerek, karmaşık litolojilerde gerçek litolojinin bulunmasında,
- Stilolit, çatlak ve uyumsuzlukların belirlenmesinde,
- Uranyum (Uranyum madenlerinde), potasyum (evaporitlerde) ve organik hidrokarbon potansiyelinin belirlenmesinde,
- Fasiyes ve çökelim ortamlarının belirlenmesinde,
- Radyoaktif minerallerin bulunmasında ve yorumlanmasında.

Toryum: Yerkabuğundaki konsantrasyonu % 12 ppm. dir. Suda erimez, bu yüzden bulunduğu ortamda kalır, ağır minerallerle birlikte bulunur. Genellikle şeyllerle birlikte bulunur ve kil hacminin (Vsh) bulunmasında kullanılır. Toryum içeren kaynak kayalar sialik magmatik kayaçlardır. Toryum eriyebilen ve kolaylıkla hidrolize olabilen mineral olmadığından bulunduğu ortamda kalır ve kalıcı mineraller (Boksit, kil mineralleri gibi) içinde konsantre olur.

Potasyum: Yerkabuğundaki konsantrasyonu % 2,6 dır. Suda eriyebilir. Feldspat ve mikayı gösterir. Potasyum içeren kaynak kayalar sialik magmatik kayaçlar, granit, granodiyorit, siyenit ve riyolitlerdir.

Uranyum: Yerkabuğundaki konsantrasyonu 3 ppm dır. Suda eriyebilir. Çatlak ve stilolitlerin içinde birikir. Konsantrasyonu şeyl hacmi ile ilgili değildir. Uranyum içeren kaynak kayalar sialik magmatik kayaçlardır. Uranyum kolaylıkla uranyum oksitlere dönüşebilir ve eriyebilir, indirgen ortamlarda organik karbonla birleşir, stilolit ve çatlaklar içinde birikir.

Ölçümü Etkileyen Faktörler:

NGT okumaları yalnızca üç radyoaktif mineral konsantrasyonuna bağlı değildir. Bunun yanı sıra kuyu şartları da (kuyu çapı ve çamur ağırlığı) log okumalarını etkiler. Bunun için düzeltme tabloları kullanılarak gerekli düzeltmeler yapılır.

LİTOLOJİ TESPİTİ

Çok sık olarak temiz kum veya kumtaşları çok düşük radyoaktivite gösterirler. Bunun nedeni Th,K,U içeriklerinin düşük olmasıdır.

Feldspatik kumtaşları veya arkozlar: Bu tip kumtaşları, genellikle çok düşük Tb/K oranı gösterirler.

Mika Kumtaşları; Mika kumtaşlarının potasyum içeriği, mika yüzdesine bağlıdır. Mika ve feldspat yüzdelerinin aynı olduğu durumlarda, kum düşük potasyum içeriği gösterir ki bunun nedeni mikanın potasyum içeriğinin feldspatlara oranla düşük olmasıdır. Aynı zamanda toryum içeriği daha yüksek olacaktır. Kumtaşlarındaki ağır mineraller çok sık olarak, zirkon, sifen, monazit gibi ağır mineraller ile Toryum ve Uranyum içerirler. Bu da temiz kumtaşlarında radyoaktivite artışına sebep olur. Bu tip kumtaşlarında Th/K oranı yüksektir.

Karbonat Serileri; Temiz karbonatların orijininde Th bulunmaz. Uranyum yüzdesinin değişken olması, karbonatın indirgen bir ortamda depolandığını gösterir. Uranyum pikleri, fosfatlı seviyelere karşılık da gelebilir. Uranyumla birlikte, Th ve K karbonattaki kil mevcudiyetine işaret eder. .

Magmatik Kayaçların Belirlenmesi: Log verilerinden magmatik kayaç tipinin belirlenmesinde de yararlanılır. Siyenit dışında pek çok intrüzif magmatik kayaç Th/U oranını kullanarak belirlenebilmektedir. Bu değerden sapmalar günlenme etkilerini, yağmurla eritilen uranyumu ya da magma kristalizasyonu öncesi oksitlenme koşullarını gösterir. Diğer loglar, özellikle litho-density ve sonik loglarla daha doğru bulgular elde edilir.

Uyumsuzlukların Tespiti:

Th/K oranındaki ani değişmeler, depolanma esnasındaki jeolojik koşulların değişiminin indikatörüdürler. Bu da uyumsuzluklara bağlılık gösterir.

